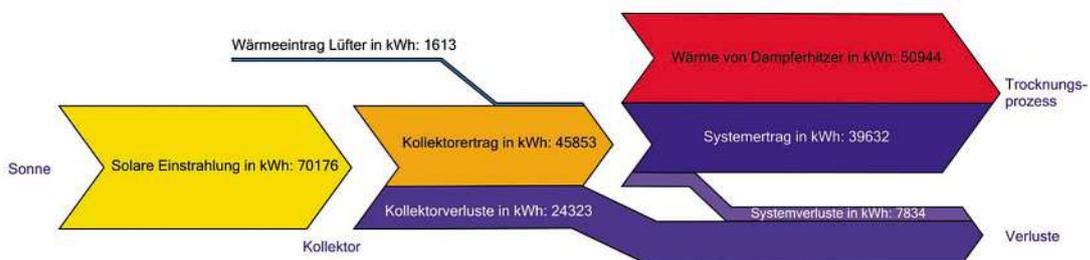




# Beiträge aus Forschung und Technik 2012





Medizintechnik



Eingabesysteme



Innovative  
Verbindungstechnik



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

## Wir setzen Standards

Als mittelständisches und international ausgerichtetes Unternehmen ist die HUMMEL AG ein weltweit renommierter Hersteller von elektrotechnischen Installationssystemen, MSR-Elektronik, Medizintechnik und Eingabesystemen.



Institut für  
Angewandte Forschung

# Beiträge aus Forschung und Technik 2012



Forschungsbericht der  
Hochschule für Technik, Wirtschaft  
und Medien Offenburg



**Hochschule Offenburg**  
University of Applied Sciences



## 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

# BAU.

COOPERATION

Wir machen Ihnen Platz.

[www.bau-cooperation.com](http://www.bau-cooperation.com)

**Gewerbe und Industriebau**

# Wir schaffen für Innovationen.

# Raum

**KLB**  
LÖSUNGEN IN METALL

### Wir sind Spezialist für ...

Blechteilfertigung | Mechanische Bearbeitung | Schweißen | Roboterschweißen |  
Oberflächenbehandlung | Montage und Logistikservice weltweit

### und Partner unserer Kunden weltweit in den Bereichen:

Laser-, Stanz- und Biegeteile | Schweißkonstruktionen | Gehäusebau | Maschinenbau |  
Anlagenbau | Nutzfahrzeugbau | Apparatebau

**KLB Blech in Form GmbH – Ihr Systemlieferant von der Idee bis zur Endmontage** | Holzmattenstraße 1-3 | 79336 Herbolzheim | [www.klb-kuri.de](http://www.klb-kuri.de)



Steuerung von  
Tunnelvortriebsmaschinen



Fahrdynamikmessungen  
(„Elch-Test“)



Diagnose von  
Schwindelerkrankungen



Prozess-Automatisierung

# GeneSys

**Elektronik GmbH**

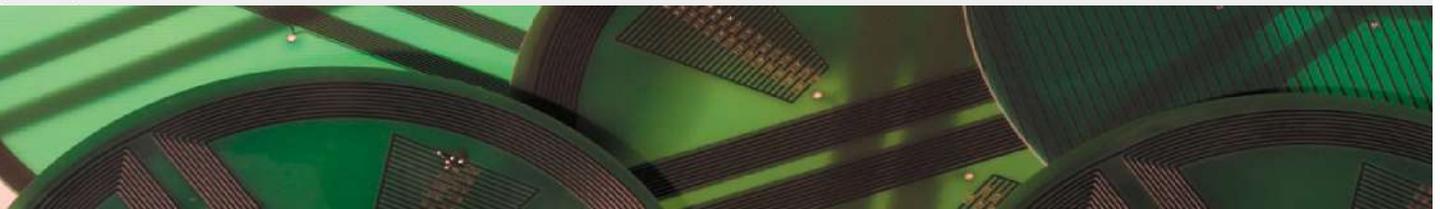
Sensoren für Baumaschinen & Tunneling  
Neigungs-, Kreisel-, Laser-Messtechnik  
Industrielle Bildverarbeitung  
Automotive Testing Equipment

**Wir heißen Studenten für Praxissemester  
sowie Bachelor- und Masterthesis willkommen!**

**Students welcome!**

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

**PICOSENS**



### Picosens erforscht und entwickelt innovative Elektroniklösungen

Fremdlichtunabhängige optische, wasserunempfindliche kapazitive und hochempfindliche induktive Sensoren – mit unserem know-how und unseren patentierten Technologien erarbeiten wir Lösungen für unterschiedlichste Anwendungen.

Ebenso stellen wir unsere neueste Infrarot-Transponder-Technologie zur Weitbereichsidentifikation auf der Sicherheitsexpo 2012 vor.

**Picosens GmbH**  
Robert-Bosch-Str. 14  
77815 Bühl  
Tel.: 07223/808860  
[www.picosens.com](http://www.picosens.com)  
[info@picosens.de](mailto:info@picosens.de)



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

Neben Studium, Lehre und Internationalisierung ist angewandte Forschung ein integraler Bestandteil der Hochschule Offenburg mit zentraler Bedeutung. In den letzten Jahren konnte sich die Hochschule Offenburg als interessanter Partner für anwendungsorientierte Forschung fest etablieren. Die Verdoppelung der F&E-Drittittel innerhalb eines Jahres belegt dies eindrucksvoll.

Der intensive Ausbau der Hochschule gestattete uns, weitere attraktive Wissenschaftsgebiete kompetent zu besetzen; neue Kolleginnen und Kollegen schufen neue Schwerpunkte und verstärkten bestehende Forschungsaktivitäten.

Die Möglichkeiten, die sich durch unsere Lage in einer der innovativsten Regionen Europas eröffnen, sind gekennzeichnet durch auf wissenschaftliche Grundlagen aufbauende Forschung, Überdenken bisheriger Ansätze und Lösungswege, kurze Innovationszyklen und einen engen gegenseitigen Erfahrungs- und Informationsaustausch. In vielfältigen Projekten tragen wir hierzu bei; der vorliegende Forschungsbericht 2012 dokumentiert die Breite in den Themenfeldern und die Tiefe der Zusammenarbeit mit Universitäten, Forschungseinrichtungen und den Unternehmen.

Neben vielen öffentlich finanzierten Projekten konnten zunehmend sehr interessante F&E-Projekte in direkter Zusammenarbeit mit Unternehmen vereinbart und begonnen werden.

Gestartet ist das fünfjährige umfangreiche Industry-on-Campus-Projekt. In enger Zusammenarbeit mit Unternehmen bearbeitet ein Team an der Hochschule Offenburg bedeutende Fragestellungen zur Biomassenutzung. Neben beachtlichen Drittitteln aus der privaten Wirtschaft fördert das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst erstmalig eine Hochschule im Rahmen eines Industry-on-Campus-Projekts nicht unerheblich.

Das kooperative Promotionskolleg „Kleinskalige erneuerbare Energiesysteme“ begann im Sommer 2011. Eingebettet in das gemeinsame Zentrum für Erneuerbare Energien, findet so eine enge wissenschaftliche Zusammenarbeit mit der Universität Freiburg sowie den Fraunhofer-Instituten für Solare Energiesysteme und für Physikalische Messtechnik statt und intensiviert den wissenschaftlichen Austausch über Fach- und Institutionsgrenzen hinweg.

Hochschulweit arbeiten insgesamt ca. 18 Doktoranden und Doktorandinnen in

kooperativen Promotionsverfahren mit Universitäten im In- und Ausland an ihren Forschungsfragestellungen.

Das Institut für Angewandte Forschung begleitet, unterstützt, verbindet und koordiniert die hauptamtlichen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der Hochschule Offenburg. Die Gründung von drei Forschungsinstituten an der Hochschule ist Ausdruck und Ergebnis langjähriger erfolgreicher Forschungstätigkeit. Das Institut für Energiesystemtechnik, das Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation sowie das Institut für Unmanned Aerial Systems belegen die Schwerpunktbildung in wichtigen Forschungsfeldern.

Mein Dank gilt allen Kolleginnen und Kollegen der Hochschule, aber auch den vielen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und den Studierenden in den Projekt- und Forschungsgruppen, die aktiv in der angewandten Forschung tätig sind und trotz knapper Ressourcen einen wesentlichen Beitrag für die Zukunftsfähigkeit der Hochschule, für den Netzwerkgedanken und für unser gesellschaftliches Umfeld leisten. Mein besonderer Dank gebührt der Leitung des IAF Herrn Prof. Dr. Jansen und Herrn Prof. Bollin, die es hervorragend verstehen, unsere Hochschule in das komplexe Umfeld der Forschungslandschaft zu integrieren.



## **Institut für Angewandte Forschung**

### **KONTAKT**

Hochschule Offenburg  
University of Applied Sciences  
Institut für Angewandte Forschung  
Badstraße 24  
D-77652 Offenburg  
[www.iaf.hs-offenburg.de](http://www.iaf.hs-offenburg.de)

**Prof. Dr.-Ing. Dirk Jansen, Leiter IAF**  
Telefon +49 (0) 781 205-267  
E-Mail [d.jansen@hs-offenburg.de](mailto:d.jansen@hs-offenburg.de)

**Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin  
Stellv. Leiter IAF**  
Telefon +49 (0) 781 205-126  
E-Mail [bollin@hs-offenburg.de](mailto:bollin@hs-offenburg.de)

**Diane Weiß  
Sekretariat**  
Telefon +49 (0) 781 205-272  
Fax +49 (0) 781 205-174  
E-Mail [iaf@hs-offenburg.de](mailto:iaf@hs-offenburg.de)

**Zentrale**  
Telefon +49 (0) 781 205-0  
E-Mail [info@hs-offenburg.de](mailto:info@hs-offenburg.de)

### **IMPRESSUM**

**Herausgeber**  
Institut für Angewandte Forschung (IAF)  
Hochschule Offenburg  
University of Applied Sciences

**Redaktion und Gestaltung**  
Prof. Dr.-Ing. Dirk Jansen  
Diane Weiß, IAF Sekretariat  
Kresse & Discher Medienverlag

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

**Lektorat**  
Günter F.R. Grosshans  
Hochschule Offenburg

**Gesamtherstellung**  
Kresse & Discher Medienverlag  
Marlener Straße 2, 77656 Offenburg

Telefon +49 (0) 781 95500  
Fax +49 (0) 781 955050  
[www.kd-medienverlag.de](http://www.kd-medienverlag.de)

**Druckerei**  
Gedruckt in Deutschland 2012

**ISSN 1866-9352**

Titelblatt: Energieflüsse der Pilotanlage im  
Sankeydiagramm. Energiedaten von April bis  
einschließlich September 2011

# Inhalt

<b>Angaben zum IAF der Hochschule Offenburg</b> .....	<b>8</b>
<b>Formen der Zusammenarbeit mit dem IAF</b> .....	<b>10</b>
<b>Geschäftsbericht</b> .....	<b>13</b>
<b>1. System- und Regelungstechnik</b>	
1.1 Prozessorentwicklung im Asic-Design-Center .....	23
1.2 Projekte aus dem Bereich Medizintechnik .....	25
1.3 Zum Nutzen elektronischer Herzrhythmus-Simulatoren für die Herzschrittmacher- und Defibrillatortherapie .....	29
1.4 Nuclear imaging and semi-invasive electrocardiography in CRT .....	33
1.5 Optimized Communications for Smart Metering & Smart Grid .....	35
1.6 An android based remote control framework for smart home components .....	38
1.7 Photovoltaik-Inverter in Dreipunktwechselrichter-Technologie .....	40
1.8 1000 Meilen unter Strom, Rekordfahrt des in Offenburg entwickelten eFahrzeugs „Schluckspecht“ .....	44
<b>2. Physikalische Sensorik</b>	
2.1 Mathematical Method to Simplify In-Situ Temperature Computation during the Splice Process .....	47
2.2 Die „Sprechende Sitzschiene“ – Demonstrator der 3. Generation .....	49
2.3 Einblicke in die Aktivitäten des IUAS 2011 .....	52
<b>3. Verfahrenstechnik</b>	
3.1 Erste Ergebnisse des Monitorings der solaren Kühlung in Rottweil .....	55
3.2 Solare Prozesswärme bei Lufttrocknungsprozessen in der Pharmaindustrie .....	59
3.3 Quantitative two-dimensional thin-layer chromatography using a diode-array detector .....	64
3.4 Lebensdauerbewertung von Turbinenkomponenten .....	66
3.5 Topologieoptimierung für strömungsführende Bauteile im Fahrzeugentwicklungsprozess .....	69
3.6 Variable Speed Generators with High Fuel Savings .....	72
3.7 Untersuchung der methanbildenden Mikroorganismengemeinschaft in Biogasanlagen .....	77
3.8 Kooperatives Promotionskolleg der Hochschule Offenburg mit der Universität Freiburg .....	80
<b>4. Betriebswirtschaft</b>	
4.1 Untersuchung zur Energieeffizienz von Rapid-Prototyping-Verfahren .....	81
4.2 Optimierung realer LKW-Transporte .....	84
4.3 Ubiquitous Marketing: Neue technische Möglichkeiten im lokalen Geschäft .....	87
<b>5. Medien</b>	
5.1 Eyetracking in the innovation process of a user interface – Usability-testing for product optimization .....	91
5.2 Practice-Based-Resarch: Gestalterisches Produzieren, Vermitteln und Forschen .....	93
<b>Zusammenstellung</b> .....	<b>95</b>

# Angaben zum IAF der Hochschule Offenburg

Die im IAF der Hochschule Offenburg seit 1986 durchgeführten anwendungsbezogenen Forschungsarbeiten demonstrieren Ausbildungsniveau und Leistungsfähigkeit der Hochschule. Diese F&E-Arbeiten verfolgen das Ziel, Technologie und innovative Impulse an die Industrie im Sinn einer wirtschaftlichen Verwertung weiterzuleiten. Ein Praxisbezug sichert der Hochschule durch die Rückkopplung eine stetige Aktualisierung und Verbesserung des Status quo der Lehre.

Die verschiedenen Abteilungen konzentrieren ihre Aktivitäten dabei auf Problemstellungen aus den Bereichen der Automatisierungstechnik und der Mess- und Sensortechnik sowie der Verfahrens- und Umwelttechnik. Neu hinzugekommen sind die Schwerpunkte Medien und Wirtschaft. Die sich in jüngster Zeit ergebenden Kooperationen mit in- und ausländischen Forschungsinstituten erfüllen die im Zug der europäischen Harmonisierung wachsende praktische Bedeutung einer länderübergreifenden Zusammenarbeit.

## Gliederung

### System- und Regelungstechnik

ASIC-Design  
Biomedizinische Technik  
RFID-Techniken  
Robotik  
Bildverarbeitung  
Signalverarbeitung

### Physikalische Sensorik

Lichtwellenleiter  
Optische Kommunikationstechnik  
Faseroptik  
GSM-Mobilfunktechnik  
Aktuatorik

### Verfahrenstechnik

Thermische Verfahrenstechnik  
Partikelmesstechnik  
Solartechnik  
Umweltanalysetechnik  
Strömungstechnik  
Gebäude-Monitoring  
Energietechnik  
Fahrzeuge und Motoren

### Wirtschaft

Marketingforschung  
Wirtschaftswissenschaften  
Logistik

Datenbanken  
Unternehmensgründung  
Personalberatung

### Medien

E-Learning  
Medientechnik  
Mobilkommunikation  
Medienforschung  
Multimediasysteme  
Medienmanagement  
Web-Design  
Filmproduktionen

### Institutsmitglieder

*Geschäftsführender Leiter:*

Prof. Dr.-Ing. Dirk Jansen

*Stellvertretender Leiter:*

Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin

*Sekretariat:*

Diane Weiß

*Forschungskoordinator:*

Dr. rer. nat. Gunnar Henschen

*Professoren:*

Prof. Dr. phil. Thomas Breyer-Mayländer  
Prof. Dr.-Ing. habil. Karl Bühler  
Prof. Dr. Dan Curticapean  
Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ  
Prof. Dr. rer. nat. Detlev Doherr  
Prof. Dr. rer. nat. Klaus Dorer  
Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer  
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer  
Prof. Dr.-Ing. Joachim Jochum  
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Kachel  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kern  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Köbler  
Prof. Dr.-Ing. Heinz-Werner Kuhnt  
Prof. Dr.-Ing. Winfried Lieber  
Prof. Dr. rer. nat. Klemens Lorenz  
Prof. Dr.-Ing. Elke Mackensen  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Andreas Mayer  
Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß  
Prof. Dr. med. Andreas Otte  
Prof. Dr. rer. pol. Ute Rohbock  
Prof. Dr. rer. pol. Volker Sängler  
Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder  
Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele  
Prof. Dr.-Ing. Evgenia Sikorski  
Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg  
Prof. Dr. rer. nat. Michael Wülker  
Prof. Dr.-Ing. Richard Zahoransky

*Wissenschaftliche Mitarbeiter:*

Mayukh Bhattacharyya, M.Sc.  
Bernhard Bihl



Prof. Dr.-Ing. Dirk Jansen, Leiter IAF

Dipl.-Ing. (FH) Bertram Birk  
Dipl.-Geogr. Wolf Blochowicz  
Dipl.-Ing. (FH) Benjamin Braun, M.Sc.  
Tobias Brucker, B.Eng.  
Dipl.-Ing. Oscar Javier Castiblanco Parra, M.Sc.  
Benjamin Dusch, B.Eng.  
Matthias Essig, B.Eng.  
Dipl.-Ing. (FH) Jesus da Costa Fernandes, M.Sc.  
Srinivasa Ragavan Devanathan, M.Sc.  
Dipl.-Ing. Thomas Feldmann  
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Fischer  
Martin Fischer, B.Eng.  
Johannes Franz, B.Eng.  
Stefan Glaser, B.Sc.  
Dipl.-Verw. Christine Gloning  
Dipl.-Ing. (FH) Thomas Göppert  
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Gottlieb, M.Sc.  
Waldemar Grünwald, M.Eng.  
Rebecca Hauser, B.Eng.  
Katharina Higel  
Robin Hoffmeister, B.Eng.  
Andreas Huber, B.Eng.  
Dipl.-Ing. (FH) Klaus Huber  
Philipp Georg Huber, B.Eng.  
Johannes Roman Huschle, M.Sc.  
Dipl.-Ing. (FH) Martha Jagoda  
Dipl.-Ing. (FH) Daniel Jädicke, M.Sc.  
Dipl.-Ing. (FH) Nils Malte Jahn, M.Sc.  
Dipl.-Ing. (FH) Tanja Kabelitz  
Olga Klaus, B.Eng.  
Dipl.-Ing. (FH) Tobias Klausmann  
Andreas Kreker, M.Eng.  
Gerwin Lange, B.Sc.  
Michael Lange, B.Sc.  
Mathias Langefeld  
Dipl.-Ing. (FH) Raimund Lehmann  
Elena Mayer  
Dipl.-Ing. (FH) Mario Metzger, M.Sc.  
Barbara Milz, B.Sc.  
Omar Valerio Minero, M.Sc.  
Jens Möllmer, M.Sc.  
Mitra Mosslemi, B.Sc.  
Valentin Ortega Clavero, M.Sc.  
Michael Quarti, M.Sc.

Simon Reiffeiner, B.Sc.  
Dipl.-Ing. (FH) Alexander Riske  
Christian Roth, M.Eng.  
Anna Sandhaas, B.Sc.  
Dipl.-Ing. (FH) Eva-Maria Scheck  
Ingo Schindler, B.Sc.  
Dipl.-Ing. (FH) Michael Schlesinger  
Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Schneckenburger  
Rajit Shahi, M.Sc.  
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Staiger  
Sebastian Stickel, M.Eng.  
Philipp Vollmer, B.Eng.  
Tobias Volk, M.Eng.  
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Weber  
Sebastian Winter, B.Eng.

### **Kooperationspartner**

Das Institut arbeitet mit den nachfolgend aufgeführten Kooperationspartnern zusammen:

### **Hochschulen, Institute und Universitäten**

#### **Inland**

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Clausthaler Umwelttechnik Institut  
CUTEC, Clausthaler  
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg  
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg  
Hochschule Aalen  
Hochschule Albstadt-Sigmaringen  
Hochschule Biberach  
Hochschule Esslingen  
Hochschule Furtwangen  
Hochschule Heilbronn  
Hochschule Karlsruhe  
Hochschule Konstanz  
Hochschule Mannheim  
Hochschule Pforzheim  
Hochschule Ravensburg-Weingarten  
Hochschule Reutlingen  
Hochschule Stralsund  
Hochschule Stuttgart  
Hochschule Ulm  
HSG-IMIT, Institut für Mikro- und Informationstechnik der HSG, Villingen-Schwenningen  
Humboldt-Forschungsstelle Berlin  
Imtec-Universität Freiburg, Freiburg  
Institut für Biomedizinische Technik, Ulm  
NMI Naturwissenschaftliches Medizinisches Institut, Reutlingen  
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg  
TU Chemnitz  
TU Ilmenau  
Universität Karlsruhe  
Universität Tübingen  
ZKM Karlsruhe

#### **Ausland (Europa)**

##### **Dänemark**

LEGO Educational Division, Kopenhagen

##### **U.K.**

Lowri Beck Systems Ltd., Wigan

##### **Frankreich**

ENSPS, Straßburg  
ERMITE, Straßburg  
LSP, Straßburg  
Pole Reg. Et Int. Des Sciences de la Mesure  
Université de Haute Alsace, Colmar  
Université Joseph Fourier Grenoble  
Université Limoges  
Université de Straßburg

##### **Irland**

Meath Hill Water Services, Navan  
Ossidian Technologies Ltd., Dublin

##### **Italien**

Italgas, Torino

##### **Ungarn**

Cason Engineering Plc., Érd

##### **Polen**

University of Warmia and Masuria, Olsztyn

##### **Schweden**

Tritech Technology AB, Stockholm  
Uppsala University

##### **Spanien**

Centre de Recerca I Investigació de Catalunya SA., CRIC, Barcelona  
Gas Natural SDG S.A., Barcelona  
JCB Electromecanica, Girona  
Sistemas Avanzados de Control S.A., SAC, Madrid

#### **Ausland (Welt)**

##### **Argentinien**

Universidad Tecnológica Nacional, Mendoza

##### **Kuba**

Universität von Habana

##### **USA**

Oregon State University, Corvallis  
University of California, Irvine  
YALE University, New Haven

#### **Industrie, sonstige**

##### **Inland**

August Köhler AG, Papierfabrik, Oberkirch

badenova AG & Co. KG, Freiburg  
Badische Stahlwerke, Kehl  
BCT Technology AG, Willstätt  
Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik BSI, Bonn  
Bundesministerium für Umwelt, Berlin  
Burda, Offenburg  
DAAD, Bonn  
Daimler AG Mercedes-Benz-Werke, Gaggenau  
Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V., Bonn  
Deutsche Forschungsgemeinschaft, Rechnerkommission, Bonn  
Deutsches Museum für Technik, Bonn  
DFM Designhaus für Mikroelektronik, Lahr  
Dr. Osypka AG, Rheinfelden  
E.A.D.S. GmbH, Ulm  
Europa-Park, Rust  
FE-Design GmbH, Karlsruhe  
Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (FVV) e.V., Frankfurt  
GeneSys Elektronik GmbH, Offenburg  
HBH Microwave GmbH, Stutensee  
Heinzmann GmbH + Co. KG, Schönau  
Hekatron Vertriebs-GmbH, Sulzburg  
Huber Kältetechnik GmbH, Offenburg  
IHK Südlicher Oberrhein, Freiburg  
INA Schaeffler KG, Lahr  
K+U Printware GmbH, Ettenheim  
Litef-GmbH, Freiburg  
LUK GmbH & Co. oHG, Bühl  
Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart MPA, Stuttgart-Vaihingen  
MEIKO Maschinenbau GmbH + Co. KG, Offenburg  
Merck, Darmstadt  
Odima GmbH, Kehl  
Otto Nußbaum GmbH & Co. KG, Kehl-Bodersweier  
PFW Aerospace AG, Speyer  
Robert Bosch GmbH, Bühl  
Schweizer Electronic AG, Schramberg  
SICK AG, Waldkirch  
Siemens AG, München  
Stadt Offenburg, Offenburg  
Steinbeis Transferzentrum Embedded Design und Networking STZEDN, Heitersheim  
Stratec Biomedical Systems AG, Freiburg  
Tesa-Werk GmbH, Offenburg  
TLB-Technologie Lizenz Büro, Karlsruhe  
Tricumed GmbH, Kiel  
TV Südbaden, Freiburg  
Vega Grieshaber KG, Schiltach  
Visenso GmbH, Stuttgart  
Vivacell Biotechnology GmbH, Freiburg  
Zeitungsverlage und Anzeigenblatt der Region, Offenburg

## Formen der Zusammenarbeit mit dem IAF

Das IAF ist als öffentlich rechtliche Institution nicht gewinnorientiert und nicht im eigentlichen Sinn wirtschaftlich tätig. Forschung und Entwicklung werden als Ergänzung der Lehre und Mittel der Weiterqualifikation der Mitarbeiter verstanden und erst in einem sekundären Schritt als Support für die lokale Industrie, wobei die strukturfördernde Wirkung in erster Linie durch hervorragend und modern ausgebildete Studenten entsteht, die „in persona“ das Wissen in die Industrie tragen.

Aktuelle Lehre ist aber nur dort möglich, wo an den jetzigen und zukünftigen Problemen der Industrie gearbeitet wird, was ein konsequentes Engagement in Wissenschaft und Forschung nach sich zieht. Die Hochschule ist deshalb daran interessiert, mit der Industrie in anspruchsvollen Projekten zusammenzuarbeiten. Hierbei liegt anwendungsorientierte Forschung im besonderen Fokus der Hochschule. Unter „angewandter Forschung“ sind dabei Aufgabenstellungen zu verstehen, die einerseits so weit produktnah sind, dass in absehbarer Zeit eine Verwertung möglich ist, andererseits aber das Risiko im Industrieumfeld zu groß erscheinen lassen, als dass eine einzelne Firma eine eigene komplette Entwicklung durchführen könnte.

Typische Beispiele sind die Umsetzung neuartiger Verfahren und Technologien und die Anwendung neuer wissenschaftlicher Methoden im Rahmen von Entwicklungsprozessen. Routineaufgaben der Entwicklung sind deshalb nicht von Interesse, sie würden in Konkurrenz zu Industrie oder ingenieurtätigen Selbstständigen stehen.

Das besondere Potenzial der Hochschulen liegt dabei in der Interdisziplinarität, d. h., es stehen hervorragende Fachleute auf vielen Fachgebieten mit Spezialkenntnissen und Laboratorien unter einem Dach bereit.

Im angelsächsischen Raum haben sich längst die Hochschulen als Entwicklungskerne einer modernen Gründungsszene, als Quelle der Spin-off-Companies und aggressiven jungen Unternehmen herausgestellt, die den Stachel der High-Tech-Industrie bilden und die mit traumhaften Wachstumsraten und neuen Arbeitsplätzen glänzen. Jeder in die Hochschule investierte Euro verzinst sich volkswirtschaftlich gesehen exponentiell. Gut ausgestattete Hochschulen bilden gute Studenten aus, die wiederum ihr aktuelles Wissen in der Wirtschaft zu neuen Produkten umsetzen.

Die Hochschule kann hierbei sowohl neutral, begutachtend, bewertend, beratend tätig werden, als auch konkret und aktiv Aufgaben aus dem Entwicklungsbereich selbstständig übernehmen. Es sind heute viele Formen der Kooperation möglich. Vertraulichkeitsschutz wie auch Neutralität sind kennzeichnend für ein öffentlich rechtliches Institut, das Einblick in viele Firmen hat und niemals selbst als Konkurrent auf dem Markt auftreten wird. Häufig werden nach einem erfolgreichen Projekt die Mitarbeiter, die hervorragend eingearbeitet sind und alle Details der Entwicklung kennen, übernommen. Kooperationen mit Hochschulen sind auch häufig die Schlüssel zu Fördergeldern nationaler wie internationaler Organisationen, die nur in Verbindung mit dem Partner Hochschule akquiriert werden können. Die Aktivität

des Themas kann dabei von der Industrie als auch von der Hochschule ausgehen.

Forschung und Entwicklung an der Hochschule Offenburg sind im **Institut für Angewandte Forschung** organisiert, das sich als Dachorganisation für alle hauptamtlichen Forschungsaktivitäten der Hochschule versteht. Das IAF sorgt für die einheitliche Außendarstellung wie für die interne Abwicklung der Forschungsprojekte. Hierzu stellt es Mitarbeiter ein, die die eigentliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit leisten, meist hervorragende Absolventen aus den eigenen Studiengängen, weniger Studenten in Form von Tutorien.

Der Schwerpunkt der Projekte wird von hauptamtlichen Mitarbeitern geleistet, die hierfür mit Zeitverträgen eingestellt sind, anders ist die notwendige Projektkontinuität wie auch die Qualität der Ergebnisse nicht zu gewährleisten. Die Projektleitung erfolgt durchweg durch die Professoren der jeweiligen Fachgebiete.

Weitere Mittel der Innovationsförderung sind Ausgründungen, bei denen Absolventen eigene Firmen mit Unterstützung, Know-how und teilweise direkter Förderung der Hochschule gründen. Das IAF ist hier ebenfalls Ansprechpartner und über das CTO (Campus Technology Oberrhein) Mitglied im baden-württembergischen Projekt „Gründerverbunde auf dem Campus“. Ein Dutzend Arbeitsplätze sind so in den letzten Jahren entstanden – mit wachsender Tendenz.

Im Folgenden sollen die möglichen Formen der Zusammenarbeit mit dem IAF der Hochschule Offenburg kurz dargestellt werden. Wegen weiterer Einzel-



*Prof. Dr.-Ing. Winfried Lieber und Dr. Peter Osypka von der Firma Osypka AG aus Rheinfeldern anlässlich der Berufung von Dr. Osypka zum Honorarprofessor am 8. Juli 2011*

heiten bitten wir, mit dem Leiter des IAF Kontakt aufzunehmen und sich beraten zu lassen. Wir werden so flexibel wie möglich versuchen, den wechselnden Bedürfnissen der Industrie gerecht zu werden.

### **Direkte Forschungsaufträge**

Direkte Forschungsaufträge durch die Industrie kommen in Frage, wenn sich das Ziel der Entwicklung absehen lässt und das Risiko kalkulierbar bleibt. Das IAF erarbeitet hierzu ein Angebot, Umfang der Tätigkeit, Rechte und Pflichten werden vertraglich geregelt. Für kleinere Aufträge (z. B. Gutachten) wird auf Standardkonditionen verwiesen. Der Umfang sollte ausreichend sein, einen Mitarbeiter für einen gewissen Zeitraum zu bezahlen. Die Kalkulation stellt hierbei marktübliche Kosten für Personal in Rechnung, die Abrechnung erfolgt nach Aufwand oder pauschal. Die Lieferung von Waren ist gewöhnlich ausgeschlossen, es können nur Dienstleistungen erbracht und allenfalls ein Prototyp oder Demonstrator gebaut und ausgeliefert werden. Der Auftrag muss notwendig den Charakter der Forschung und Entwicklung enthalten. Gewöhnlich werden nur Forschungsaufträge akzeptiert, die im jeweiligen Forschungsgebiet der Professoren liegen.

### **Kooperationen**

Die Kooperation ist die häufigste und flexibelste Form der Zusammenarbeit zwischen Industrie und Hochschule. Sie ist gewöhnlich auf ein bestimmtes Arbeitsfeld und einen Zeitraum begrenzt und regelt die Vorgehensweise, Rechte und Pflichten der Kooperationspartner in einem Vertrag. Kooperationen werden eingegangen, um gemeinsam Anträge an Förderinstitutionen zu stellen, Projekte gemeinsam zu bearbeiten und Ergebnisse miteinander auszuwerten. Die Form der Zusammenarbeit kann sehr lose wie auch sehr eng sein, die Förderrichtlinien sind gewöhnlich zu beachten oder werden als Leitlinie für Vertragsabschlüsse verwendet.

Kooperationen beginnen meist mit einem „Letter of Intent“ (Absichtserklärung). Einzelheiten der Verträge werden gewöhnlich erst festgelegt, wenn eine verbindliche Förderzusage vorliegt. Die Fördermittel werden in den meisten Fällen von den Partnern separat beantragt,

verwaltet und abgerechnet, ein Unterauftragnehmerverhältnis besteht nicht.

Kooperationen können auch strategisch, informativ und ohne Geldfluss in beiderseitigem Interesse geschlossen werden.

### **Arbeitsgemeinschaften**

Diese Form der Zusammenarbeit geht über Kooperationen hinaus, wobei ein Partner verantwortlich Projektleitung und finanzielle Abwicklung übernimmt. Der Partner kann sowohl im Industrials auch Institutsbereich angesiedelt sein. Gewöhnlich umfasst eine AG mindestens drei und mehr – auch internationale – Partner und findet sich zur Bearbeitung von Großprojekten, bevorzugt im EU-Bereich, zusammen.

### **Lizenzen**

Die Hochschulen erarbeiten im Rahmen von Projekten Ergebnisse, die dem Urheberrecht oder Patentrecht unterliegen. Soweit eigene Mittel der Hochschule aufgebracht wurden oder die Förderträge dies zulassen, können die Ergebnisse an Industrieunternehmen zur ausschließlichen oder nichtausschließlichen wirtschaftlichen Verwertung lizenziert oder auch verkauft werden. Hierbei werden marktübliche Konditionen angestrebt. Die Hochschule berücksichtigt dabei den Charakter der Lizenz nehmenden Firma. So werden bei Ausgründungen häufig sehr günstige Konditionen in der Anfangsphase vereinbart, um den Start-up des Unternehmens nicht zu belasten. Grundsätzlich erhebt die Hochschule aber den Anspruch auf Beteiligung am wirtschaftlichen Erfolg des lizenzierten Systems.

### **Grants, Stiftungen und Spenden**

Eine strategische Zusammenarbeit der Industrie mit dem Institut wird durch Grants, im deutschen Sprachraum Stiftungen oder auch Spenden genannt, stark beflügelt. Stiftungen sind von Natur aus zweckgebunden und auf die Bearbeitung bestimmter Themen ausgerichtet, die Maximalform ist wohl die Stiftungsprofessur für ein bestimmtes Arbeitsgebiet. Stiftungen unterscheiden sich von Forschungsaufträgen dadurch, dass die erzielten Ergebnisse allgemein zugänglich sein müssen, z. B. veröffentlicht werden, also nicht exklusiv dem Auftraggeber zur Verfügung stehen. Der steuerrechtlich enger gefasste Begriff der

Stiftung kommt nur in wenigen Fällen zum Tragen, z. B. wenn eine regelmäßige Summe zur Förderung von F&E in einem bestimmten Arbeitsgebiet ausgelobt wird. In den meisten Fällen handelt es sich um einmalige „Spenden“, die ebenfalls zweckgebunden sein können. Der Sinn dieser Spenden von Industrie-seite aus ist der Aufbau eines entsprechenden Know-how-Trägers im Institut, auf den dann über direkte Forschungsaufträge zurückgegriffen werden kann. Über die Annahme einer Spende muss wegen der Implikationen und eventuellen Folgekosten durch die Hochschulleitung entschieden werden. Klassisch sind Gerätespenden, d. h. die kostenlose Überlassung oder auch Schenkung von Geräten und Anlagen zur weiteren Verwendung in der Forschung oder Lehre.

Grants sind in Deutschland bisher noch wenig entwickelt und ihr Wert für die Industrie noch nicht deutlich genug erkannt. Sie dokumentieren auch nach außen hin die Bedeutung, die die Hochschule für die Grants gebende Industrie hat. Die Wirtschaft übernimmt damit ein kleines Stück der Verantwortung für die Zukunft selbst und kann entsprechend eigene Schwerpunkte setzen. Verglichen mit den Kosten für eine eigene F&E-Abteilung, deren Auslastung auch zu sichern wäre, ist die Förderung eines entsprechenden Forschungsschwerpunkts an der regionalen Hochschule durch Grants überaus effektiv, steuerrechtlich vorteilhaft und kostengünstig.

### **Gutachten**

Gutachten sind eine Standarddienstleistung von Forschungsinstitutionen. Das IAF leitet Anfragen direkt an geeignete Fachgutachter weiter, die gewöhnlich nach Gebührenordnung abrechnen. Das IAF wird dabei nicht direkt involviert. Wegen des persönlichen Bezugs wird das Gutachten immer vom zuständigen Professor auch persönlich erstellt, verantwortet und auch abgerechnet.

### **Beratung**

Das IAF berät die Industrie in allen Fragen, in denen es kompetent ist. Ein erster Beratungskontakt ist nach Vereinbarung möglich und meist kostenfrei. Umfangreiche und mehrfache Beratungen werden nach Aufwand abgerechnet, wobei marktübliche Kostensätze zugrunde gelegt werden.

Beratungen werden neben Anfragen und Projektakquisitionen häufig in Verbindung mit Lizenzverträgen zur Begleitung einer Entwicklung in die Serie angefordert.

### Schulungen

Das IAF führt auch Schulungen in den Kompetenzbereichen durch. Hier wird eng mit den im Weiterbildungsbereich tätigen Institutionen zusammengearbeitet.

### Ausgründungen

Das IAF unterstützt bei Ausgründungen oder führt selbst Ausgründungen durch. Hierbei arbeitet es eng mit CTO, dem Gründerverbund der Hochschulen Offenburg, Furtwangen und Freiburg und der Katholischen und Evangelischen Hochschule Freiburg sowie Netzwerkpartnern aus der Wirtschaft zusammen. Die Unterstützung kann in unterschiedlichster Form erfolgen.

**EXIST-Gründerstipendium, ein Förderprogramm der Bundesregierung für Existenzgründungen an Hochschulen.** Das EXIST-Gründerstipendium finanziert den Gründungswilligen die Personal-, Sach- und Coachingkosten für die Dauer eines Jahres. Die Förderung richtet sich an einzelne Gründer/-innen ebenso wie an Gründungsteams; an Wissenschaftler/-innen, Absolventen und Studierende in der zweiten Hälfte des Studiums. Voraussetzung für die Förderung ist ein innovatives und technologieorientiertes Gründungsvorhaben oder eine innovative Dienstleistung. EXIST-Gründerstipendium erfordert einen entsprechenden Antrag, der von der Hochschule gestellt wird. Die Hochschule stellt darüber hinaus einen Mentor und einen Arbeitsplatz zur Verfügung und garantiert einen kostenlosen Zugang zu ihrer Infrastruktur. Unterstützung bei der Antragsstellung erhalten die Gründungsinteressierten beim Gründerverbund CTO. Förderanträge können jederzeit gestellt werden. Insgesamt wurden im Gründerverbund 28 Personen in 12 Gründungsvorhaben durch das Stipendium gefördert.

**Junge Innovatoren (JI), das Förderprogramm des Landes Baden-Württemberg.** Das Programm „Junge Innovatoren“ fördert Unternehmensgründungen durch die Bereitstellung von Personalkosten für 50-Prozent-Stellen an der jeweiligen Hochschule; die Hochschule ihrerseits stellt Arbeitsplätze und benötigte Ressourcen zur Verfügung. Die bis zu zwei

Jahre dauernde Förderung richtet sich an wissenschaftliche Mitarbeiter/-innen, die sich mit eigenen Ideen selbstständig machen wollen. Die Antragsstellung erfolgt durch die Hochschule. Anträge können in der Regel im August/September gestellt werden. JI hat im Gründerverbund CTO bislang 8 Gründungsvorhaben mit 18 Personen gefördert.

**Beratung und Begleitung sowie Bereitstellung von Räumen und Geräten zu stark ermäßigten Konditionen.** Diese Förderung läuft über den Gründerverbund CTO, die Regelungen fördern auch Teams von Ausgründer/-innen, die bereits eine Rechtsform haben (z. B. GmbH), in den ersten Jahren der Firmenexistenz. Das Programm kann nur so weit in Anspruch genommen werden, wie die Hochschule hierfür Kapazitäten bereitstellen kann. Darüber hinaus bietet CTO individuelle Beratung und Begleitung in allen Phasen der Unternehmensgründung. über das Transferzentrum ist der einfachste und mit geringstem persönlichem Risiko für die Ausgründer verbunden, allerdings ist er nur als Zwischenstation geeignet, da kein eigener Firmenname und nur eine beschränkte Selbstständigkeit gegeben ist.

**Volle Ausgründung mit eigener Rechtsform, eigenem Firmennamen und eigener Administration.** Die Hochschule kann solche Ausgründungen durch Übernahme eines Gesellschafteranteils, eigene Einlagen in Form von Kapital (seltener), Geräten oder durch Überlassung von Lizenzen fördern. Einzelheiten sind vertraglich in beiderseitigem Interesse zu regeln. Die klassische Form ist die Verwertung von an der Hochschule im Rahmen von Projekten erarbeiteter Programme, die durch die Firma vermarktet und zukünftig betreut werden.

**Qualifizierung und Lehre.** CTO bietet ein umfangreiches theoretisches und praxisorientiertes Aus- und Weiterbildungsprogramm zu allen gründungsrelevanten Themen an.

**Direkte Ausgründungen als Transferzentrum der Steinbeis GmbH.** Hierbei wird der vereinfachte Mechanismus der Steinbeis GmbH verwendet. Dies hat den Vorteil, dass auf die Organisation der Steinbeis GmbH einschließlich Personalabwicklung, Material- und Angebotswesen zurückgegriffen werden kann,

wofür ein pauschalierter Gemeinkostenanteil am Umsatz abzuführen ist. Der Weg über das Transferzentrum ist der einfachste und mit geringstem persönlichem Risiko für die Ausgründer verbunden, allerdings ist er nur als Zwischenstation geeignet, da kein eigener Firmenname und nur eine beschränkte Selbstständigkeit gegeben ist.

**Volle Ausgründung mit eigener Rechtsform, eigenem Firmennamen und eigener Administration.** Die Hochschule kann solche Ausgründungen durch Übernahme eines Gesellschafteranteils, eigene Einlagen in Form von Kapital (seltener), Geräten oder durch Überlassung von Lizenzen fördern. Einzelheiten sind vertraglich in beiderseitigem Interesse zu regeln. Die klassische Form ist die Verwertung von an der Hochschule im Rahmen von Projekten erarbeiteter Programme, die durch die Firma vermarktet und zukünftig betreut werden.



Seit 1999 hat CTO in 425 Projekten mit 672 beteiligten Personen zu Firmengründungen beraten, 115 Firmengründungen sind erfolgt, von denen heute noch 85 Firmen am Markt tätig sind. 20 Vorhaben werden derzeit in diese Richtung konkret verfolgt.

Das CTO-Team steht allen Ratsuchenden aus den beteiligten Hochschulen auf dem Weg in die Selbstständigkeit zur Seite. Weitere Informationen zu CTO finden Sie auf der Internetseite des Gründerbüros:

[www.cto.uni-freiburg.de](http://www.cto.uni-freiburg.de)

Gründerverbund Campus Technologies Oberrhein (CTO)  
Frau Dorothea Bergmann, MBA  
Abteilungsleitung Gründerbüro  
Albert-Ludwigs-Universität  
Freiburg  
Stefan-Meier-Straße 8  
79104 Freiburg  
Telefon: 07 61/2 03-52 14  
E-Mail: [Dorothea.Bergmann@zft.uni-freiburg.de](mailto:Dorothea.Bergmann@zft.uni-freiburg.de)

# Geschäftsbericht

Der Bericht gibt die im Haushaltsjahr 2011 durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Hochschule Offenburg, davon der überwiegende Teil im Institut für Angewandte Forschung (IAF) durchgeführt, wieder. Die Angaben über Umsatz- und Auftragsvolumen entsprechen dem Stand der Buchführung und sind aktuell. Hinsichtlich des Mitglieder- und Mitarbeiterbestands wird der im Dezember erreichte aktuelle Stand beschrieben. Der Beitrag der Professoren in Form von Deputatserlass ist soweit erfassbar in den Umsatz eingerechnet.

## Kompetenzbereiche

Das IAF der Hochschule Offenburg pflegt folgende Kompetenzbereiche:

- System- und Regelungstechnik
- Physikalische Sensorik
- Maschinenbau und Verfahrenstechnik
- Wirtschaft
- Medien

In den neu geschaffenen Kompetenzbereichen Medien und Wirtschaft werden die in den letzten Jahren erfolgten Erweiterungen der Hochschule im Bereich der Medientechnik wie auch die Aktivitäten in den Gebieten des Marketings, der Wirtschaftswissenschaften sowie der Logistik zusammengefasst.

Die Zahl der Mitglieder erhöhte sich auf 30, weitere Kollegen haben Anträge gestellt und werden in 2012 aufgenommen. Mit der Aufnahme der Lehre im neuen Studiengang Medizintechnik werden weitere forschungsaktive Kollegen erwartet, was wohl in naher Zukunft zur Ergänzung um einen weiteren Kompetenzbereich „Medizintechnik“ führen wird.

## Dienstleistungen im IAF

Das IAF der Hochschule Offenburg versteht sich als zentrale Dienstleistungsinstanz in Forschungsangelegenheiten. Es bildet den Ansprechpartner für externe und interne Kommunikation. Abb. 2 zeigt eine Übersicht über die wesentlichen Angebote, die den forschenden Mitgliedern der Hochschule zur Verfügung stehen. Wie aus der Abbildung ersichtlich, werden insbesondere administrative und technische Hilfestellungen gegeben. Die eigentliche Forschung und Entwicklung erfolgt in den Laboratorien der Mitglieder.

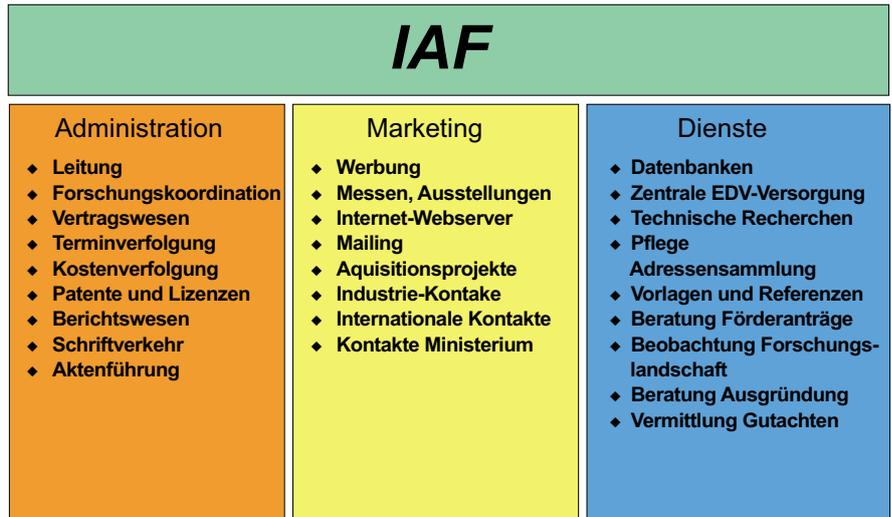


Abb. 2: Dienstleistungen

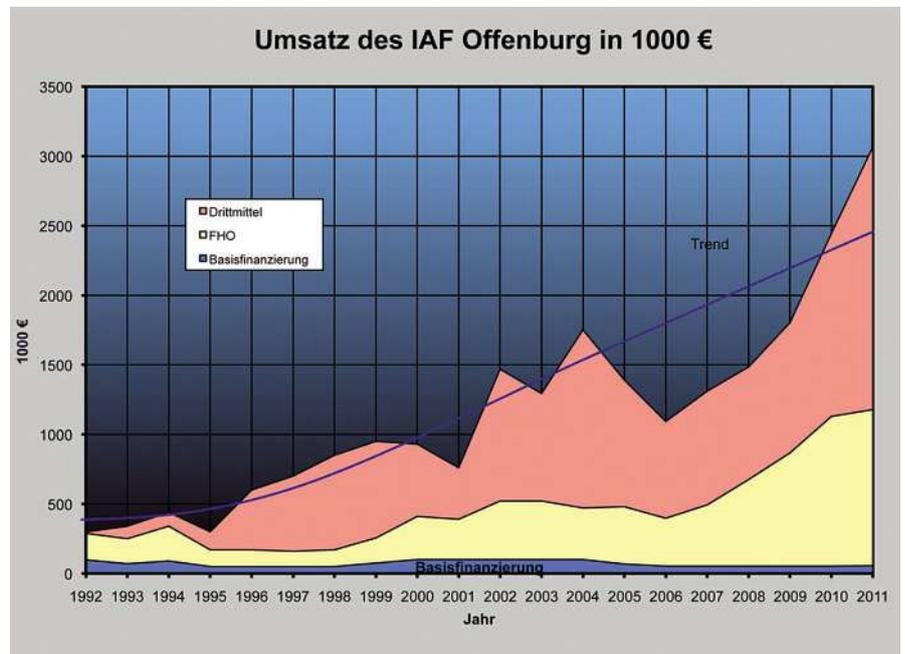


Abb. 3: Umsatzentwicklung des IAF Offenburg

## Einnahmen 2011 nach Finanzierungsquellen

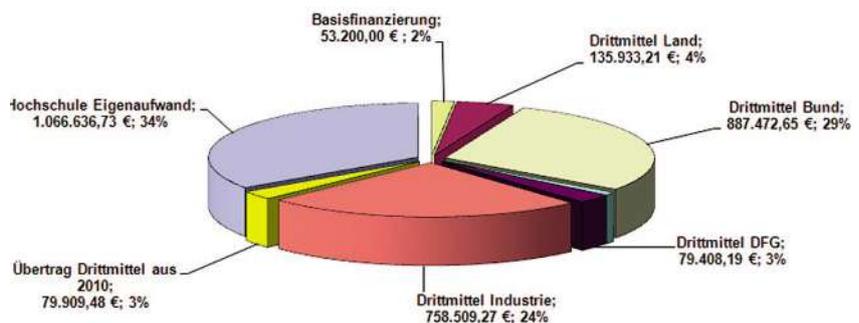


Abb. 4: Einnahmen des IAF Offenburg im Jahr 2011

Nur größere Projekte, die den Einsatz mehrerer Mitarbeiter erfordern, werden in IAF-eigenen Räumen bearbeitet.

### Forschungsgruppen

Wenn sich auch die offizielle Gliederung des IAF an Kompetenzbereichen orientiert, werden die eigentlichen Arbeiten inzwischen in Forschungsgruppen geleistet, die sich um einzelne Kollegen oder Gruppen von Kollegen gebildet haben. Sie setzen sich zusammen aus den Professoren, die gewöhnlich formell und wissenschaftlich die Projekte leiten, einer Anzahl von Mitarbeitern, die aus den Projekten bezahlt werden, Tutoren, die die Entwicklungsarbeiten neben ihrem Studium unterstützen, sowie Master- und Bachelor-Studenten, die ihre Abschlussarbeiten in den Projekten bearbeiten. Die Arbeit in diesen Gruppen ist hoch effizient und sowohl für die Lehre als auch Forschung und Entwicklung ein Mittel der Forschungssozialisierung wie auch eine Heimat und ein Aufwuchszentrum für neue Mitglieder. So kann sich das Know-how der Gruppe trotz naturgegebener Fluktuation weiterentwickeln. Die Attraktivität der Themen und die persönliche Betreuung ist für Studenten oftmals der entscheidende Grund für die Bearbeitung ihrer Thesis an der Hochschule, woran wiederum die Forschung profitiert. Durch den Institutscharakter werden hier Vorgehens- und Verhaltensweisen vermittelt, die über die sachliche Wissensvermittlung hinausgehen und für den weiteren Lebensweg oft prägend wirken. Lehre ist damit ein weiterer zentraler Aspekt am Institut für Angewandte Forschung.

### Einnahmen und Umsatz

Einnahmen und Umsatz sind im Jahr 2011 gegenüber dem Vorjahr erheblich angestiegen.

#### Der Umsatz betrug im Jahr 2011 3,087 Mio. Euro

Abb. 3 zeigt die Umsatzentwicklung seit 1992. Damit konnte der schon im vergangenen Jahr deutlich werdende Trend fortgesetzt, ja beschleunigt werden. Der Umsatz in 2011 wurde gegenüber 2010 um mehr als 28 % gesteigert. Damit übersteigt er deutlich den langfristigen und nun seit einigen Jahren stetig steigenden Trend, was auch auf die Aktivitäten des Forschungskordinators und

damit verbundene breitere Beteiligung an Ausschreibungen und Kooperationen zurückzuführen ist. Maßgeblich für die Umsatzsteigerung war die Einwerbung mehrerer größerer Projekte im Umfang von **4.377.466,66 Euro**.

Mehrere große Industrieprojekte wurden fortgeführt sowie Projektüberstände aus dem Vorjahr abgearbeitet. Gleichzeitig konnten einige Großprojekte (Industrie on Campus, Spectrum Monitoring u. a.) neu akquiriert werden, die erst in den Folgejahren bedeutende Umsätze erzeugen werden. Insbesondere im Arbeitsgebiet der Energietechnik konnte mit Industrie on Campus ein Kooperationsprojekt gewonnen werden, das mit einem Umfang von 2 Mio. € groß genug ist, die Gründung eines Instituts auf diesem Gebiet zu rechtfertigen. Hier werden auch noch weitere Projekte angesiedelt, die zum großen Themenbereich der Energieforschung und Energienutzung gehören. Nicht in die Bilanz eingerechnet wurde die großzügige Bereitstellung eines Gebäudes für das Institut durch den Ehrensensator der Hochschule Herrn Dietrich. Weitere Projekte aus dem Bereich der Avionik, der Inertialtechnik sowie der akustischen Signalverarbeitung haben die Basis für die Grün-

dung eines weiteren Instituts für Unmanned Aerial Systems gelegt, ebenso wie die inzwischen erfolgreiche Etablierung der Medizintechnik in Offenburg, die mit der Stiftung eines Instituts für „Pacing and Ablation“ durch den Ehrensensator Prof. Dr. Osypka mit erheblichem Gründungsvermögen die Basis für erfolgreiche Akquisitionen in diesem Bereich legt. Weiterhin sind mit neuen im Jahr 2011 berufenen Kollegen völlig neue Themen und auch Projekte nach Offenburg gekommen, die sich in anspruchsvollen DFG-finanzierten Forschungsprojekten zeigen. Auch der Bereich der direkten Industrieprojekte konnte massiv gesteigert werden.

Auch im Jahr 2011 wurden wieder zahlreiche Förderanträge gestellt, von denen ein Teil erfolgreich war und von denen in den folgenden Jahren profitiert werden wird. So werden voraussichtlich zwei Anträge (von vier) im Bundesprogramm „Junge Ingenieure“ erfolgreich sein, auch bei ProfUnt wurden drei Anträge mit Erfolgsaussichten gestellt. Eine Ausschreibung zu „Innovative Projekte“ des Landes Baden-Württemberg hat bedauerlicherweise nicht stattgefunden, lediglich die laufenden ZaFH-Projekte (PHOTON) wurden fortgesetzt.

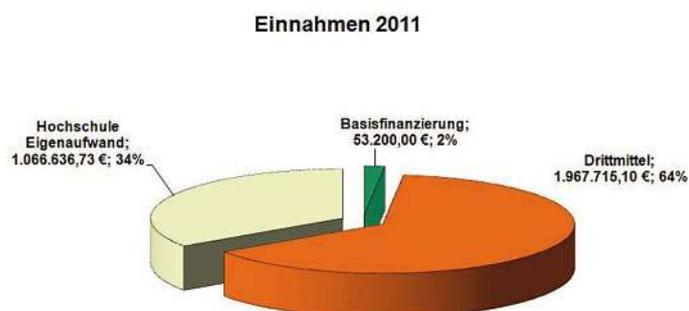


Abb. 5: Zusammensetzung der Einnahmen des Instituts für Angewandte Forschung



Abb. 6: Ausgaben des Instituts für Angewandte Forschung Offenburg im Jahr 2011

Inzwischen hat der Anteil der Industrieprojekte eine wesentliche Steigerung erfahren. Mit dem Projekt „Spectrum Monitoring“ konnte ein wirtschaftlich bedeutendes und technisch anspruchsvolles Projekt aus der Nachrichtentechnik eingeworben werden. Ein weiteres Großprojekt bahnt sich in der Zusammenarbeit mit einem lokalen Unternehmen an. Mehrere Projekte kommen aus der „Machbarkeitsphase“ hinaus und etablieren sich als substantielle Entwicklungsprojekte, die auf kommerzielle Produkte hinzielen.

Damit werden nun neben dem Ausbau der Forschungsaktivitäten, gekennzeichnet durch Kooperationen, Förderungen und DFG-Unterstützung, in zunehmendem Maß unmittelbare Technologietransferprojekte bearbeitet. Die breit angelegten Werbe- und Akquisitionsaktivitäten haben damit zu einer signifikanten Steigerung des Umsatzes des IAF beigetragen. Die eingeworbenen

#### **Drittmittel in Höhe von 1.9 Mio. Euro**

bilden nun 64 % der Gesamteinnahmen (Abb. 5). Die vom Land zum Betrieb des IAF gewährte Grundfinanzierung beträgt dabei nur noch 2 %. Etwa gleich geblieben ist der prozentuale

#### **Hochschul-Eigenaufwand mit 1,066 Mio. Euro**

etwa 34 % des Umsatzes, obgleich hier noch Defizitausgleichszahlungen für ein abgelaufenes Projekt einfließen mussten.

Im Folgenden soll auf die einzelnen Positionen der Bilanz näher eingegangen werden. Alle Zahlen beruhen auf der an der Hochschule Offenburg eingeführten Kostenstellenrechnung, mit der die angefallenen Personal- und Sachkostenaufwendungen getrennt und nachvollziehbar erfasst werden. Die Kosten für die Arbeitsplätze der Mitarbeiter, Betreuung und administrative Unterstützung werden formal durch die Personalkostenansätze nach VVV berücksichtigt. Der Anteil der Professoren wird durch den Deputatsnachlass für zwölf Kollegen kostenmäßig erfasst. Damit ist der persönliche Einsatz vieler Kollegen, die im Forschungsbereich aktiv sind und bisher nicht über Deputatsnachlass verfügen, nicht enthalten. Diese Art der

Rechnung führt zu einer Aufstellung, bei der die Differenz zwischen den tatsächlich ausgezahlten Mitarbeitergehältern und den Kostenansätzen für die Mitarbeiter als Hochschuleigenanteil formal ausgewiesen wird. Wenn damit auch die Overheadkosten nicht detailliert erfasst werden konnten – dies wird in Zukunft durch Erfassen der Flächenanteile und sonstigen Umlagen noch erfolgen –, so ist das doch eine sehr realistische Rechnung. Im Vergleich mit industriellen Overheadkosten sind dabei die Zuschläge von etwa 50 % im Durchschnitt je nach Position und Alter des Mitarbeiters eher unter dem sonst üblichen Rahmen.

Das IAF investierte 2011 nur in geringem Umfang. Im Wesentlichen wurden Möbel und Rechnerausstattung für neu geschaffene Arbeitsplätze beschafft, die in den erweiterten Räumen im von der Steinbeis GmbH angemieteten Gebäude geschaffen wurden. Die eingesetzten Geräte wie Anlagen werden von der Hochschule Offenburg für die Forschungsarbeiten beigestellt. Dies gilt auch für den größten Teil der Arbeitsplätze der hauptamtlichen IAF-Mitarbeiter. 2011 konnte das IAF weitere Räume dazugewinnen. Damit stehen vier größere Verfügungsräume, Arbeitsplätze für Mitarbeiter, ein Doktorandenraum und das Sekretariat nun in geschlossener Form zur Verfügung. Für die neu gegründeten Institute wurden ebenfalls eigene Räumlichkeiten geschaffen. Allerdings sind immer noch einige Mitarbeiter in den Laborräumen der Hochschule untergebracht, die Raumausstattung kann dem schnellen Wachstum des IAF kaum folgen. Die administrative und operative Einheit des Instituts an einem Ort wächst zusammen mit der Möglichkeit zur zukünftigen räumlichen Expansion. Die Bereitstellung großzügig ausgestatteter Räumlichkeiten für das Institut für Energietechnik, die auch für die Errichtung von technischen Großanlagen geeignet sind, hat wesentlich zur Entspannung beigetragen. Leider ist durch die Lage in Bohlsbach, etwa 15 Min. entfernt, die räumliche Einheit nicht mehr gegeben.

Im Computerbereich kam es nur zu Ersatzbeschaffungen in nicht nennenswertem Umfang. Auf die Aufstellung einer Investitionsbilanz wurde verzichtet und die Kosten für die ausgeführten Maßnahmen unter Sachkosten verbucht.

Das IAF hatte 2011 Drittmittel in der Höhe von 1,967 Mio. € zur Verfügung, wobei 79.909,00 € noch aus dem Vorjahr übertragen wurden. Als Drittmittel werden hier nur Einnahmen verstanden, die tatsächlich von außerhalb der Hochschule dem IAF zugeflossen sind. Weiterhin sind die Mittel, die die Hochschule bzw. die Fakultäten in Projekten der Vorlaufphase, wenn auch in kleinem Umfang, zuschießt und die durch Bereitstellung von Arbeitsleistung (Stellen) ebenfalls zum Erfolg beitragen, unter Hochschulmitteln verrechnet. Die Grundfinanzierung von 53.200,00 € durch das Land ist hier mit enthalten.

Im Vergleich zum Vorjahr sind die vom Land eingeworbenen Drittmittel sehr deutlich von 358.856,00 € auf 189.133,00 € wieder zurückgefallen. Sie setzen sich zusammen aus 135.933 € Landesanteil zuzüglich Basisfinanzierung von 53.200,00 €. Der Landesanteil bildet jetzt nur noch 6 % der Einnahmen in 2011 (2010: 14 %), der Anteil am Gesamtumsatz ist damit 2011 noch stärker zurückgegangen als der Nominalwert. Die verbliebenen Mittel beziehen sich zudem auf ein Projekt der Landesstiftung BW mit wenig attraktiven Konditionen. Man könnte zwar argumentieren, die vom Land erbrachte „Anschubfinanzierung“ war erfolgreich und wird nicht mehr benötigt, man kann aber auch die Unzuverlässigkeit politisch motivierter Förderaktionen bedauern. Für das IAF Offenburg war sicher die Schwerpunktsetzung auf längerfristig wirksame Bundesprogramme und direkte Industrieprojekte strategisch richtig und hat zur Stabilisierung und Steigerung der Umsätze beigetragen.

Der Anteil der Einnahmen aus Bundesmitteln ist 2011 wieder stark gestiegen. Er beträgt nun 887.472,00 € entsprechend 29 % (Vorjahr 10 %). Maßgeblich hierfür sind mehrere umfangreiche ZIM-Projekte, neben den auch bisher schon laufenden BMWU und BMFT-finanzierten Kooperationsprojekten. Die erfolgreiche Einwerbung der ZIM-Projekte steht, wenn auch indirekt, im Zusammenhang mit der erfolgreichen Steigerung der Industrieprojekte, die, wenn eine Möglichkeit der Förderung besteht, dann als ZIM-Projekte begonnen werden. Entscheidend für viele Projekte ist hier der relativ kurze und absehbare Entscheidungsweg über die AIF, der auch

die Bearbeitung aktueller Fragestellungen erlaubt. Demgegenüber sind Kooperationsprojekte durch die zum Teil mehrstufigen Ausschreibungs- und Entscheidungsverfahren aufwendig, unkalulierbar und nur noch für strategische Entwicklungen sinnvoll. Dies gilt erst recht für EU-Projekte, wo zurzeit Aufwand und Ertrag in keinem guten Verhältnis stehen.

Die Einnahmen aus direkten Industrieaufträgen, die Aufträge durch die Kommune Offenburg sind hier ebenfalls subsumiert, von 758.509,00 € haben sich mehr als verdoppelt und einen neuen Höchststand erreicht. Hier wirkte sich die kontinuierliche Arbeit an Projekten, die inzwischen die Serienreife erreicht haben, wie auch die aus eigenen Vorentwicklungen abgeleiteten Projekte im Bereich der Medizintechnik aus. Zu begrüßen ist auch, dass im Arbeitsgebiet der Verfahrenstechnik signifikante Industrieprojekte mit regionalen Industriepartnern erfolgreich begonnen wurden. Es ist allerdings zu beachten, dass bei vielen Industrieprojekten häufig massiv vorfinanziert werden muss, da die Rechnung oft erst nach Erbringung der Leistung gestellt werden kann, auch wenn Teilrechnungen und Vorauszahlung dies mildern. Aus den Zahlen kann man ablesen, dass der Anteil der Industrieprojekte 2011 auch relativ stark zugenommen hat und bei den Einnahmen mit 24 % inzwischen den zweitgrößten Posten nach Bundesmitteln 32 % und Landesmitteln 6 % ausmacht.

Aus 2010 wurden Drittmittel in Höhe von 79.909,00 € übertragen. Diese teilen sich im Verhältnis auf öffentlich geförderte Projekte und Industrieprojekte auf. Hierbei handelt es sich um im Vorjahr eingenommene Mittel, die noch nicht durch Forschungsleistung, also im Wesentlichen Personalkosten, abgedeckt sind. In gleicher Weise werden auch erneut Drittmittel im Umfang von 430.262,00 € nach 2012 übertragen, da das Wachstum des Instituts trotz Expansion mit dem Wachstum der Einnahmen nicht mitkam (Abb. 5). Es sind also 2012 noch erhebliche Aufgaben, die zugesagt wurden, abzuarbeiten.

Der Bundesanteil von 887.472,00 € kommt durch die Großprojekte zustande wie „Agentenbasierte Temperierregelung“ und ein ZIM-Projekt mit einem

lokalen Unternehmen,  $\mu$ TRANS, ATTRACTIVE, EUDAF, Leichtbauradnabenmotor, SOLARTHERMIE und andere. Auffallend ist der große Anteil von ZIM-Projekten mit lokalen Partnern. Nach Auslauf der Förderung für die ZaFH-Zentren ZaFH.net und ZeMIS werden diese inhaltlich weitergeführt und die Kooperationen gepflegt. Im Folgeprogramm ist Offenburg an einem weiteren ZaFH-Zentrum auf dem Gebiet der Optoelektronik PHOTON beteiligt, das 2011 in einer 2. Phase fortgesetzt wurde. Hieraus wird nur ein Mitarbeiter für die Hochschule finanziert, der aus diesen Mitteln an seiner Promotion arbeitet. Die ZaFH-Mittel kommen aus der Landesstiftung. Die dort angesiedelten Projekte sind zunehmend als „Danaer“-Projekte zu bewerten und aufgrund der Auftragskonditionen eigentlich nicht empfehlenswert.

Erfreulicherweise konnte 2011 der Anteil von DFG-Mitteln durch Projekte, bearbeitet von jungen Kollegen in Kooperation mit den Universitäten Freiburg und Heidelberg, in nennenswertem Umfang erhöht werden. In diesen Projekten werden Mitarbeiter an anspruchsvollen Forschungsthemen von der Oberflächenwellentechnik bis hin zur „Modellierung der Kriechfestigkeit von Gusseisen“ promoviert.

Bei den Industrieprojekten hat sich gezeigt, dass auch aus kleinen anfänglich kaum bedeutsamen Miniprojekten auf Dauer erfolgreiche Projekte werden können, wenn das gewonnene Wissen konsequent weiterentwickelt und eingebracht wird.

Die bisher im Wesentlichen aus Eigenmitteln finanzierten Arbeiten an einem „Helicopter Unmanned Aerial Vehicle UAV“ haben inzwischen zu einer Institutsgründung geführt, wobei nennenswerte kommerzielle Umsetzung und Verwertung gelingt. Aus dem „Schluckspecht“-Projekt wurde inzwischen das Industrieprojekt „EC-Wheel“, abgespalten, wo eine Schlüsselkomponente des Schluckspechts, der Radnabenmotor, industriell weiterentwickelt wird. Es gibt noch zahlreiche weitere Beispiele. Insofern können auch aus ursprünglich eher in der Lehre geborenen und zur Motivation von Studenten geschaffenen Projekten umsatzstarke Innovationen hervorgehen. Besonders begrü-

ßenswert ist auch die enge Zusammenarbeit mit der Stadt Offenburg in mehreren Projekten, was zur Wahrnehmung der Hochschule im öffentlichen Raum, in Presse und Öffentlichkeit, sehr positiv beiträgt.

Die Einnahmesituation zeigt, dass der Drittmittelanteil des IAF-Aufwands mit 64 % deutlich über die Hälfte der Kosten des IAF deckt. 34 %, also etwa ein Drittel, beträgt der Hochschuleigenaufwand, die Basisfinanzierung durch das Land ist mit 2 % unbedeutend. Bei weiter steigender Tendenz kommt das Institut damit in den Bereich der Selbstfinanzierung.

Der Hochschul-Eigenaufwand (Ausgaben, Abb. 6) beträgt mit 1.066.636 € ca. 34 % des Gesamtumsatzes, wobei hier die Arbeitsplatzkosten einkalkuliert sind. Die Hochschule stellte dem Institut aus Eigenmitteln etwa 268.213,00 € als zentrale Mittel zur Verfügung, hinzu kommen die kalkulatorischen Kosten nach der VWV für die eingesetzten Arbeitsplätze, Ausstattung, Räume usw. wie zuvor erwähnt. Diese direkt zugewiesenen Mittel enthalten die Kosten für den Forschungskordinator, eine Teilzeitsekretärin und Sachmittel, Re-Investitionen in geringem Umfang und einige die Forschung direkt unterstützende Tutorien.

Diese Summe ist gegenüber dem Vorjahr deutlich niedriger. Die systemischen Defizite früherer ProInno- und sonstiger Projekte waren bis auf ein Projekt bereits im Vorjahr abgegolten worden. Diese Summen entstehen durch die (manchmal verdeckte) Forderung der Mittelgeber nach einem Eigenbeitrag der Hochschule, der buchungstechnisch oftmals erst nach Endabrechnung erkennbar wird, und waren signifikant bei den unter ProInno geförderten AIF-Projekten. Die Regeln sind beim Zentralen Innovationsprogramm (ZIM) verbessert worden, man muss aber auch hier erst die Endabrechnungen abwarten, bevor ZIM abschließend bewertet werden kann. Die Gesamtkosten solcher Projekte im Sinn der VWV werden aber nie abgedeckt, Overheadkosten können nur eingeschränkt verrechnet werden, insofern sind solche Projekte immer von der Hochschule bezuschusst. Die Situation hat sich jedoch deutlich verbessert, was auch an der großen Zahl neuer ZIM-Projekte abzulesen ist.

Die Hochschule hat zudem wieder Mittel für Wiss. Mitarbeiterstellen, hiervon wurden zum Teil auch Tutoren bezahlt, bereitgestellt, die auch im nächsten Jahr wieder zur Verfügung stehen werden. Mit diesen Mitteln werden zentrale Vorphasenprojekte wie z. B. „Schluckspecht“ und „Helikopter UAV“ mit Ausstrahlung und Wirksamkeit in der Lehre unterstützt.

Beim Schluckspecht sind diese Förderungen inzwischen durch Spendeneinnahmen, Preise und Anschlussprojekte wieder hereingekommen. Ähnliches hat sich auch beim Heli-UAV-Projekt mittelfristig ergeben und wird sich in der Medizintechnik fortsetzen. Zu begrüßen ist auch, dass der Mindestbedarf des IAF für Organisation und Administration definiert und im Einvernehmen gesichert wurde. Eine weitere Personalaufstockung im administrativen Bereich zur Verwaltung der großen Zahl von Projekten ist für 2012 vorgesehen.

Die eingesetzten Hochschulmittel stammen zum Teil auch direkt aus den Fakultäten, die ihre Kollegen damit in ihren Forschungsaktivitäten unterstützen. Hierzu gehören auch Unterstützung für Reisekosten zu Konferenzen, Tutoren und Sachkosten in den Labors, soweit Forschungs- und Entwicklungsarbeiten betroffen sind. Als Substanz wurde von der Hochschule neben einer halben Verwaltungskraft und den beiden Mitarbeiterstellen der Forschungskordinator eingebracht. Die restlichen Mittel verteilen sich auf Deputate und einen Sachkostenbeitrag, der neben allgemeinen Verwaltungs-, Werbungs-, Messe- und sonstigen Kosten hauptsächlich für Tutoren eingesetzt wurde. Damit wurden wie schon in den Vorjahren keine Mittel und Personen aus dem Studiengebührenaufkommen hier eingesetzt, obgleich im IAF zahlreiche Lehraufgaben und Betreuungsleistungen erbracht werden. Der Anteil für sogenannte „Freie Entwicklung“ stand dieses Jahr in geringem Umfang zur Verfügung, weitere zusätzliche Mittel wurden zum Mittelausgleich angewendet.

Bei den Ausgaben (Abb. 6) überwiegen wie auch in den Vorjahren die Personalkosten mit nahezu 67 %. Auf die Investitionen wurde schon zuvor eingegangen. Die übrigen Sachausgaben von 527.525 € betreffen Projektausgaben,

wobei sich auch hier der Umfang aus Verrechnungspositionen, hinter denen zum Teil Personalausgaben stehen (Tutoren), erklärt. Der Übertrag an Restmitteln für 2012 mit 430.262,00 € fällt diesmal besonders groß aus und wird die kontinuierliche Arbeit im nächsten Jahr stützen.

Die Ausgaben setzen sich zusammen aus den Personalnettokosten und kalkulatorischen Zusatzkosten von in diesem Jahr 63 % der Personalkosten, was ein noch akzeptabler Wert für Overheadkosten ist. Der Prozentsatz ist aber stark gestiegen durch den größeren Teil der Industrieprojekte und die ebenfalls gestiegene Zahl von Deputatsstunden, die für Forschung eingesetzt wurden. Da wir an die VWV gebunden sind, die erst durch eine Vollkostenkalkulation in den nächsten Jahren abgelöst werden soll, sind die damit vom Institut für den Forschungs- und Entwicklungsmarkt angebotenen Kosten immer noch günstig. Auch dies ist eine Erklärung für den signifikanten Anstieg der Industrieaufträge. Allerdings ist ein beliebiges Anwachsen dieser Umsätze aus Kapazitätsgründen nicht möglich (auch im IAF sind die Ingenieure knapp geworden), und es ist auch nicht beabsichtigt, in die direkte Konkurrenz zu etablierten Forschungs- und Entwicklungsfirmen zu treten.

Im IAF sind derzeit 57 Mitarbeiter angestellt, allerdings teilweise in Halbtagsstellen, wobei das einem Vollzeitäquivalent von etwa 46 Personen entspricht. Dies ist eine gewaltige Steigerung gegenüber dem letzten Jahr mit 44 Mitarbeitern. Die Halbtagsstellen sind zum Teil mit Doktoranden und neuerdings mit Master-Studenten besetzt, die neben ihrem Studium im IAF engagiert sind. Auch wenn hier nur mit „halber Kraft“ geforscht werden kann, können mit dieser Finanzierung exzellente Personen für die Tätigkeit am Institut gewonnen werden. Gleichzeitig ermöglicht die halbe Stelle den Studenten eine gewisse Selbstständigkeit und ein finanzielles Einkommen, durch das erst das Master-Studium finanziert werden kann. Bei einem Teil der Betroffenen handelt es sich um Studenten aus fernen Ländern, was die Forschungsaktivität international gestaltet. Diese Internationalisierung hat auch zu einem deutlichen Anwachsen der Vorträge auf internationalen Konferenzen

und von Veröffentlichungen geführt, wodurch die Hochschule insgesamt an Sichtbarkeit gewonnen hat.

Am Institut für Angewandte Forschung wurden im Sommer 2011 mehrere kooperative Promotionen mit der Universität Freiburg im Schwerpunkt System- und Regelungstechnik sowie im Bereich Mobilkommunikation, alle mit „Exzellenz-Universitäten“, neu begonnen. Bei der Ausschreibung des Landes Baden-Württemberg „Promotionskolleg“ war die Hochschule Offenburg zudem erfolgreich mit dem zusammen mit der Universität Freiburg gestellten Antrag „KleE, kleinskalige erneuerbare Energiesysteme“, über den in den nächsten Jahren Stipendien für 4 weitere Doktoranden an der Hochschule finanziert werden. Damit ist 2011 die Zahl inzwischen auf

### **18 Doktoranden an der Hochschule Offenburg**

angestiegen, was die Qualität der erbrachten Arbeit unterstreicht. Basis hierfür sind auch die nationalen und internationalen Kontakte der Hochschule und einiger forschungsorientierten Kollegen mit zahlreichen Universitäten im In- und Ausland.

Weiterhin gab es

### **4 Patentanmeldungen**

und mehrere Erfindungsmeldungen 2011, die auf Arbeiten im IAF beruhen. Ein nicht unerheblicher Teil der detaillierten Forschungs- und Entwicklungstätigkeit wird von Studenten im Rahmen von Studien- und Diplomarbeiten sowie Tutorien geleistet. In diesen Arbeiten wird häufig die eigentliche „Kärnerarbeit“ durchgeführt, wobei sich hier Lehre und selbstständige Tätigkeit ergänzen. Hierfür ist allerdings ein erheblicher Umfang an Betreuung erforderlich, der von etablierten Assistenten und Mitarbeitern zu leisten ist. In diesem sogenannten Mittelbau wird das Defizit an festen Stellen, die allein die Kontinuität im personellen wie auch inhaltlichen Bereich sicherstellen können, immer schmerzhafter. Durch die hohe Personalfuktuation und Fraktalisierung der Personalstellen ist das sinnvolle Führen von Studenten sehr viel schwieriger geworden. Es ist deshalb in hohem Maß

wünschenswert, die Zahl der aus Hochschulmitteln finanzierten Akademischen Mitarbeiter deutlich zu erhöhen. Hinzu käme noch eine ebenfalls erhöhte Anzahl von Tutoren.

Damit werden zwar noch nicht die Zahlen erreicht, wie sie im sonstigen Umfeld öffentlich geförderter Institute anzutreffen sind. Auf die aufwendige Betreuung der im Institut durchgeführten Abschlussarbeiten sei hier noch einmal hingewiesen.

Der Anteil der Arbeiten am Institut, die unmittelbar lehr- und ausbildungsbezogen sind, ist jedoch letztlich vom Staat zu tragen. Das gebietet insbesondere die Fairness, wenn Evaluationen und Vergleiche mit anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen angestellt werden, unter anderem auch mit den Universitäten. Nicht zuletzt ist auf die hohe Lehrbelastung der Professoren mit 18 Deputatsstunden hinzuweisen.

Mit der Gewinnung neuer Kollegen am Institut für Angewandte Forschung konnten die Forschungsaktivitäten insgesamt auf eine breitere Basis gestellt werden. Mit der Aufnahme des Lehrbetriebs im neuen Studiengang Medizintechnik und auch dem in diesem Bereich gegründeten Institut wird sich auch hier in absehbarer Zeit ein sichtbarer Schwerpunkt im IAF entwickeln, wenn die Aufbauarbeiten beendet, die Medizintechnik-Labors eingerichtet und betriebsfähig sind. Damit wird der Anteil der medizintechnisch orientierten Forschungsarbeiten in Zukunft noch größer werden.

Damit hat sich erfreulicherweise die Basis von kompetenten forschungsaktiven Clustern in Offenburg verbreitert, sodass eine positive Entwicklung in den nächsten Jahren vorgezeichnet ist.

### Einbettung in die Forschungslandschaft der Hochschule Offenburg

Es ist schwierig, wirklich alle an der Hochschule Offenburg durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten vollständig zu erfassen. Der vorliegende Bericht beschreibt geschätzte 90 % dieser Aktivitäten, wobei die in den Steinbeis-Transferzentren durchgeführten Arbeiten hier nicht aufgeführt werden. Im Umkreis der Hochschule bestehen vier Zentren, die als selbstständige FuE-Einheiten operieren und mit der Hochschule nur durch Personalunion der Leiter verbunden sind. Auf diese Zentren, die

mit dem IAF lose zusammenarbeiten und sich auf die eigentliche auftragsbezogene Industrientwicklung konzentrieren, sei hiermit hingewiesen. Adressen und Ansprechpartner dieser Zentren sind im Internet zu finden. Bei der Bewertung der gesamten Forschungs- und Entwicklungsleistung der Hochschule Offenburg sind diese Transferzentren mit einzubeziehen.

### Energie-, Umwelt- und Reinraumtechnik

Leitung: Dipl.-Ing. (FH) Michael Kuhn  
 Badstraße 24 a  
 77652 Offenburg  
 Tel. 07 81-203 547-00  
 Fax 07 81-203 547-99  
 E-Mail: SU0094@stw.de

### Technische Beratung

Leitung: Prof. Dr. Uwe Coehne  
 Sternenstraße 10  
 77656 Offenburg  
 Tel. 07 81-5 70 50  
 Fax 07 81-7 01 17  
 E-Mail: SU0029@stw.de

Wegen weiterer Informationen sei auf die Website des IAF

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

mit detaillierten Informationen über die laufenden Projekte sowie den jährlichen Forschungsbericht der Hochschule Offenburg verwiesen.

### System- und Regelungstechnik

Leitung: Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Matt  
 Robert-Bosch-Straße 3  
 77656 Offenburg  
 Tel. 07 81-96 54-0  
 Fax 07 81-96 54-11  
 E-Mail: SU0067@stw.de

### Messtechnik und Verfahrenstechnik

Leitung: Dipl.-Ing. (FH) Franz Knopf  
 Zur Kinzigau 5  
 77652 Offenburg  
 Tel. 07 81-2 24 48  
 Fax 07 81-9 70 99 06  
 E-Mail: SU00218@stw.de



Steinbeis-Transferzentren an der Hochschule Offenburg

## NEU GEGRÜNDETE INSTITUTE

Der zunehmende Umfang der Forschungsarbeiten und die Übernahme von Großprojekten wie z. B. „Industry on Campus“ erfordern eine Erweiterung der Organisation durch Gründung von Instituten, die aus mehreren Kollegen gebildet eigenständig arbeiten können. Im Jahr 2011 wurden deshalb 4 Institute gegründet:



### Institut für nachhaltige Energietechnik (INES)

Leitung: Prof. Elmar Bollin

Am 18.01.2012 wurde im Rahmen einer hochschulinternen Einweihungsfeier der akademische Betrieb des Instituts für Energiesystemtechnik INES im neu erbauten Georg-Dietrich-Kollegengebäude im Ortsteil Offenburg-Bohlsbach aufgenommen.

Geleitet wird das INES von Prof. Elmar Bollin, der mit seiner Forschungsgruppe nachhaltige Energietechnik, kurz net, seit über zehn Jahren den Bereich nachhaltige Energietechnik mit derzeit sechs Mitarbeitern an der Hochschule Offenburg bearbeitet.

Derzeit beherbergt das INES die Mitarbeiter der Forschungsgruppe „net“. Die Forschungsgruppe „net“ an der Hochschule Offenburg befasst sich seit über 10 Jahren mit Themenfeldern der nachhaltigen Energietechnik und ist auf die Systemtechnik der solarthermischen Energienutzung im Gebäude und die Nutzung der Gebäudeautomation zur Verbesserung der Energiebereitstellung und -nutzung sowie des Komforts in den Gebäuden spezialisiert. Neben langfristigen Forschungsvorhaben im Auftrag der Bundesministerien (BMU, BMWi, BMFT, BMB) bearbeitet die Forschungsgruppe Projekte im Auftrag der Landestiftung Baden-Württemberg und regionaler Energieversorger. Das Institut befindet sich in Offenburg-Bohlsbach auf dem Gelände der Spedition Dietrich und verfügt dort über moderne Räumlichkeiten, auch zur Aufstellung von technischen Großanlagen der Prozesstechnik.

Das INES beherbergt auch einen Teil des Promotionskollegs KleE zur Entwicklung kleinskaliger erneuerbarer Energiesysteme, das im Jahr 2011 zusammen mit der Universität Freiburg ins Leben geru-



Abb. 6: Forschungsgruppe net



Abb. 7: INES, Eröffnung.  
(v.l.): Rektor Prof. Dr. Winfried Lieber, das Ehepaar Georg und Maria Dietrich und Prof. Elmar Bollin

fen wurde. Die net-Forschungsgruppe hatte die Räume im INES bereits im August 2011 bezogen und entwickelt derzeit das INES zum Zentrum der Offenburger Energieforschung.

Das INES bietet neben wissenschaftlichen Arbeitsplätzen einen Seminarraum sowie ein Labor mit Rechnerpool. Ein angeschlossenes großzügiges Technikum ermöglicht den Wissenschaftlern eine enge Verbindung zwischen Theorie und Praxis und bietet Platz für den Bau von Pilot- und Testanlagen. Die Seminarräume und der Rechnerpool können für Lehr- und Schulungszwecke im Bereich Energiesystemtechnik genutzt werden. Derzeit wird im Technikum des INES eine Wasserstoffsystemeinheit aufgebaut. Sie dient der Speicherung von Strom aus regenerativen Energiequellen und ist Teil eines

KleE-Systems. Zusätzlich wird in den nächsten Monaten eine großräumige Klimakammer zur Untersuchung von Fahrzeugprototypen und neuartigen Energiewandlern eingerichtet.

### Institut für kulturelle Kommunikation (IKK)

An-Institut

Leitung: Prof. Dr. Heinrich Behring

Zur Zielsetzung gehören wissenschaftliche Forschungsarbeiten und künstlerische Projekte. Eine wichtige Aufgabe sieht das Institut darin, gemeinsam mit anderen Hochschulen am Oberrhein Konzepte für interdisziplinäres Arbeiten im Medien- wie Bildungsbereich zu entwickeln. Schwerpunkte sind dabei Bildende Kunst, audiovisuelle Medien, kulturelle Bildung, Medienkonvergenz und Medienjournalismus (Zitat: Prof. Dr. Behring).



Abb. 8: IKK-Forschungsteam

**Institute for Unmanned Aerial Systems (IUAS)**

Leitung: Prof. Dr. Werner Schröder

Die zunehmende Bedeutung unbemannter Flugkörper wie z. B. Klein-Helikopter in zivilen Anwendungen und die zugehörige Avionik einschließlich der anspruchsvollen Inertialtechnik macht die Zusammenfassung bestehender Aktivitäten in einem eigenen Institut sinnvoll und legt damit die Basis für eine weitere Expansion in diesem Zukunftsbereich.

Mitte letzten Jahres wurde das Institut für Unmanned Aerial Systems (IUAS) an der Hochschule Offenburg gegründet. Anlass war die recht erfolgreiche Entwicklung einer Flugregelung für Modellhelikopter über mehrere Jahre an der Hochschule.

Das Institut hat die Aufgabe, unbemannte Flugsysteme bis etwa 25 kg Abflugmasse zu entwickeln und einzusetzen. Darüber hinaus beschäftigt es sich mit technisch naheliegenden Themen in der Navigation, Sensorik und Messtechnik.

Im fliegenden Bereich des IUAS sind derzeit Elektro- und Benzinhelikopter mit nunmehr serienreifem Flugregelungssystem im Einsatz. Der Elektrotyp hat etwa 4,5 kg Masse (ohne Nutzlast), der Benziner etwa 8 kg. Die möglichen Nutzlasten betragen über 2 kg bzw. 4 kg. Das Flugregelungssystem ist so ausgeführt, dass jedermann nach einer Einweisung von wenigen Minuten die Maschinen fliegen kann. Die Helikopter fliegen zuverlässig und können auch automatisch programmierte Wegstrecken abfliegen. Bei Funkproblemen o. ä. kehren sie automatisch an den Startpunkt zurück.

Bisherige Einsätze umfassen u. a. Flüge am Freiburger Münster, Brückenbefliegungen und Einsätze an Hochspannungseinrichtungen. Eine Spezialität ist das sehr dichte Heranfliegen an Objekte auf bis unter 1 m – auch an Hochspannungseinrichtungen – bei teilweise schwierigen Start- und Landeverhältnissen. Die Helikopter sind allwettertauglich, wurden und werden z. B. bei Starkwind oder Vereisungsbedingungen voll geregelt geflogen. Der Elektrotyp wurde



**Abb. 9:** IUAS- Forschungsteam



**Abb. 10:** Die Flotte

mit 70% der Akkuladung bisher bis 4600 m Höhe geflogen, die Gipfelhöhe liegt deutlich darüber. Auch Flugtests mit Navigationssystemen wurden durchgeführt. Bisher wurden einige hundert Flüge durchgeführt.

Insgesamt wird großer Wert auf Flugsicherheit, die Einhaltung der einschlägigen gesetzlichen Regelungen und dem Einholen der erforderlichen Genehmigungen gelegt. Unsere Maschinen sind nach dem Luftfahrtrecht haftpflichtversichert. Insbesondere Zuverlässigkeit und hohe Flugsicherheit erfordern viel Entwicklungsarbeit im Detail und Erfahrung in vielen Flügen und Einsätzen. Es handelt sich um komplexe Systeme an der Grenze des derzeit technisch Machbaren. Unbemannte Flugsysteme werden sich aufgrund des möglichen Schadenpotenzials im zivilen Bereich nur

durchsetzen, wenn ein sicherer Betrieb möglich ist und nachgewiesen wird.

Das Institut ist im ersten Stock des Steinbeis-Gebäudes an der Hochschule untergebracht. Die derzeitige Mannschaft umfasst fünf angestellte Ingenieure (Foto), die sich über Entwicklungsaufträge und Flugeinsätze finanzieren. Durch Aufträge auch in technisch affinen Bereichen ist abzusehen, dass das IUAS personell weiter wachsen wird. Natürlich sind Studenten für interessante und fordernde Abschlussarbeiten und Projektarbeiten willkommen. Wir haben notorisch viel mehr Ideen und Entwicklungsmöglichkeiten im Bereich der Sensorik, Software und Elektronikhardware, Funkverbindungen, Nutzlasten etc. als Personal und so viel zu tun, dass die offizielle Einweihungsfeier in diesem Jahr stattfinden wird.

**Dr. Osypka Institut für  
Pacing and Ablation (POI)**

Leitung Prof. Dr. Bruno Ismer

Das Institut wird sich der Forschung und Die Gründung des Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation trägt der Tatsache Rechnung, dass sich beide Methoden, die Elektrotherapie mit Implantaten und die katheterbasierte Behandlung krankhafter Erregungsstrukturen, allein oder in ihrer Kombination, in den vergangenen Jahren als außerordentlich erfolgreiche Methoden zur Behandlung von Herzrhythmusstörungen erwiesen haben.

Das Institut wird sich der Forschung und Entwicklung neuer Methoden und Apparaturen, insbesondere für die Elektrostimulation und Ablation, widmen. Die Schwerpunkte liegen dabei im Bereich der Kardiologie, der Elektrophysiologie, Herzschrittmacher- und Defibrillatortherapie. Innerhalb dieser steht die Verbesserung von diagnostischen und therapeutischen Verfahren und des dazu nötigen Equipments im Vordergrund. Hier geht es zum Beispiel um die Behandlung des Vorhofflimmerns und um die Steigerung der Effizienz bei der Behandlung der Herzinsuffizienz mit hämodynamisch aktiven Implantaten.

Das Institut wird sowohl in der Forschung als auch in der Lehre eng mit den lokalen Gesundheitseinrichtungen der Region zusammenarbeiten. Besondere Bedeutung hat darum die Kooperation mit dem Mediclin-Herzzentrum Lahr Schwarzwald. Folgerichtig ist der dortige leitende Elektrophysiologe, Assoc. Prof. Dr. med. Juraj Melichercik, seit der Gründung externes Mitglied des Instituts.

Damit erhält die Medizintechnik in Offenburg einen weithin sichtbaren Schwerpunkt. Es hat bereits erste Konferenzen und Weiterbildungen organisiert. So waren zum „International POI-Workshop on Cardiac Radiofrequency Ablators Teilnehmer aus den USA, Kanada, Israel, Spanien Frankreich, Portugal, England und Schweden an der Hochschule Offenburg.

Der Grund hierfür ist auch die besondere Ausstattung des Instituts mit dem ak-

tuellen Equipment verschiedener Firmen. Dieses erlaubt ihm die Durchführung von Hands-on-Workshops mit den verschiedensten Materialien und Gerätschaften. Letzteres wird auch für die praktisch orientierte Ausbildung der Offenburger Medizintechnik-Studenten genutzt. Neben verschiedensten Ablationsgeneratoren steht hier als Verfahren der medizinischen Bildgebung das elektroanatomische Mappingsystem CARTO XP Merge zur Verfügung. Es ermöglicht durch die Überlagerung von MRT-Bildern mit einer magnetfeldbasierten virtuellen Darstellung der Herzhöhlen eine genauere Positionierung des Katheters bei der Ablationsbehandlung des Vorhofflimmerns. Sein Einsatz an Modellen ermöglicht den Studenten nicht nur den praktischen Einblick, sondern sogar den eigenen Umgang mit der modernen Technik der kardiologischen Navigation und Ablation.

Für die Elektrostimulation, das Pacing, hält das Institut ein Herzschrittmacher-

und Defibrillator-Teaching-System bereit. An mehreren Arbeitsplätzen lassen sich damit zum Beispiel die Erkennungsalgorithmen implantierbarer Defibrillatoren untersuchen. Es können Schulungen gestaltet werden, bei denen die individuelle Programmierung elektronischer kardiologischer Implantate erlernt werden kann. Die Basis hierfür bildet ein elektronisches Herzmodell, mit dem sich die Elektrogramme verschiedenster Herzrhythmusstörungen simulieren lassen. Nachdem diese beim Training ausgewählt und auf alle Arbeitsplätze übertragen sind, sind die Teilnehmer aufgefordert, mit einer adäquaten Programmierung des Implantats auf kritische Situationen zu reagieren und erwerben sich so eine Kompetenz als technische Partner des Arztes.

Ziel des Instituts ist es, sich mit seiner Forschung, Aus- und Weiterbildung in der Region als Ansprechpartner für die biomedizinische Technik des Pacing und der Ablation zu formieren.



**Abb. 11:** POI-Gründung mit Rektor Prof. Lieber (Mitte), Familie Osypka (links), Institutsleiter Prof. Ismer (rechts) und Studenten der Medizintechnik



**Abb. 12:** (v.l.): Dr. Peter Osypka, Osypka AG, Rheinfelden und Prof. Dr. Bruno Ismer

# Projektübersicht

---

Nr.	Projektthema	Kategorie	Projektleiter
<b>1.</b>	<b>System- und Regelungstechnik</b>		
1.1	Prozessorenentwicklung im Asic-Design-Center	D	Prof. Dr. Jansen
1.2	Projekte aus dem Bereich Medizintechnik	A,C	Prof. Dr. Jansen
1.3	Zum Nutzen elektronischer Herzrhythmus-Simulatoren für die Herzschrittmacher- und Defibrillatortherapie	B	Prof. Dr. Ismer
1.4	Nuclear imaging and semi-invasive electrocardiography in CRT	B	Prof. Dr. Otte
1.5	Optimized Communications for Smart Metering & Smart Grid	A	Prof. Dr. Sikora
1.6	An android based remote control framework for smart home components	D	Prof. Dr. Grabowski
1.7	Photovoltaik-Inverter in Dreipunktwechselrichter-Technologie	C	Prof. Dr. Nuß
1.8	1000 Meilen unter Strom, Rekordfahrt des in Offenburg entwickelten eFahrzeugs „Schluckspecht“	D	Prof. Dr. Hochberg
<b>2.</b>	<b>Physikalische Sensorik</b>		
2.1	Mathematical Method to Simplify In-Situ Temperature Computation during the Splice Process	C	Prof. Dr. Curticepean
2.2	Die „Sprechende Sitzschiene“ – Demonstrator der 3. Generation	C	Prof. Dr. Felhauer Prof. Dr. Christ Prof. Dr. Schüssele
2.3	Einblicke in die Aktivitäten des IUAS 2011	C,D	Prof. Dr. Schröder Prof. Dr. Christ
<b>3.</b>	<b>Verfahrenstechnik</b>		
3.1	Erste Ergebnisse des Monitorings der solaren Kühlung in Rottweil	A	Prof. Bollin
3.2	Solare Prozesswärme bei Lufttrocknungsprozessen in der Pharmaindustrie	A	Prof. Bollin
3.3	Quantitative two-dimensional thin-layer chromatography using a diode-array detector	C	Prof. Dr. Spangenberg
3.4	Lebensdauerbewertung von Turbinenkomponenten	C	Prof. Dr. Seifert
3.5	Topologieoptimierung für strömungsführende Bauteile im Fahrzeugentwicklungsprozess	A	Prof. Dr. Bühler Prof. Dr. Kachel
3.6	Variable Speed Generators with High Fuel Savings	C	Prof. Dr. Zahoransky
3.7	Untersuchung der methanbildenden Mikroorganismengemeinschaft in Biogasanlagen	D	Prof. Dr. Zell
3.8	Kooperatives Promotionskolleg der Hochschule Offenburg mit der Universität Freiburg	D	Prof. Bollin
<b>4.</b>	<b>Betriebswirtschaft</b>		
4.1	Untersuchung zur Energieeffizienz von Rapid-Prototyping-Verfahren	D	Prof. Dr. Junk
4.2	Optimierung realer LKW-Transporte	A	Prof. Dr. Dorer
4.3	Ubiquitous Marketing: Neue technische Möglichkeiten im lokalen Geschäft	D	Prof. Dr. Breyer-Mayländer
<b>5.</b>	<b>Medien</b>		
5.1	Eyetracking in the innovation process of a user interface – Usability-testing for product optimization	C	Prof. Dr. Rohbock
5.2	Practice-Based-Resarch: Gestalterisches Produzieren, Vermitteln und Forschen	D	Prof. Dr. Werner

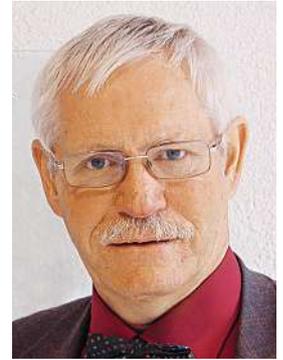
**Legende:** A: Großprojekt, B: Kooperationsprojekt, C: Industrieprojekt, D: Vorphasenprojekt (Eigenmittel)

# Prozessorentwicklung im ASIC-Design-Center

**Prof. Dr.-Ing. Dirk Jansen**  
 Fakultät Elektrotechnik  
 und Informationstechnik (E+I)  
 Leiter Institut für Angewandte  
 Forschung (IAF)

Badstraße 24, 77652 Offenburg  
 Tel. 0781 205-267  
 E-Mail: d.jansen@hs-offenburg.de

**1948:** Geboren in Wuppertal  
**1967:** Nach dem Abitur Studium der Elektrotechnik  
 an der TH Darmstadt zum Diplom-Ingenieur  
**1972:** Wissenschaftlicher Mitarbeiter von Prof. Ramsayer  
 im Institut für Flugnavigation der Universität Stuttgart  
**1978–1986:** Industrietätigkeit beim Bodenseewerk  
 Gerätetechnik GmbH  
**Seit 1986:** Professur an der Hochschule Offenburg; Reorganisation  
 der Laboratorien Bauteile der Elektrotechnik, Optoelektronik,  
 SMD-Technik und Schaltungstechnik, ASIC Design Center 1989  
**Seit 1995:** Leiter des Instituts für Angewandte Forschung  
 der Hochschule Offenburg, Mitglied in den Senatsausschüssen EDV  
 und Forschung. Sprecher der Multi Project Chip-Gruppe (MPC)  
 der Hochschulen Baden-Württembergs, Member IEEE, VDE, europractice



**Forschungsgebiete:** Entwurf integrierter Anwenderschaltungen, Hardware/Software-Codesign, integrierte Prozessorkerne, Hochsprachenentwurf digitaler Schaltungen (VHDL), Logiksynthese, induktive Datenübertragung

## 1.1 Prozessorentwicklung im Asic-Design-Center

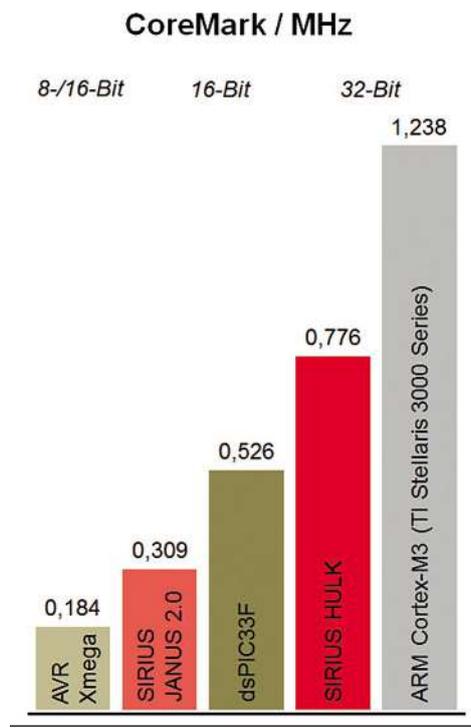
Prof. Dr.-Ing. Dirk Jansen  
 Sebastian Stickel, M.Eng.  
 Benjamin Dusch, M.Eng.  
 Manuel Roth, M.Eng.  
 Michael Schmidt, M.Eng.

### Abstract

The research group of Prof. Jansen is working since many years on microprocessor architecture design and achieved until now the foundation of the family of SIRIUS – Processor soft cores, now with the family members TINY, JANUS and HULK, standing for 16 bit, 16/32 bit and 32 bit architecture RISC designs. The processors are evaluated on FPGA in various configurations as well in Silicon Chip Design, where high performance was achieved. The family members are compared to commercial cores, using the widely spread coremark benchmark.

Am Institut für Angewandte Forschung wird seit Jahren eine Mikroprozessorfamilie unter dem Kurznamen SIRIUS entwickelt, die inzwischen in verschiedenen Applikationen eingesetzt wird und in hohem Maß nun auch kommerziell interessant wird. Im Mittelpunkt der Arbeiten des letzten Jahr stand die Ausreifung der Strukturen, wobei zum ersten Mal auf Benchmarks zurückgegriffen werden konnte, die einen direkten Vergleich der Leistungsfähigkeit von Prozessoren ermöglicht. Als Benchmark

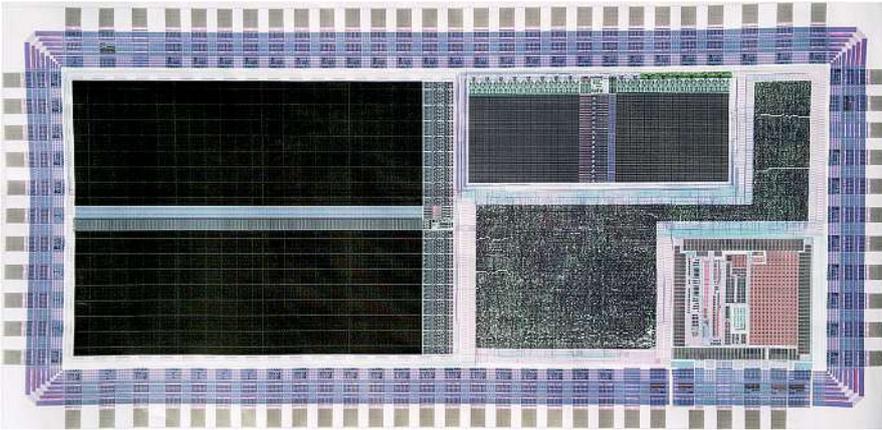
**Abb. 1.1-1:** CoreMark-Vergleiche der an der Hochschule Offenburg entwickelte Prozessoren SIRIUS-JANUS und SIRIUS-HULK, alle mit gleichem Benchmarkprogramm getestet



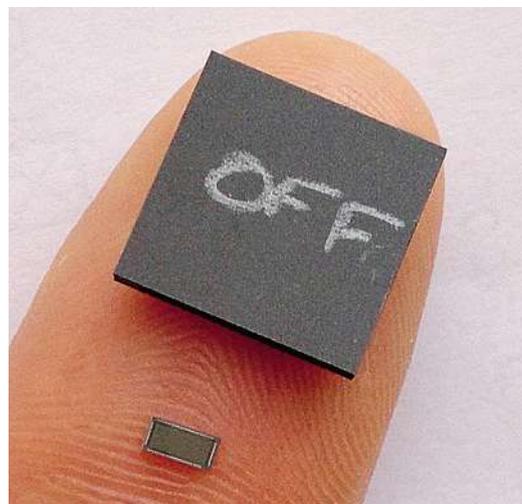
wurde in einer Master-Arbeit von Herrn Roth der Core-Mark Benchmark für unsere SIRIUS-Architektur übersetzt, der einen direkten Vergleich mit sehr leistungsfähigen Boliden wie der ARM-Cortex-Architektur aber auch klassischen kommerziellen Produkten von Renesas wie auch von ATMEL ermöglicht [1].

Für diese drei Prozessoren wurde, insbesondere für die Mischarchitektur SIRIUS-JANUS, einem 16/32-bit-Prozessorkern, ein Core-Mark-Wert von 0,31 ermittelt,

der vollständig vergleichbar ist mit aktuellen kommerziellen Prozessoren ähnlicher Architektur. Für den SIRIUS-HULK, einem reinen 32-bit-Prozessor mit Cache und Harvard-Architektur, konnte ein Core-Mark von 0,78 ermittelt werden, was nicht mehr weit von den modernsten auf dem Markt angebotenen Architekturen entfernt ist. Das Säulendiagramm in Abbildung 1.1-1 zeigt einen Vergleich über die Position unserer Prozessoren zu vergleichbaren kommerziellen Typen.



**Abb. 1.1-2:** Plott der Strukturen des ASIC-PDA V2, in einer UMC 0.18  $\mu\text{m}$  CMOS 1P6M-Technologie, Abmessung des Chips 1,52 x 3,16 mm<sup>2</sup>, 241 MIPS, Entwurf Benjamin Dusch u. a.



**Abb. 1.1-3:** PDA V2 ASIC, nackter Chip und im Package. Der Chip enthält Prozessorkern SIRIUS-JANUS, 32 kByte RAM (IP von UMC), 36 kByte ROM (IP von UMC), Displaysteuerung, Steuerung für einen extern anzuschließenden RAM, AHI Audioeinheit, SPI Controller, drei Timer, PLL (IP von UMC) mit Steuerlogik, Boundary Scan Testlogik (JTAG) mit integrierten Scan Chain

Beim Core-Mark-Benchmark wurde zum ersten Mal deutlich, wie stark die Compiler Tool Chain die Leistungsfähigkeit der Prozessoren beeinflusst; d. h. letztlich, wie effizient der Compiler den gegebenen C-Code in ein ausführbares Maschinenprogramm übersetzt. Die meisten kommerziellen Compiler verwenden heute den GNU-GCC C-Compiler, der über zahlreiche Optimierungsmöglichkeiten des Codes verfügt. In Vergleichsläufen haben wir festgestellt, dass diese Optimierungsmechanismen bis zu 50 % Performancesteigerungen in den Benchmarks erlauben.

Für unseren Prozessor steht derzeit nur der selbst strukturierte re-targetable Compiler LCC (Little C-Compiler) zur Verfügung, der über praktisch keine Optimierungsmöglichkeiten verfügt (bisher noch nicht). Deshalb ist der Vergleich zwischen den Benchmarkergebnissen unserer Prozessoren mit kommerziellen Designs immer noch hinkend. Es wird

deshalb Aufgabe der nächsten Zeit sein, auch für unsere Architektur die Optimierungsmöglichkeiten aktueller Compiler zu erschließen.

Wir versprechen uns hiervon eine Steigerung der Performance um bis zu 40 Prozent.

Die Analyse der Benchmarks hatte auch direkte Auswirkungen auf die Auslegung der Instruktionsarchitektur ISA des HULK-Prozessors, wo wir durch Ergänzungen und kleinere Erweiterungen noch erhebliche Performancesteigerungen realisieren konnten. Auch hier ist noch nicht das Ende erreicht. Die weiteren Analysen ermöglichen noch Verbesserungen, wobei hier ein enges Zusammenspiel zwischen Compiler, Assembler und Hardwarearchitektur vorliegt. Durch Abstimmung dieser drei Ebenen ist noch eine weitere Leistungssteigerung erreichbar. Alle diese Tätigkeiten erfordern eine große umfassende Sicht auf die Prozessorentwicklung, wo-

bei hier Hard- und Software miteinander gemeinsam optimiert und weiterentwickelt werden müssen. Dieses Arbeitsgebiet ist unter Hard- und Software-Code-design ein aktuelles Forschungsthema.

Weitere Fortschritte wurden durch das Re-Design eines schon vor einem Jahr entwickelten Mikroprozessorchips für unseren Personal-Digital-Assistent (PDA) erzielt. In diesem Gerät wird der SIRIUS-JANUS mit statischen Speichern eingesetzt, was einen extrem niedrigen Stromverbrauch ermöglicht. Der Prozessorkern ist als ASIC in 0,18- $\mu\text{m}$ -CMOS-Technologie ausgeführt, siehe Abbildung 1.1-2. Durch Ausnutzen dieser Technologie, moderner Syntheseverfahren und zahlreicher Optimierungsschritte konnte die Performance dieses Designs auf etwa 250 MIPS (million instructions per second) gesteigert werden. Der eigentliche Prozessor ist nur ca. 0,25 mm<sup>2</sup> groß. Der größte Teil des Chips wird vom RAM-Speicher und dem zum ersten Mal verwendeten ROM-Speicher eingenommen. Nur der Zwischenraum zwischen den beiden Speichern wird von hoch dicht platzierter digitaler Logik eingenommen, die den eigentlichen Prozessor und die zugehörigen Peripherie-Bausteine enthält. Der Chip wurde inzwischen von UMC gefertigt und wird in der nächsten Generation des PDAs eingesetzt werden, Abbildung 1.1-3. Gegenüber der alten Version ergibt sich eine Vervierfachung der Rechenleistung.

Wir haben inzwischen die Möglichkeit, diesen Chip auch in einer noch kleineren z. B. 90 nm-Technologie oder noch darunter zu fertigen, was die Leistungswerte vor allem bezüglich der Taktfrequenz und Stromaufnahmen noch wesentlich verbessern würde. Allerdings sind die Fertigungskosten wesentlich höher und derzeit im Rahmen eines Studentendesigns nicht tragbar. Dies ist zu berücksichtigen, wenn unsere Designs mit kommerziellen Systemen unmittelbar verglichen werden.

Auch am Prozessorkern SIRIUS-HULK wurde konsequent weitergearbeitet mit dem Ziel einer Ausreifung und Optimierung der Instruktionsarchitektur. So konnte in der Master-Arbeit von Herrn Schmidt der Prozessorkern an einem weitverbreiteten Standardbus angeschlossen werden, so dass die verfügbaren DMA-Controller und sonstigen

Mechanismen problemlos in abstrakter Weise eingesetzt werden konnten [2]. Diese Entwicklungen erfolgten auf FPGAs von Altera, besonders dem CYCLONE IV. Von Sebastian Stickel wurde noch eine MMU (Memory Management Unit) beigefügt, die nun eine segmentierte Speicherverwaltung und ein modernes Exception-Handling ermöglicht. Das System wurde auf FPGA emuliert und ermöglicht mit dem Avalon-Bus nun den Anschluss von RAM-Speichern und Flashbausteinen wie auch kommerzieller IPs, wie sie im ALTERA-Portfolio angeboten werden. Damit hat der SIRIUS-HULK die Möglichkeit, ähnlich wie der von ALTERA angebotene NIOS II, in komplexen FPGA-Designs verwendet zu werden. In der Master-Arbeit wurde auch die Einbindung in die Konfigurationstools von ALTERA umgesetzt, sodass ein einfaches Handling der Kerne nun möglich geworden ist. Bei Bedarf könnte hier auch leicht ein Multicore mit z. B. 4 oder 8 HULK-Kernen generiert und in Funktion gebracht werden. Allerdings wäre noch einige Arbeit notwendig, ein solches High-Performance-System sinnvoll zu programmieren und zu nutzen.

#### Referenzen

- [1] Roth Manuel: Redesign und Optimierung eines 16/32 Bit Mikroprozessorkern „SIRIUS JANUS 2.0“ in formal abstrakter Codierung sowie Verifikation eines Altera Cyclone FPGA, Master-Arbeit an der Hochschule Offenburg, April 2012
- [2] Schmidt Michael: Integration des Altera Avalon Bussystems in einen 32-Bit-Softcore mit Harvard-Architektur und Dual Cache sowie Verifikation in einem Altera FPGA. Master-Arbeit an der Hochschule Offenburg, April 2012
- [3] Dusch Benjamin: Entwicklung eines 16/32-bit-Prozessorkerns für einen PDA mit JTAG-Schnittstelle und Fertigung in einer 0.18 µm-Technologie, Vortrag auf dem 46. MPC-Workshop in Furtwangen, 08.07.2011
- [4] Stickel Sebastian: 32 Bit Softcore Sirius Hulk mit Harvard-Architektur und Double Cache, Vortrag auf dem 45 MPC-Workshop in Albstadt-Sigmaringen, 04.02.2011

## 1.2 Projekte aus dem Bereich der Medizintechnik

Prof. Dr.-Ing. Dirk Jansen  
 Mayukh Bhattacharyya, M.Sc.  
 Corinna Hummel, M.Eng.  
 Dipl.-Ing (FH) Alexander Riske  
 Tobias Volk, M.Eng.  
 Grünwald Waldemar, M.Eng.

#### Abstract

*Design of medical electronics is performed in several projects, concentrating on electronics for medical implants. In the project TeleMed, the control and communication electronics for an infusion pump, which is completely encapsulated in a titan-housing, is under development. The frontend uses a microelectronic ASIC, developed in Offenburg, so the electronic could be made very small and low power. The project µTRANS intends to develop an implant for capturing and telemetry the physiological parameters of small animals, using classical RFID technology. Both projects are on research level, the students are working on their Phd.*

#### Elektronischer Reader für RFID-Tags mit Bluetoothschnittstelle

Das Institut für Angewandte Forschung arbeitet seit Jahren an RFID-Applikationen unter Verwendung des Protokolls nach ISO15693-Standard. Wir entwickeln in dem Zusammenhang sowohl Frontendelektronik als auch Reader, die es ermöglichen, diese Tags auszulesen. Projekte der vergangenen Jahre waren sowohl SEAGsens als auch medizintechnische

Anwendungen unterschiedlichster Art.

Im Bereich der Reader wurde, um hier auch unabhängig von kommerziellen Systemen zu sein, ein eigenes System aufgebaut, das bisher ausschließlich mit Flachspulen-Antennen arbeitet. Als Alternative wurde in einer Master-Arbeit von M.Eng. Corinna Hummel ein RFID-Reader entwickelt, der akkuversorgt ist und über eine Ferritantenne verfügt, sodass damit ein direktes Zeigen (Pointen) auf den Tag ermöglicht wird. Dies ist vor allem in industriellen Anwendungen von Interesse, da man durch das räumliche Selektieren bestimmte Tags gezielt auslesen möchte. Dabei würde ein Kabel stören, deshalb verfügt der Reader nun über eine Bluetoothschnittstelle, die eine kontaktlose (wireless) Anbindung an beliebige aktuelle EDV-Systeme, die über eine Bluetoothschnittstelle verfügen, ermöglicht.

Der Bluetoothstandard ist ein Übertragungsverfahren im 2,4-Ghz-Bereich und ist für lokale point-to-point Verbindungen sehr geeignet. Aufgrund der hohen Übertragungsfrequenz werden nur kleine Hochfrequenzantennen benötigt. Auf dem Markt sind fertige Module erhältlich, die in ein komplexeres Design integriert werden können.

Abbildung 1.2-1 zeigt den geöffneten RFID-Reader mit Antennenelektronik und dem Akkumulator, der einen Betrieb über mindestens 20 Stunden ermöglicht. Am Ende ist noch ein USB-Anschluss vorgesehen, über den das

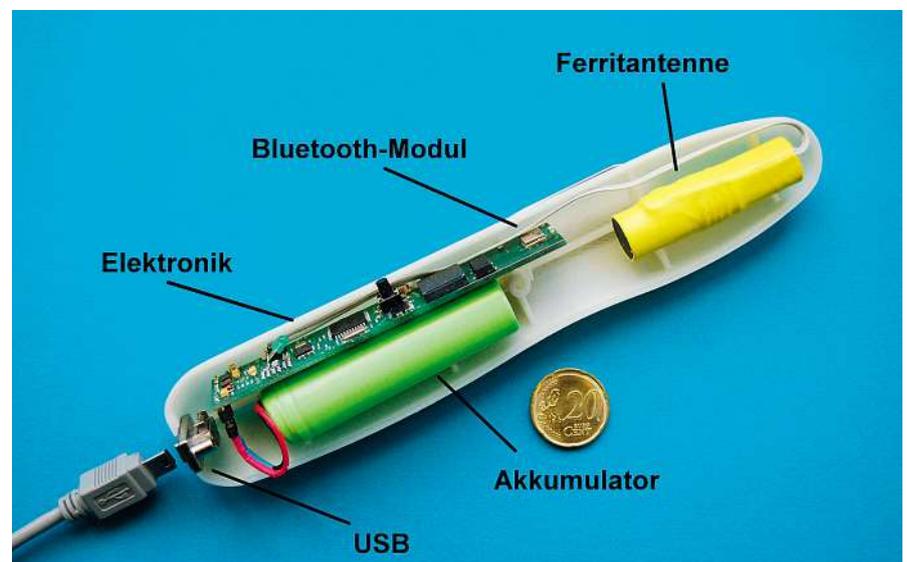


Abb. 1.2-1: RFID-Reader mit Bluetooth und USB-Schnittstelle sowie stabförmiger Ferritantenne



Abb. 1.2-2: Telemetrieelektronik für eine Schmerzinjektionspumpe, Projekt TeleMed

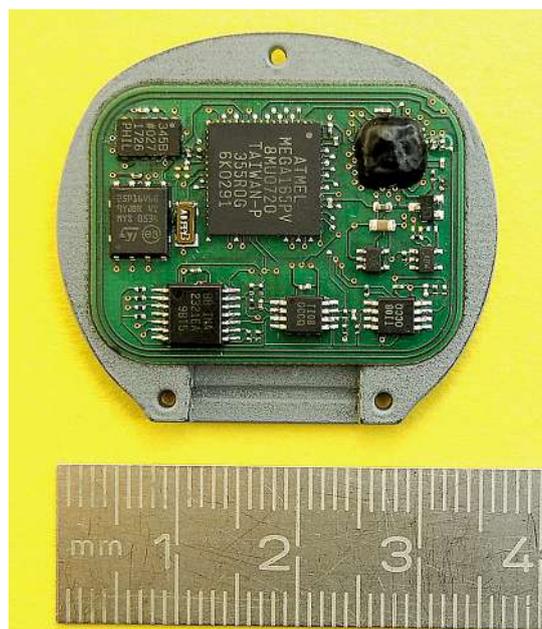


Abb. 1.2-3:  $\mu$ Trans Version 1.0 mit RFID-Frontend FE Asic (rechts oben)

System geladen, konfiguriert und ausgelesen werden kann. Der Reader ist somit eine universell einsetzbare Peripherieeinheit, der für Tags, die im 13,56-MHz-Bereich arbeiten, eingesetzt werden kann. Er ist anschließbar an PCs, Laptops, iPads oder Smartphones, die heute alle über die notwendigen Funkschnittstellen verfügen.

### TeleMed

Im Projekt TeleMed wird die Elektronik für eine steuerbare Schmerzpumpe in

Kooperation mit der Firma Tricumed Medizintechnik GmbH/Kiel entwickelt. Das Institut ist verantwortlich für die Entwicklung der Elektronik, die telemetrische Datenübertragung sowie für die gesamte Elektronikkonzeption einschließlich Steuerung und Software. Das System konnte inzwischen so weit ausgereift werden, dass die Elektronik in Abbildung 1.2-2 nun an Serienreife gewonnen hat und in die Qualifikation geht. Diese Qualifikation umfasst nicht nur die Frage der Reproduzierbarkeit der

Werte, die Zuverlässigkeit, das Verhalten unter Störungsbedingungen usw., sondern alles was im Rahmen der Standards für ein medizintechnisches Gerät dieser Klasse erforderlich ist. Hier sind noch einige Systemaufgaben zu bewältigen.

Das IAF hat inzwischen auch Teile des Steuergeräts übernommen, das im Wesentlichen in Kiel entwickelt wurde und nun in eine serienreife Form gebracht werden soll. Das Steuergerät, auch Communicator genannt, ermöglicht es, die implantierte Schmerzpumpe von außerhalb des Körpers zu programmieren und zu steuern und so insbesondere dem Arzt zu erlauben, die Pumpe entsprechend zu konfigurieren. Dafür wird es über einen Bildschirm, Eingabemöglichkeiten und Steuerung verfügen. Details sind derzeit noch in der Entwicklung. Ziel ist es, bis Sommer 2012 ein vollständiges System demonstrieren zu können.

Bei der Implantatelektronik soll darauf hingewiesen werden, dass die Kommunikation durch das Titangehäuse mit magnetischen Feldern erfolgt. Der geforderte niedrige Stromverbrauch, der einen Betrieb bis zu 8 Jahren zulässt, konnte erreicht werden. Die Entwicklung stellt die technische Basis bereit für die Dissertation eines Projektmitarbeiters im Zusammenwirken mit der Universität Freiburg.

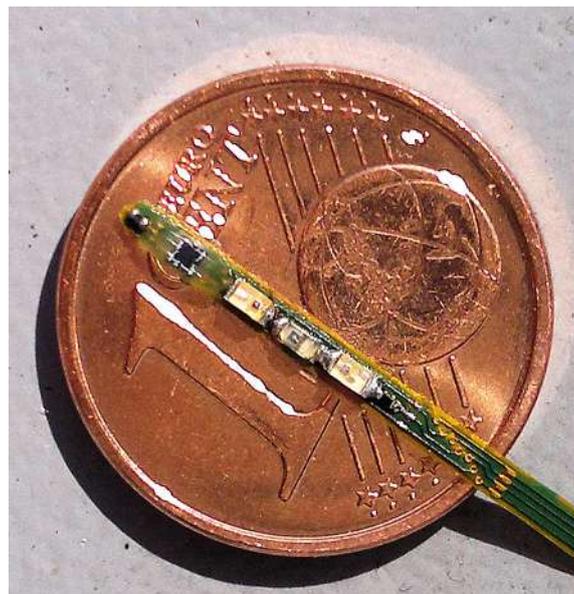
### $\mu$ TRANS

$\mu$ Trans ist eine neuartige auf RFID basierende Bio-Telemetrieplattform, die hauptsächlich bei Experimenten mit den Tiermodellen Ratten und Mäusen eingesetzt werden soll. Sie ermöglicht eine wesentlich schonendere Erfassung der Vitalparameter der Tiere und vermeidet die Notwendigkeit, quälende Anschlüsse an das Tier zu führen. Damit kann das Tier sich frei bewegen, die Versuchsergebnisse werden zuverlässiger und systematischer erfasst.

$\mu$ Trans verwendet die am Institut für Angewandte Forschung entwickelten Technologien und Miniaturisierungsmöglichkeiten der Mikroelektronik. Die Implantate arbeiten halb-passiv und werden durch magnetische Wechselfelder versorgt. Sie können somit anders als bei bisherigen Systemen mit Batterieversorgung die gesamte Lebensspanne des Tiers im Tier verbleiben, siehe Abbildung 1.2-3.

$\mu$ TRANS ist ein AiF-Projekt der Förderlinie ProfUnd und läuft bereits seit 2010. Inzwischen wurde die Elektronik so weit ausgereift, dass in Dauerversuchen die gesamte Signalverarbeitungskette von der Datenerfassung bis zur Archivierung erfolgreich verifiziert werden konnte. Die Dauerversuche dienen der Qualifikation des Systems, bevor In-Vivo-Studien an der Universität Heidelberg und der Universität Stuttgart stattfinden. Zurzeit wird an der Entwicklung eines hochminiaturisierten Katheters gearbeitet, Abbildung 1.2-4, der mit dem System verbunden werden soll und physiologische Messwerte (EKG; Blutdruck, O<sub>2</sub>, Temperatur) zu messen erlaubt. Die Entwicklung dieses und weiterer Katheter läuft in Zusammenarbeit mit der Firma Dr. Osypka AG/Rheinfelden, die in diesem Bereich große Erfahrung aufweist und mit Spezialmaterialien und Know-how hilft.

Parallel wurde an der nächsten Generation der Elektronik mit einem erheblich höheren Integrationsgrad gearbeitet. Hierfür wurden eine neuartige Fertigungs- und Anwendungskonfigurationen der Katheter erdacht, die die Umsetzung einer optimierten Variante des Systems ermöglicht. Der Katheter und das dahinterstehende Konzept wurden bereits zum Patent angemeldet. Die Anwendung dieses Konzepts zusammen mit einer auf ein oder zwei Komponenten reduzierten Elektronik ermöglicht die Umsetzung eines Low-Cost-Systems bei gleichzeitiger geringer räumlicher Ausdehnung und wird auch den Einsatz im Tiermodell Maus ermöglichen. Einzelheiten werden vorgestellt, wenn die Versuche positiv abgeschlossen sind.



**Abb. 1.2-4:** Multisensor-katheter für Temperatur-, Blutdruck- und Sauerstoffsättigung vor der Kapselung

#### Referenzen

- [1] Hummel C.: Entwicklung eines ISO-15693-RFID-Readers als Handgerät mit Bluetooth-Kommunikation sowie zugehöriger Firmware-Programmierung, derzeitige Master-Arbeit an der Hochschule Offenburg
- [2] Jansen D., Volk T.: Anordnung zur Erfassung von physiologischen Vitalparametern in Versuchstieren und anderen Lebewesen mithilfe der RFID-Übertragungstechnik. Patentanmeldung 10 2011 119 358.1 vom 23.11.2011
- [3] Volk T., Jansen D.: Semi Passive Sensor Implant Powered via RFID to Monitor Vital Functions of Small Animals, 1st International Workshop on Wireless Energy Transport and Harvesting, 2011
- [4] Jansen D., Bhattacharyya M., Volk T., Bau D., Riske A.: A disposable passive temperature sensor with RFID ISO15693 interface. In: RFID-Technologies and Applications (RFID-TA), 2011 IEEE International Conference in Sitges, Spain, 15. – 16. September 2011
- [5] Jansen D., Bhattacharyya M.: A passive novel transponder for monitoring leakage in silicone breast implants by using RFID ISO 15693. To be published in Smart Systech 2012 conference, European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies, München, 12. – 13. Juni 2012



PUMPEN + SYSTEME



# MEMBRANPUMPEN-TECHNOLOGIE VOM FEINSTEN



■ Ob für Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten – KNF Neuberger bietet ein breites Angebot an Pumpen und Systemen.

■ Für unverfälschtes Fördern, Dosieren, Komprimieren und Evakuieren.

■ Als OEM- oder tragbare Ausführungen.

■ Mit einem variablen Produktprofil für kundenspezifische Lösungen.

Für anspruchsvolle Anwendungen z.B. in den Bereichen:

- Medizintechnik
- Analysetechnik
- Verfahrenstechnik
- Lebensmitteltechnik
- Labortechnik
- Reprotechnik
- Energietechnik
- Forschung



[www.knf.de](http://www.knf.de)

**KNF Neuberger GmbH**

Alter Weg 3 ■ D 79112 Freiburg ■ Tel. 07664/5909-0 ■ Fax -99 ■ E-Mail: info@knf.de

## Aus Ideen Werte schaffen



Ein entscheidender Schritt für Ihren Erfolg:

## Erfindungs- und Patentmanagement

Unsere erfahrenen Spezialisten entwickeln maßgeschneiderte Lösungen für Ihre Erfindung:

- Beratung zum Erfindungs- und Patentmanagement
- Bewertung des Anwendungs- und Marktpotenzials Ihrer Erfindung
- Organisation des gesamten Patentierungsprozesses
- Wirtschaftliche Vewertung Ihrer Patente durch Lizenzierung und Verkauf weltweit

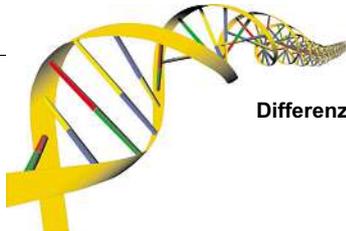
Profitieren Sie von unserer Erfahrung.

Rufen Sie uns an: 0721 79004-0



[www.tlb.de](http://www.tlb.de)

**Technologie-Lizenz-Büro**  
der Baden-Württembergischen Hochschulen GmbH



Differenzierung durch Standards



## Optimierung von Produkten und Prozessen in der Fertigungsindustrie



- 3D-CAD Lösungen (NX & Solid Edge) und Technisches Datenmanagement für ME10, NX, Solid Edge, Pro/E, Catia, I-deas auf Basis von Teamcenter Engineering / Teamcenter Express
- Methodenberatung, Implementierung, Training
- Datenmigration von Bestandssystemen
- Schnittstellen zu ERP/PPS
- Standardisierungs- und Klassifikationskonzepte
- Erarbeitung von ganzheitlichen PDM/PLM-Strategien
- Analyse der Unternehmenspotenziale



BCT Technology AG • [www.bct-technology.com](http://www.bct-technology.com)



BCT Technology AG

# Zum Nutzen elektronischer Herzrhythmus-Simulatoren für die Herzschrittmacher- und Defibrillatortherapie

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer**

Fakultät Elektrotechnik  
und Informationstechnik (E+I)

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel. 0781 205-203  
E-Mail: bruno.ismer@hs-offenburg.de



**1949:** Geboren in Hohen-Luckow  
Studium der Physik sowie Postgradualstudium der Mikroprozessortechnik an der Universität Rostock  
**1972:** Forschungsstudent an der Sektion Physik der Universität Rostock  
**1976:** Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Sektion Physik der Universität Rostock, Promotion bei Prof. Dr. rer. nat. habil. E. Gerdes im Fachbereich Physikalische Elektronik über „Die elektrischen Eigenschaften dünner Siliziumdioxid-Schichten“  
**1980–2010:** Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Prof. Dr. med. habil. von Knorre an der Abteilung Kardiologie der Klinik und Poliklinik für Innere Medizin der Universität Rostock  
**1990–1996:** Geschäftsführer der HI-TECH Gesellschaft für medizinische Technik mbH, Rudolstadt  
**2005:** Habilitation über „Semiinvasive elektrokardiographische Ableitungen vom rechten und linken Herzvorhof in der Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen“  
**2006:** Assoziiertes Mitglied der Fakultät für Informatik und Elektrotechnik der Universität Rostock  
**2010:** Professur für Medizintechnik mit Schwerpunkt Kardiologie/Elektrophysiologie an der Hochschule Offenburg  
**2011:** Leitung des Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation an der Hochschule Offenburg

**Forschungsgebiete:** Methodische und apparative Verbesserungen zur Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen, insbesondere nicht- und semi-invasive Verfahren sowie Verfahren zur individuell optimalen Programmierung elektronischer kardiologischer Implantate

## 1.3 Zum Nutzen elektronischer Herzrhythmus-Simulatoren für die Herzschrittmacher- und Defibrillatortherapie

Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer  
Dr. med. Björn Riedel  
PD Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke  
Riedel, Universität Lübeck, Zentrum für Innere Medizin II, Abteilung Kardiologie  
Heinke, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Klinik für Innere Medizin II

### Abstrakt

Für den Erfolg einer kardialen Resynchronisationstherapie der Herzinsuffizienz mit biventrikulär stimulierenden Implantaten ist deren individuelle Programmierung von erfolgsbestimmender Bedeutung. Dies trifft insbesondere auf den Parameter AV-Delay zu. Dessen Optimierung durch Echo-Verfahren ist zeitaufwendig, die Suche nach einfacheren Methoden darum verständlich. Eine solche verspricht der in St. Jude Aggregate implementierte automatische QuickOpt Algorithmus. In-vitro-Untersuchungen unter Einsatz eines elektronischen Herzsimulators sagten jedoch verschiedene ungünstige Eigenschaften vorher. Die eingeschränkte Nutzbarkeit ließ sich auch mit In-vitro-Vergleichen belegen.

### Einleitung

Für den Erfolg einer kardialen Resyn-

chronisationstherapie bei Patienten mit einer auf eine elektromechanische Desynchronisation der rechten und linken Herzkammer zurückzuführenden Herzschwäche ist die Implantation eines biventrikulär stimulierenden Defibrillators nur der erste Schritt. Wenn es intraoperativ gelingt, die linksventrikuläre Elektrode aus dem rechten Herzvorhof kommend über die um das Herz herumlaufende Coronarvene an einer geeigneten, wirksamen Stelle zu platzieren, haben Patienten gute Chancen für eine Besserung. Als weitere Voraussetzung hierfür sollte postoperativ eine individuelle Optimierung verschiedener Stimulationsparameter erfolgen, um den bestmöglichen Nutzen dieser Therapie für jeden einzelnen Patienten zu erreichen. Eine besondere Rolle spielt dabei der programmierbare Parameter AV-Delay [1], [2]. Er legt die Zeit zwischen der vom Sinusknoten ausgehenden Eigenaktion oder einem atrialen Schrittmacherimpuls bis zu der darauf folgenden Kammerstimulation fest. Seine zum Erreichen einer optimalen hämodynamischen Wirkung einzustellende optimale Dauer ist interindividuell sehr verschieden. Sie ist abhängig von der rechtsatrialen Elektrodenlage, der Vorhofgröße und anderen individuellen Faktoren. Einmal postoperativ durch aufwendige Messungen herausgefunden, bleibt die Dauer des optimalen AV-Delays so lange konstant, bis

sich im Zug des Fortschreitens der Erkrankung die Herzgröße und seine elektrophysiologischen Leitungseigenschaften sehr deutlich verändern. Dann muss neu vermessen und eingestellt werden. Die besondere Bedeutung des AV-Delays in der kardialen Resynchronisationstherapie liegt darin, dass bei dieser Behandlungsform mit elektronischen Implantaten, im Unterschied zur konventionellen Schrittmachertherapie, jede einzelne Kontraktion beider Herzkammern mindestens aber über 95 % aller Herzschläge durch den implantierten Defibrillator veranlasst werden müssen. Die linke und die rechte Herzkammer sollten sich nämlich nicht mehr in der krankhaft veränderten Weise selbst kontrahieren, sie müssen stattdessen in der bestmöglichen, individuell genau festzulegenden Abfolge stimuliert werden. Dass dabei auch die Individualisierung der Zeit zwischen den beiden ventrikulären Impulsen einen weiteren, jedoch vergleichsweise deutlich kleineren zusätzlichen Gewinn bringen kann, wird in diesem Beitrag nicht berücksichtigt.

### Zielstellung

Die Optimierung des AV-Delays kann mit verschiedenen, z. B. echoelektro- oder impedanzkardiografischen Methoden erfolgen. Allen gemeinsam ist die Zielstellung, es in seiner Dauer so zu bemessen, dass die bestmögliche Herzleis-



**Abb. 1.3-1:** Drei elektronische Herzrhythmusstimulatoren mit unterschiedlichem Parameterumfang. Von links nach rechts die Geräte HSIM 20 (Biotronik, Berlin), Intersim II (Lang, Chemnitz) und der in diesem Beitrag genutzte ARSI-4 (hkp, Bannewitz) für Ausbildungszwecke und industrielle Simulationen an Herzschrittmachern und Defibrillatoren

tion erreicht wird. Aufgrund des Zeitaufwands manueller Verfahren sind für das Herausfinden des optimalen AV-Delays auch aus ökonomischer Sicht automatische Algorithmen wünschenswert. Sofern jene mit etablierten Verfahren vergleichbare Ergebnisse liefern können, wären sie eine sehr sinnvolle, weil zeit- und personalsparende Alternative.

Der in implantierbaren biventrikulären Defibrillatoren der Firma St. Jude bereitgestellte QuickOpt-Algorithmus ist der erste und derzeit einzige semiautomatische Algorithmus zur AV-Delay-Optimierung, der auf einer automatischen Messungen intrakardialer, d. h. über die Elektroden erfasster Elektrogramme beruht. Über das ihm zugrundeliegende Messverfahren wurden aus erklärlichen Gründen keine hinreichend detaillierten technischen Angaben veröffentlicht. Es bestand der Eindruck, dass dieses Verfahren darauf abzielte, eine Vermessung der interatrialen Leitungszeit als Grundlage für ein Näherungsverfahren für die Bestimmung des AV-Delays zu nutzen. Da eine solche Möglichkeit nach früheren Untersuchungen bereits von uns publiziert worden war [1], [2], [3], [4], [5], bestand ein besonderes Interesse an diesem Verfahren. Den entscheidenden Vorteil des QuickOpt-Algorithmus für die tägliche Routine versprach dabei seine schnelle Durchführbarkeit.

Zielstellung war es darum, die zu erwartende Genauigkeit dieses industriell in Implantaten für die klinische Routine bereitgestellten automatischen Algorithmus zu untersuchen. Dies sollte zunächst durch In-vitro-Messungen an einem Herzrhythmusmodell erfolgen, um danach die Ergebnisse anhand von

In-vivo-Messungen an Patienten zu vergleichen, siehe Abbildung 1.3-1.

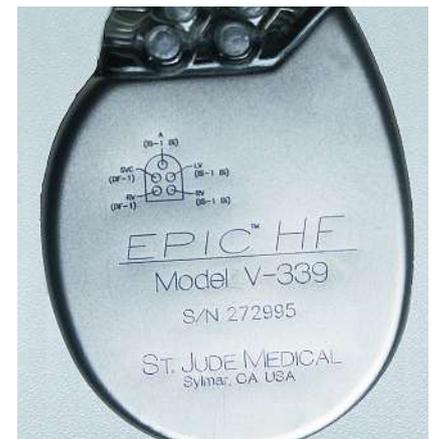
### Methodik

In-vitro wurde der QuickOpt-Algorithmus an einem implantierbaren Defibrillator vom Typ St. Jude Epic HF mit dem Vierkammer-Herzsimulator ARSI-4 (HKP, Deutschland) untersucht, Abbildung 1.3-2. Dies erfolgte sowohl unter konstanter als auch bei automatischer rechtssatrialer SensingEinstellung zwischen 0,2 – 0,8 mV. Die simulierten Vorhofamplituden lagen dabei zwischen 0,3 und 3,6 mV. Dies entspricht den in der Implantatroutine zu erwartenden Werten.

In-vivo wurden die Ergebnisse danach im Rahmen üblicher Schrittmacherkontrollen bei 21 Patienten mit den Ergebnissen echokardiografischen Messungen verglichen.

### Ergebnisse

Die Messgenauigkeit des QuickOpt-Algorithmus für die Zeitdauer der atrialen Aktivität wurde am Herzsimulator zu  $\pm 8$  ms ermittelt. Innerhalb dieser Messgenauigkeit schwankte die vom Implantat automatisch bestimmte Dauer der atrialen Aktivität in Abhängigkeit von der rechtsatrialen Amplitude zwischen 23 und 86 ms. Dies führte zu unterschiedlichen Vorschlägen für das optimale AV-Delay. Bei vorhofgesteuerter Kammerstimulation ergaben sich Werte zwischen 90 und 150 ms. Der Wert für atrioventrikuläre Stimulation schwankte zwischen 140 und 200 ms. Damit ergab sich eine starke Abhängigkeit des hämodynamischen Parameters AV-Delay von den Signalgegebenheiten an der atrialen Elektrode, was als Mangel des Verfahrens gewertet werden muss. Im Vergleich der QuickOpt-Empfehlung für das individuell optimale AV-Delay mit



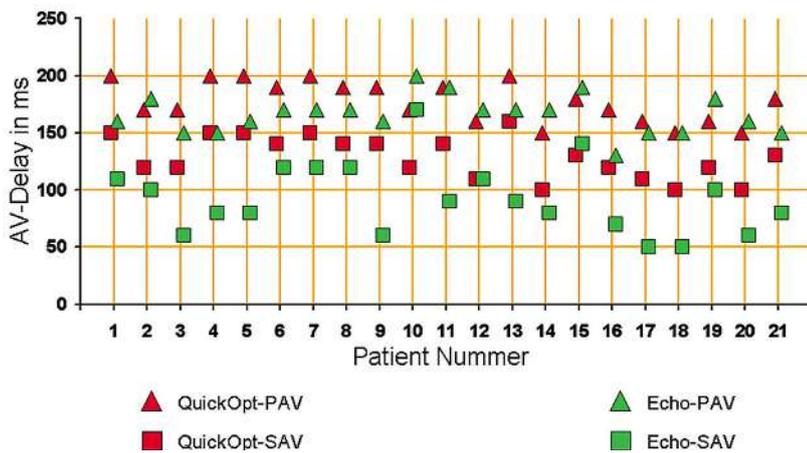
**Abb. 1.3-2:** Implantierbarer automatischer biventrikulärer Cardioverter/Defibrillator (AICD) vom Typ EPIC HF mit QuickOpt-Algorithmus zur Empfehlung einer optimalen AV-Delay-Einstellung für die Kardiale Resynchronisationstherapie (CRT)

den als „Goldstandard“ zu wertenden Ergebnissen echokardiografischer Untersuchungen an 21 Patienten mit St.-Jude-Implantaten stellte sich heraus, dass die QuickOpt-Empfehlung für vorhofgesteuerter Kammerstimulation im Mittel um  $41 \pm 25$  ms (7 – 90ms) zu lang ausfiel. Bei atrio-ventrikulärer Stimulation war sie im Mittel  $18 \pm 24$  ms (17 – 50 ms) zu lang, Abbildung 1.3-3.

### Diskussion

Die gefundenen Ergebnisse sind im Rahmen einer Resynchronisationstherapie von praktischer Relevanz. Eine Abhängigkeit der Dauer des individuellen AV-Delays von der atrialen Signalamplitude ist nicht vertretbar. Die im Vergleich zur Echomethode deutlich zu lange QuickOpt-Empfehlung für die Dauer des optimalen AV-Intervalls begünstigt die eigene Überleitung. Dies wiederum vermindert den Prozentsatz der biventrikulären Stimulation und wirkt damit dem Ziel der kardialen Resynchronisation entgegen.

Als weiteres ungünstiges Merkmal des QuickOpt-Algorithmus zeigte sich sowohl bei den In-vitro-Simulationen als bei den In-vivo-Messungen die Wahl der Sensekompensation des AV-Delays. Dieser Parameter beschreibt die Differenz der individuellen interatrialen Leitungszeiten im DDD- und VDD-Betrieb. Er wurde als feststehender Betrag von 50 ms in den Algorithmus implementiert. Bei den untersuchten Patienten schwankte sein Wert nach Erwarten interindividuell



**Abb. 1.3-3:** Vergleich zwischen den Ergebnissen der aufwendigen echokardiografischen AV-Delay-Optimierung (grün) und denen einer automatischen Optimierung mit dem QuickOpt-Algorithmus (rot) an 21 Patienten. Die Grafik verdeutlicht die im Verhältnis zur Echooptimierung meist deutlich zu langen QuickOpt-Empfehlungen, die die in der kardialen Resynchronisationstherapie zu vermeidende intrinsische Überleitung begünstigen können

duell im Bereich von 30 bis 100 ms mit einem Mittelwert von  $73 \pm 21$  ms. Im Vergleich zu den mit QuickOpt realisierten Konstanten von 50 ms belegte somit die Praxis den Bedarf an einer individuellen Senskompensation. Sofern sie mit einer Konstanten approximiert wird, sollte diese deutlich länger als 50 ms gewählt werden [3], [4], [5].

Als weiterer Nachteil des QuickOpt-Algorithmus stellte sich auch seine Intransparenz heraus. Weder bei den In-vitro-Simulationen noch bei den späteren In-vivo-Messungen gelang eine transparente Zuordnung zwischen den vom Defibrillator abgebildeten Vorhofsignale und ihrer automatisch gemessenen Charakteristika.

### Schlussfolgerungen

Zusammenfassend ließ sich weder mit unseren Simulationen als auch mit den Messungen an Patienten die von einigen Autoren aus zum Teil von St. Jude Medical unterstützten Studien [6], [7] berichtete hohe Korrelation der automatischen QuickOpt-Empfehlungen im Vergleich zu echokardiografischen Messungen nicht bestätigen. Nach der Erstveröffentlichung unserer In-vitro-Untersuchungen [8] wurden diese durch die In-vivo-Ergebnisse mehrerer anderer Autoren [9], [10], [11] bestätigt. So wiesen Kamdar et al. [12] sogar explizit darauf hin, dass bei den Trägern kardialer Resynchronisationssysteme der Firma St. Jude die individuelle hämodynamische Optimierung nicht mit dem von den Aggregaten bereitgestellten QuickOpt-Algorithmus allein erfolgen sollte.

Mit Respekt vor der technischen Leistung der Entwickler dieses neuen Features war diese Einschätzung vorab bereits von uns aus den Resultaten der In-vitro-Simulationen am elektronischen Herzmodell vorhergesagt und publiziert worden.

Ausdrücklich herausgestellt werden muss in diesem Beitrag, dass unsere Messungen an dieser neu in einen implantierbaren Defibrillator implementierten Option keinesfalls als eine Kritik am Implantat verstanden werden darf. Ob und wie diese neue Option überhaupt in der Praxis genutzt wird, ist allein Sache des behandelnden Arztes. Dass nunmehr ein Ansatz für eine elektrogrammbasierte Optimierung des AV-Delays technisch realisiert wurde und somit für weitere Detailbetrachtungen zur Verfügung steht, ist zweifellos ein wichtiger Fortschritt. Industrielle Herzrhythmusstimulatoren erweisen sich dabei als sinnvolles Werkzeug.

### Referenzen

[1] Von Knorre G. et al.: Approximation of optimal atrioventricular delay in DDD pacemaker patients with atrioventricular block by oesophageal electrocardiography (abstr.). Eur Heart J., 17 (Suppl.): p. 487, 1996  
 [2] Von Knorre G. et al.: Importance of atrioventricular synchronization in cardiac pacing (abstr.). Prog Biomed Res 4, (61) 1999  
 [3] Ismer B. et al.: Approximation des individuell optimalen AV-Delays mittels linksatrialer Elektrokardiographie. Herzschr Elektrophys, 15:

p. 33 – 38, 2004  
 [4] Ismer B. et al.: Ein neuer Algorithmus zur Berechnung des optimalen AV-Delay bei rechts- und biventrikulärer Stimulation durch Messung seiner bestimmenden mechanischen und elektrischen Komponenten mit Doppler- Echo-Geräten. Herzschr Elektrophys, 14 (Suppl. 2): p. 103 – 104, 2003  
 [5] Ismer B. et al.: Definition of the optimal atrioventricular delay by simultaneous measurement of electrocardiographic and Dopplerechocardiographic parameters. Prog Biomed Res, 7: p. 116 – 120, 2002  
 [6] Baker J. et al.: Acute evaluation of programmer-guided AV/PV and VV delay optimization comparing an IEGM method and echocardiogram for cardiac resynchronization therapy on heart failure patients and dual-chamber ICD implants. J Cardiovasc Electrophysiol, 18: p. 185 – 191, 2007  
 [7] Meine M. et al.: IEGM based method for estimating optimal AV delay in Cardiac resynchronization therapy. J Card Fail, 10 (4): p. 74, 2004  
 [8] Riedel B. et al.: Accuracy of an automatic algorithm providing IEGM based proposals for individual AV and VV delays in biventricular pacing. Europace 10, Suppl. 1: i103, 2008  
 [9] Pajitnev D. et al.: Vergleich der elektrokardiographischen Optimierung der AV-Zeiten mit dem QuickOpt-Algorithmus bei der kardialen Resynchronisations-Therapie. Clin Res Cardiol, 98 (1), 2009  
 [10] Klein M. et al.: Intraindividuell Vergleich verschiedener Optimierungsmethoden bei Patienten mit kardialer Resynchronisationstherapie. Clin Res Cardiol, 98 (1), 2009  
 [11] Reinsch N. et al.: Reliability of a novel intracardiac electrogram method for AV and VV delay optimization and comparability to echocardiography procedure for determining optimal conduction delays in CRT patients. Indian Pacing and Electrophysiology Journal. 9(2): p. 91-101, 2009  
 [12] Kamdar R. et al.: A prospective comparison of echocardiography and device algorithms for atrioventricular and interventricular interval optimization in cardiac resynchronization therapy. Europace, 12 (1): p. 84 – 91, 2010

Sie suchen einen neuen Standort für Ihr Unternehmen?

Wir machen Sie

# startkLahr

Mit idealen Startbedingungen:

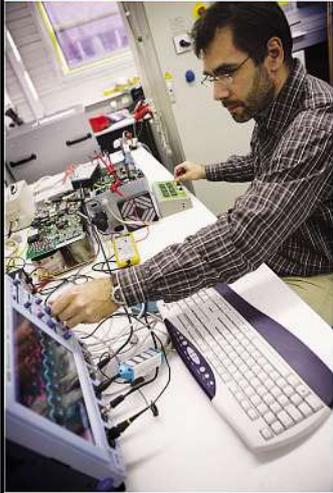
AIRPORT & BUSINESS PARK  
RAUM LAHR

Vielfältige Verkehrsanbindungen, optimale Infrastruktur.

Objekte zur Vermietung, Verpachtung und zum Verkauf.

[www.startklahr.biz](http://www.startklahr.biz)

J. Schneider Elektrotechnik GmbH



Der Name Schneider steht seit 70 Jahren für innovative Produkte und Dienstleistungen

**Planung, Entwicklung und Produktion von neuen Technologien - unser Know-How steht für Komplettlösungen**

Unser innovatives Team entwickelt kundenspezifische Hightech-Stromversorgungen u.a. für

- Plasmatechnologie
- Laseranwendungen
- Röntgenanwendungen



Helmholtzstrasse 13  
77652 Offenburg

Werner-von-Siemens-Strasse 12  
77656 Offenburg-Elgersweier

Tel. 0781 / 206-0  
Fax 0781/ 2 5318

[www.j-schneider.de](http://www.j-schneider.de)  
[info@j-schneider.de](mailto:info@j-schneider.de)

Zukunft ist formbar

## Jobs mit Zukunft

Als Jungingenieur, Diplomand, Trainee oder Praktikant (m/w) lernen Sie bei ERNST das Handwerkszeug einer erfolgreichen Karriere kennen:

- > Sie betreuen Fertigungsverfahren gemeinsam mit unseren Produktionswerken, Entwicklungsabteilungen und Kunden,
- > Sie arbeiten selbständig in Projekten und Teams mit,
- > Sie erlernen Qualitätstechniken, Problemlösungsmethoden, Wertanalysen, Auditieren von Produktionsprozessen,
- > Sie wirken bei der Auswahl, Beschaffung und Inbetriebnahme von Maschinen und Anlagen für unsere Werke mit.

Bewerbungsunterlagen senden Sie bitte an: Ernst Umformtechnik GmbH, Am Wiesenbach 1, 77704 Oberkirch-Zusenhofen >>> [karriere@ernst.de](mailto:karriere@ernst.de)



# ERNST

[www.ernst.de](http://www.ernst.de)

# Nuclear imaging and semi-invasive electrocardiography in CRT

**Prof. Dr. med. Andreas Otte,**  
**Facharzt für Nuklearmedizin**

Fakultät Elektrotechnik  
und Informationstechnik (E+I)

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel. 0781 205-338  
E-Mail: andreas.otte@hs-offenburg.de

**1987-1994:** Studium der Physik (1987-88), Universität Konstanz; Studium der Humanmedizin (1988-1994), Albert-Ludwigs-Universität Freiburg; Promotion zum Dr. med.

**1994-1999:** Weiterbildung zum Facharzt für Nuklearmedizin, Universitätskliniken Basel und Freiburg

**1999-2010:** Leitende Positionen in der klinischen Forschung (u.a. Bereichsleiter ZNS bei Gödecke/Pfizer, Freiburg; Stv. Leiter des Zentrums Klinische Studien, Universitätsklinikum Freiburg)

**Lehre:** 2002-2009: Visiting Professor Universität Gent/Belgien; seit 2007 Honorarprofessor Hochschule Lahr; seit 2010 Professor für biomedizinische Systemtechnik, Hochschule Offenburg

**Forschungsgebiet:** Neurosysteme; biomedizinische bildgebende Verfahren



## 1.4 Nuclear imaging and semi-invasive electrocardiography in CRT

*Prof. Dr. med. Andreas Otte*  
*Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer*  
*PD Dr. Ing. med. habil. Matthias Heinke*  
*Prof. Dr. med. Juraj Melicherik*

*Dr. Heinke is from the Department of Internal Medicine I, Friedrich-Schiller-University of Jena, and Professor Melicherik is from the Mediclin Heartcenter Lahr*

### Abstract

*Cardiac resynchronisation therapy (CRT) is a promising treatment option in patients with chronic heart failure. In this article the roles of semi-invasive esophageal left-heart electrocardiography and functional cardiac nuclear imaging in the field of CRT are highlighted, as the combination of both could be a favourable diagnostic approach in special cardiac situations. Also original esophageal left heart electrogram data of exemplary CRT patients is presented.*

### Introduction

During the last 15 years cardiac resynchronisation therapy (CRT) has made a huge step forward from experimental pacing to a routine and evidence-based treatment option in patients with chronic heart failure, who have ischemic or non-ischemic cardiomyopathy at NYHA III or IV, sinus rhythm, a left-bundle branch block and a left ventricular ejection fraction below 35% [1, 2].

The relatively young field of biomedical engineering has also found a rapid and promising development in the two medical imaging disciplines radiology and nuclear medicine as well as semi-inva-

sive electrocardiographic methods and thus strengthened modern medicine.

### The role of nuclear imaging

Nuclear medicine diagnostic instruments provide various opportunities to help the patient in the battle against his or her disease. In cardiovascular diseases, electrocardiogram (ECG)-triggered myocardial perfusion single-photon-emission-computed-tomography (SPECT) or <sup>18</sup>F-fluorodeoxy-D-glucose (FDG) positron emission tomography (PET) have become routine tools to detect viable myocardium, to study heart motility and to define the ejection fraction, the left-ventricular or right-ventricular function.

Although CRT is a promising treatment option, some patients do not respond to it [1]. van Campen et al., 2007, therefore, studied the relationship between viable myocardial tissue assessed by FDG PET and the improvement after CRT in 39 patients with ischemic cardiomyopathy, ejection fraction 27±9% and a wide QRS complex [3]. They found a correlation between the extent of viable myocardium and the hemodynamic response to CRT (assessed by the cardiac index measured by Doppler echocardiography) and concluded that FDG PET imaging may be a useful predicting tool to distinguish between responders and non-responders. Siegrist et al., 2008, studied the role of left-ventricular phase histograms of radionuclide ventriculography (RNV) for optimizing atrioventricular delay setting for CRT in 17 patients with heart failure and could show that RNV is a helpful instrument for the optimization of pacing parameters in CRT [4]. Looking at radiological tools, selection of pacing sites can be improved e.g.

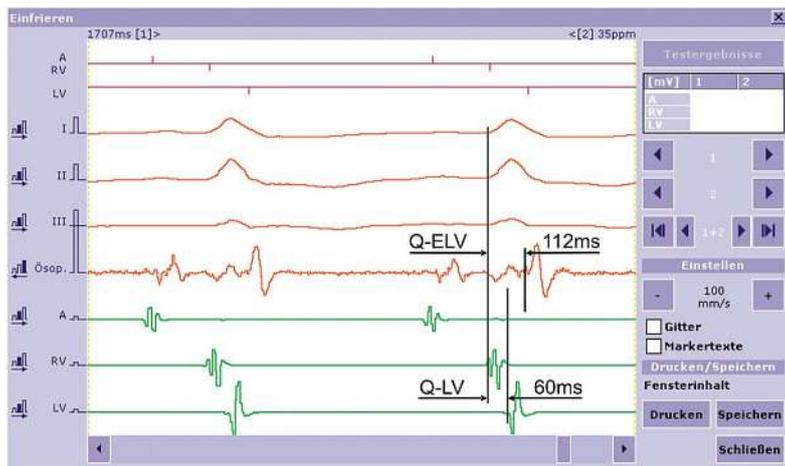
by cardiac computer tomography of the cardiac veins. In addition to PET imaging, candidates with large myocardial scars can be excluded also by magnetic resonance tomography [5].

### The role of semi-invasive left-heart electrocardiography

Recently, esophageal left heart electrogram was demonstrated to be a simple but useful semi-invasive method in the field of CRT [6, 7]. It could be utilized to increase responder rate (Figure 1.4-1). Performed preoperatively, this approach provides more direct quantification of the left ventricular conduction delay than QRS width in surface ECG. Duncan et. al. found an underestimation of duration of ventricular activation by the 12-lead ECG compared with pacemaker device electrogram measurements [8]. Previously measured esophageal left ventricular conduction delay can be used, intraoperatively, as valuable target interval to guide positioning of the left ventricular electrode. Missing this target interval should encourage the seeking for another pacing position in order to decrease the amount of nonresponders (Figure 1.4-2).

Furthermore, postoperatively, esophageal left atrial electrogram recording enables measurement of implant-related interatrial conduction intervals. The latter mainly determine individual duration of the hemodynamically optimal AV delay programming.

Actually, the semi-invasive esophageal left heart electrogram is a feature of the Biotronik ICS3000 (Biotronik GmbH, Berlin, Germany) standard programmer, solely. Applying, perorally, a TOSlim esophageal electrode (Osypka AG,



**Fig. 1.4-1:** Example of CRT patient presenting distinct esophageal left ventricular conduction delay Q-ELV of 112 ms. In contrast to that, the left ventricular electrode is placed in unfavourable region with left ventricular electrode delay Q-LV of 60 ms, only. Intraoperatively, this suboptimal situation should encourage the seeking for another left ventricular electrode position in order to avoid nonresponders



**Fig. 1.4-2:** Example of CRT patient demonstrating the esophageal left ventricular conduction delay Q-ELV of 54 ms as minimal target interval for left ventricular electrode positioning. In this constellation with Q-LV of 74 ms, response to CRT could be expected

Rheinfelden-Herten, Germany) connected to the PK199 programmer cable, depending on esophageal electrode position, filtered esophageal left ventricular or left atrial electrograms can be recorded simultaneously with three-channel surface ECG in patients without or with pacing systems irrespective of their make and model.

### Conclusion

Nuclear imaging as well as semi-invasive left-heart electrogram studies in CRT are still rare, and the number of patients studied is low. Both methods, however, can help CRT in special situations. Therefore, further clinical studies combining the two disciplines may be a favourable approach.

### References

- [1] Abraham WT, Fisher WG, Smith AL et al.: MIRACLE Study Group: Multi-center InSync Randomized Clinical Evaluation. Cardiac resynchronization in chronic heart failure. 346: 1845 – 53, N Engl J Med 2002
- [2] Götze S, Butter C, Fleck E.: Kardiale Resynchronisation bei Herzinsuffizienz [Cardiac resynchronization therapy for heart failure]. 95 (suppl. 4): 1 – 18, Clin Res Cardiol 2006
- [3] van Campen CM, Visser FC, van der Weerd AP et al.: FDG PET as a predictor of response to resynchronization therapy in patients with ischaemic cardiomyopathy. 34: 309 – 15 Eur J Nucl Med Mol Imaging 2007
- [4] Siegrist PT, Comte N, Holzmeister J et al.: Effects of AV delay programming on ventricular resynchronization: role of radionuclide ventriculography. 35: 1516 – 22, Eur J Nucl Med Mol Imaging 2008
- [5] Flachskampf FA. The non-responders in cardiac resynchronization therapy: do we have solution? European Society of Cardiology, Congress Report 2011: link: <http://www.escardio.org/congresses/esc-2011/congress-reports/Pages/101-Flachskampf.aspx> [retrieved: Nov 22, 2011]
- [6] Ismer B, Kleimenhagen F, Heinke M et al.: Significance of new electrocardiographic parameters to improve cardiac resynchronization therapy. 56(Suppl. 1). Walter de Gruyter, Berlin, Boston: DOI 10.1515/BMT.2011.512, Biomed Tech 2011
- [7] Heinke M, Ismer B, Kuehnert H et al.: Transesophageal left ventricular electrogram-recording and temporary pacing to improve patient selection for cardiac resynchronization. Med Biol Eng Comput 2011; 49: 851 – 8. DOI 10.1007/s11517-011-0767-6
- [8] Duncan AM, Lim E, Mebrate Y et al.: Underestimation of duration of ventricular activation by 12-lead ECG compared with direct measurements of activation duration derived from implanted pacemaker leads. 152: 35 – 42, Intern J Cardiol 2011

# Optimized Communications for Smart Metering & Smart Grid

**Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora**

Fakultät Elektrotechnik und  
Informationstechnik (E+I)

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel. 0781 205-4 16  
E-Mail: axel.sikora@hs-offenburg.de



**1966:** geboren

**1988 – 1993:** Studium der Elektrotechnik an der RWTH Aachen

**1993 – 1995:** Wirtschaftswissenschaftliches Zusatzstudium an der RWTH Aachen

**1993 – 1996:** Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme in Duisburg

**1997:** Promotion über den Entwurf digitaler Schaltungen für den Einsatz in der Hochtemperaturelektronik unter Nutzung von SOI-Technologien

**1996 – 1999:** verschiedene Tätigkeit in der Telekommunikation und der Halbleiterindustrie; zuletzt als Group Leader Product Support System LSI Products bei NEC Electronics (Europe) in Düsseldorf.

**1999:** Berufung als Professor an der Berufsakademie Lörrach

**Seit 2002:** Gründung und Leitung des Steinbeis Transferzentrums für Embedded Design und Networking, das bis heute etwa 200 F&E-Projekte im thematischen Umfeld der drahtlosen und drahtgebundenen Netzwerke bearbeitet hat.

**Seit Sep. 2011:** Professur für Embedded Systeme und Kommunikationselektronik an der Hochschule Offenburg

**Forschungsschwerpunkte:** Entwurf, Simulation und Implementierung von Kommunikationslösungen unter Nutzung von Eingebetteten Systeme. Ein thematischer Schwerpunkt hierbei sind auch Smart-Metering-Anwendungen

## 1.5 Optimized Communications for Smart Metering & Smart Grid

Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora  
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing.

### Abstrakt

Schon seit Jahrzehnten werden Patienten mit elektronischen Sensoren überwacht. Die drahtlose Anbindung der medizinischen Sensoren wird eine deutlich höhere Flexibilität ermöglichen, weil das Monitoring der Patienten unabhängig vom Ort und der Tätigkeit durchgeführt werden kann. Auf diese Weise werden sogenannte Tele-Health- und Tele-Monitoring-Anwendungen einen ganz neuen Markt ermöglichen. Dabei differenziert man typischerweise eine lokale Kommunikationsebene im unmittelbaren Umfeld des Körpers (sogenannte Wireless Body Area Networks, WBAN) und eine Weitverkehrsebene.

Das Buch führt in aktuell verwendete WBAN-Technologien ein und gibt einen Überblick über die wichtigsten Herausforderungen bei der Entwicklung und dem Betrieb solcher Systeme.

Das Kapitel von A. Sikora diskutiert hierbei insbesondere die Koexistenzproblematik solcher Netzwerke mit anderen Funksystemen in gleichen oder benachbarten Frequenzbereichen.

### Abstract

Home Automation, Smart Metering, reduction of energy consumption for climate preservation – those buzz words are flooding the daily press.

The European Directive 2006/32/EC (Energy-Use Efficiency and Energy Services) commits its members to reduce their energy consumption about nine percent from 1996 to 2015, and supports smart metering and the need of new developments for encouraging energy efficiency and CO<sup>2</sup> reduction in households and commercial buildings. The European countries have started different projects to achieve this goal. Also outside Europe, smart metering gains interest, for energy savings and better distribution network control.

A plethora of activities from water, gas, heat, and electricity utilities is ongoing to achieve this objective. Communication is in the middle of interest within these activities. Communication applies to all levels – from primary level between meter and data collector to backend interconnectivity.

The paper gives an overview on various national and European projects that the author's team is involved in. The latest one is dubbed WiMBex and is performed within the University of Applied Sciences, Offenburg.

### Introduction

Reduction of energy consumption has become a major political goal, and nowadays, green technology is a motor for the economy. The measures to save resources are manifold, and some of them, e.g. green fuel, show a disputable eco-balance once they are widely used. But the political intention is unambiguous to stop the global warming.

In 2006, the EU passed the Energy Services Directive (ESD) 2006/32/EG [1], which commits its members to reduce their energy consumption about nine per cent from 1996 to 2015. According to the EU energy blueprint [2], the EU's greenhouse gas emissions are to be reduced by 20% in 2020 compared with 1990 levels. Furthermore, the Energy Efficiency of Buildings Directive [3] requests the energy monitoring, certification and minimum standards on the energy performance of new buildings. In Germany, starting from 2010, all new buildings are to be equipped with meter devices that monitor the current energy consumption for the consumer [18] (smart meters), and up to 2020, 80% of the buildings shall be equipped with smart meters.

Once, such a communication solution will be available, additional functionalities for Smart Home or Home Automation can be supported, i.e.:

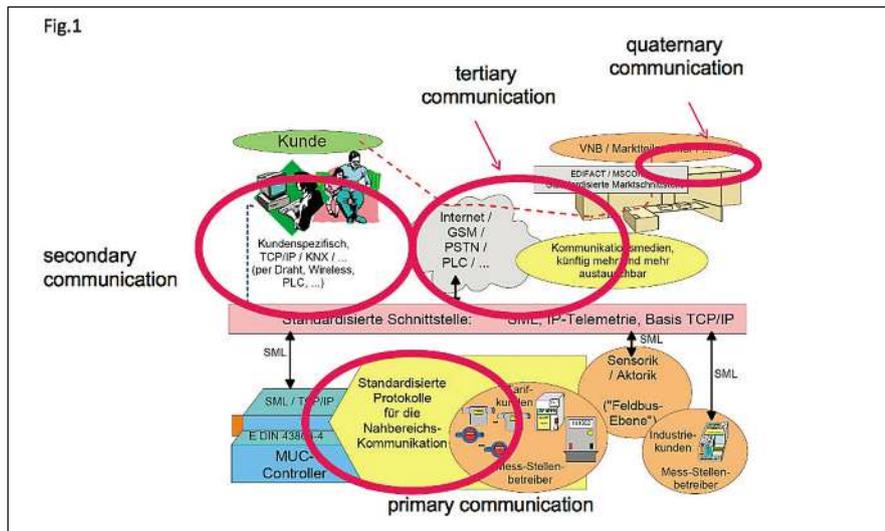


Fig. 1.5-1: Four Architectural Levels of a Typical Smart Meter Network [4]

remote control of (distributed) energy suppliers, such as photo-voltaic (PV) systems, combined heat and power (CHP) units, or alikeremote control of larger energy consumers, such as HVAC-units, washing-machines, charging stations for electric vehicles

### Network Architectures & Requirements

The typical metering infrastructure can be classified into four categories [4], as shown in Figure 1.5-1.

- **primary communication** (Local Metrological Network, LMN). between a local sensor or actuator and a data collector / gateway
- **secondary communication** (Home Area Network, HAN), which allows the local monitoring of data and events at the customer premises
- **tertiary communication** (Wide Area Network, WAN) between the data collector / gateway and the provider of the functionality (utility)
- **quaternary communication** between the utility and other market players

The main technological interest is in the first three layers, which combine the most critical requirements:

- **ultra-low energy consumption**: Especially for battery-based or energy autarkic applications, like in gas or water meters or other distributed sensors, the lifetime of the energy reservoir must be larger than the replacement

or recalibration interval, i.e. eight or more years

- **high stability and scalability**: Although the complexity of each single node is not very high, the size of the complete smart metering networks might be in the range of some tens of thousands of nodes. Ease of commissioning, stability of operation, and efficient network monitoring solutions are required
- **interoperability**: It is clear that the products for these large networks will be delivered from multiple vendors, which necessitates interoperability of communication protocols and of interfaces. Standardization and extensions to support customized solutions have to be balanced
- **security**: Security with regard to network communication includes aspects like confidentiality, authentication, authorization, integrity, and non-repudiation. Efficient cryptography and secure protocols are required
- **cost**: Especially residential meters are extremely price-sensitive, so all these functionalities must be enabled at minimum cost

### DEMAX: Decentralized Energy & Network Management with Flexible Pricing

The DEMAX project followed the objective of distributed measurement and control of energy consumption and production at the individual residential household level. For this, legacy tertiary communication techniques are used for

the data exchange between premises and energy providers. For the in-house primary communication, the metering bus (M-Bus and its derivative Wireless M-Bus) is used which is specified for reading out data from various metering devices like water, gas, heat, electricity and alike.

The DEMAX project was performed within the innonet program between 2007 and 2010. It was supported by German Ministry of Economics and Technology with a total project budget of roughly 1.3 Mio €.

The project partners included the whole value chain from research institutions, meter manufacturers, CHP manufacturer, energy supplier, and energy broker, i.e. Fraunhofer Institute Solar Energy Systems, Steinbeis Innovation Center Embedded Design and Networking, Elektrizitätswerke Schönau GmbH (EWS), in.power GmbH, Görlitz AG, SSV Software Systems GmbH, and SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH.

### ME<sup>3</sup>GAS: Smart Gas Meters & Middleware for Energy Efficient Embedded Services

ME<sup>3</sup>GAS (pronounce: 'migas) is the acronym for MEEEGAS, which again is an acronym built from the full project title Smart Gas Meters & Middleware for Energy Efficient Embedded Services. The objective of the ME<sup>3</sup>GAS project is to put consumers in control of their energy efficiency and appliances at home.

In this context, ME<sup>3</sup>GAS project addresses the development of a new generation of smart gas meters, based on embedded electronics, communications and the remote management of a shut-off valve, which shall offer a whole range of added values: management of multiple tariffs and payment modalities, remote gas cut off, security alarms, absolute index, temperature correction, and alike. Specification, implementation and dissemination of an open architecture for wireless communication shall also be addressed in the project. The utilization of intelligent concepts is what makes energy smart, and is the heart of energy-efficient technologies. Through energy-intelligent control, regulation and communication further improvements in energy yield are expected.

The ME<sup>3</sup>GAS project is partly funded by the ARTEMIS-JU (Call 2009) and by the participating Member States under contract number 100266. It covers two of the three horizontal technology layers, i.e. Reference Design and Architectures (RDA), and Seamless Connectivity and Middleware (SCM). The project period is from May 2010 till Apr 2013 with a total project budget of around 15.7 Mio €.

The ME<sup>3</sup>GAS consortium unites 15 partners from six European countries. It covers a large part of the energy provision value chain. Participating partners include gas utilities, manufacturers of gas meters and metrology services, developers of middleware systems, and research institutes.

Main project partners for the communication part of the project are Gas Natural SDG. S.A (Spain), Kromschroeder S.A. (Spain), Societa Italiana per il Gas P.A. (ITALGAS, Italy), Itron Deutschland (Germany), Elster GmbH (Germany), Steinbeis Innovation Centre for Embedded Design and Networking (Germany), and Sistemas Avanzados de Control (SAC, Spain).

Further information can be found at <http://www.me3gas.eu>.

**Remote Wireless Water Meter Reading Solution Based on the EN13757 Standard, Providing High Autonomy, Interoperability and Range**

The European Standard EN 13757 “Communication systems for meters and remote reading of meters” defines a Wireless Metering Bus, which is commonly referred to as “Wireless M-Bus”, or “WiMBus”. The Wireless M-Bus is an open standard, specifically designed for the needs of EU utility companies for the remote metering of electricity, gas, heat, and water usage.

The aim of the WiMBex project is to add a powerful new set of new features to the Wireless M-Bus platforms developed by the consortium SMEs, to enable them to keep pace, and even surpass the needs of the emergent Automatic Water Meter Reading (AWMR) market in Europe.

WiMBex will exploit powerful new features of the EN 13757 Wireless M-Bus standard, and in this manner, extend the use and impact of the European standard.



**Fig. 1.5-2:**  
**CAPT2WEB**  
generic gateway platform for monitoring and commissioning of smart meter gateways

The total project period is from Dec 2011 till Nov 2013 with a total project budget of around 1.5 Mio €. It is funded by the EU within the 7th Framework Program FP7-SME-2011 Activity 2.1 Call 4.

Project partners include Centre de Recerca i Investigació de Catalunya (CRIC, Spain), Lowri Beck Systems Ltd. (UK), Ossidian Technologies Ltd. (Ireland), CA-SON Engineering Plc. (Hungary), Trittech Technology AB (Sweden), JCB Electromecanica (Spain), Hahn-Schickard-Institut für Mikro und Informationstechnik (HSG-IMIT, Germany), Meath Hill Water Services (Ireland) and University of Applied Sciences Offenburg.

Further information can be found at <http://wimbex.com/>

**Outlook**

Further activities in the field of smart metering of the author’s team is performed around:

- the standardization in the Open Metering Specification (OMS) in the ZVEI [5], which has found widespread significance in the field
- the development of secure and flexible tool platforms, such as shown in Figure 1.5-2. For example, this platform allows the interfacing between tertiary HTTP-XML-based communication (over Ethernet or GPRS) with various primary communication protocols (Wireless M-Bus, ZigBee, EnOcean Radio Protocol, and others)

- the security solutions the Federal Office for Information Security (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, BSI) is working on a Technical Directive 03109 for the “Secure Implementation of Intelligent Measurement Systems” [0], which is on its way to become a model description for many other European countries

**References**

[1] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0064:0064:EN:PDF>

[2] <http://www.euractiv.com/en/energy/eu-energy-blueprint-putsonus-climate-change-renewables/article-160805#>

[3] [http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/energy\\_efficiency/l27042\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27042_en.htm)

[4] Lastenheft MUC (Multi Utility Communication), Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN), ver. 1.0, ed. 5. Aug. 2009, [http://www.vde.de/de/fnn/arbeitsgebiete/messwesen/documents/FNN\\_LH-MUC\\_1-0\\_2009-08-05.pdf](http://www.vde.de/de/fnn/arbeitsgebiete/messwesen/documents/FNN_LH-MUC_1-0_2009-08-05.pdf)

[5] <http://www.oms-group.org/>

[6] [https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/SmartMeter/TechnRichtlinie/TR\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/SmartMeter/TechnRichtlinie/TR_node.html)

# An android based remote control framework for smart home components

**Prof. Dr.-Ing. Hartwig Grabowski**

Fakultät Elektrotechnik  
und Informationstechnik (E+I)

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel. 0781 205-4741  
E-Mail: hartwig.grabowski@  
hs-offenburg.de

**1969:** Geboren in Freiburg i. Br.

**1996–1999:** Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Karlsruhe (TH), Institut für Prozessrechenstechnik, Automation und Robotik, 76131 Karlsruhe

**1999:** Dr.-Ing., Promotion an der Universität Karlsruhe (TH)

**1999–2008:** Business Consultant bei der T-Systems Enterprise Services GmbH, Service Unit Systems Integration, 64307 Darmstadt

**2008–2011:** Consultant und Projektleiter bei der Deutsche Telekom AG, Laboratories, Deutsche Telekom-Allee 7, 64295 Darmstadt

**Seit 2011:** Professur für Datenbanksysteme und Enterprise-Anwendungen an der Hochschule Offenburg

**Forschungsbericht:** Mobile Computing



## 1.6 An android based remote control framework for smart home components

*Prof. Dr.-Ing. Hartwig Grabowski  
Viktor Mayer*

### Abstrakt

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein „low-cost“ System für smarthome-Anwendungen vorgestellt. Die Steuerung der smarthome-Komponenten erfolgt durch einen Appliance-Controller auf Basis des FS20 Protokolls, wogegen die „Intelligenz“ des Systems durch eine mobile Anwendung (Android-OS) realisiert wird. Durch Auslagerung der Rechenleistung und der Benutzerschnittstelle auf das smartphone kann eine kostengünstige Alternative zur bestehenden Smarthome-Systemen aufgezeigt werden, die durch Einbindung externer Anwendungen leicht erweitert werden kann.

### The problem

The common concept for designing a smart home environment is to categorize in two main networks: the outdoor broadband communication network and the indoor control network [1]. Both networks are connected by a so called “residential gateway” [2], which have two main functionalities:

1. Bridging the indoor control network to the (outdoor) communication network
2. Providing (smart) services for controlling and managing the smart home devices (home appliances, switches, motors, etc.)

However, implementing the second powerful hardware leading to cost-expen-

sive residential gateways. And even if the OSGi framework [3] provides some basic technologies, remote management and deployment of services still remains an unsolved issue.

### The concept

Therefore, we developed an alternative approach, based on mobile computing implemented on the android framework: instead of putting all the intelligence into a residential gateway, we use the power of the mobile devices for implementing smart services. Therefore, we developed a low-cost systems for remote control of home appliances (switches, lightening, heating, etc.), based on the FS20 system. For a survey of available components see [4].

### The implementation

All the components (actuators and sensors) of the FS20 system can be controlled by a low-cost control unit, called “EZcontrol XS1”. This control unit provides internet connectivity and each component can be control through HTTP-request and JSON based response.

Based on the Model-View-Controller design pattern, we developed an control framework android devices, with which we can (a) dynamically add or remove new components (b) visualize the state of each component (c) modify the state of each component (e.g switch the light on, turn temperature down, etc.). For obtaining “live” data of the current state of the system, we make use of the HTTP chunked encoding, which is provided by the control station.

The GUI is based on standard UI components provided by the Android frame-

work, e.g. for binary switches we use “toggle buttons” and for linear switches a common scrollbar. All the components are listed sequentially and can dynamically added or removed. More sophisticated services like timers can be added for each component individually.

### The big picture

Based on our open framework, we now have the possibility to remotely control a large variety of actuators (power switches dimmer switches, heating regulators, sun-blinds, etc) and sensors (power meters, temperature sensors, motion detectors, etc.).

Additionally, we can easily integrate 3rd-parties application, if they provide intent filters (open intents). For example, we can use QR-codes based on the QR-Droid application [5] for identifying certain home appliances: each home appliance obtains its own ID which is encoded in the QR-code and the QR-code is then stucked to the associated home appliance. Within our application, we can call the QRDroid application by setting up the QRDroid-intent and obtain this ID, with which we automatically pop up the associated control panel.

Moreover, we can fully exploit the power of location services provided by the android platform and combine these services with our remote control services, enabling scenarios like automatically turning down the heating, if all residents left home and turning on the heating if one of them comes close the his home.

### The conclusion

We developed a low-cost framework for



Fig. 1.6-1: User Interface of our remote control framework: survey of components



Fig. 1.6-2: Programming timer services

remote control of home appliances. The “intelligence” of the system is implemented in the android device, whereas the control station just serves as a bridge towards the actuators and sensors.

Our system can easily be extended by integrating 3rd-party apps if they provide open intents as an interface. Moreover, complex applications exploiting user location or context can be easily implemented programmatically – however a click-and-drop like UI like Yahoo-Pipes is still part of our research.

#### Referenzen/References

[1] Cheng J., Kunz T.: A Survey on Smart Home Networking. Technical Report SCE-09-10. Carleton University Ottawa, Canada, 2009

[2] Kango R., Moore P.R., Pu J.: Networked smart home appliances – enabling real ubiquitous culture, Proceedings of 2002 IEEE 5th International Workshop on Networked Appliances, pp.76 – 80, Oct. 2002

[3] Basanta-Val P., Garcia-Valls M., Estevez-Ayres I.: Real-time distribution support for residential gateways based on OSGi, Consumer Electronics (ICCE), 2011 IEEE International Conference, pp. 747 – 748, Las Vegas, Jan. 2011

[4] Riegler T.: Haussteuerung selbst planen und einfach installieren, Franzis Verlag, 2007

[5] Internet: <http://www.qrdroid.com>, Jan. 2012

# Photovoltaik-Inverter in Dreipunktwechselrichter-Technologie

Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß

Fakultät Elektrotechnik  
und Informationstechnik (E+I)

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel. 0781 205-309  
E-Mail: uwe.nuss@hs-offenburg.de



**1960:** Geboren am 13.06. in Pforzheim  
**1980–1985:** Studium der Elektrotechnik an der Universität Karlsruhe (TH)  
**1985–1994:** Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Elektrotechnischen Institut der Universität Karlsruhe, 1989 Promotion, 1994 Habilitation  
**1994–2003:** Industrietätigkeit bei der Struckmeier GmbH (ab 2001: Wittur GmbH), ab 1995 stellvertretender Entwicklungsleiter  
**Seit 2003:** Professor für elektrische Antriebstechnik, Leistungselektronik, Regelungstechnik sowie Grundlagenfächer an der Hochschule Offenburg  
**Seit 2006:** Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg  
**Seit März 2011:** Dekan der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik

## 1.7 Photovoltaik-Inverter in Dreipunktwechselrichter-Technologie

Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß

### Abstract

*In this paper a photovoltaic (PV) inverter is described which is built-up using a neutral point clamped three level technology. The inverter was developed in co-operation with a PV-inverter manufacturer and a semiconductor manufacturer. The main focus of the project was to investigate the applicability of special semiconductor power modules for three level inverters as well as the development of control concepts, including fault-ride-through questions, for that inverter type.*

### Einleitung

In den letzten Jahren ist die Photovoltaik, beflügelt durch das Erneuerbare Energiengesetz – zumindest so lang es noch eine hinreichend lukrative Einspeisevergütung gab –, zu einem immer bedeutenderen Applikationsfeld der Leistungselektronik geworden. Im Fokus des Interesses steht dabei der Photovoltaik-Wechselrichter, der den in den Solarmodulen erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom oder Drehstrom umwandelt und ins Netz einspeist.

Standardmäßig wird für einen dreiphasigen Photovoltaik-Wechselrichter eine Drehstrombrückenschaltung gewählt (Zweipunktwechselrichter) [1, 2]. Sie kommt mit der kleinst möglichen Anzahl von Leistungstransistoren und Leistungsdioden zur Erzeugung einer nahezu sinusförmigen Stromkurvenform aus und schien damit lange Zeit die kostengünstigste Schaltungsvariante zu sein.

Alternativ dazu kann im Leistungsteil auch eine erweiterte Drehstrombrückenschaltung eingesetzt werden [1 – 4].

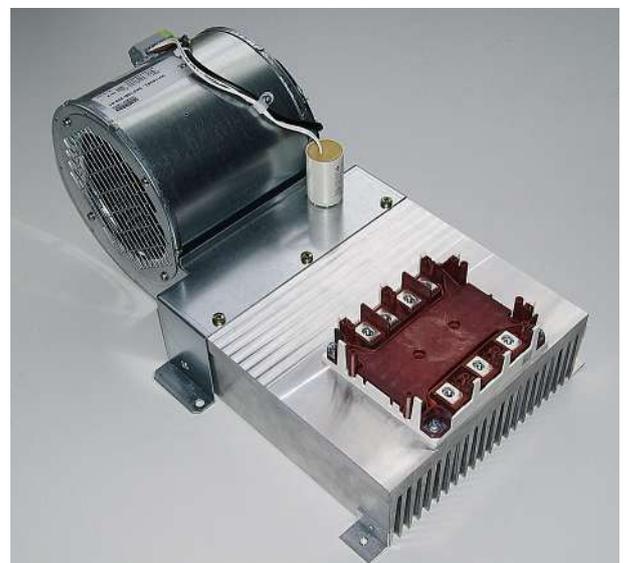
Diese im Prinzip schon seit über 30 Jahren bekannte Schaltungsart (vgl. [4]), die zumindest beim Einsatz im Niederspannungsnetz mehr als doppelt so viele Leistungshalbleiterbauelemente wie der Zweipunktwechselrichter umfasst, wird in jüngster Zeit auch für den industriellen Einsatz zunehmend interessanter, weil inzwischen Leistungshalbleiterbauelemente auf dem Markt angeboten werden, mit denen sich Dreipunktwechselrichter einfach und relativ kostengünstig aufbauen lassen. Denn der Vorteil eines Dreipunktwechselrichters besteht darin, dass pro Phase drei anstatt nur zwei Spannungsstufen am Ausgang des Wechselrichters zur Verfügung stehen. Damit wird bei gleicher Schaltfrequenz und gleicher Auslegung der Netzankopplung (Netzfilter) des Photovoltaik-

Wechselrichters die Netzstromwelligkeit deutlich reduziert.

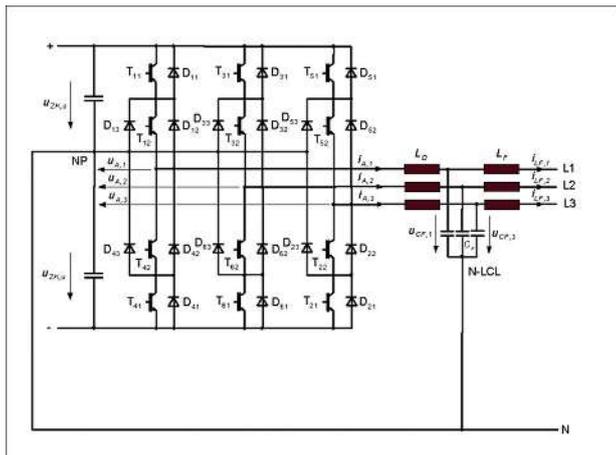
Alternativ lässt sich bei gleicher Stromwelligkeit und Schaltfrequenz das Netzfilter wesentlich kleiner auslegen, was zu einer deutlichen Ersparnis im Anschaffungspreis und im Platzbedarf der Photovoltaikanlage führt. Auch können beim Dreipunktwechselrichter bei Anwendungen im Niederspannungsbereich Leistungshalbleiterbauelemente mit deutlich geringerer Sperrspannungsfähigkeit als solche beim Zweipunktwechselrichter eingesetzt werden. Dadurch ergeben sich geringere Schaltverluste und ein geringerer Preis pro Leistungstransistor.

### Kooperationsprojekt mit Industriepartnern

In einem öffentlich geförderten Kooperationsprojekt, das Mitarbeiter des Labors für elektrische Antriebe und Leis-



**Abb. 1.7-1:** Phasenbaustein des Dreipunktwechselrichters mit Leistungshalbleitermodul, Kühlkörper und Lüfter (ohne Ansteuerung)



**Abb. 1.7-2:** Prinzipschaltbild der zugrundeliegenden Photovoltaikwechselrichteranordnung in Dreipunkttechnologie

tungselektronik gemeinsam mit einem mittelständischen Photovoltaik-Wechselrichter-Hersteller durchgeführt haben und wofür ein bekannter Hersteller von Leistungshalbleiterbauelementen Leistungstransistormodule für maximale Ausgangsströme von 250 A kostenlos zur Verfügung gestellt hat, wird die Eignung der bereitgestellten Bauelemente für den Einsatz in einem Dreipunktwechselrichter untersucht. Die Abbildung 1.7-1 zeigt ein derartiges Leistungshalbleitermodul für eine Phase, montiert auf einem Lüfterbestückten Kühlkörper.

Das für die Untersuchungen gewählte Schaltungskonzept ist in Abbildung 1.7-2 dargestellt.

Der Dreipunktwechselrichter ist über ein dreiphasiges LCL-Filter mit dem Drehstromnetz verbunden. Die wechselrichterseitigen Induktivitäten des LCL-Filters begrenzen hierbei die Änderungsgeschwindigkeit der Wechselrichterausgangsströme und somit deren Welligkeit. Die Kondensatoren im LCL-Filter sind für die verbleibenden Oberschwingungen der Wechselrichterausgangsströme eine sehr niederohmige Reaktanz, wodurch das Eindringen dieser Oberschwingungen ins Netz erschwert wird. Um diese Erschwernis noch zu erhöhen und um zugleich zu vermeiden, dass Oberschwingungen, die in den Netzspannungen bereits enthalten sind, über die Kondensatoren des LCL-Filters abfließen und demzufolge das LCL-Filter überlasten könnten, enthält das LCL-Filter noch die netzseitigen Induktivitäten. Der Sternpunkt des LCL-Filters ist sowohl mit dem Neutralpunkt NP des Wechselrichters als auch mit

dem Sternpunkt des Netzes verbunden. Das hat zum einen den Vorteil, dass bei Bedarf auch Ströme mit gleichphasigen Anteilen zwischen dem Wechselrichter und dem Netz ausgetauscht werden können. Zum anderen werden dadurch Potentialsprünge am Solargenerator bzw. am Zwischenkreis des Wechselrichters vermieden und dadurch unerwünschte Umladeströme der parasitären Kapazitäten des Solargenerators gegen Erde unterbunden.

Die netzseitigen Ausgangsströme des Dreipunktwechselrichters werden in Abbildung 1.7-2 mit  $i_{A,1}$ ,  $i_{A,2}$  und  $i_{A,3}$  sowie die Wechselrichterausgangsspannungen – bezogen auf den Punkt NP – mit  $u_{A,1}$ ,  $u_{A,2}$  und  $u_{A,3}$  bezeichnet. Die Spannung an den oberen Zwischenkreiskondensatoren wird  $u_{ZK,o}$  und diejenige an den unteren Zwischenkreiskondensatoren wird  $u_{ZK,u}$  genannt. Die Gesamtzwischenkreisspannung  $u_{ZK}$  setzt sich aus der Summe der beiden Teilspannungen zusammen. Die Spannungen an den LCL-Filterkondensatoren werden dagegen mit  $u_{CF,1}$ ,  $u_{CF,2}$  und  $u_{CF,3}$  bezeichnet.

Neben der Untersuchung der Eignung der verwendeten Leistungshalbleitermodule war ein weiteres Anliegen des Kooperationsprojekts die Entwicklung einer zweckmäßigen Strategie, die es erlaubt, den Dreipunktwechselrichter auch dann am Netz zu betreiben, wenn Netzfehler auftreten. Der Hintergrund dieses Wunschs ist die zunehmende Forderung der Elektrizitätsversorger, alle leistungsstarken Einspeiseeinrichtungen an der Netzstabilisierung zu beteiligen. Gerade aufgrund der steigenden dezentralen Energieeinspeisung durch Winde-

nergieanlagen und Photovoltaikkraftwerke ist hier dringender Handlungsbedarf geboten. Während bei Windenergieanlagen diese Forderung schon seit einiger Zeit in entsprechenden Richtlinien fixiert ist, befindet sich die Photovoltaikbranche in dieser Hinsicht gerade im Umbruch. Hier ist der Forschungs- und Entwicklungsbedarf noch beträchtlich.

### Prinzipielle Funktionsweise eines Dreipunktwechselrichters

Kennzeichnend für den zugrunde gelegten, in Abbildung 1.7-2 schematisch dargestellten Dreipunktwechselrichter, ist neben der üblichen Reihenschaltung von jeweils zwei Leistungstransistoren und -dioden, dass der Mittenabgriff zwischen den in Reihe geschalteten Leistungshalbleiterbauelementen über sogenannte Klemm-Dioden zu dem Mittenabgriff NP der Zwischenkreiskondensatoren geführt wird. Bei entsprechenden Schaltzuständen der Leistungstransistoren wird das Potenzial des Punkts NP über Dioden auf die Ausgangsklemmen geführt (clamped), weshalb die gezeigte Schaltungstopologie auch als NPC-Dreipunktwechselrichter (neutral point clamped three level inverter) bezeichnet wird. Es können drei Ausgangsspannungswerte pro Phase ( $u_{ZK,o}$ , 0,  $-u_{ZK,u}$ ) erzeugt und durch geschickte Auswahl und Dauer der jeweiligen Schaltzustände die Ausgangsströme gezielt beeinflusst werden.

### Ansteuerung der Dreipunktwechselrichtertransistoren, Pulsweitenmodulation und netzspannungsorientierte Stromregelung

Um die Leistungstransistoren des Dreipunktwechselrichters so anzusteuern, dass am Wechselrichterausgang Spannungen erzeugt werden, die innerhalb eines jeden Schaltintervalls mit vorgegebenen, üblicherweise vom Stromregler bereitgestellten Steuerspannungen übereinstimmen, wurde während der Projektlaufzeit ein Konzept erstellt und umgesetzt, das sowohl die einzelnen Leistungstransistoren vor Zerstörung (insbesondere durch Überspannungen und Überstrom) schützt, als auch für die korrekte Umsetzung der vorgegebenen Steuerspannungen mithilfe von Pulsweitenmodulatoren sorgt. Die dabei entwickelte Hardware wurde so aufgebaut, dass damit der Dreipunktwechselrichter in Verbindung mit einer hochschulseitig

vorher bereits vorhandenen Reglerkarte betrieben werden konnte. Auf dieser Grundlage wurde anschließend eine Stromregelung entworfen und implementiert, mit deren Hilfe in jeder Phase gezielt vorgegebene Ströme ins Netz eingeprägt werden können. Dabei war eine besondere Herausforderung, dass die Stromregelung in einem rotierenden Koordinatensystem erfolgen sollte, obwohl damit zu rechnen ist, unsymmetrische Ströme sowie Ströme mit gleichphasigen Anteilen ins Netz einzuspeisen. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass für Regelungszwecke die gleichen Grundelemente verwendet werden können wie bei der Regelung von Gleichgrößen, obwohl die zu regelnden Signale 50 Hz-Wechselgrößen sind. Das hierbei eingesetzte Verfahren der virtuellen Komplementärphasen wurde vom Autor entwickelt [5] und zunächst nur mithilfe von Simulationsstudien verifiziert. Im beschriebenen Kooperationsprojekt bot sich nun die Möglichkeit, dieses Verfahren in einem Feldtest zu erproben.

Beim Verfahren der virtuellen Komplementärphasen werden die drei Strangströme weitgehend unabhängig voneinander geregelt. Um dennoch die Vorteile einer Regelung ausnutzen zu können, die in einem rotierenden Koordinatensystem arbeitet, wird jeder in das rotierende Koordinatensystem zu transformierende Stranggröße (indiziert mit  $\alpha$ ) eine sogenannte virtuelle Komplementärphasengröße (indiziert mit  $\beta$ ) zugeordnet. Im stationären Zustand eilt sie der ursprünglichen Phasengröße bei gleicher Amplitude um  $90^\circ$  nach. Dadurch werden vergleichbare Größen wie bei Drehstrommaschinen in einem feststehenden orthogonalen  $\alpha$ - $\beta$ -Koordinatensystem erzeugt. Sie werden nun in ein rotierendes d-q-Koordinatensystem transformiert und dort geregelt.

Zur Erzeugung der um jeweils  $90^\circ$  verschobenen Wechselrichter Ausgangsströme enthält jede Phase ein virtuelles Komplementärphasenmodell, in dem dieselben Differentialgleichungen als Rechenalgorithmus nachgebildet werden, die auch die reale Regelstrecke, d. h. das LCL-Filter, beschreiben. Diese Komplementärmodelle werden mit den im Stromregler durch Rücktransformation aus den rotierenden Koordinatensystemen gewonnenen Stellgrößen  $u_{St,i,\beta}$  sowie mit den komplementären Filter-

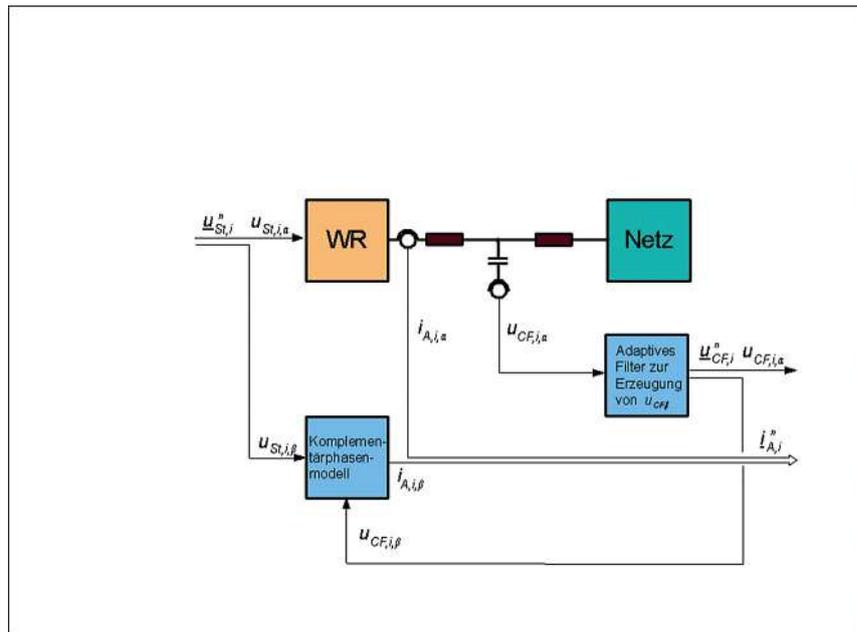


Abb. 1.7-3: Blockschaltbild der Funktionseinheiten zur Erzeugung der komplementären Ausgangsströme

spannungen  $u_{CF,i,\beta}$  gespeist ( $i=1, 2, 3$ ). Zur Veranschaulichung dieser Vorgehensweise zeigt die Abbildung 1.7-3 das Blockschaltbild der an der Erzeugung der Komplementärgrößen beteiligten Funktionseinheiten. Zur einfacheren Darstellung sind darin die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Komponenten der jeweiligen Größen als Raumvektor zusammengefasst. Mithilfe der um  $90^\circ$  gegenüber den Eingangsgrößen verschobenen Ausgangsgrößen des Komplementärphasenmodells kann nun, wie bereits erwähnt, ähnlich wie bei Drehstromantrieben eine Transformation der sinusähnlichen Größen in ein rotierendes Bezugssystem durchgeführt werden. Die Orientierungsgrößen, die die Lage des rotierenden Koordinatensystems festlegen, basieren zweckmäßigerweise auf Spannungsraumzeigern. Anhand derartiger Spannungsraumzeiger können die Wechselrichter Ausgangsstromraumzeiger in Anteile aufgespalten werden, die parallel zum jeweiligen Spannungsraumzeiger liegen, und in Anteile, die senkrecht darauf stehen [5, 6]. Als Orientierungsgrößen kommen hierbei die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Komponenten der Anschlusspunktspannungsraumzeiger  $\underline{u}_{PCC,i}$  ( $i = 1, \dots, 3$ ) oder der Filterkondensatorspannungsraumzeiger  $\underline{u}_{CF,i}$  in Frage. Im Projekt wurden beide Varianten getestet. Nennenswerte Unterschiede konnten nicht festgestellt werden. Ein Überblick über die netzsynchrone, phasenbezo-

gene Ausgangsstromregelungsstruktur zeigt die Abbildung 1.7-4. Darin werden als Orientierungsgrößen die Anschlusspunktspannungen  $u_{PCC,1}$ ,  $u_{PCC,2}$  und  $u_{PCC,3}$  herangezogen. Die in jeder Phase auftretenden Ausgangsstromregler sind als Zustandsregler konfiguriert. Ihre Struktur und Parametrierung ist in [5] ausführlich beschrieben.

Die Abbildung 1.7-5 zeigt schließlich beispielhaft einen typischen Stromverlauf in der Phase 1, wie er im Labor für elektrische Antriebe und Leistungselektronik mit den dort vorhandenen Möglichkeiten in Bezug auf die Netzeinspeisung erzielt werden konnte. Vorgegeben wurde hierbei ein Wirkstrom mit einer Amplitude von 20 A. Der tatsächlich sich einstellende Phasenstrom ist in Abbildung 1.7-5 gelb markiert. Die Netzanschlusspunktspannung ist blau dargestellt. Aufgrund der rechteckpulsförmigen Ausgangsspannungen des Wechselrichters sowie wegen Oberschwingungen in den Netzspannungen selbst und aufgrund von Totzeiteffekten weichen die Netzströme noch merklich von der Sinusform ab. Eine geplante Verdoppelung der Abtastfrequenz der Stromsignale sowie die Ausschöpfung weiterer Optimierungspotenziale könnte hier noch eine Verbesserung ergeben. Der Betrieb der Leistungshalbleitermodule mit ihren Nenndaten ist im Labor des Kooperationspartners geplant. Die

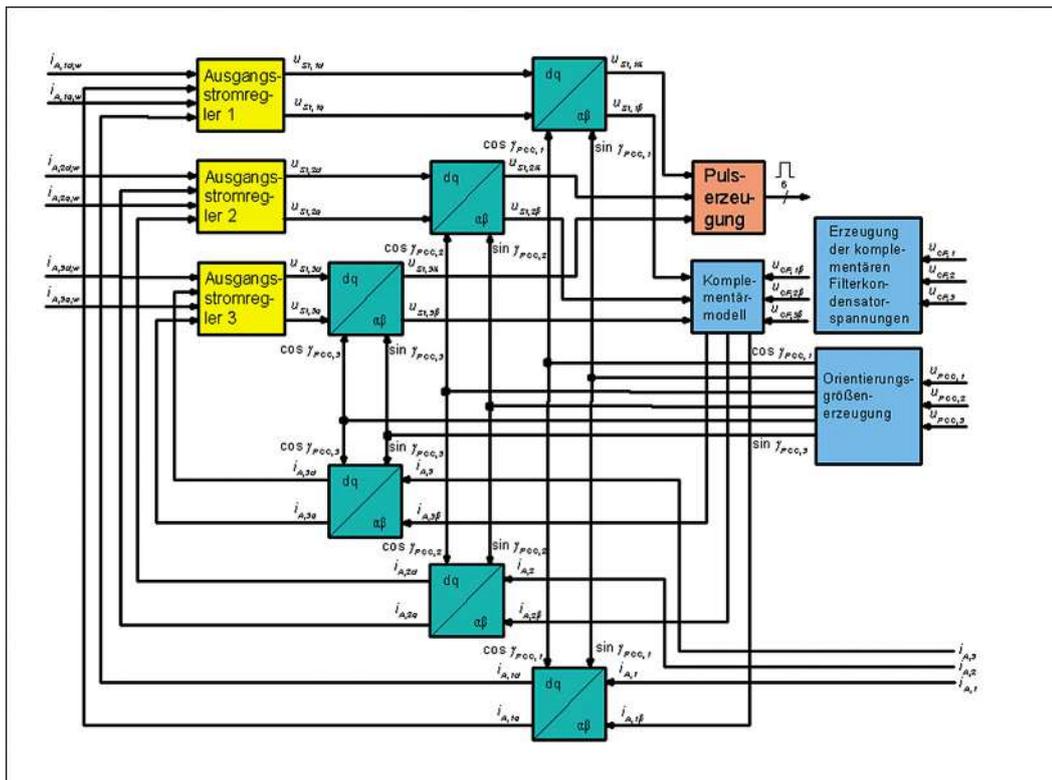


Abb. 1.7-4: Blockschaltbild der netzsynchronen, phasenbezogenen Ausgangsstromregelung eines Dreipunktnetzwechselrichters mit LCL-Filterankopplung an das Netz

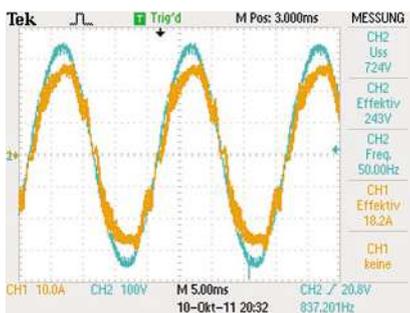


Abb. 1.7-5: Typischer Zeitverlauf des Ausgangsstroms der Phase 1 des Dreipunktwechselrichters (gelbe Kurve) sowie der zugehörigen Anschlusspunktspannung (blaue Kurve)

Funktionsfähigkeit des Konzepts der virtuellen Komplementärphasen konnte mit dem vorhandenen Labormodell aber bereits bestätigt werden.

### Zusammenfassung und Ausblick

Im beschriebenen Kooperationsprojekt konnten bisher die Ansteuerung des Dreipunktwechselrichters sowie die netzspannungsorientierte Ausgangsstromregelung implementiert werden. Die Integration weiterer Regelkreise wie des Zwischenkreisspannungsregelkreises konnte noch nicht abgeschlossen werden. Auch stehen Untersuchungen zum Verhalten des Systems bei symmetrischen und unsymmetrischen Netzfehlern noch aus. Schließlich ist das Verhalten des im Labor aufgebauten Wechselrichters noch für höhere Ausgangsströme zu testen.

Das beschriebene Projekt wurde von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) gefördert. Der Autor dankt der AiF für die gewährte finanzielle Unterstützung.

### Referenzen/References

- [1] Schröder, D.: Leistungselektronische Schaltungen. 2. Auflage. ISBN 978-3-540-69300-0. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008
- [2] Specovius, J.: Grundkurs Leistungselektronik, 4. Auflage. ISBN 978-3-8348-1307-7. Wiesbaden: Vieweg Verlag, 2010
- [3] Kouro, S.; Malinowski, M.; Gopakumar, K.; Pou, J.; Franquelo, L.; Wu, B.; Rodriguez, J.; Pérez, M.; Leon, J.: Recent Advances and Industrial Ap-

plications of Multilevel Converters. IEEE Transactions on Industrial Electronics 57 (2010), S. 2553 – 2580

- [4] Nabae, A.; Takahashi, I.; Akagi, H.: A New Neutral-Point-Clamped PWM Inverter. IEEE Transactions on Industry Applications 17 (1981), S. 518 – 523
- [5] Nuß, U.: Hochdynamische Regelung elektrischer Antriebe. ISBN 978-3-8007-3218-0. Berlin, Offenbach: VDE-Verlag 2010
- [6] Nuß, U.: Feedback Control Systems for Power Electronics. Tagungsband OTTI-Seminar Power Electronics for Photovoltaics, S. 291 – 328, München, 06./07.06.11

# 1000 Meilen unter Strom, Rekordfahrt des in Offenburg entwickelten eFahrzeugs „Schluckspecht“

**Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg**

Fakultät Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik (M+V)

Stellvertretender Leiter des  
Instituts für Angewandte Forschung (IAF)

Badstraße 24

77652 Offenburg

Tel. 0781 205-351

E-Mail: ulrich.hochberg@  
hs-offenburg.de

**1953:** Geboren 28.7. in Stuttgart

**1974–1979:** Studium an der Universität Karlsruhe (TH)

**1979–1984:** Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Technische Thermodynamik des FB Maschinenbau, 1984 Promotion

**1985–1992:** Leiter der Forschungsabteilung der GEA Wiegand GmbH

**1992–1994:** Produktionsleiter Werk Barby der Cerestar Deutschland GmbH

**1994–2003:** Produktfeldentwicklung / Anlagenbau

**Seit 2003:** Professor an der Hochschule Offenburg für Mess- und Regelungstechnik sowie Grundlagenfächer des Maschinenbaus

**Seit 2006:** Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg

**Forschungsgebiete:** Regelungstechnik, Messtechnik, Thermodynamik



## 1.8 1000 Meilen unter Strom, Rekordfahrt des in Offenburg entwickelten eFahrzeugs „Schluckspecht“

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg

Prof. Dipl.-Ing. Claus Fleig

Sebastian Sinz

Michael Dold

### Abstract

*In 2010 the Japan Electric Vehicle Club set the world record for the longest distance covered by an electrically powered vehicle without recharging its battery: 1003 km. This record was the challenge for the Schluckspecht-Team whose main aim has been to whittle down the energy consumption of vehicles. A new type of hub motors was developed, reducing the losses in the motor and enabling new vehicle designs with improved aerodynamics.*

*A new chassis structure was designed and developed, reducing the weight of the vehicle, as this structure is well adapted to the demand of an electric vehicle (relatively high battery mass compared to the overall mass of the vehicle). A test on the Bosch test circuit showed that this vehicle can even drive 1631,5 km (more than 1000 miles). The test was witnessed by the TÜV Süd.*

Die Hochschule Offenburg befasst sich seit Jahren mit der Entwicklung sparsamer Fahrzeuge und Antriebe.

Nach der Entwicklung eines sparsamen Demonstrationsfahrzeugs mit Dieselmotor und Brennstoffzellenfahrzeuge [1]



**Abb. 1.8-1:** Fahrt des Schluckspechts auf regennasser Fahrbahn

wurde ein Batteriefahrzeug entwickelt, das in Südafrika unter der Aufsicht von FIA-Ingenieuren 626,6 km fuhr, ohne dass die Batterie aufgeladen werden musste [2]. Ein Demonstrationsfahrzeug des Japan Electrical Vehicle Club hielt den damaligen Weltrekord mit 555,6 km [3].

Der Rekord auf einem Rundkurs lag bei 1003 km, aufgestellt im Mai 2010, ebenfalls vom Japan Electrical Vehicle Club. Die Japaner bauten dazu einen Minivan um und installierten Batterien bis zur maximalen Zuladung [3]. Insgesamt hatten die Batterien eine Kapazität von 74 kWh, die Leistung des bürstenlosen Gleichstrommotors betrug 14 kW. Die Durchschnittsgeschwindigkeit lag bei 40 km/h.

An der Hochschule Offenburg wurde ein anderer Weg beschritten: Es wurde ein Fahrzeug gebaut, das von Anfang an zum Einsatz als Elektrofahrzeug konzipiert wurde. Dazu wurde ein neues Fahrzeugkonzept in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut EMI entworfen [7].

Das entwickelte Chassis zeichnet sich dadurch aus, dass es den Erfordernissen eines Batteriefahrzeugs in idealer Weise Rechnung trägt. Bei einem Batteriefahrzeug ist es anders als in einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor: Aus Sicherheitsgründen sollte die Batterie nicht als kompakte Einheit im Fahrzeug installiert sein. Die Aerodynamik eines Batteriefahrzeugs kann günstiger sein, wenn Radna-



Abb. 1.8-2: Boxenstopp und Fahrerwechsel



Abb. 1.8-3: Schluckspecht mit Begleitfahrzeug nach abgetrockneter Fahrbahn

benmotoren eingebaut werden: Es muss kein Platz in Achsnähe für Motor und Getriebe vorgehalten werden. Die Entwicklung eines leistungsfähigen Radnabenmotors war Voraussetzung für die Realisierung dieses Konzepts [4-11].

Im Sommer 2011 war das Fahrzeug komplett aufgebaut und bereit zur Testfahrt auf dem Bosch-Testgelände „Boxberg“. Für die Rekordfahrt war das erste Wochenende im August reserviert.

Die Testfahrt sollte durchgeführt werden, obwohl teilweise Regen und Sturm an-

gekündigt waren. Die Terminpläne ließen eine Verschiebung nicht zu.

Das Fahrzeug war mit 2 Radnabenmotoren ausgerüstet, deren Maximalleistung bei ca. 4 kW lag bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h. Da das Fahrzeug mit Fahrer und Batterien insgesamt weniger als 400 kg Masse hatte, lag somit die massenbezogene Leistung in der Größenordnung des entsprechenden Werts des japanischen Teams. Insgesamt waren im Schluckspecht 14 Lithium-Cobalt-Batterien eingebaut mit einer Gesamtkapazität von ca. 23 kWh.

Der Versuch wurde vom TÜV Süd überwacht, eine Kamera im Begleitfahrzeug hat das Fahrzeug ununterbrochen gefilmt. In 4 Schichten haben sich die Fahrer abgewechselt, um in der zur Verfügung stehenden Zeit die Batterien möglichst bis zur vollständigen Entladung zu belasten. Zunächst wurde eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 40 km/h angestrebt.

Die Fahrer wechselten sich regelmäßig ab, damit die zulässigen Lenkzeiten nicht überschritten wurden und die gesetzlich vorgeschriebenen Ruhepausen eingehalten werden konnten.

Das Begleitfahrzeug war über WLAN mit dem Schluckspecht verbunden, alle Daten des CAN-Busses des Schluckspechts standen somit immer zur sofortigen Auswertung zur Verfügung. Als nach heftigen Regenschauern in der ersten Nacht die Fahrbahn abtrocknete, zeigte sich, dass die zur Verfügung stehende Zeit nicht ausreichen würde, um die Batterie leerzufahren.

Am Rand der Teststrecke war die Zentrale aufgebaut, in der alle Daten zusammenliefen. Um im Zeitplan den Versuch beenden zu können wurde entschieden, die Geschwindigkeit des Fahrzeugs auf 50 km/h zu erhöhen – nur so konnte erwartet werden, dass die Batterien am Ende auch wirklich wie gewünscht entladen sind. Insgesamt wurde eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 45 km/h erreicht.

Nach eineinhalb Tagen reiner Fahrzeit waren die Batteriespannungen dann auf die Mindestwerte gesunken, nach über 1000 Meilen (1631,5 Kilometer).

Hochrechnungen zeigen, dass bei durchweg trockener Straße und nur 40 km/h im Durchschnitt auch ohne zusätzliche technische Innovationen mit diesem Fahrzeug ca. 2000 km erreicht werden können. Es ist eindeutig, dass ein Fahrzeug, das als Elektrofahrzeug konzipiert ist, eine wesentlich größere Reichweite hat als ein umgebautes Fahrzeug mit Verbrennungsmotor.

In weiteren Schritten sollen in den nächsten Jahren an der Hochschule Offenburg ein Range Extender mit äußerer Verbrennung, ein in seiner Leistung vergrößerter Radnabenmotor und eine induktive Ladestation entwickelt werden.



Abb. 1.8-4: Zentrale Leitwarte am Rand der Teststrecke



Abb. 1.8-5: Team Schluckspecht mit Fahrzeug am Werkstor des Bosch-Testgeländes

## Referenzen

- [1] Hochberg, U.: Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Rahmen der Beteiligung der HS Offenburg am internationalen Shell ECO Marathon. IAF Forschungsbericht (2007) Hochschule Offenburg.
- [2] „Schluckspecht E“ auf Rekordfahrt in Südafrika [http://www.energie.de/news/energie/elektromobilitaet/schluckspecht-e-auf-rekordfahrt-in-suedafrika\\_3331.html](http://www.energie.de/news/energie/elektromobilitaet/schluckspecht-e-auf-rekordfahrt-in-suedafrika_3331.html) aufgerufen im Mai 2012
- [3] Japan EC Club creams Tesla range record. <http://green.autoblog.com/2009/11/19/japan-ev-club-creams-tesla-range-record-with-tokyo-to-osaka-run/> aufgerufen im März 2012
- [4] Hochberg, U., Sinz, S., Huberth, F.: Crashesicherheit des Niedrigenergiefahrzeugs „Schluckspecht City“. IAF Forschungsbericht (2011) Hochschule Offenburg.
- [5] Fleig, C. et. al.: Bow String Structure (BBS) - Aufbau einer Fahrzeugstruktur für ein batteriebetriebenes Leichtfahrzeug. IAF Forschungsbericht (2010) Hochschule Offenburg.
- [6] Huberth F., Hochberg U., Thoma K.: Crashesicherheit und Leichtbau am Beispiel des Niedrigenergie-Fahrzeugs Schluckspecht E. Vortrag auf dem Würzburger Automobilgipfel 23. – 24.10.2010
- [7] Hochberg, U., Schäfer, S.: Schluckspecht City: Ästhetik versus Aerodynamik - ein erfolgreicher Spagat. IAF Forschungsbericht (2009) Hochschule Offenburg.
- [8] Hochberg, U., Jahn, N.M.: Berechnung und Optimierung eines Radnabenmotors. IAF Forschungsbericht (2007) Hochschule Offenburg.
- [9] Hochberg, U., Menne, M.: Entwicklung und Optimierung einer vollintegrierten Motorelektronik für einen BLDC-Radnabenmotor. IAF Forschungsbericht (2007) Hochschule Offenburg.
- [10] Krebs G., Weber R., Leppelsack S., Hochberg U.: Elektrische Radnabenmotoren für leichte Stadtfahrzeuge ATZ-Elektronik, 5 (2010) 1, S. 20-27
- [11] Entwicklung eines Leichtbauradnabenmotors, ZIM Kooperationsvorhaben KF2236501W09

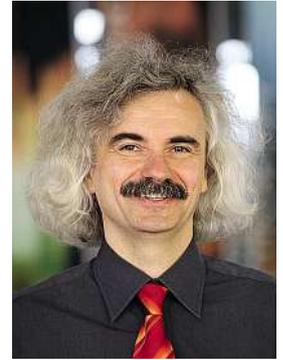
# Mathematical Method to Simplify In-Situ Temperature Computation during the Splice Process

**Prof. Dr. Dan Curticaean**

Fakultät Medien und  
Informationswesen (M+I)  
Studiendekan Medientechnik/  
Wirtschaft+Praktikantenleiter Fakultät  
Medien und Informationswesen (M+I)

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel. 0781 205 372  
E-Mail: dan.curticaean@hs-offenburg.de

**1964:** Geboren in Lugosch/Rumänien  
**1983:** Studium der Physik an den Universitäten Bukarest und Temesvar, Abschluss 1987  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Temesvar und der Hochschule Offenburg  
Freiberuflicher Dozent  
**2002:** Promotion am Laboratoire des Systèmes Photoniques, École Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg, Université Louis Pasteur, Strasbourg  
**2003:** Projektmanager in Forschung und Entwicklung bei HYDAC ELECTRONIC GMBH Saarbrücken  
**Seit 2004:** Mitglied der Optical Society of America (OSA)  
**Seit Oktober 2006:** Professor der Medientechnik an der Hochschule Offenburg, Fakultät für Medien- und Informationswesen  
**Seit 2008:** Session Chair and Committee Member „Photonics in the Automobile – Photonics Europe 2008 Strasbourg (EPE118)“, Mitglied der SPIE, Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg  
**Seit 2009:** Mitglied im Fachausschuss 5.4. der Informationstechnischen Gesellschaft ITG im VDE, Dozent am Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg  
**Seit 2010:** Mitglied der SPIE Education Committee, Conference Chair der SPIE Eco Photonics, 2011, Strasbourg, France  
**Forschungsgebiete:** Physik, Photonics, Digitale Medien



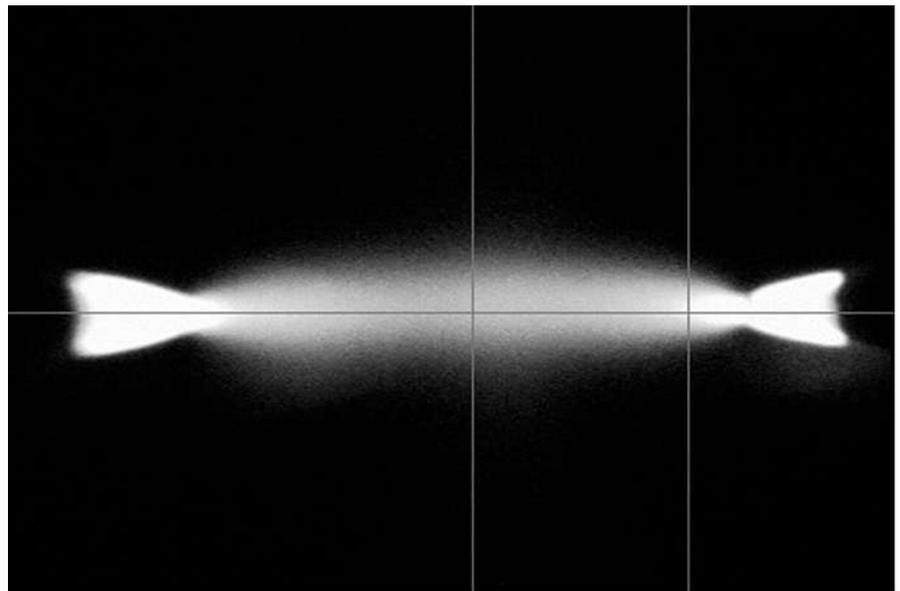
## 2.1 Mathematical Method to Simplify In-Situ Temperature Computation during the Splice Process

Prof. Dr. Dan Curticaean  
Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

### Abstrakt

Komplexe optische Netzwerke fordern eine immer größere Anzahl an permanenten und dämpfungsarmen Glasfaserverbindungen (Spleiße). Eine wichtige Voraussetzung für hochqualitative Spleiße ist eine geeignete Temperaturverteilung. Die Autoren stellen eine In-situ-Methode zur Temperaturkontrolle durch Bildbearbeitung vor.

Nowadays, metropolitan network users may use internet bandwidths up to 200 MB/s. The old copper wire network is obsolete for these conditions. Instead, this performance is achieved by using optical fibers. One of the most important conditions is to create an optical network between the provider and customers with as few lossy connections as possible. The key solutions to this problem are high quality thermal splice connections. These are complex processes in which the optical fiber ends are cleaned, then molted in a high-frequency discharging arc and then pushed together. At the end of the splice process, the connection has a loss of less than 0.1



**Abb. 2.1-1:** Discharging frame with selected cross sections and transversal section

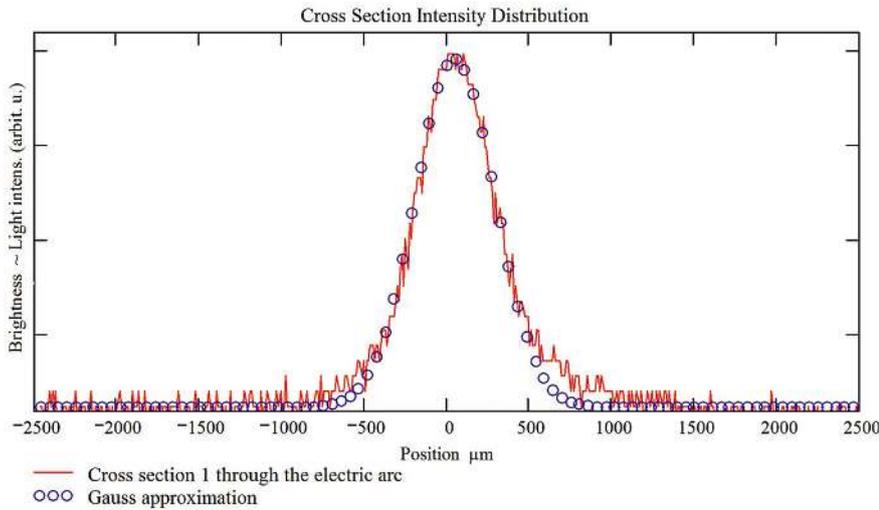
dB. One of the important characteristics in the splice process is the temperature distribution in the discharging arc. The highest values are around 2000°C, which is the temperature necessary to melt the glass of the optical fiber.

Like mentioned in a prior presentation [1], one method to compute the temperature is given by using the Abel-, respectively the Inverse Abel Transformation of the recorded arc discharging process [2] – [3]. A similar method is

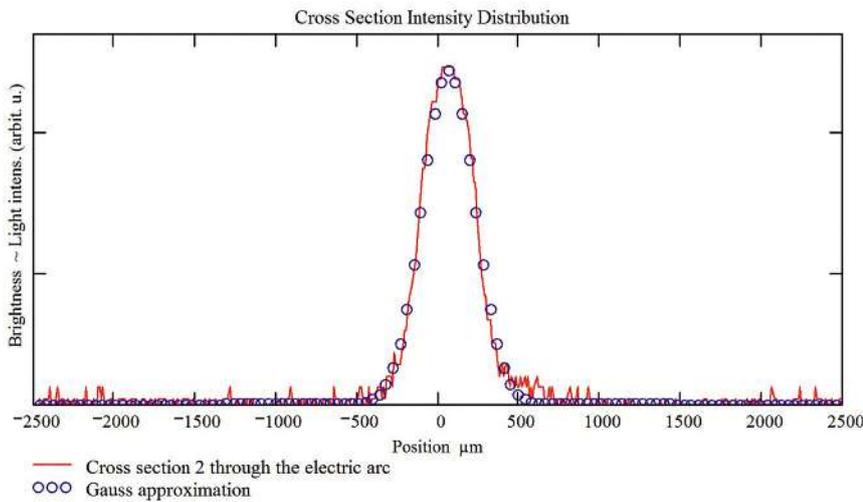
used by the astrophysical scientists to determine the temperature distribution of a star from images of the star.

The splice process is recorded by the alignment cameras in the splicer and extracting a frame for the discharging arc (Fig. 2.1-1), the Inverse Abel Transformation can be applied.

The results of the intensity distributions at the cross sections are presented in Figure 2.1-2, and Figure 2.1-3.



**Abb. 2.1-2:** Distribution and Gauss approximation at position 1, where the parameters are



**Abb. 2.1-3:** Distribution and Gauss approximation at position 2

Considering the obtained two profile distributions, it can be concluded that the distributions can be approximated very well by Gaussian distributions:

$$F(x) = A \cdot e^{-\frac{(x-B)^2}{2 \cdot C^2}} + D \quad (1)$$

In this formula, the individual parameters represent:

- A - Amplitude of the intensity
- B - Position shift on the axis
- C - Standard deviation ( $\sigma$ )
- D - Background level

Considering the Gaussian distribution as the approximation of the cross section distribution, an Inverse Abel Transformation can be done analytically, and sophisticated spline approximations of the distribution are no longer necessary. In particular, the costly numerical computation of the Abel transform is also no longer needed. Considering the obtained results of the cross section and the transversal section, the power distribution in the arc discharging area can be determined. Using an adequate calibration, the temperature distribution is finally obtained.

## References

- [1] W. Lieber, W. Schröder, D. Curticean: In-situ Leistungs- und Temperaturverteilung im Spleißprozess, IAF Beiträge aus Forschung und Technik 2011
- [2] S. H. Lee Editor: Optical Information Processing, Fundamentals; Springer – Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1981
- [3] W. Hackbusch, Integralgleichungen: Theorie und Numerik, Teubner, Stuttgart, 1999

# Die „Sprechende Sitzschiene“ – Demonstrator der 3. Generation

**Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer**  
 Prodekan Fakultät Elektrotechnik  
 und Informationstechnik (E+I)  
 Studiendekan EIM, EI-BB

Badstraße 24  
 77652 Offenburg  
 Tel. 0781 205-208  
 E-Mail: felhauer@hs-offenburg.de

**1965:** Geboren in Heidelberg  
 Studium der Elektrotechnik/Nachrichtentechnik  
 an der Universität Kaiserslautern  
**1990:** Diplom  
**1990–1994:** wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für hochfrequente Signalverarbeitung der Universität Kaiserslautern  
**1994:** Promotion über neuartige Verfahren zur hochgenauen Vermessung von Funkkanälen mit Bandspreizsignalformen  
**1994–1999:** Systemingenieur und Projektleiter im Zentralbereich Technik der DaimlerChrysler Aerospace AG, Ulm  
**Seit 1999:** Professor an der Hochschule Offenburg für das Fachgebiet Funknetze und Telekommunikationstechnik, Leiter des Labors Telekommunikationstechnik  
**Seit 2001:** Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg  
**Seit 2006:** Prodekan und Studiendekan in der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik der Hochschule Offenburg  
**Forschungsgebiete:** Funkkommunikation und Satellitennavigation



## 2.2 Die „Sprechende Sitzschiene“ – Demonstrator der 3. Generation

Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer  
 Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ  
 Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele

### Abstract

The research project „Speaking Seat Rail“ deals with the development of a novel communication system for aircraft in-flight entertainment. The key innovation is to use structures that are essential parts of the airframe for data transfer such as seat rails. Those rails can easily be formed to fulfill the function of a hollow waveguide that transports microwave signals without any wire. A waveguide as part of the seat rail would provide enormous benefits for aircrafts, such as a large bandwidth and consequently high data rates, no problems with electromagnetic compatibility, unlimited flexibility of seat configuration, mechanical robustness with associated increase of reliability and additional advantages related to aircrafts such as reduction of weight and costs. Recently, an improved demonstrator with full Ethernet compatibility has been developed at the University of Applied Sciences Of-fenburg. This 3rd generation demonstrator was exhibited at the trade fair Aircraft Interiors Expo 2011 in Hamburg and nominated for the Crystal Cabin Award 2011.

### Einleitung

Die mediale Unterhaltung der Passagiere in Flugzeugen während des Flugs

mit In-flight Entertainment IFE-System wird für Fluggesellschaften immer wichtiger. Somit steigen auch die Anforderungen an ein IFE-System hinsichtlich Datenrate, Zuverlässigkeit und Flexibilität.

Ziel des Projekts „Sprechende Sitzschiene“ ist es, Multi-Media-Daten innerhalb eines IFE-Systems berührungslos über die Sitzschiene eines Flugzeugs zu den Passagiersitzen zu übertragen. Ein erster einfacher Demonstrator wurde bereits 2009 einem internationalen Fachpublikum auf der Paris Air Show in Le Bourget präsentiert. Ein weiterentwickeltes System hat bereits auf der Aircraft Interiors Expo 2010 in Hamburg für Aufsehen in der Fachwelt gesorgt. Der neueste Demonstrator der 3. Generation, siehe Abbildung 2.2-1, nutzt nun modernste Übertragungstechnologien auf der Basis der Mehrträgermodulation OFDM für eine zuverlässige Datenübertragung, wie sie z. B. auch beim Digitalen Fernsehen (DVB) oder bei Mobilfunktechnologien der 4. Generation (LTE) Anwendung finden und zeichnet sich darüber hinaus durch eine volle Ethernet-Kompatibilität aus. Dadurch lassen sich alle bekannten Multi-Media-Anwendungen einfach mit diesem System realisieren.

### Systemarchitektur

Die Systemarchitektur des realisierten Demonstrators der 3. Generation ist in Abbildung 2.2-2 dargestellt [2]. Die Nutzer (Passagiere) sind jeweils über eine Client-Transceiver-Einheit und einen Koppelhohlleiter ohne feste Kabel- oder



Abb. 2.2-1: „Sprechende Sitzschiene“ – Demonstrator der 3. Generation

Steckverbindung mit der Sitzschiene verbunden. Über den in die Sitzschiene integrierten Hohlleiter werden die hochfrequenten Signale zu bzw. von einem Server über eine Master-Transceiver-Einheit übertragen.

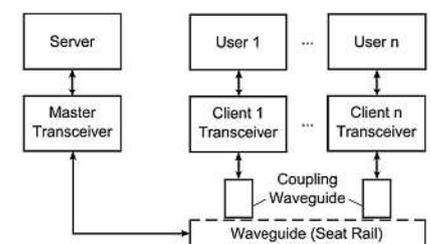


Abb. 2.2-2: Systemarchitektur

Die Sitzschiene selbst besteht aus speziellen Legierungen, die eine hohe mechanische Festigkeit bei gleichzeitig geringem Gewicht und hoher Korrosionsbeständigkeit haben. Umfangreiche Messungen und Analysen haben ergeben, dass selbst unter ungünstigen Be-

dingungen die Dämpfung der Signale im Hohlleiter der Sitzschiene geringer als 1,5 dB/m ist, wobei selbst ein geringer horizontaler, vertikaler oder axialer Versatz beim Übergang von einer Sitzschiene zur anderen zu einer für das Powerbudget unkritischen Erhöhung der Dämpfung führt.

Eine besondere Herausforderung ist das elektrische und mechanische Konzept des Koppelhohlleiters, über den die Signale berührungslos in die Sitzschiene sowohl ein- als auch ausgekoppelt werden. Angestrebt wurde ein Koppelmechanismus, der einerseits mechanisch robust ist und über den andererseits möglichst geringe HF-Leistung nach außen in die Flugzeugkabine abgestrahlt wird, und das bei einer im gesamten Frequenzbereich möglichst konstanten Signalkoppeldämpfung. Nach umfangreichen Berechnungen und Feldsimulationen u. a. mit CST Microwave Studio konnte ein Koppelhohlleiter realisiert werden, der alle oben genannten Anforderungen erfüllt, siehe Abbildung 2.2-3.

Die Struktur der Transceiver-Einheiten in Abbildung 2.2-2 ist in Abbildung 2.2-4 dargestellt. Die vom Server bzw. Nutzer bereitgestellten Ethernet-Daten werden zunächst in einer Ethernet-Bridge in Transport-Streams (TS), wie sie bei DVB-T verwendet werden, umkonfiguriert.

Nach Fehlerschutzkodierung werden die Daten dieser Transportstreams im Sendezweig (rechts) mit der bereits im Demonstrator der 2. Generation eingesetzten Mehrträgermodulation OFDM auf eine Mittenfrequenz von zunächst 1,3 GHz moduliert. Anschließend werden die Signale in das eigentliche nutzerspezifische Sendefrequenzband hochgemischt und über einen Zirkulator in den Koppelhohlleiter mit einer Leistung von ca. 1mW abgestrahlt.

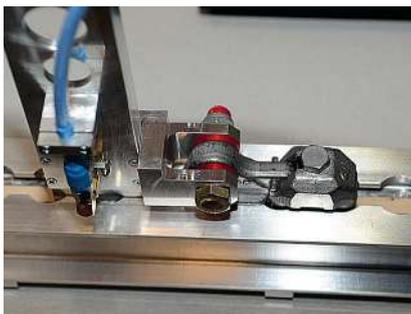


Abb. 2.2-3: Koppelhohlleiter

Im Empfängerzweig (links) wird das empfangene Signal entsprechend invers verarbeitet [1]. Die Grenzeempfindlichkeit des Empfängers beträgt dabei ca. -75dBm.

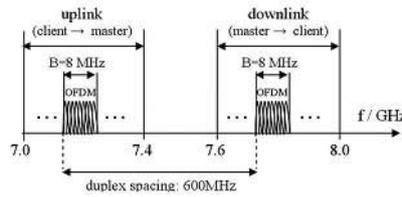


Abb. 2.2-5: Frequenzplan

Der genaue Frequenzplan ist in Abbildung 2.2-5 dargestellt. Für den Up- und Downlink werden jeweils Frequenzbänder der Bandbreite 400MHz im Frequenzbereich zwischen 7GHz - 8GHz genutzt. Innerhalb dieser beiden Frequenzbänder belegt jeder Nutzer exklusiv ein Frequenzband der Bandbreite 8 MHz, so dass insgesamt 50 voll duplex Übertragungskanäle zur Verfügung stehen. Aufgrund der sehr großen nutzbaren Bandbreite in einem Hohlleiter könnte diese gesamte Übertragungskapazität jedoch noch problemlos erweitert werden.

Innerhalb eines nutzer-spezifischen Frequenzbands der Bandbreite 8 MHz werden OFDM-modulierte Signale mit folgenden Parametern übertragen.

Anzahl OFDM Unterträger	N=1704
Anzahl Datenträger	$N_D=1512$
Unterträgerabstand	$\Delta f=4,462\text{kHz}$
OFDM Symboldauer	$T_{\text{OFDM}}=0,224\text{ms}$
OFDM Symbolalphabet	QPSK, 16QAM, 64QAM
Schutzintervall	$T_G/T_{\text{OFDM}}=1/32$

Mit diesen Einstellparametern lässt sich eine maximale Datenrate pro Nutzer von  $R=31,67 \text{ Mbit/s}$  erreichen, was selbst für die Übertragung eines TV-Kanals in HD-Qualität ausreichend ist.

### Vergleich mit konkurrierenden Technologien

Im Vergleich zu leitungsgebundenen Übertragungsverfahren (z. B. basierend auf Glasfasern) bietet das innovative, patentrechtlich gesicherte Systemkonzept der „Sprechenden Sitzschiene“ aufgrund der berührungslosen Übertragung ohne Steckverbindungen den Fluggesellschaften eine größtmögliche Flexibilität

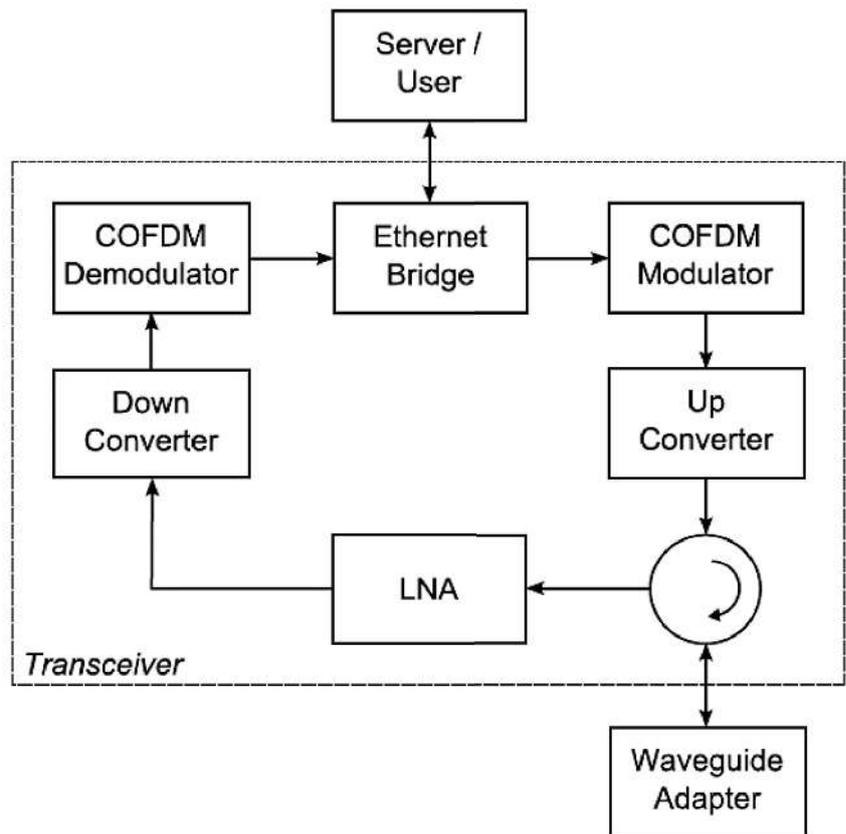


Abb. 2.2-4: Struktur der Transceiver-Einheiten

bei der Anordnung der Passagiersitze entlang der Sitzschiene [3], [4].

Im Vergleich zu alternativen Funktechnologien basierend auf z. B. WLAN wird bei der „Sprechenden Sitzschiene“ aufgrund der äußerst geringen Dämpfung des Hohlleiter-Mediums in der Sitzschiene eine mehr als hundertfach geringere Sendeleistung benötigt, was wiederum zu einer drastisch reduzierten Störstrahlung in die Flugzeugkabine führt. Darüber hinaus ist das System äußerst robust gegenüber mechanischen Toleranzen in der Fertigung, im Aufbau und im Betrieb. Die wesentlichen Vor- und Nachteile verschiedener im Rahmen von IFE-Systemen eingesetzter Technologien sind in Tabelle 1 qualitativ aufgelistet. Die Angaben in dieser Tabelle verdeutlichen, dass die „Sprechende Sitzschiene“ die Vorteile konkurrierender Technologien vereint, deren Nachteile aber vermeidet.

**Auszeichnung**

Das Projekt „Sprechende Sitzschiene“ wurde als Finalist für den Crystal Cabin Award 2011 nominiert. Der Crystal Cabin Award der Freien und Hansestadt Hamburg gilt als der weltweit bedeutendste internationale Innovationspreis für herausragende Produkte und Konzepte im Bereich der Flugzeugkabine.



Bei der finalen Entscheidung, bei der das Projektteam die „Sprechende Sitzschiene“ im Rahmen der Leitmesse Aircraft Interiors Expo 2011 in Hamburg einer internationalen Jury vorgestellt hat, siehe Abbildung 2.2-6, hat es zwar „nur“ für den zweiten Preis gereicht, aber bereits die Nominierung für den Crystal Cabin Award gilt in Fachkreisen als hohe Auszeichnung und darf als Anerkennung der innovativen Projektidee und

	Kabel (LWL etc.)	Wireless (WLAN etc.)	Sprechende Sitzschiene
Flexibilität bei der Anordnung der Sitze	-	+	+
Hohe Datenrate / Nutzer	+	-	+
Mechanische Robustheit	-	+	+
EMC	+	-	+
Einfache Installation	-	-	+

**Tabelle 1:** Vergleich konkurrierender Technologien



**Abb. 2.2-6:** Die „Sprechende Sitzschiene“ am Messestand der Leitmesse Aircraft Interiors Expo 2011 in Hamburg

der bisher erzielten Projektergebnisse an der Hochschule Offenburg verstanden werden.

**Dank**

Die Autoren danken dem Auftraggeber für dieses erfolgreiche Forschungsprojekt der Firma PFW Aerospace AG, Speyer für die stets konstruktive Zusammenarbeit. Weiterhin gilt der Dank der Firma HBH Microwave GmbH, Stutensee, für die gute Zusammenarbeit bei der Realisierung der Sende- und Empfangseinheiten.

**Referenzen**

[1] Schüssele L., Felhauer T., Christ A., Klausmann T.: Die „Sprechende Sitzschiene“ für In-flight Entertainment Systeme in Passagierflugzeugen, *Horizonte 37* (ISSN: 1432-9174), S.10 – 14, März 2011

[2] Schüssele L., Felhauer T., Christ A., Klausmann T., Kaufmann A.: A Novel Broadband Communication System for Aircraft In-flight Entertainment Applications, 2011 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, Erlangen, Juni 2011

[3] Kaufmann A., Christ A., Felhauer T., Schüssele L., Klausmann T., Weber C.: Seat rails for Aircrafts. Patentanmeldung beim European Patent Office, München (Patent-No. 10014472.4-2422), 10.11.2010

[4] Kaufmann A., Christ A., Felhauer T., Schüssele L., Klausmann T., Weber C.: Seat Rail Coupling. Patentanmeldung beim European Patent Office, München (Application-No. 13/027,049), 14.02.2011

# Einblicke in die Aktivitäten des IUAS 2011

**Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder**

Fakultät Elektrotechnik  
und Informationstechnik (E+I)

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel. 0781 205-271  
E-Mail: w.schroeder@hs-offenburg.de

**1954:** Geboren in Osnabrück  
**1979:** Studium der Physik an der Universität Bielefeld mit Abschlussdiplom  
**1982:** Promotion über inelastische Streuprozesse  
**1983–1988:** Aufbau und Leitung der Faserkreiselentwicklung bei der Firma Litef Freiburg  
**Seit 1988:** Professur an der Hochschule Offenburg über Physik, Impulstechnik, Leitung des IAF-Schwerpunkts Physikalische Sensorik. Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und Society of Photoinstrumentation Engineers, Leitung des Steinbeis-Transferzentrums Physikalische Sensorik  
**Seit 1990:** Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg  
**1996:** Ausgründung einer Firma mit 12 Mitarbeitern  
**Forschungsgebiete:** Laserkreiseltechnik, Photonik, Optische Spektrometrie und ihre Anwendungen in der Navigation



## 2.3 Einblicke in die Aktivitäten des IUAS 2011

Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder  
Michael Lange, B.Eng.  
Julien Schultz, M.Eng.  
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Staiger  
Dipl.-Ing. (FH) Raimund Lehmann  
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Samantha Côté

### Abstrakt

Eine Gruppe von Studierenden, wissenschaftlichen Mitarbeitern und Professoren der Hochschule Offenburg entwickeln seit einigen Jahren autonome Helikopter. Erfahrungen durch praktische Tests und Einsätze ermöglichen eine stetige Optimierung dieser Fluggeräte, sodass sich wiederum viele unterschiedliche Aufgabengebiete für den Einsatz der autonomen Helikopter ergeben. In diesem Beitrag werden die bereits erfolgten praktischen Einsätze erläutert.

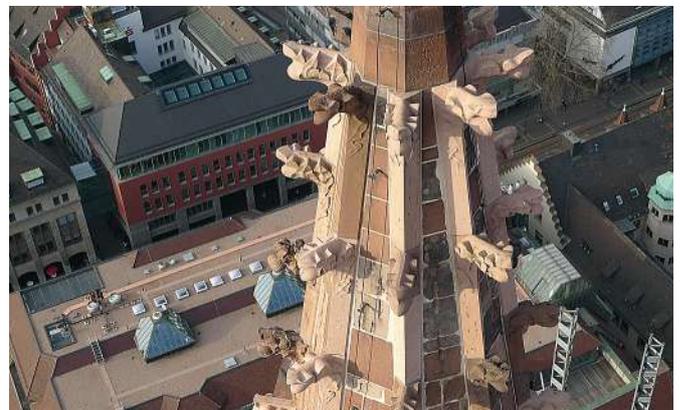
### Einleitung

Seit einigen Jahren arbeitet ein Team von Studenten, wissenschaftlichen Mitarbeitern und Professoren an der Hochschule Offenburg an der Entwicklung und Optimierung einer Avionik und einer autonomen Flugregelung für kleine Helikopter. Die Einsatzmöglichkeiten dieser autonomen Helikopter sind vielfältig, etwa für Luftaufnahmen an Gebäuden oder an Stromleitungen. In Abhängigkeit der Einsatzanforderung stehen unterschiedliche Helikoptermodelle zur Verfügung. Diese sind entweder elektrisch oder benzinbetrieben. In den folgenden Abschnitten sind einige der Flugeinsätze und die technische Weiterentwicklung

**Abb. 2.3-1:** Start- und Landeplatz



**Abb. 2.3-2:** Flugaufnahme des Freiburger Münsters

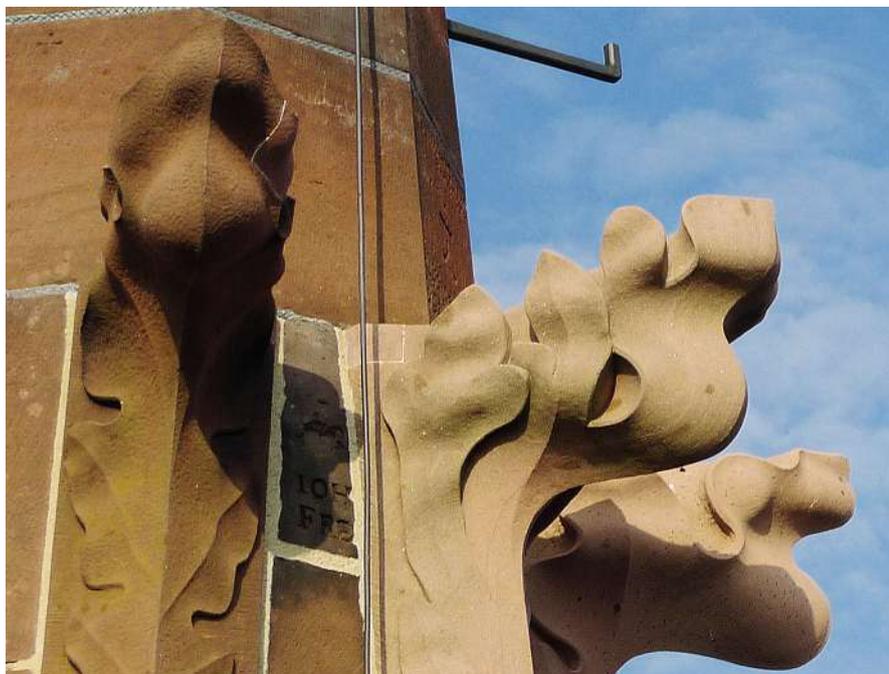


der Helikopter für das Jahr 2011 beschrieben.

### Befliegen des Freiburger Münsters

Bei einem früheren Flugversuch hatte sich gezeigt, dass die GPS-Empfangsverhältnisse in niedrigen Flughöhen zwischen dem Münster und den Häusern rund um den Marktplatz außerordentlich schlecht sind, weshalb dieser Versuch aus Sicherheitsgründen damals abgebrochen wurde. Infolgedessen wurde die Inertial-Navigation in Hinblick auf häufige und lange GPS-Ausfälle unter-

sucht und weiter optimiert. Um die Navigationsfunktion unter solchen Verhältnissen sicherzustellen, wurde eine Reihe von Testflügen auf unserem Flugfeld in der Nähe der Hochschule durchgeführt. Mit dem optimierten System war es nun möglich, das Freiburger Münster abzufliegen, um Aufnahmen von der Westfront zu machen. Abbildung 2.3-1 zeigt den Start- und Landeplatz in 75 m Höhe. Die Abbildungen 2.3-2 und 2.3-3 demonstrieren, die hohe Qualität der Aufnahmen, die während des Flugs gemacht werden können.



**Abb. 2.3-3:** Detailaufnahme des Freiburger Münsters



**Abb. 2.3-4:** Serienreifer Benzinhelikopter  
(Foto Michael Bode)

### Flugversuche Stetten am kalten Markt

Für ein gutes Videosignal mit hohen Datenraten und Reichweite wurden mehrere 150-Mbits/s-WLAN-Module mit 5,8 Gigahertz Betriebsfrequenz getestet und flugtauglich gemacht. Außerdem wurde auch eine automatische zweiachsige Antennennachführung für mehrere Parabol- und Patchantennen entwickelt. Die Antennennachführung kann sowohl auf ein Autodach montiert als auch auf dem Boden stehend betrieben werden.

Daneben wurden auch Versuche durchgeführt, bei denen der Helikopter nur nach Videobild sehr dicht an Objekte herangeführt wurde. Diese Versuche wurden anschließend auch noch mit zwei Helikoptern durchgeführt. Hierbei hatte ein Helikopter die Aufgabe, die Funkverbindung aufrechtzuerhalten (Relais-Helikopter), während der zweite Helikopter knapp über der Grasnarbe Objekte inspizierte (Reconnaissance-Helikopter).

### Technische Weiterentwicklungen

Neben der Optimierung der Navigation bei schlechten GPS-Verhältnissen arbeitete das Team auch an der Entwicklung in anderen Bereichen weiter. Die Nutzlast des Elektrohelikopters wurde erhöht, so

dass inzwischen Flüge mit maximal 8,5 Kilogramm Gesamtabflugmasse möglich sind (nicht bei Einsatzflügen). Der benzinbetriebene Helikopter mit 7,5 Kilogramm Leermasse wurde mit der eigenentwickelten Avionik ausgestattet und die Flugregelung optimiert, sodass er nun serienreif ist und eine Nutzlast von 5 Kilogramm aufnehmen kann. Abbildung 2.3-4 zeigt den Benzinhelikopter.

Es wurden außerdem einige vielversprechende Versuche zu einem differenziellen Trägerphasen-GPS, das selbst entwickelt wurde, gemacht. Dabei wurde das System mit dem Elektrohelikopter und dem Benzinhelikopter in der Luft getestet. Das Ziel ist hierbei eine Navigation im Genauigkeitsbereich von einigen Zentimetern im Flug zu erreichen. Dies wird wohl ein wesentlicher Schwerpunkt zukünftiger Entwicklungsarbeiten sein. Des Weiteren steht seit 2011 ein kleiner ADS-B-Transponder zur Verfügung. Durch diesen wird der Helikopter im Luftraum sichtbar (Position wird permanent an die Umgebung gesendet). Weiterhin ist eine dreiachsig kreiselstabilisierte Kamerahalterung in Arbeit, mit der auch bei großem Zoom Bilder und Filme stabilisiert aufgenommen werden können.

### Machen Sie Ihren Weg mit uns!

Als erfolgreiche und weltweit agierende mittelständische Unternehmensgruppe mit über 500 Mitarbeitern in mehreren internationalen Werken, gehören wir zu den Technologieführern im Bereich elektrische Heiztechnik. Wir sind spezialisiert auf Entwicklung, Produktion und Vertrieb von innovativen Heizsystemen und Komponenten für die Hausgeräteindustrie und die Automobilindustrie.

In unserer Zentrale in Hatzenbühl zwischen Karlsruhe und Landau/Pfalz decken wir mit etwa 300 Mitarbeitern das gesamte Produktionsspektrum ab. Hier sind auch unsere Entwicklung, unser Vertrieb sowie die Service-Funktionen (Finanzen/Controlling, Einkauf, Qualitätswesen, Personal, IT) angesiedelt.

Unsere Hierarchien sind flach, die Entscheidungswege kurz. Wenn Sie Freiräume für Ihre Ideen suchen, bei uns werden Sie fündig. Und wenn Sie sich persönlich entwickeln wollen: Sprechen Sie mit uns über Ihre Möglichkeiten.

Für unsere Zentrale suchen wir regelmäßig

### High Potentials (m/w)

#### Ihre Aufgaben

könnten je nach Eignung, Neigung und Bedarf in verschiedenen Bereichen liegen, z.B.

- Projektmanagement/Entwicklung,
- Konstruktion,
- Labor
- Industrial Engineering
- Einkauf/Logistik
- Vertrieb

Besonders interessant sind für uns die Studiengänge **Elektrotechnik, Maschinenbau, Verfahrenstechnik** und **Mechatronik**.

Wir bieten auch Praktika und Diplomarbeiten an.

#### Haben Sie noch Fragen?

Unser Personalleiter, Herr Neuhaus (Tel.: 07275/702-105) steht Ihnen gern zur Verfügung. Weitere Informationen finden Sie unter [www.eichenauer.de](http://www.eichenauer.de)

Ihre Bewerbungsunterlagen senden Sie bitte unter Angabe von Verfügbarkeit und Ihrer Gehaltsvorstellung an  
Eichenauer Heizelemente GmbH & Co.KG, Industriestr. 1, 76770 Hatzenbühl  
oder an [info@eichenauer.de](mailto:info@eichenauer.de)



Beratung



Forschung & Entwicklung



Aus- und Weiterbildung



Analysen & Expertisen

### Steinbeis – Transferpartner der Hochschule Offenburg

Steinbeis ist weltweit im konkreten, umsetzungsorientierten Wissens- und Technologietransfer aktiv. Zum Steinbeis-Verbund gehören rund 850 Steinbeis-Unternehmen, die ihren Sitz überwiegend an Forschungseinrichtungen, Universitäten und Hochschulen als originäre Wissensquellen für Steinbeis haben.

Steinbeis-Zentren an der Hochschule Offenburg bieten insbesondere auch kleinen und mittelständischen Unternehmen maßgeschneiderte und innovative Problemlösungen an. Professoren, Studenten und Mitarbeiter der Hochschule nutzen mit Steinbeis ihr innovatives Potenzial in der angewandten Forschung für die Wirtschaft. Davon profitieren Hochschule und Wirtschaft gleichermaßen: die Praxisnähe sichert die Aktualität der Lehre und Ausbildung, der wissenschaftliche Fortschritt der Hochschule wiederum fördert direkt den Marktvorsprung der Unternehmen.

### Ideen aus Kunststoff - Engagement für die Region.



# JACO

Ideen aus Kunststoff

Dr. Jaeniche GmbH & Co. KG  
Bodersweierer Str. 30  
77694 Kehl-Leutesheim  
Fon (0049) 07853-88-0  
[www.jaco.de](http://www.jaco.de)



[www.stw.de](http://www.stw.de)

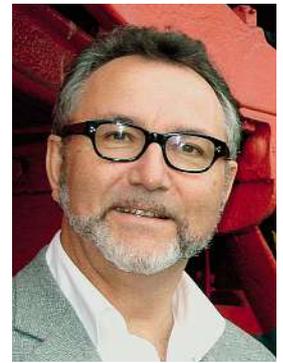
# Erste Ergebnisse des Monitorings der solaren Kühlung in Rottweil

**Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin**

Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik (M+V),  
Leiter der Forschungsgruppe net – Nachhaltige Energietechnik an der Hochschule Offenburg

Badstraße 24, 77652 Offenburg  
Tel.: 0781 205-126  
E-Mail: bollin@hs-offenburg.de

**1954:** Geboren in Lörrach  
Studium Maschinenbau an der Technischen Hochschule Karlsruhe  
**1981:** Abschlussdiplom  
**1982–92:** Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme Freiburg  
**Seit 1993:** Professur an der Hochschule Offenburg  
**Seit 2000:** Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg



**Lehrgebiete:** Solartechnik, Regelungstechnik, Gebäudeautomation  
**Forschungsgebiete:** Solarthermische Großanlagen, Photovoltaische Inselversorgung, Energiemanagement in Gebäuden

## 3.1 Erste Ergebnisse des Monitorings der solaren Kühlung in Rottweil

Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin  
Dipl.-Ing. (FH) Klaus Huber

### Abstract

In April 2011 the Deutsche Telekom at Rottweil decided to use a solar thermal system for building air conditioning. The solar thermal system is one of three heat source, which feeds into the existing heating network. The collector array with a gross collector surface of 503 m<sup>2</sup> (Abbildung 3.1-1) was installed on the flat roof of a workshop building, whereby the solar buffer storage was set up besides this building outdoor. The project aims to save a part of the fossil fuel, necessary for the air conditioning and space heating and hence to reduce CO<sub>2</sub>-emissions and operating costs. The cooling energy is used to condition office space, call centers and server rooms.

### Einleitung

Am Standort Rottweil der Deutschen Telekom wurde im April 2011 eine Solaranlage zur Unterstützung der Gebäudeklimatisierung in Betrieb genommen. Die Solaranlage ist die dritte Wärmequelle, die in das bestehende Heizungsnetz einspeist. Die schon vorhandenen Absorptionskältemaschinen wurden zuvor mit Gaskesseln und der Abwärme eines Blockheizkraftwerks (BHKW) betrieben. Das Kollektorfeld mit einer Brutto-Kollektorfläche von 503 m<sup>2</sup> (Abbildung 3.1-2) wurde auf dem Flachdach eines Werkstattgebäudes installiert, wobei der Solarspeicher neben diesem Gebäude im Freien aufgestellt wurde. Der Wärmeübertrager zwischen Kollektoren und Solarspeicher wurde zusammen mit den Pumpen und sonstigen Ar-



Abb. 3.1-1: Kollektorfeld der solaren Klimatisierungsanlage Rottweil

maturen im Keller des Gebäudes untergebracht. Durch den Einsatz der Solaranlage wird ein Teil des für die Klimatisierung und Raumheizung erforderlichen Brennstoffs eingespart, ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet und eine Verbrauchskostenreduzierung erreicht.

Mit der erzeugten Kälte werden die Technik- und Serverräume sowie ein Call-Center der Deutschen Telekom gekühlt.

Die Solarwärme wird über einen Heizungsverteiler an die Verbraucher abgegeben. An diesem sind neben den Kältemaschinen auch andere Wärmeverbraucher wie die Gebäudeheizung angeschlossen. Dadurch kann die Solarwärme wahlweise zu Heiz- oder Kühlzwecken genutzt werden. Zur Nutzungsgradsteigerung der Kollektoren soll außerhalb der Kühlphasen die Systemtemperatur abgesenkt werden. Durch die genannten Maßnahmen kann ein

deutlich höherer Ertrag als bei alleiniger Nutzung durch die Adsorptionskältemaschinen erzielt werden.

### Anlagenbeschreibung

Die installierte Solaranlage verfügt über 124 Vakuumröhrenkollektoren mit einer Gesamt-Bruttokollektorfläche von 503 m<sup>2</sup>. 62 Kollektoren haben eine Aperturfläche von 2,034 m<sup>2</sup> (S-POWER DF 20/2000 TPS insideS) und 62 eine Aperturfläche von 3,051 m<sup>2</sup> (S-POWER DF 30/3000 TPS insideS). Insgesamt ergibt sich eine Aperturfläche von 315 m<sup>2</sup>. Die Kollektoren sind auf dem Flachdach eines Werkstattgebäudes montiert. Sie sind gegenüber der Horizontalen um 20° geneigt und weichen in ihrer Ausrichtung um 54° nach Osten von der Südrichtung ab. Die relativ flache Neigung der Kollektoren wurde gewählt, um die zweite Kollektorreihe nicht durch die erste zu verschatten. Die flache Neigung macht sich auch wegen der deutlichen Abweichung von der Südrichtung posi-

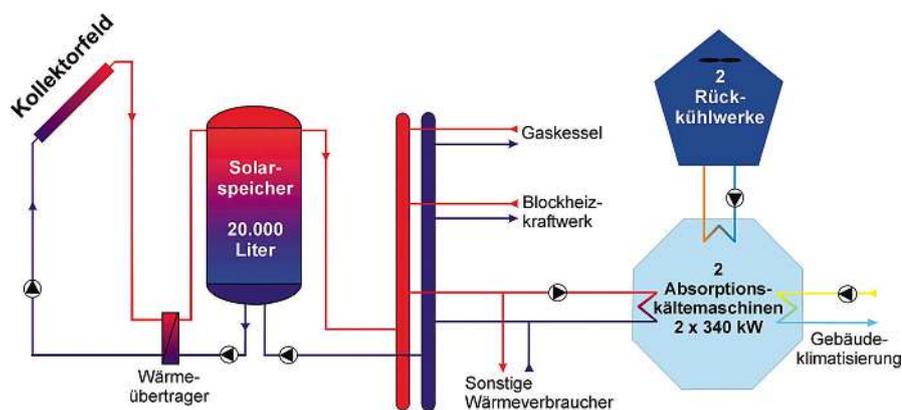


Abb. 3.1-2: Kollektorfeld der solaren Klimatisierungsanlage Rottweil

tiv bemerkbar, da dadurch auch im späteren Tagesverlauf, wenn die Sonne mit einem sehr ungünstigen Winkel zur Solaranlage steht, noch Erträge realisiert werden können. Jeweils ein DF 20/2000- und ein DF 30/3000-Kollektor sind zu einem Kollektor zusammengefasst.

Damit besteht ein Kollektor aus 50 Vakuumröhren die parallel geschaltet sind. Die dadurch entstehenden 62 Kollektoren sind alle parallel miteinander verschaltet und nach Tichelmann verrohrt. Die Kollektoren sind in zwei gleich große Teilfelder unterteilt, die hintereinander aufgestellt sind. Das durch die eingestrahlte Sonnenenergie in den Kollektoren erwärmte Glykol-Wasser-Gemisch wird durch einen Wärmeübertrager zur Erwärmung des Speicher-

ladekreises im Keller des Gebäudes gepumpt. Der Speicher hat ein Volumen von 20.000 Litern und ist im Freien neben dem Gebäude aufgestellt.

Aus den Speichern wird die solare Wärme im Sommer über einen Heizungsverteiler zu den Kältemaschinen gepumpt. Im Winter wird die Wärme über denselben Verteiler in das Heizungsnetz des Gebäudes eingespeist. Die beiden einstufigen Absorptions-Kältemaschinen vom Typ York International/Mitsubishi Typ ES-IA 2 MW werden mit Stoffpaar Wasser-Lithiumbromid betrieben und weisen jeweils 340 kW Kälteleistung im Nennbetrieb (Heiztemperatur 99 °C, Rückkühltemperatur 27 °C) auf. Die Kältemaschinen wurden bereits vor Inbetriebnahme der Solaranlage mit der Ab-

wärme eines Blockheizkraftwerks (BHKW) und Wärme von zwei Gaskesseln betrieben. Mit der erzeugten Kälte werden Büroräume, Call-Center und Serverräume auf dem Betriebsgelände gekühlt. Seit Inbetriebnahme der Solaranlage liefern die Kollektoren als dritte Wärmequelle einen Teil der Antriebswärme für die Absorptionskälteanlage. Hierdurch wird der Primärenergie-Einsatz reduziert und die Energiekosten gesenkt.

Eine Besonderheit dieses Systems ist der Notkühler, der in den Kollektorkreis integriert ist. Bei drohender Stagnation wegen zu geringer Wärmeabnahme wird die Solarwärme über den Notkühler abgeführt und damit eine hohe thermische Belastung des Kollektorfluids weitgehend vermieden.

Eine weitere Besonderheit der Anlage ist der thermische Frostschutz. Bei Frostgefahr pumpt die Anlage zeitweise warmes Wasser aus dem Pufferspeicher durch die Rohrleitungen im Freien, um diese vor dem Einfrieren zu bewahren. Die Leitungen im Kollektorkreis sind hiervon allerdings explizit ausgenommen, da dort der Frostschutz chemisch durch ein Glykol-Wasser-Gemisch garantiert wird.

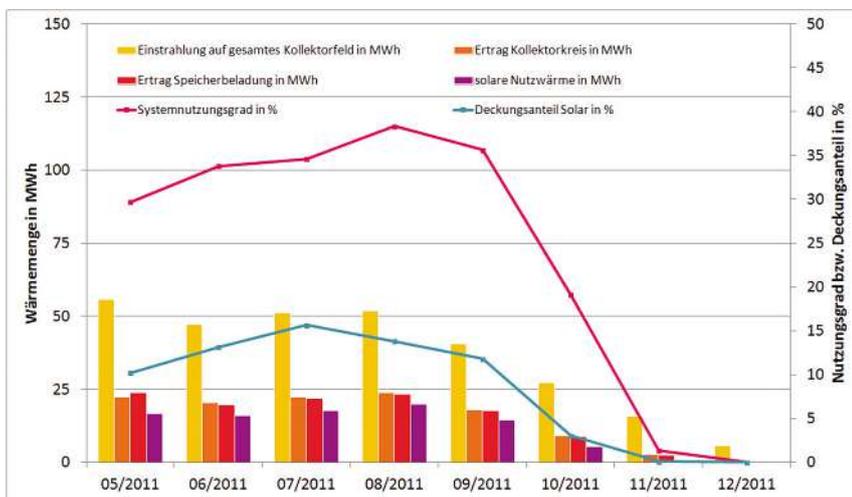
Für diese Solaranlage liegen Messdaten seit Juni 2011 vor, die in Tabelle 2 und Abbildung 3.1-3 als Monatswerte zusammengefasst dargestellt sind. Es konnten im Maximum im August bis zu 23 MWh (74 kWh/m<sup>2</sup> Aperturfläche) an solarer Wärme in die Speicher eingespeist werden was einem Nutzungsgrad von 38 % entspricht. Das bedeutet 38 % der solaren Strahlungsmenge konnten im August als Wärme dem Speicher zugeführt werden. Von der eingespeisten Wärme konnten wiederum 20 MWh (63 kWh/m<sup>2</sup>) dem Speicher entnommen und ins Heizungsnetz eingespeist werden. Die Differenz ging als Wärmeverluste an die Umgebung verloren. Speziell im November und Dezember sind diese Wärmeverluste besonders auffällig, da in diesen Monaten naturrelevant nur wenig Wärme in die Speicher eingespeist werden konnte, sind die Verluste auf bis zu 100 % angestiegen. Ein weiterer Faktor ist, dass auch Wärme für die Frostschutzfunktion zur Vermeidung des Einfrierens der Verbindungsrohre benötigt wurde, die ebenfalls den Speichern entnommen wurde. Nur in Extremfällen,

Solaranlage:	
Kollektorbauart	Vakuumröhrenkollektor
Kollektortyp	(S-POWER DF x0/x000 TPS insideS)
Fläche brutto / Apertur	503 m <sup>2</sup> / 315 m <sup>2</sup>
Ausricht. und Neig.	-54° / 20°
Speicher	20.000 l
Wärmeübertrager	Ein Plattenwärmeübertrager
Wärmenutzung	Kälteerzeugung, Heizung, WW-Bereitung
Zusatzheizung	1 x BHKW (315 kW <sub>therm</sub> ), 2 x Gaskessel (je 1 MW)
Kältemaschinen:	
Bauart	Absorptionskältemaschinen
Hersteller	York International/Mitsubishi Typ
Typ	ES-IA 2 MW mit je 340 kW
Leistung	2 x 340 kW

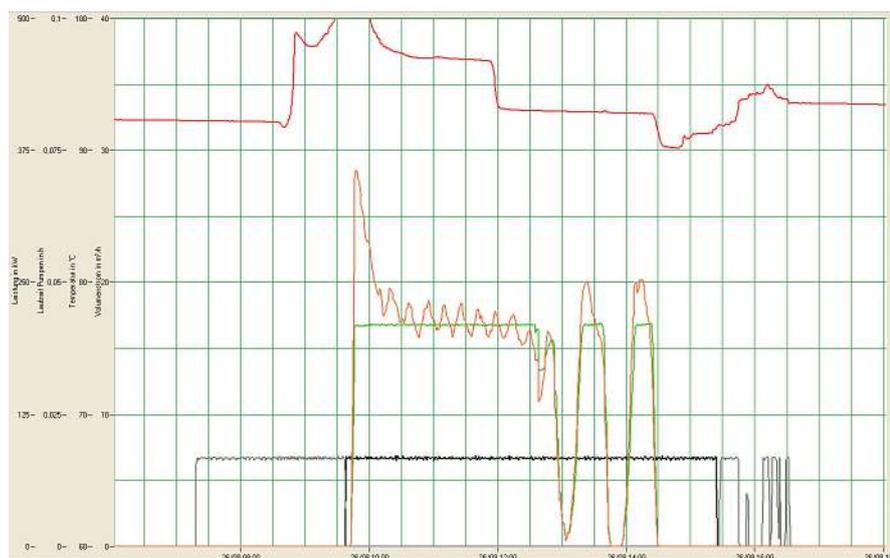
Tabelle 1: Kenndaten der solaren Klimatisierungsanlage Rottweil

	06/2011	07/2011	08/2011	09/2011	10/2011	11/2011	12/2011
<b>Einstrahlung auf gesamtes Kollektorfeld in MWh</b>	47	51	52	41	27	16	5,5
<b>Ertrag Speicherbeladung in MWh</b>	20	22	23	18	8,7	2,5	0,29
<b>Kollektornutzungsgrad in %</b>	42	43	45	43	32	16	5,3
<b>solare Nutzwärme in MWh</b>	16	18	20	14	5	0,21	0
<b>spezifische solare Nutzwärme in kWh/m<sup>2</sup></b>	50	56	63	46	17	0,7	0,0
<b>Systemnutzungsgrad in %</b>	34	35	38	36	19	1,35	0
<b>Arbeitszahl Solarsystem</b>	47	54	57	52	29	1,76	0
<b>Deckungsanteil Solar in %</b>	13	16	14	12	3	0,09	0
<b>Wärmeverbrauch Absorptionskältemaschinen in MWh</b>	40	35	78	37	6	0	0
<b>Kälte von Absorptionskältemaschinen in MWh</b>	22	19	45	20	3	0	0
<b>COP</b>	0,55	0,55	0,57	0,55	0,53	–	–

**Tabelle 2:** Erste Messergebnisse des zweiten Halbjahrs 2011 der solaren Klimatisierungsanlage Rottweil



**Abb. 3.1-3:** Wichtigste Messergebnisse des zweiten Halbjahrs 2011 der solaren Klimatisierungsanlage Rottweil



**Abb. 3.1-4:** Darstellung der Betriebszeiten der Speicherentladepumpen HP3/1 (groß) und HP3/2 (klein), des Speicherentladevolumenstroms VSV, der wie die Speicherentladeleistung (PSV) nur dann erfasst wird, wenn der Bypass zum Heizungssystem geöffnet ist. Es zeigt sich, dass die Pumpen morgens und abends jeweils ca. zwei Stunden ohne Wärmeabgabe die Rohrleitungen warm halten

wenn die Speichertemperatur zu niedrig ist, wird Wärme aus dem Heizungsnetz benötigt, um die Frostfreiheit zu gewährleisten. Im Juli konnte ein maximaler solarer Deckungsanteil am Gesamtwärmeverbrauch von 16 % erreicht werden. Dieser relativ geringe Deckungsanteil ist darauf zurückzuführen, dass das Kollektorfeld aus Platzgründen nicht größer ausgelegt werden konnte.

Die in Tabelle 2 aufgeführte Arbeitszahl gibt das Verhältnis aus erzieltm solarem Ertrag zu Stromverbrauch des Solarsystems (für Pumpenbetrieb und Regler) wieder. Hier wurde im August ein maximaler Wert von 57 erreicht.

Bei den Kältemaschinen wurde in allen Betriebsmonaten eine für einstufige Absorptionskältemaschinen im unteren typischen Bereich liegender thermischer Coefficient of Performance ( $COP_{th}$ ), entsprechend dem Quotient aus Nutzkälte und Antriebswärme, zwischen 0,53 und 0,57 ermittelt. Die Maschinen wurden im Heizkreis häufig mit Temperaturen unter 80 °C angetrieben und takten häufig. Beides wirkt sich negativ auf den  $COP_{th}$  aus.

Die Kältemaschinen hatten im August mit 78 MWh den größten Wärmebedarf im Messzeitraum und erzeugten in diesem Zeitraum 45 MWh Kälte, was einem COP von 0,57 entspricht. Dementsprechend konnten pro kWh Wärme 0,57 kWh Kälte erzeugt werden. Weitere Messergebnisse entnehmen Sie bitte Tabelle 2 und Abbildung 3.1-3.

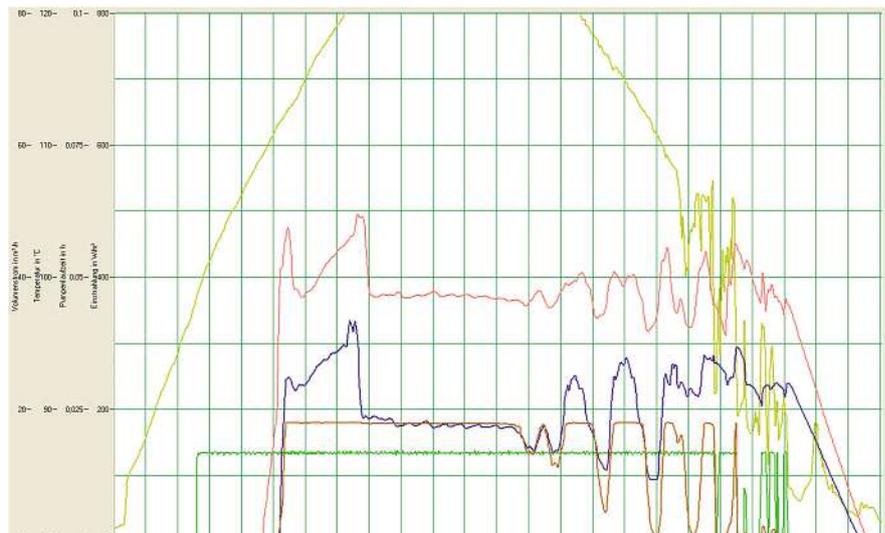
#### Detailanalyse der Messdaten

Bei der Untersuchung der Messdaten

zeigten sich relativ hohe Wärmeverluste im Solarspeicher und der an ihm angeschlossenen Verrohrung. Die Rohrleitung zwischen Speicher und der Schnittstelle zum Heizungsnetz mussten über eine längere Strecke (einfache Strecke ca. 50 m) im Freien verlegt werden. Dementsprechend liegt es nahe, dass ein großer Teil der Wärmeverluste trotz guter Wärmedämmung an diesen Rohren entsteht. Die Zirkulation in diesem Kreislauf wird durch zwei unterschiedlich große Pumpen gewährleistet. Die kleinere Pumpe geht immer parallel zur Kollektorkreispumpe in Betrieb, um die lange Rohrleitung über einen Bypass bis zur Einspeisestelle warm zu halten. Dadurch ist diese Pumpe deutlich länger in Betrieb, als Wärme ins Heizungsnetz eingespeist wird (Abbildung 3.1-4). Die Pumpe geht damit unabhängig von Speichertemperatur und Wärmebedarf ab einer Einstrahlung von  $350 \text{ W/m}^2$  in Betrieb.

Zur Reduzierung der Speicherverluste wurde die Regelung geändert, sodass die kleine Pumpe nicht mehr in Abhängigkeit von der Einstrahlung geregelt wird. Zukünftig soll die Speichertemperatur und der Wärmebedarf im Heizungsnetz als Regelkriterien für den Betrieb der beiden Pumpen dienen. Bei Erreichen einer Mindesttemperatur von  $95^\circ\text{C}$  im Speicher oben und Mitte soll die Pumpe in Betrieb gehen. Der Bypass soll erst nach einer festgelegten Zeitspanne den Weg zum Heizungsnetz freigeben. Die Zeitspanne ist so zu bemessen, dass nach Ablauf heißes Wasser am Bypassventil angekommen ist und das Einströmen kalten Wassers in das Heizungssystem weitgehend vermieden wird. Durch diese Regeländerung werden die Rohre nicht mehr so lange mit heißem Wasser warm gehalten, sodass eine Reduzierung der Wärmeverluste erwartet wird. Außerdem wird eine Reduzierung des Stromverbrauchs und damit eine Erhöhung der Arbeitszahl erwartet.

Neben den beschriebenen Verlusten aufgrund der ungünstigen Regelstrategie fallen außerdem noch Verluste für die Frostschutzschaltung an, mit deren Hilfe die im freien befindlichen, mit Wasser gefüllten Rohre eisfrei gehalten werden. Bei weniger als  $5^\circ\text{C}$  Außentemperatur



**Abb. 3.1-5:** Darstellung der Betriebszeiten der Kollektorkreisumpen HP1/1 und HP1/2, des Kollektorvolumenstroms VKT, der nur dann erfasst wird, wenn der Bypass zum Wärmeübertrager geöffnet ist. Es zeigt sich, dass die Pumpen vor allem morgens ca. 1 ¼ Stunden ohne Wärmeabgabe betrieben werden

wird in regelmäßigen Abständen die Pumpe für eine halbe Stunde gestartet, um bereits abgekühltes Wasser in den Rohren durch wärmeres Wasser aus dem Speicher zu ersetzen.

Hier wäre sicher sinnvoll, die Temperaturen im/am Rohr an kritischen Stellen zu überwachen, um dadurch die Pumpe seltener und kürzer in Betrieb nehmen zu müssen und ein unnötiges Beheizen der Rohre zu vermeiden.

Im Kollektorkreislauf zeigt sich ein ähnliches Verhalten wie auf der Entladeseite, da dessen Pumpe ebenfalls ab  $350 \text{ W/m}^2$  solarer Einstrahlung eingeschaltet wird. Dadurch kommt es ebenfalls zu Betriebsphasen, in denen die Pumpe zwar in Betrieb ist, aber das Wasser-Glykol-Gemisch im Bypass am Wärmetauscher vorbeigeführt wird, da das Kollektorfluid nicht wärmer als das Wasser im Speicher ist. Vor allem morgens ist dieses Verhalten zu beobachten. (Abbildung 3.1-5).

Durch eine schrittweise Anhebung des Sollwerts der solaren Einstrahlung von  $350 \text{ W/m}^2$  um jeweils  $50 \text{ W/m}^2$  soll der ideale Schalterpunkt für den Start der Kollektorpumpe ermittelt werden. Die schrittweise Anhebung ist hier zwingend notwendig, da es sonst zur Stagnation wegen Überhitzung in den Vakuumröhren kommen kann. Stagnation ist unbe-

dingt zu vermeiden, da dadurch das Kollektorfluid und die Kollektoren geschädigt werden können.

Die oben erwähnte Notkühlung war bisher noch nicht in Betrieb, da die anfallende Wärme des Solarsystems jederzeit in das Heizungssystem eingespeist werden konnte und auch keine Störungen vorlagen, die deren Betrieb notwendig gemacht hätte. Hier ist geplant, an einem sonnenreichen Tag im Frühjahr die Speicherentladung zu unterbinden und damit den Notkühlerbetrieb zu provozieren, um die Funktion zu überprüfen und das Betriebsverhalten beobachten zu können.

#### Zusammenfassung und Ausblick

Die Solaranlage Rottweil bringt bisher angesichts des hohen Temperaturniveaus der Anlage von  $80^\circ\text{C} - 95^\circ\text{C}$  gute Erträge und läuft weitgehend störungsfrei. Im November und Dezember wurden bisher kaum solare Erträge erzielt, was einerseits auf die hohen Speicherverluste, andererseits auf das hohe Temperaturniveau der Anlage zurückgeführt werden muss, das bei der geringen Einstrahlung im Winter nicht erreicht wird. Die vorgeschlagenen Optimierungsmaßnahmen sollen noch vor Beginn der sommerlichen Kühlphase durchgeführt werden, um deren Erfolg baldmöglichst überprüfen zu können.

### 3.2 Solare Prozesswärme bei Lufttrocknungsprozessen in der Pharmaindustrie

Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin  
Clemens Bruder B. Sc.

#### Solar technologies applied for air dehumidification processes in pharmaceutical industries

##### Abstract

The following report informs about a specific treatment of process air in a pharmaceutical company. The air conditioning process is done with the help of an adsorption wheel. During the STAR1 pilot project, the air conditioning system has been extended to support the drying process of the adsorption wheel by using solar heat. A special vacuum-air-collector system has been installed and analyzed during a monitoring process.

##### Einleitung

Rund ein Drittel (2.529 PJ) der in Deutschland verwendeten Endenergie wird von der Industrie genutzt. [1]

Es gibt viele Industriebereiche in denen die Prozessluftaufbereitung eine wichtige Rolle spielt. Beispielfhaft ist die Lebensmittel-, die Pharma- und die Halbleiterindustrie zu nennen. In all diesen Bereichen wird Luft mit bestimmten Konditionen benötigt, um Produkte präzise und unter Einhaltung aller Auflagen herstellen zu können. Die Luftaufbereitung ist meist mit einem großen Energieaufwand verbunden. Hierzu ist es erforderlich, Prozesswärme und/oder Prozesskälte zur Verfügung zu haben.

In Abbildung 3.2-1 ist die Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Anwendungsbereichen in der deutschen Industrie des Jahres 2008 dargestellt.

Im Jahr 2008 wurden in Deutschland rund 1.617 Petajoule (PJ) Endenergie für die Erzeugung von Prozesswärme benötigt. Dies sind rund 64 % des gesamten Endenergieverbrauchs in der Industrie.

Die Aufteilung der Energieträger zur Prozesswärmeerzeugung ist in Abbildung 3.2-2 dargestellt. Die Erzeugung der gesamten Prozesswärme erfolgte bisher nur zu 5 % (79,5 PJ) durch erneuerbare Energieträger. Der größte Anteil von rund 46 % (735,6 PJ) wurde bisher

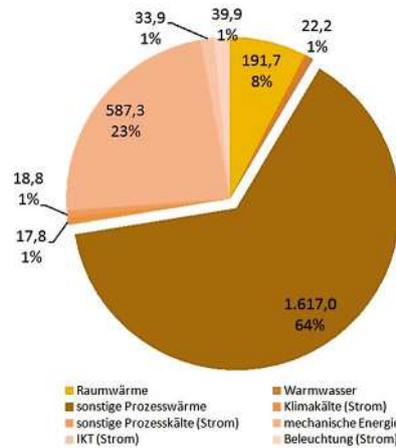


Abb. 3.2-1: Endenergieverbrauch in der deutschen Industrie (Jahr 2008). Aufteilung nach Anwendungsbereichen. Angaben in Petajoule (PJ) [1]

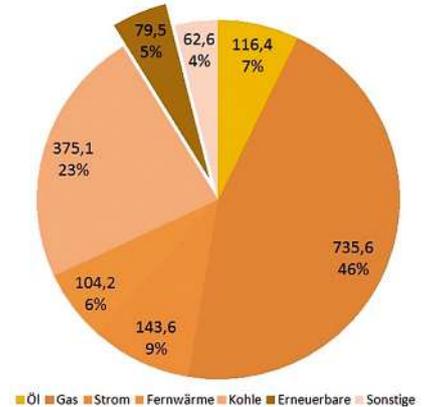


Abb. 3.2-2: Endenergieverbrauch in Deutschland (Jahr 2008) zur Erzeugung von Prozesswärme in der Industrie. Aufteilung nach Energieträgern. Angaben in Petajoule (PJ) [1]

durch den Energieträger Gas gedeckt. Um eine nachhaltige Energiewirtschaft zu betreiben, gilt es, sukzessive den erneuerbaren Anteil an Energieträgern auch bei der Erzeugung von Prozesswärme zu steigern. Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es neue Wege zu beschreiben. Meist beginnt dies mit der Erstellung von Pilotanlagen, die in einem betriebsbegleitenden Monitoringprozess analysiert und optimiert werden.

##### Prozessluftaufbereitung mit Adsorptionsrädern

Ein Adsorptionstrocknungsrad oder auch Sorptionsrad genannt, rotiert zwischen

zwei getrennten Luftkreisläufen. Dem Trocknungskreislauf (1) und dem Regenerationskreislauf (2). In Abbildung 3.2-3 ist das Prinzip des Adsorptionstrockners mit seinen Luftströmen dargestellt.

Mit Adsorptionsrädern kann die Prozessluft auf einen sehr niedrigen Wassergehalt von 1 g/kg tr. Luft entfeuchtet werden.

##### Trocknungskreislauf (Sorptions)

Die zu trocknende Prozessluft wird durch einen Ventilator in den Sorptions-trockner, bestehend aus einem Sorptionsrad, geleitet. Während des Durchströmens des Sorptionsrads gibt die

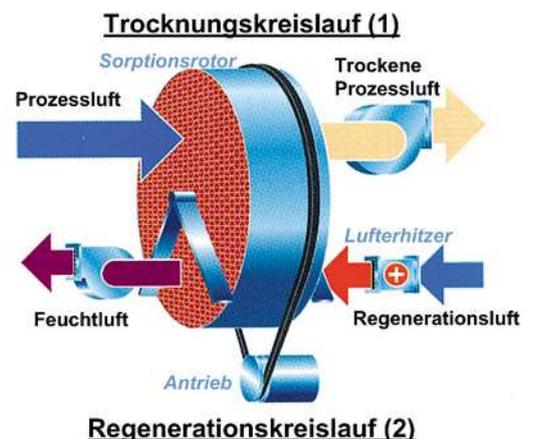


Abb. 3.2-3: Prinzip eines Sorptionstrockners. Grafik des Herstellers Munters [2]

Prozessluft ihre „Feuchtigkeit“ ab. Das Sorptionsstrocknungsrad ist mit einer wabenförmigen Struktur aufgebaut. Es besteht aus zahlreichen axial verlaufenden Kanälen, durch die die Luft (Prozessluft und Regenerationsluft) strömen kann.

Als Sorptionsmedium wird häufig Silicagel oder Zeolith eingesetzt. Es befindet sich auf der wabenähnlichen Struktur. Durch den Strukturaufbau wird eine außerordentlich große Fläche für die Anlagerung (Adsorption) von Feuchtigkeit im Rotor erzeugt.

Das Sorptionsmedium zeigt seinen Vorteil in der großen chemischen Stabilität und dem großen hygroskopischen Verhalten. So wird erreicht, dass sich Wasser am Sorptionsmedium anreichern kann und zugleich sichergestellt, dass die Anreicherung von Wasser/Wasserdampf keine Zerstörung des Rotors zur Folge hat. Dabei ist die Beladung des Sorptionsmediums mit Wasser abhängig von der Wasserdampfkonzentration der Luft und der Temperatur.

Bei der Adsorption von Wasser wird Adsorptionswärme freigesetzt. Diese setzt sich aus der Kondensationswärme und der Bindungswärme zusammen. Diese Wärmeerzeugung hat zum Nachteil, dass sich die Temperatur der zu entfeuchtenden Prozessluft erhöht. Meist wird deshalb anschließend eine Kühleinheit zum Nachkühlen der Luft benötigt.

Durch die kontinuierliche Rotation des Rads wird das mit Wasser beladene Adsorptionsmedium auf die Regenerationsseite transportiert.

### Regenerationskreislauf (Desorption)

Auf der Regenerationsseite wird heiße Luft mit einem Ventilator durch das mit Feuchtigkeit beladene Sorptionsrad geleitet. Die Temperatur der Regenerationsluft liegt je nach Anwendungsfall im Bereich zwischen 100 °C und 140 °C. Aufgrund der hohen Temperaturen findet

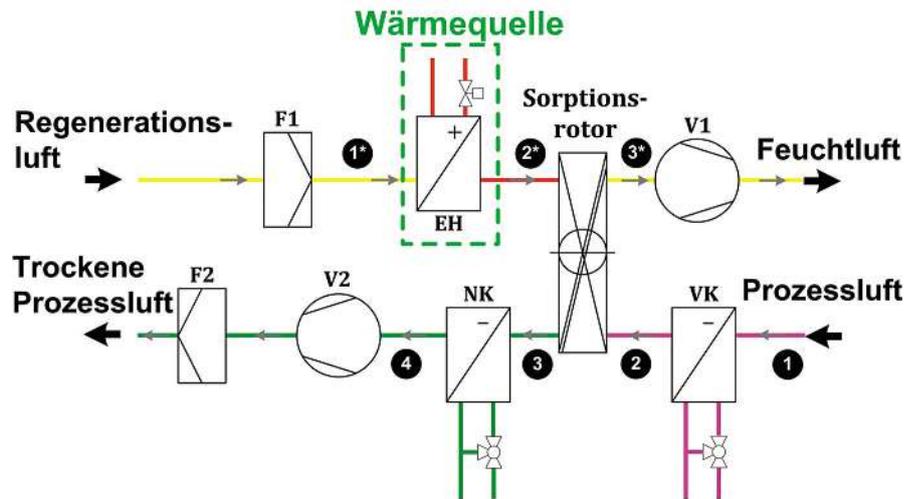


Abb. 3.2-4: Vereinfachtes Schema der Prozesslufttrocknung mit einem Adsorptionsrotor. Regenerationskreislauf oben, Trocknungskreislauf unten. Einsatz eines Dampferhitzers (EH) zur Erwärmung der Regenerationsluft

eine Verdampfung des anhaftenden Wassers statt. Mit der Regenerationsluft wird der Wasserdampf aus dem Sorptionsrad abtransportiert. Das Sorptionsmedium ist nun wieder regeneriert und kann in einem weiteren Zyklus erneut Feuchtigkeit aus der Prozessluft aufnehmen.

Die hohen Regenerationslufttemperaturen verursachen eine starke Erwärmung des Sorptionsrads. Die kontinuierliche Rotation des Rades führt zu einem Wärmetransport auf die Prozessluftseite. Diese Art der Wärme wird in der Lüftungstechnik auch oft mit „Schleppwärme“ bezeichnet. Leider hat diese ungünstige Prozesslufte Erwärmung den Nachteil, dass meist eine Nachkühlleinheit (siehe Abbildung 3.2-4) benötigt wird.

### Energiequelle für die Regenerationsluft

Für die Aufheizung der Regenerationsluft auf die hohe Regenerationstemperatur wird Wärme benötigt. In Abbildung 3.2-4 ist ein vereinfachtes Schema der Prozesslufttrocknung dargestellt. In dieser Abbildung ist die Wärmequelle zur Erhitzung der Regenerationsluft mit einer grünen Strichlinie hervorgehoben. Für die Wärmebereitstellung werden oft Elektro-

Dampf-, Heißwasser- oder Gaserhitzer eingesetzt. Die Wahl des Heizmediums hängt sehr von der Entfeuchtungsintensität und den Gegebenheiten vor Ort ab.

Bisher sind nur wenige Fälle bekannt, bei denen die Trocknungsenergie solar-gestützt erzeugt wird. Die Problematik liegt bei den Systemgrenzen. Für die Regeneration wird, wie bereits erwähnt, kontinuierlich eine hohe Regenerationslufttemperatur benötigt. Meist steht während der Betriebszeit nicht kontinuierlich Solarenergie zur Verfügung. So sind Systeme mit zwischengeschaltetem Speicher nötig. Die meisten solargestützten Systeme werden mit einem flüssigen Medium (Wasser Glykol) betrieben. Um letztlich die Regenerationsluft erhitzen zu können, wird ein Wärmeübertrager zwischen flüssigem Medium und Luft benötigt. Leider sind Systeme mit Speicher und Wärmeübertrager immer mit zusätzlichen Investitionen und thermischen Verlusten verbunden.

Mit einem direkten solarthermischen Luftsystem ist es möglich, ein speicherloses System aufzubauen und die thermischen Übertragungsverluste auf ein



Abb. 3.2-5: Vakuümrohrluftkollektorfeld der STAR1-Pilotanlage in Freiburg. Kollektoren des Typs Sun-Storm der Kollektorfabrik GmbH & Co. KG. Die Kollektoren sind horizontal (0°) auf dem Dach ausgerichtet. Die außenliegenden Luftkanäle sind isoliert

Minimum zu reduzieren. In Abbildung 3.2-5 ist das Kollektorfeld der STAR1-Anlage abgebildet. Zur Anwendung kommt ein Vakuumröhrenluftkollektorsystem.

### Solare Lufterhitzung Vakuumröhrenluftkollektoren

Ein Kollektorfeld besteht aus einem zentralen gedämmten Aluminium-Profil (Abbildung 3.2-6).

In diesem befinden sich der Lufteinlass und ein durch eine Trennwand separierter Luftauslass. Die Vakuumröhren sind mit einem innenliegenden Aluminiumrohr durch das zentrale Aluminiumprofil miteinander verbunden. So besteht die Verbindung von der Einlassseite zur Auslassseite. Jede Vakuumröhre besteht aus zwei Borosilikatglasröhren mit hohen chemischen und schlagresistenten Eigenschaften. Die Außenseite der innenliegenden Glasröhre ist mit einer strahlungsabsorbierenden Beschichtung versehen. Zwischen Innenrohr und Außenrohr liegt ein Vakuum vor. Dieses Vakuum verhindert jeglichen Wärmeverlust (Wärmeleitung und Wärmekonvektion) vom inneren Rohr zum äußeren Rohr. Die Erwärmung der Luft geschieht folgendermaßen: Vom Lufteinlass strömt Luft in die erste Vakuumröhre und wird dort durch auftreffende Solarstrahlung erhitzt. Anschließend fließt die warme Luft durch das Aluminiumrohr auf die Auslassseite und wird dort zum zweiten Mal in der Vakuumröhre erhitzt. Die heiße Luft strömt danach zum Auslass. Vom Auslass strömt die heiße Luft auf direktem Weg zum Adsorptionsrad.

### STAR1-Projekt

Im STAR1-Projekt wurde das bestehende Trocknungssystem mit einem Vakuumröhrensolareluftkollektorsystem erweitert. Der erste Schritt war die Durchführung einer Machbarkeitsanalyse. Aus der Bestandsaufnahme gingen die Systemgrenzen hervor. Für die Regeneration wird ein Regenerationsluftstrom von rund 1.500 m<sup>3</sup>/h benötigt. Die solar erzeugten Temperaturen müssen im Bereich von 120 °C liegen. Die benötigte thermische Leistung für die Regeneration beträgt 50 kW. Mit einer spezifischen Einstrahlung von  $G = 1000 \text{ W/m}^2$  und einem Kollektorwirkungsgrad von rund 56 % ergibt sich eine benötigte Aperturfläche von rund 89 m<sup>2</sup>.

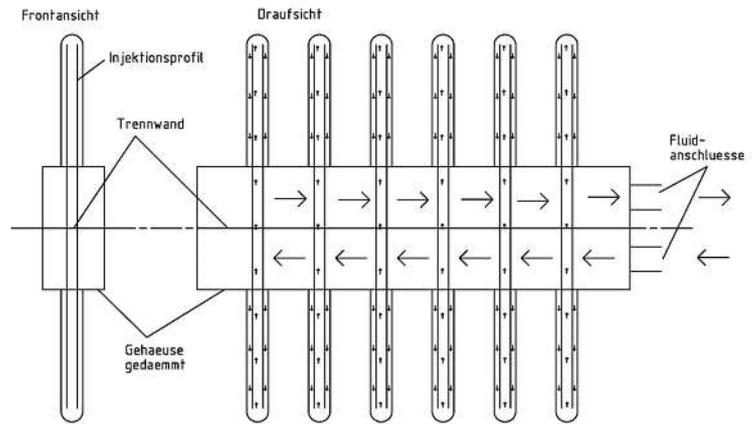


Abb. 3.2-6: Schema Vakuumröhrenluftkollektorfeld des Unternehmens Kollektorfabrik GmbH & Co. KG

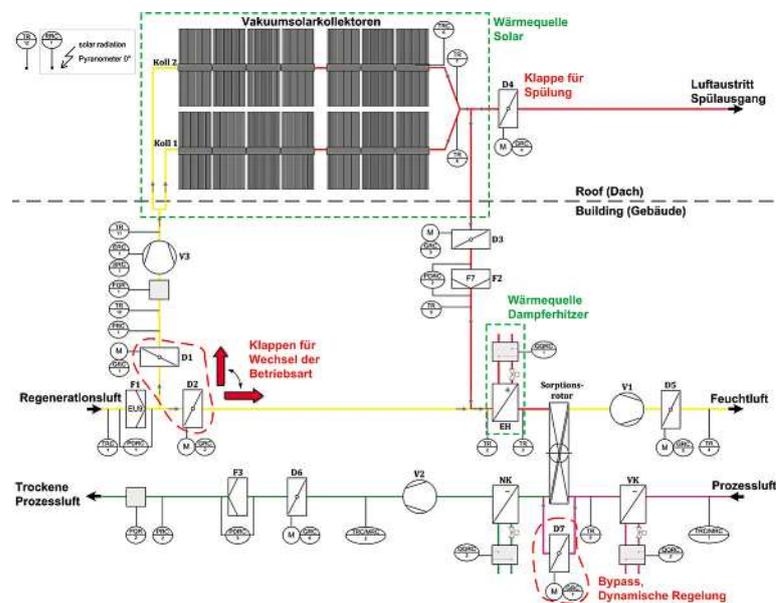


Abb. 3.2-7: Schema der STAR1-Pilotanlage zur solargestützten Prozesslufttrocknung. Schema enthält die Sensorik des Monitorings, die Sicherheitsvorrichtung „Spülausgang“, die Absorptionstrocknererweiterung Bypass und die Klappen zum Wechseln der Betriebsart

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten wurde das Kollektorsystem folgendermaßen dimensioniert:

- 14 Sun-Storm-Kollektoreinheiten (mit jeweils 50 Vakuumkollektorröhren)
- 2 parallele Stränge mit jeweils 7 Sun-Storm-Einheiten in Reihe
- Bruttokollektorfläche von 129 m<sup>2</sup>
- Aperturfläche von rund 77 m<sup>2</sup>
- Kollektorausrichtung horizontal

Das Kollektorsystem (Abbildung 3.2-5) besteht durch seine große Fläche und seine horizontal angeordneten Kollektoren. Das Arbeitsmedium Luft hat eine

geringere Wärmekapazität und Dichte als Wasser, sodass ein großer Luftvolumenstrom von 19,5 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>-Kollektorfläche benötigt wird, um die Leistung abzuführen. Die Kollektortechnik ermöglicht eine einfache horizontale Installation und eine einfache Aufständigung der Kollektoren.

In Abbildung 3.2-7 ist das erweiterte Anlagenschema des Trocknungsprozesses dargestellt. Die Kollektoranlage wurde direkt in den Regenerationsluftstrom integriert. Aus dem Schema geht hervor, dass es ein direktes speicherloses System ohne separierten Solarkreislauf mit Wärmeübertrager ist. Für die Integration, Regelung, Sicherheit sowie das spätere betriebsbegleitende Anlagenmonitoring sind zusätzliche Sensoren (Temperatur, Volu-

menstrom, Druck, Strahlung) und motorisierte Klappen installiert worden. Das Messsystem ermöglichte es, ein detailliertes Prozessmonitoring durchzuführen.

### Betriebsweise der Solaranlage

Das Kollektorsystem wird nur bei günstigen Konditionen dem Regenerationsbetrieb hinzugeschaltet. Das Startsignal wird über eine Hystereseabfrage mit Einbeziehung der Sensoren „TRC6“ (Kollektorausstrittstemperatur) und „TRC1“ (Eintrittstemperatur Regenerationsluft) generiert. Liegen aufgrund der Abfrage günstige Konditionen vor, beginnt aus Sicherheitsgründen eine 10-minütige Spülung des Kollektors. Luft wird über die Klappe D4 in die Umgebung abgegeben.

Anschließend erfolgt durch Klappenumschaltung die Integration des Kollektorkreislaufs in den Regenerationsprozess des Adsorptionsrads.

Die Regenerationsluft wird primär über den Kollektorkreislauf erhitzt. Falls das benötigte Temperaturniveau noch nicht erreicht ist, wird zusätzlich über die sekundäre Wärmequelle Dampferhitzer nacherhitzt. So wird immer sichergestellt, dass die Mindesttemperatur zur Regeneration erreicht wird.

### Typische Temperaturniveaus

Unter sehr guten Solarbedingungen werden bei dieser Anlage Lufttemperaturen am Kollektorausstritt von bis zu 150 °C erreicht. Die Messungen haben gezeigt, dass auch bei ungünstigen Bedingungen mit hohem diffusem Strahlungsanteil Kollektortemperaturen im Bereich von 80 °C bis 90 °C erzielt werden. Die zu erreichende Regenerationslufttemperaturen am Adsorptionsrad liegen bei dieser Anlage im Temperaturband von 100 °C bis 120 °C. Von Luftaustritt am Kollektor zu Lufteintritt am Adsorptionsrad liegt eine lange Luftkanalstrecke vor. Trotz isoliertem Kanal liegt aufgrund eines Wärmetransports an die Umgebung eine „ungewollte“ Abkühlung der solarerzeugten Lufttemperatur vor. Dennoch wird mit diesem System die benötigte Regenerationstemperatur am Adsorptionsrad erreicht.

### Regelung der Prozessluftentfeuchtung

Die Solltemperatur der Prozessluft liegt bei 17 °C, die relative Sollfeuchte der Prozessluft liegt bei 15 %. Mit dem Dop-

pelsensor „TRC/MRC2“ wird der Ist-Zustand (rel. Feuchte und Temperatur) der getrockneten Prozessluft erfasst.

Die Regenerationstemperatur hat direkten Einfluss auf die Entfeuchtungsleistung des Adsorptionsrads. Bisherig wurde die Feuchte der Prozessluft dynamisch durch Reduktion oder Erhöhung der Wärmezufuhr am Dampferhitzer geregelt. Um eine Unterschreitung der Sollwertfeuchte und eine Überschreitung der Sollwerttemperatur (Schleppwärme) zu vermeiden, muss somit auf der Regenerationsseite eine sollwertabhängige Wärmemenge zur Desorption des Adsorptionsrads eingesetzt werden.

Mit der Systemerweiterung musste auch die Regelung verändert werden. Die zusätzliche solare Wärmequelle verändert aufgrund der Regelbarkeit und Regelstrecke die Dynamik des Systems stark. Die eingespeiste Wärmemenge der solaren Wärmequelle kann ohne weiteres nicht dynamisch reduziert werden. Deshalb wurde auf der Prozessluftseite eine Bypassklappe (siehe Abbildung 3.2-7) zur „Umgehung“ des Adsorptionsrads installiert. Ist nun die Prozessluft zu trocken oder die Prozesslufttemperatur zu hoch, wird die Bypassklappe geöffnet und feuchte, kühle Luft beigemischt, um den Sollwert der Prozessluft zu erreichen. Des Weiteren bestehen der alte Regelkreis zur Reduktion der eingespeisten Wärmemenge am Dampferhitzer und erstmals eine Regelung des Kollektorluftvolumenstroms. Diese Erweiterungen führen dazu, dass der Sollwert der Prozessluft jederzeit eingehalten werden kann.

### Ziel des Monitorings

Das Hauptaugenmerk des sechsmonatigen Monitorings lag auf der Datener-

fassung und Optimierung des Kollektorbetriebs, um eine störungsfreie und energieeffiziente Prozesslufttrocknung leisten zu können. Die Pilotanlage wurde für den Kunden im Detail bewertet, so konnten die Vorteile und Nachteile festgehalten werden. Diese Erkenntnisse helfen bei weiteren vorgesehenen Vakuumpollektoranlagen, weitestgehend einen optimierten Systemaufbau zu erhalten. Um die Vermarktung solcher nachhaltiger Systeme voranzubringen, führt kein Weg an fundierten Messdaten vorbei. Denn ohne reale Messdaten kann die Bedeutsamkeit solcher Systeme nicht belegt werden.

### Ausgewählte Monitoringergebnisse

Für die Bewertung des solaren Ertrags gilt es, die Betriebszeiten zu erwähnen. Die Adsorptionstrocknungsanlage ist täglich 16 Stunden in Betrieb (von 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr).

In Abbildung 3.2-8 ist der Verlauf der Wärmeleistung des Solarsystems für den Monat Mai 2011 dargestellt. In der Spitze wurde eine thermische Leistung von rund 70 kW erzeugt. In Abbildung 3.2-9 ist das „negative Abbild“ der solaren Wärmeleistung, der Wärmeleistungsverlauf des Dampferhitzers dargestellt. Die Grafiken verdeutlichen, sobald unzureichend solare Trocknungsleistung vorhanden ist, wird der Dampferhitzer hinzugeschaltet.

In Abbildung 3.2-10 sind die gemessenen Energieflüsse des gesamten Monitoringzeitraums in einem Sankeydiagramm dargestellt. Über den Zeitraum von April bis einschließlich September 2011 lag eine eingestrahelte Solarenergie von 70176 kWh vor. Hiervon wurde mit dem Vakuumpollektorsystem eine Pro-

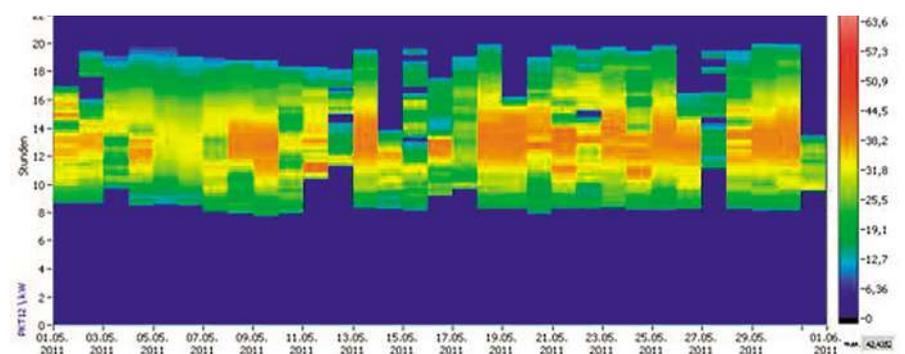


Abb. 3.2-8: Wärmeleistung des Solarsystems, Monat Mai 2011 (Carpet-Plot): Tag auf der x-Achse, Stunden auf der y-Achse, Leistungswerte farbig kodiert (0 kW blau, 70 kW rosa). Solarer Systemertrag im Mai 2011 bei 7.768 kWh

zesswärme von rund 45.853 kWh generiert. Abzüglich der Transportverluste wurde ein solarer Systemertrag von 39.632 kWh zur Regeneration des Adsorptionsrads erzielt. Dies entspricht einem beachtlichen solaren Nutzungsgrad von 56,5 % und einem spezifischen Solarertrag von 514 kWh/m<sup>2</sup> über den sechsmonatigen Monitoringzeitraum.

Mit dem Dampferhitzer wurde über den gesamten Monitoringzeitraum eine Wärmemenge von rund 50.944 kWh eingespeist. Insgesamt wurden 90.576 kWh thermische Energie zur Regeneration des Adsorptionsrads verwendet. Aus dem anteilsrelevanten solaren Systemertrag resultiert ein solarer Deckungsanteil von 43,8 %.

In Abbildung 3.2-11 sind die Energieflüsse der einzelnen Monate dargestellt. Im Jahr 2011 stach der Monat Mai mit seinen hervorragenden solaren Bedingungen hervor. Dort wurde ein solarer Deckungsanteil von 51 % erzielt. Im Monat September war ein größerer Anteil an diffuser Strahlung vorhanden. Die Messergebnisse zeigen dort einen überdurchschnittlich hohen solaren Nutzungsgrad von rund 64 %. Auch bei hohem diffusem Strahlungsanteil wird mit diesem Typ Kollektoren ein hoher solarer Systemertrag erzielt.

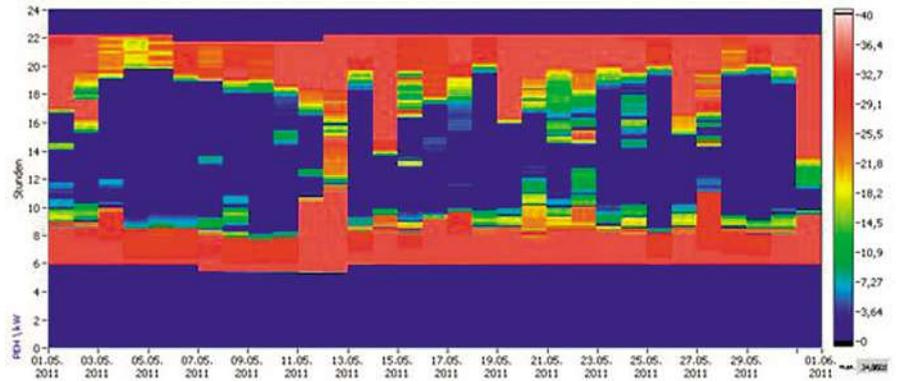


Abb. 3.2-9: Wärmeleistung des Dampferhitzers, Monat Mai 2011 (Carpet-Plot): Tag auf der x-Achse, Stunden auf der y-Achse, Leistungswerte farbig kodiert (0 kW blau, 40 kW rosa). Wärmeeintrag Dampferhitzer im Mai 2011 bei 7445 kWh

### Zusammenfassung und Ausblick

Diese Pilotanlage hat gezeigt, dass es möglich ist, bestehende Trocknungssysteme mit verhältnismäßig wenigen Komponenten zu erweitern, um Prozesswärme solargestützt zu erzeugen und zugleich beachtliche regenerative Energieerträge zu erzielen. Aus dem betriebsbegleitenden Monitoring ging hervor, dass gerade die „Einfachheit“ des Systems zu einem zuverlässigen und störungsfreien Betrieb geführt hat.

Mit dieser Pilotanlage wurde somit der Grundstein gelegt, um weitere Lufttrocknungsanlagen in der Industrie auf solarer Basis zu erweitern oder gar Neubauten

von Lufttrocknungssystemen grundsätzlich mit Einbezug solcher solarer Systemkomponenten zu planen.

Bei Betrachtung des Standorts dieser Pilotanlage wird deutlich, dass diesem System in Ländern mit größerem solarem Einstrahlungspotenzial eine noch höhere Bedeutsamkeit zuteilwird.

### Referenzen/References

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): „Energiegewinnung und Energieverbrauch“, <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/Energiedaten/energiegewinnung-energieverbrauch>. Zugriff: 16:10 Uhr 23.12.2011
- [2] Munters GmbH: „Das Munters-Prinzip-Grundversion“, <http://www.munters.de/upload/Case%20studies/Wurstreifung.pdf>. Zugriff: 16:20 Uhr 23.12.2011

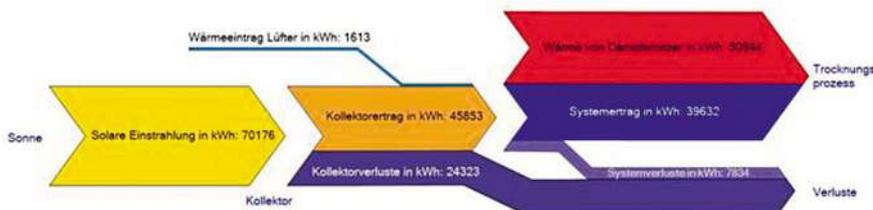


Abb. 3.2-10: Energieflüsse der Pilotanlage im Sankeydiagramm. Energiedaten von April bis einschließlich September 2011

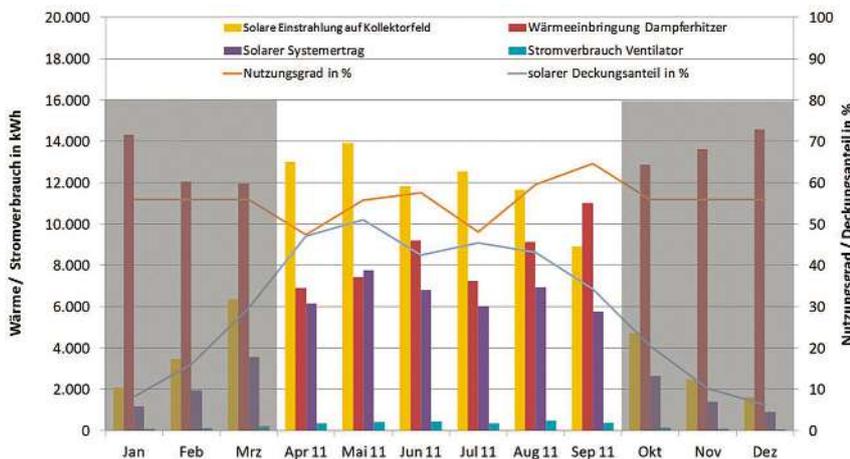


Abb. 3.2-11: Monitoring-Kennzahlen der STAR1-Pilotanlage 2011 (April bis September). Prognostizierte Werte grau hinterlegt. (Januar bis März und Oktober bis Dezember)  
gelbe Säulen = solare Einstrahlung auf das Kollektorfeld,  
dunkelblaue Säulen = Stromverbrauch,  
hellblaue Säulen = Stromverbrauch des Ventilators,  
rote Säulen = eingebrachte Wärmeenergie Dampferhitzer,  
braune Kurve = Nutzungsgrad,  
blaue Kurve = solarer Deckungsanteil

# Quantitative two-dimensional thin-layer chromatography using a diode-array detector

**Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg**  
Fakultät Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik (M+V)

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel. 0781 205-101  
E-Mail: Spangenberg@hs-offenburg.de

**1955:** Geboren in Remscheid  
Studium der Chemie und Philosophie an der Universität Marburg  
**1983:** Diplom in Chemie, 1987 Promotion über neue Reaktionen von Sulfinen am Pharmazeutischen Institut der Universität Marburg  
**1988:** Eintritt in die E. Scheurich Pharmwerk GmbH als Laborleiter, Leiter der Abteilung analytische Forschung und Entwicklung, stellvertretender Kontrollleiter  
**1990:** Wechsel zur EBULON AG, Basel als Leiter der Entwicklungsanalytik  
**1991:** Professor an der Hochschule Offenburg, Leiter des Labors für Analytik und Umweltanalytik  
**Seit 2007:** Editor-in-Chief von Journal of Planar Chromatography  
**Lehrgebiete:** Analytik, Umweltanalytik, Abfall- und Recyclingtechnik  
Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg  
**Forschungsgebiete:** Chemometrie, Trenntechniken, Dünnschichtchromatographie



## 3.3 Quantitative two-dimensional thin-layer chromatography using a diode-array detector

Barbara Milz B. Sc.  
Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg

### Abstrakt

Wir präsentieren die weltweit erste Auswertung einer zweidimensional entwickelten HPTLC-Platte (2D-HPTLC) mit Hilfe eines Diodenarray-Scanners. Das System erreicht eine räumliche Plattenauflösung von 250  $\mu\text{m}$ . Es können Absorptions- und Fluoreszenzspektren im Wellenlängenbereich von 190 bis 1000 nm mit einer spektralen Auflösung von besser als 1 nm gemessen werden. Eine Trennzahl von 259 wurde erreicht. Damit zeigt die Methode bessere Trenneigenschaften als die meisten HPLC-Systeme. Der Nachteil der 2D-Auswertung ist der hohe Zeitbedarf von über 3 Stunden für eine Plattenmessung.

### Introduction

Generally all chromatographic methods can be divided into two main separation groups: time and space. Thin layer chromatography as a space separation method is by far the simplest separation technique considered in terms of equipment and performance [1]. Multidimensional chromatography is the most powerful tool for separations [2]. The two-dimensional thin-layer chromatography (2D-TLC) technique is one of the most versatile methods of TLC development. The first application of the two-

dimensional chromatographic method as paper chromatography was reported in 1944 by Consden, Gordon, and Martin [1 – 3]. Since that time, this method has been mostly used for the separation of a large number of compounds that cannot be separated in a single dimension TLC experiment. In the first review on this topic G. Guiochon reported numerous applications of this technique [3]. The greatest dispersion of spots over the TLC plate is obtained when the chromatogram is developed in two orthogonal modes. That is the case when in the first direction a normal-phase (NP) system is used, e.g. on silica gel with a non-aqueous mobile phase, and in the second direction a reversed-phase (RP) system is applied [4]. This can be done by using a single cyanopropyl coated silica layer, on which TLC can be performed either in the reversed-phase mode (with an aqueous mobile phase) or in the normal-phase mode (using a non-polar solvent) [4].

The great advantage of 2D-TLC is its ability to separate many compounds. The drawback is that quantitative evaluations are difficult and don't meet current standards. Generally, TLC scanners which are available for densitometric measurements cannot be adapted easily to two-dimensional TLC.

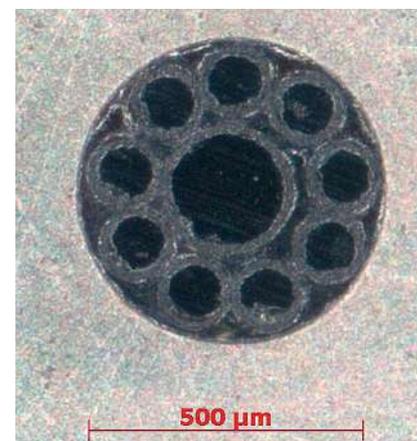
The purpose of this publication is to present a method for sensitive quantification of 2D-HPTLC separations, simultaneously measured at different wavelengths.

The separation of 12 sulphonamides with similar structure is presented as an example. The method can be used to quantify sulphonamides in the effluent of wastewater treatment plants.

### Results and discussion

Sulphonamides were the first synthetic drugs with antimicrobial properties and some of these compounds are still in use. Worldwide, large amounts of highly diluted sulphonamides are being released into the environment. It is not easy to separate sulfonamides because they all have very similar structures. That is the reason why we decided to use 12 sulphonamides as model compounds to show the performance of the new 2D-scanner.

For direct spectrophotometry of HPTLC-plates, a TIDAS TLC 2010 system (J&M



**Fig. 3.3-1:** Light fibre interface consisting of a 200  $\mu\text{m}$  inner core, surrounded by nine light fibres with a diameter of 100  $\mu\text{m}$  each

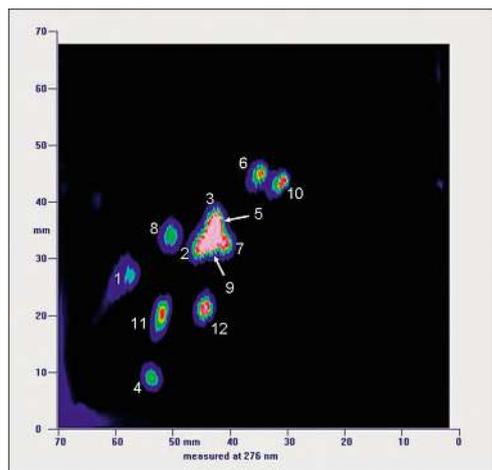
Aalen, Germany) was used with an reflection attachment of 9 identical optical fibers (Figure 3.3-1) with a diameter of 100  $\mu\text{m}$  each (produced by TransMIT-Centre for Fibre Optics and Industrial Laser Applications, Gießen, Germany).

These fibers were used for illumination purposes and were circled around a single fiber with a diameter of 200  $\mu\text{m}$ . This fiber transports the reflected light from the plate to the detector. A TIDAS-system with a wavelength resolution of 0.8 nm was used for detection. The interface is fixed at a distance of 450  $\mu\text{m}$  above the plate surface. During measurements, the plate is moving underneath this interface with constant velocity. The measurement time for a single spectrum (measured by a Tidas TLC 2010 device) in the wavelengths range from 190 to 1000 nm is 100 msec.

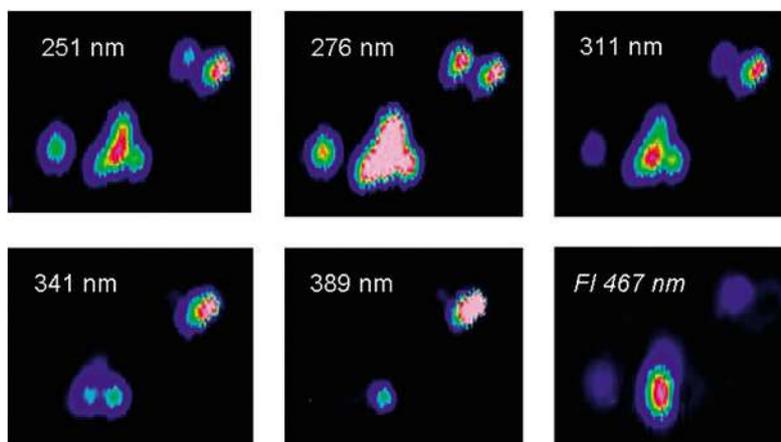
For fluorescence evaluation an LED (model: LEDMOD 365.1, produced by Omicron Laserage, Rodgau, Germany) was used instead of a deuterium lamp. The plate was illuminated at 365 nm using a measurement time of 0.1 seconds per spectrum.

The mixture of 12 sulphonamides was applied as a 3mm band on a cyanopropyl-coated silica gel plate in the amounts of 2  $\mu\text{g}$  per sulphonamide, each. In the first direction the solvent mix of methyl tert-butyl ether, methanol, dichloromethane, cyclohexane,  $\text{NH}_3$  (25%) (48+2+2+1+1, v/v) was used. This is a normal phase separation. The plate was dried and in a second step the plate was developed with a solvent mix of water, acetonitrile, dioxane, ethanol (8+2+1+1, v/v). This is a typical reversed phase separation mode. The dried plate was scanned as described with the position of the application point at 342 rows consisting of 342 different data points. This resulted in a spatial resolution of 200 by 200  $\mu\text{m}$ . The measurement time was  $342 \times 342 \times 0.1 \text{ sec} = 3 \text{ h } 25 \text{ min}$ . A scanned TLC-plate needs 400 MB storage space. These data were copied into the computer memory to have rapid access to the data. The evaluation program was written in PureBasic (Ver. 4.50) and needed a 64 bit computer (HP EliteBook 2540p) to carry out the program.

Figure 3.3-2 shows a 3D plot (plate area and absorption intensities) at a given



**Fig. 3.3-2:** Example of a 2D-HPTLC separation of 12 sulfonamides on a cyanopropyl plate measured in absorption at 276 nm. The sulfonamides are: Sulphacarbamide (1), sulphadiazine (2), sulphadimidine (3), sulphaguanidine (4), sulphamerazine (5), sulphamethoxazole (6), sulphamethoxypyridazine (7), sulphanilamide (8), sulphapyridine (9), sulphaquinoxaline (10), sulphasomidine (11), and sulphathiazole (12)



**Fig. 3.3-3:** The same area of interest measured at different wavelengths in absorption (1-5) and fluorescence (6) shows that this method can improve the spot resolution

wavelength. The data were evaluated using the following equation with a k-factor of  $k = 1$ .

$$TMD(k) = k \left( \frac{1}{R} - R \right) + (R - 1) = \frac{a}{(1 - a)}$$

k: backscattering factor ( $k \geq 0$  and  $k \leq 1$ )

a: absorption coefficient

R: reflection =  $I/I_0$

I: sample reflection

$I_0$ : incident light

The program cursor can be moved over the screen to show the on-line spectrum measured at a particular plate position. The plot can be instantly changed by choosing another wavelength. In this way you can resolve neighbouring spots which are not spatially separated.

In figure 3.3-3 the same area of interest is measured at different wavelengths, showing that the method can improve the spot resolution. The spectrum at a chosen separation is available simply by moving the cursor to its plate area position. A spot at a given wavelength can be virtually encircled and the resulting peak is integrated without any problems.

This makes the method a quantitative one, unique in 2D-TLC.

#### References

- [1] Spangenberg B., Poole C.F., Weins C.: Quantitative Thin Layer Chromatography. A Practical Survey, Springer, Berlin, 2010
- [2] Mondello L., Lewis A. C., Bartle K. D. (Editors): Multidimensional Chromatography, Wiley, Chichester, UK (2002)
- [3] Mona Zakaria, Marie-France Gonord, Georges Guichon: Applications of two-dimensional thin-layer chromatography, J. Chromatogr. 271 (1983) 127 – 192
- [4] Mirosław A. Hawrył, Anna Hawrył, Edward Soczewinski: Application of Normal- and Reversed-Phase 2D TLC on a Cyanopropyl-Bonded Polar Stationary Phase for Separation of Phenolic Compounds from the Flowers of Sambucus nigra L., J. Planar Chromatogr. 15 (2002) 4 – 10

# Lebensdauerbewertung von Turbinenkomponenten

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert**

Fakultät Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik (M+V)

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel 0781 205-436  
thomas.seifert@hs-offenburg.de

**1976:** Geboren in Lindau im Bodensee  
**1996:** Studium des Maschinenbaus an der  
Berufsakademie Ravensburg  
**1999:** Projekt Ingenieur bei der Nothelfer GmbH  
und der Aich & Co. GmbH  
**2001:** Studium der Rechnerischen Werkstoff- und  
Strukturmechanik an der Universität Stuttgart  
**2003:** Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut  
für Werkstoffmechanik IWM  
**2008:** Promotion an der Universität Karlsruhe (TH)  
**2009:** Leiter der Gruppe „Lebensdauerkonzepte, Thermomechanik“  
am Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM  
**Seit 2011:** Professor an der Hochschule Offenburg  
**Lehrgebiete:** Werkstofftechnik, Werkstoffmechanik, Festigkeitslehre,  
Schadenskunde  
**Forschungsgebiete:** Simulation und Lebensdauerbewertung von thermisch  
und mechanisch beanspruchten Bauteilen und Komponenten



## 3.4 Lebensdauerbewertung von Turbinenkomponenten

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert  
Dipl.-Ing. (FH) Michael Schlesinger

### Abstract

Components of thermal turbo-machines are exposed to high thermal and mechanical loads, resulting in creep and fatigue damage of the used materials. Thus, reliable computational methods for the design of the components are needed. In a research project the damage mechanisms of the nickel-base superalloy Inconel718 are investigated and models for life prediction of turbine components are derived which can be applied by engineers in the development phase of the components.

### Einleitung

Bauteile in Dampfturbinen, stationäre Gasturbinen und Fluggasturbinen sind hohen Beanspruchungen ausgesetzt. Wenn die Turbinen gestartet werden, erwärmen sich die Bauteile im „heißen Bereich“ der Turbine auf über 1000 °C. Damit die Bauteile bei diesen Temperaturen nicht einfach dahinschmelzen, werden spezielle hochtemperaturfeste Legierungen verwendet, wie beispielsweise Nickelbasis-Superlegierungen. Die hohen Temperaturschwankungen die beim Starten und beim Abschalten der Turbine auftreten, machen aber auch diese Werkstoffe auf Dauer nicht mit. Beim Aufheizen dehnt sich das Material aus, beim Abkühlen zieht es sich wieder zusammen. Dieses Hin- und Her-Verformen führt dazu, dass der eingesetzte

Werkstoff unter „Stress“ kommt und Spannungen im Werkstoff auftreten. Diese Spannungen können dazu führen, dass sich Risse im Material bilden, die unter der zyklischen Belastung (wiederholtes Starten und Abschalten) wachsen, bis das Bauteil kaputt ist. Der Fachmann spricht dabei von der thermo-mechanischen Ermüdung (Thermomechanical Fatigue, TMF) des Werkstoffs.

Doch nicht nur durch die Temperaturschwankungen beim Starten und Abschalten werden die Turbinenbauteile stark beansprucht. Auch im stationären Flugbetrieb liegen hohe Temperaturen vor, wodurch der Werkstoff sich verformt. Dabei spricht man vom Kriechen des Werkstoffs, welches ebenfalls zu einer Werkstoffschädigung führen kann. Die Belastungen einer Turbine führen also zur Kriech- und Ermüdungsschädigung des Werkstoffs. Daher müssen beispielsweise Fluggasturbinen nach einer bestimmten Anzahl an Flugstunden zur Inspektion, wobei die hoch beanspruchten Bauteile auf Risse und unzulässige Verformungen untersucht werden.

Damit ein stets zuverlässiger Betrieb der Turbinen möglich ist, benötigen die Entwicklungsingenieure verlässliche Methoden zur Berechnung der Spannungen und Dehnungen in den hoch beanspruchten Turbinenkomponenten wie auch zur Bewertung deren Lebensdauer. In einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V. (FVV) geförderten Forschungsvorhaben werden an der

Hochschule Offenburg zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM und der Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart (MPA Stuttgart) verbesserte Berechnungsmodelle zur Bewertung von kriechermüdungsbeanspruchten Turbinenkomponenten aus der Nickelbasis-Superlegierung Inconel718 entwickelt.

Der Schwerpunkt der Arbeiten an der Hochschule Offenburg und am Fraunhofer-IWM liegt in der experimentellen Untersuchung der Schädigungsmechanismen bei thermomechanischer Ermüdung und der Entwicklung von fortschrittlichen Werkstoffmodellen zur Lebensdauervorhersage. Verlässliche Vorhersagen können meist nur dann getroffen werden, wenn verstanden wird, welche physikalischen Mechanismen bei der Schädigung des Werkstoffs ablaufen.

### Schädigungsmechanismus Mikrorisswachstum

Die zyklische Beanspruchung des Werkstoffs durch die Temperaturschwankungen beim Starten und Abschalten der Turbine führt recht bald zur Bildung von kleinen, wenige Mikrometer großen Rissen, sogenannten Mikrorissen. Dies ist typisch bei der Werkstoffermüdung im Bereich der Kurzzeitfestigkeit (Low-Cycle Fatigue, LCF) und bei thermomechanischer Ermüdung TMF. Die Mikrorisse können dann wachsen, bis eine für das Bauteil relevante Größe erreicht ist und das Bauteil ausgetauscht werden muss. Der lebensdauerbegrenzende Schädigungsmechanismus, der daher unter-

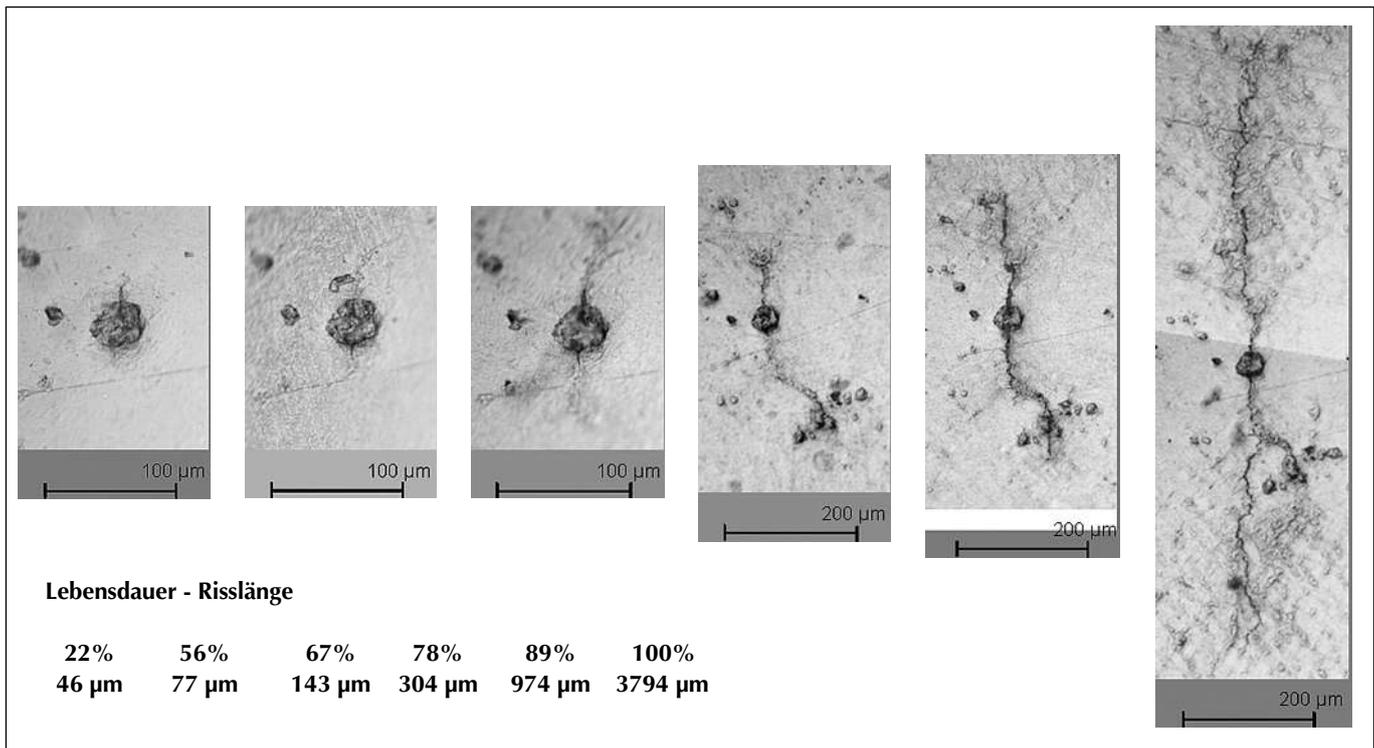


Abb. 3.4-1: Mit der Replika-Methode gemessenes Risswachstum unter LCF-Beanspruchung bei 650 °C und einer Dehnrage von  $5 \cdot 10^{-5}$  1/s

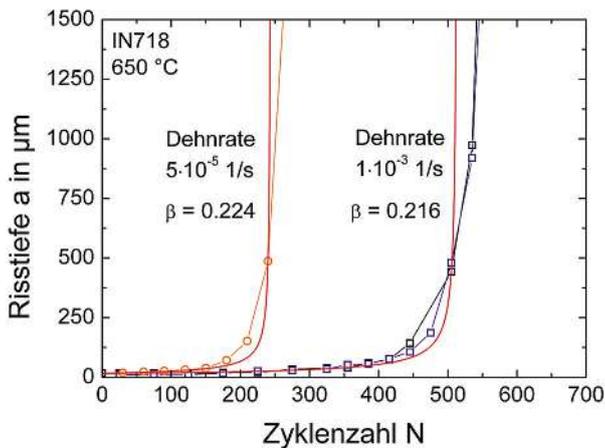


Abb. 3.4-2: Entwicklung der Risstiefe über der Zykluszahl unter LCF-Beanspruchung bei 650 °C und unterschiedlichen Dehnraten (Linien mit Symbolen: Messergebnisse; Linien ohne Symbole: Modell)

sucht wird, ist das Risswachstum im Bereich der Kurzzeitermüdung LCF und der thermomechanischen Ermüdung TMF.

Um das Risswachstum der Nickelbasis-Superlegierung verstehen zu können wurden im Labor Werkstoffproben unter den zyklischen Beanspruchungen getestet, wie sie ähnlich in den hoch beanspruchten Bauteilen auftreten. In den Laborversuchen wurde das Wachstum der Mikrorisse an der Oberfläche der getesteten Proben in Abhängigkeit der Lastspielzahl, also der Anzahl an Beanspruchungszyklen, die die Laborprobe erfahren hat, aufgezeichnet. Hierzu wurde die Replika-Methode eingesetzt.

In regelmäßigen Intervallen wird der Laborversuch unterbrochen und eine in Aceton angelöste Acetatfolie auf der Probenoberfläche angebracht. Somit entsteht ein Negativ des Risses, ein Replika, auf der Acetatfolie, und die Oberflächenrisslänge kann auf diesem Replika ausgemessen werden. Durch das wiederholte Aufbringen der Folie während des Ermüdungsversuchs kann somit die Oberflächenrisslänge in Abhängigkeit der Zykluszahl und somit das Risswachstum dargestellt werden. In Abbildung 3.4-1 ist beispielhaft das mit der Replika-Methode gemessene Wachstum eines Oberflächenrisses bei einer vorgegebenen Belastung zu verschiedenen Stadien der Lebensdauer dargestellt.

Geht man davon aus, dass es sich bei einem Ermüdungsriss um einen halb-kreisförmigen Oberflächenriss handelt, so entspricht die gemessene Risslänge  $2a$  in etwa der doppelten Risstiefe  $a$ . In Abbildung 3.4-2 sind die gemessenen Risswachstumskurven für zwei unterschiedliche Dehngeschwindigkeiten abgebildet (Linien mit Symbolen). Bereits nach wenigen Belastungszyklen sind wachstumsfähige Mikrorisse vorhanden. Die Entwicklung der Risstiefe über der Zykluszahl lässt ein deutlich schnelleres Risswachstum bei niedriger Dehngeschwindigkeit erkennen. Die Lebensdauer der mit der langsamen Dehnrage getesteten Probe P16 fällt dadurch um ca. Faktor 2 kleiner aus.

### Mechanismenbasiertes Risswachstumsmodell

Zur Vorhersage der Lebensdauer im Bereich der Kurzzeitermüdung LCF und der thermomechanischen Ermüdung TMF wurde ein mechanismenbasiertes Modell für Mikrorisswachstum verwendet. Unter „mechanismenbasiert“ wird dabei verstanden, dass die physikalischen Vorgänge bei der Schädigung im Modell abgebildet werden. Im Modell wird berechnet, wie weit sich ein Riss im Material während eines Temperaturzyklus wie ein Spalt öffnet. Diese Rissöffnung ist daher ein wichtiges Maß, da

ein Riss in einem Belastungszyklus ungefähr so weit wächst, wie er in diesem Zyklus auf- und zugeht. Mathematisch wird dieser Zusammenhang so formuliert, dass der Rissfortschritt pro Zyklus  $da/dN$  mit der zyklischen Rissöffnung  $\Delta CTOD$  korreliert [1, 2]:

$$\frac{da}{dN} = \beta \Delta CTOD^B$$

$B$  und  $\beta$  sind werkstoffspezifische Kennwerte, die für die Nickelbasis-Superlegierung extra bestimmt wurden. Die zyklische Rissöffnung  $\Delta CTOD$  wurde über einen Schädigungsparameter, der als  $D_{TMF}$  bezeichnet wird, abgeschätzt, der auf bruchmechanischen Gesetzmäßigkeiten basiert [3].

Mit Hilfe des mathematischen Zusammenhangs können die gemessenen Rissfortschrittskurven nachgerechnet werden. Die Ergebnisse der Berechnung zeigt Abbildung 3.4-2. Die im Versuch mit der Replika-Methode gemessenen Rissfortschrittskurven (Linien mit Symbolen), und die mit dem mechanismenbasierten Modell berechneten Rissfortschrittskurven (Linien ohne Symbole) stimmen gut überein. Dabei wird sowohl der Verlauf der Kurven als auch der Einfluss der Dehngeschwindigkeit mit dem Modell gut abgebildet. Die Berechnungsingenieure sind mit dem neuen Modell nun in der Lage das Wachstum von Mikrorissen in den Bauteilen zu bewerten, effizientere Turbinen zu entwerfen und die regelmäßigen Inspektionen besser zu planen.

Über das Risswachstumsmodell können des Weiteren Aussagen zur Lebensdauer getroffen werden. Der Schädigungsparameter  $D_{TMF}$  korreliert nämlich mit der Anrisslastspielzahl, also der Anzahl an Belastungszyklen, die der Werkstoff er-

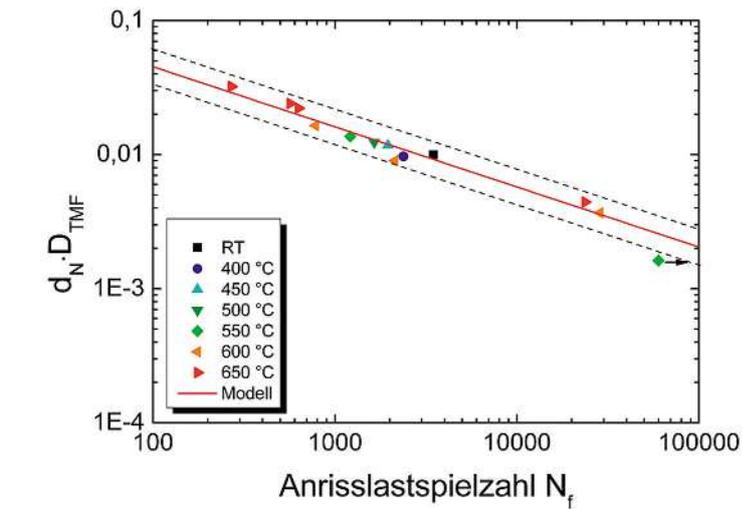


Abb. 3.4-3: Abschätzung der Anrisslastspielzahl in LCF- und TMF-Versuchen mit dem mechanismenbasierten Modell

tragen kann, siehe Abbildung 3.4-3. Alle Versuche, die bei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt wurden, liegen innerhalb eines Streubands mit Faktor zwei (gestrichelte Linien) um die Modellgerade. Mit dem Risswachstumsmodell können die Ingenieure also den Schädigungsparameter für jede Stelle eines Bauteils ausrechnen und dann eine Aussage zur Lebensdauer des Bauteils treffen.

#### Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem mechanismenbasierten Risswachstumsmodell können die experimentell ermittelten Rissfortschrittskurven wie auch die Lebensdauern der Proben gut abgebildet werden. Das Modell wird im weiteren Verlauf des Forschungsvorhabens im Hinblick auf Kriechschädigung erweitert und in ein Berechnungsprogramm (Finite-Elemente-Programm) implementiert, das in der Industrie eingesetzt wird. Damit soll das neu entwickelte Modell unmittelbar den Entwicklungsingenieuren zur Bauteilauslegung zur Verfügung stehen.

#### Referenzen/References

- [1] Schweizer, C.; Seifert, T.; Schlesinger, M.; Riedel, H. (2007), Korrelation zwischen zyklischer Risspitzenöffnung und Lebensdauer, in DVM-Bericht 239: Tagung des DVM-Arbeitskreises Bruchvorgänge; Bruchmechanik und Bauteilsicherheit, 237-346
- [2] Tvergaard, V.; Hutchinson, J.W. (2002), Crack growth per cycle by blunting and void growth, In: Fatigue 2002 - Proceedings of the Eighth International Fatigue Congress held 3-7 June 2002, Stockholm, Sweden (Ed. A.F. Blom), 107-116
- [3] Schmitt, W.; Mohrmann, R.; Riedel, H.; Dietsche, A.; Fischersworing-Bunk, A.: Modelling the fatigue life of automobile components, Fatigue 2002 – Proceedings of the Eighth International Fatigue Congress held 3-7 June 2002, Stockholm, Sweden (Ed. A. F. Blom)

# Topologieoptimierung für strömungsführende Bauteile im Fahrzeugentwicklungsprozess

**Prof. Dr.-Ing. habil. Karl Bühler**  
Fakultät Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik (M+V)

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel.: 0781 205-268  
E-Mail: k.buehler@hs-offenburg.de

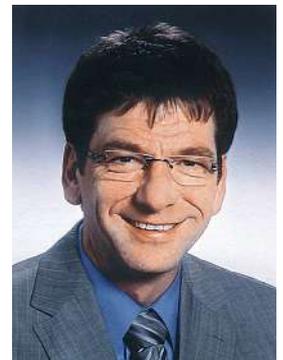
**1948:** Geboren in Achern  
Lehre als Mechaniker  
**1971:** Ing. (grad.) Ingenieurschule Offenburg  
**1975:** Diplom Maschinenbau Universität Karlsruhe  
**1979:** Promotion über Thermokonvektion  
**1985:** Habilitation über Rotierende Strömungen,  
Privatdozent Universität Karlsruhe  
**1986:** Professor Universität Karlsruhe  
**Seit 1991:** Professor an der Hochschule Offenburg  
**Seit 1994:** Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF)  
der Hochschule Offenburg  
**1999, 2009:** Forschungsaufenthalte an der University of Colorado at Boulder, USA  
Zahlreiche Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Thermo- und Fluidodynamik, darunter Strömungsmechanik (Springer 1991), Grundzüge der Strömungslehre (Vieweg + Teubner 2010), Hütte-Grundlagen der Ingenieurwissenschaften (Kap. Strömungsmechanik)  
**Forschungsgebiete:** Strukturbildung in der Thermo- und Fluidodynamik, Anwendungen der Computeralgebra, Numerische Strömungssimulation CFD



**Prof. Dr.-Ing. Gerhard Kachel**  
Fakultät Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik (M+V)  
Prodekan und Studiendekan  
Maschinenbau (Bachelor)

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel.: 0781 205-167  
E-Mail: gerhard.kachel@hs-offenburg.de

**1962:** Geboren in Heilbronn/Neckar, Studium Allgemeiner Maschinenbau, Universität Karlsruhe (TH), Schwerpunkte: Technische Mechanik/Dynamik, Strömungslehre/Gasdynamik  
**1988:** Diplom Maschinenbau, Universität Karlsruhe (TH), Mitarbeiter der Daimler-Benz-AG, Stuttgart  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau, Universität Karlsruhe (TH)  
**1997:** Promotion zum Thema „Rechnerische Auslegung, Analyse und Optimierung einer mechanischen variablen Ventilsteuerung“, Fakultät für Maschinenbau, Universität Karlsruhe (TH), Robert Bosch GmbH, Bereich „Fahr-dynamische Regelsysteme“, Aufgaben: Sicherheitsarchitektur, Funktions- und Software-Entwicklung, zuletzt funktionale Verantwortung für fahrdynamische Regelsysteme als System-Projektleiter für einen Großkunden.  
**Seit 2005:** Professor an der Hochschule Offenburg in der Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik.  
**Seit 2009:** Prodekan der Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik und Studiendekan des Bachelor-Studiengangs Maschinenbau  
**Lehrgebiete:** Technische Mechanik, Finite Elemente Methode, Maschinenelemente  
**Forschungsgebiete:** Numerische Strukturanalyse und -optimierung, Numerische Strömungsoptimierung



## 3.5 Topologieoptimierung für strömungsführende Bauteile im Fahrzeugentwicklungsprozess

Prof. Dr.-Ing. habil. Karl Bühler  
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Kachel  
M. Sc. Andreas Gottlieb  
M. Sc. Michael Quarti

### Abstract

This article gives an overview of the method of topology optimization in the field of computational fluid dynamics based on local optimization criteria. The main idea of the method is to prohibit recirculation zones in order to reduce

the pressure loss in the whole flow domain. In studies it was shown, that there are many application for this method.

On the example of the a distributor nozzle in a climate system of a truck, the potential of this technique is shown in a practical example. In this example it becomes apparent, that the prohibition of backflow doesn't optimize only the pressure loss. There is also an improvement of the mass flux distribution at the outlet of the flow domain.

### Einleitung

Um bei der Produktentwicklung auf die

immer höheren Anforderungen wie Effizienz- oder Kostenoptimierung reagieren zu können, stehen die Unternehmen vor der Herausforderung, neue, leistungsfähige Komponenten zu entwickeln. Hierzu müssen geeignete Entwicklungswerkzeuge zur Verfügung stehen.

Bei der Auslegung von strömungsführenden Bauteilen wie zum Beispiel Rohrleitungen, Krümmern oder Ansaugstutzen wird meist auf Standard-Konstruktionen zurückgegriffen. Hierzu zählen zum Beispiel gerade Rohre, 90 Grad- Umlenkungen und Diffusoren.

Neue Topologieoptimierungsverfahren im Bereich Computational Fluid Dynamics (CFD) bieten die Möglichkeit, solche Bauteile für den jeweiligen Anwendungsfall optimiert zu dimensionieren und somit zu einer Steigerung der Effizienz des Gesamtsystems beizutragen. Darüber hinaus kann die Topologieoptimierung schon in sehr frühen Phasen des Entwicklungsprozesses eingesetzt werden und somit helfen, die Anzahl an Entwicklungsstufen zu reduzieren.

### Grundlagen der Topologieoptimierung

Im Gegensatz zur parameterbasierten Optimierung, die ausgehend von einem ersten parametrisierten Geometrie-Modell durch Veränderung der Parameter „bessere“ oder „optimale“ Geometrie-Varianten finden soll, basiert die Topologieoptimierung auf einem deutlich freieren Ansatz.

Ausgangspunkt ist hier der für ein gesuchtes stromführendes Design maximal verfügbare und mit entsprechenden Randbedingungen versehene Bauraum. Die Optimierungsaufgabe besteht darin, diejenige Untermenge an Zellen innerhalb des (vernetzten) verfügbaren Bauraums zu finden, die eine im Hinblick auf das Optimierungsziel möglichst geeignete Kanalform ist. Der prinzipielle Lösungsraum hierbei ist durch die Variantenvielfalt außerordentlich groß. Das einfache Setup und der nur durch Randbedingungen und verfügbarem Bauraum beschränkte Lösungsraum sind zwei Vorzüge dieses Verfahrens.

Die beschriebene Optimierungsaufgabe kann mithilfe von auf Optimalitätskriterien basierten Verfahren gelöst werden. TOSCA-Fluid verwendet das Prinzip der „Rezirkulationsversandung“, das erstmalig von Moos/Klimezek/Rossmann [1] vorgestellt wurde.

Der Ansatz basiert auf Kenntnissen über die nachteiligen Effekte von Rückströmungen, Wirbeln und „Totwasser“-Regionen auf den Druckabfall und andere relevante Strömungsgrößen für geführte Strömungen. Rezirkulationsgebiete werden in einem iterativen Vorgang sukzessive auf Zellebene beseitigt. Dieser Vorgang wird als Sedimentation bezeichnet. Eine besonders attraktive Eigenschaft dieses Verfahrens ist, dass nur ein einziger CFD-Solver-Lauf für die gesamte Topologieoptimierung benötigt wird.

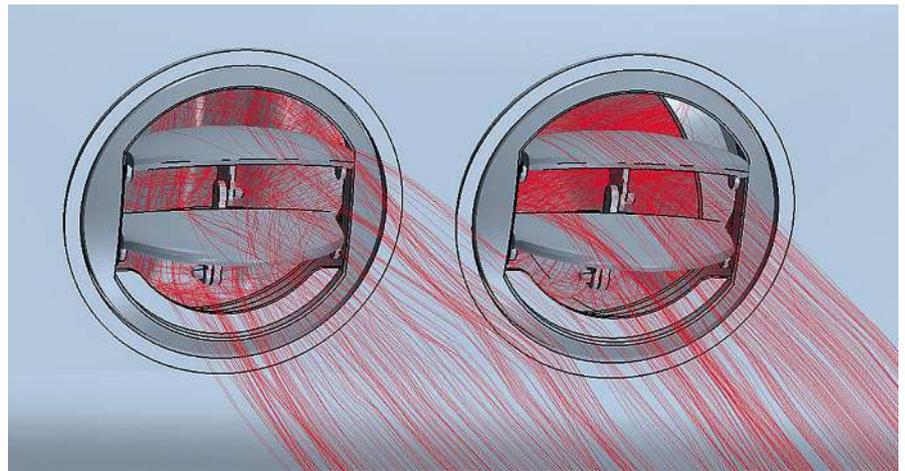


Abb. 3.5-1: Austrittsdüsen des Klimasystems eines Stadtbusses

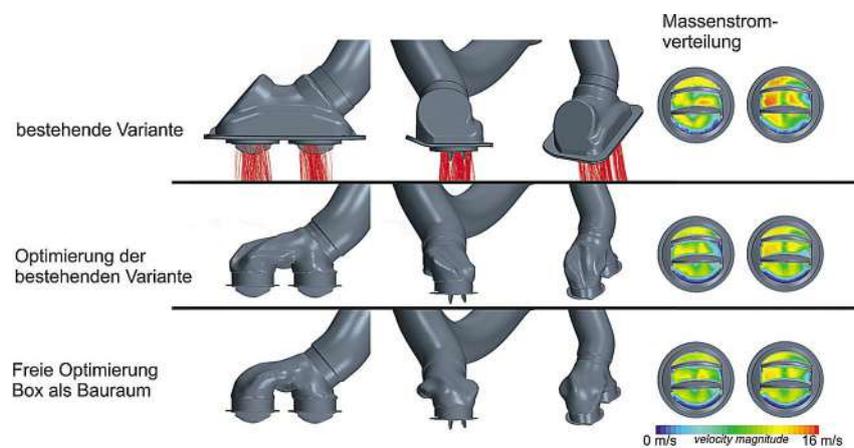


Abb. 3.5-2: Überblick Verteilerbox: Basis, Optimierung der bestehenden Variante, freie Optimierung mit Box als Bauraum, Geometrie links, Massenstromverteilung rechts

In einem vorbereitenden CFD-Lauf wird zunächst für jede Zelle eine anzustrebende Referenzstromrichtung ermittelt. Die globalen Referenzstromrichtungen können über repräsentative Pfadlinien, den sogenannten „Primary Particle Tracks“, visualisiert werden.

Danach erfolgt die eigentliche Optimierung direkt durch einen gekoppelten Lauf von TOSCA-Fluid und dem verwendeten CFD-Löser. Nach jeder Iteration der Strömungsgleichungen werden alle Zellen über einen Vergleich zwischen aktueller und zuvor berechneter Referenzstromrichtung überprüft, ob sie zu dem Strömungsgebiet gehören oder nicht. Zellen, die dem Optimierungskriterium nicht genügen, erhalten nach und nach einen höheren Sedimentationsgrad und werden nicht mehr durchströmt. Vom ursprünglichen maximal verfügbaren Bauraum verbleibt neben sedimentierten Bereichen ein unsedi-

mentiertes, optimal durchströmtes Design-Gebiet, das im Postprocessing noch extrahiert und geglättet werden muss.

### Anwendungsbeispiel Verteilerdüse

Die Topologieoptimierung soll auch konkrete Konstruktionsvorschläge für Problemstellungen aus der Praxis liefern. Die Verteilerdüse in Abbildung 3.5-1 aus dem Klimasystem eines Nutzfahrzeugs liefert einen Einblick in mögliche Anwendungen.

Um im Fahrerbereich ein angenehmes Klima zu schaffen, wird klimatisierte Luft über ein Rohrsystem zu Austrittsdüsen geleitet. Die Düsen können entsprechend den Vorgaben des Fahrers angepasst werden. Die Ziele im Entwicklungsprozess sind neben einem geringen Druckverlust, der den Gesamtwirkungsgrad des Systems beeinflusst, auch eine ausgeglichene Durchströmung beider Düsen. Nach Standard

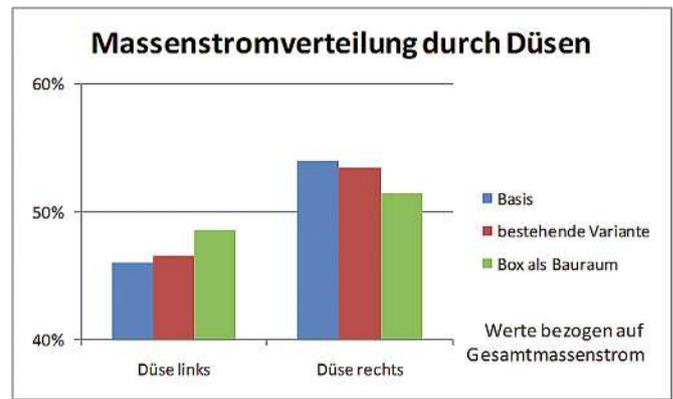
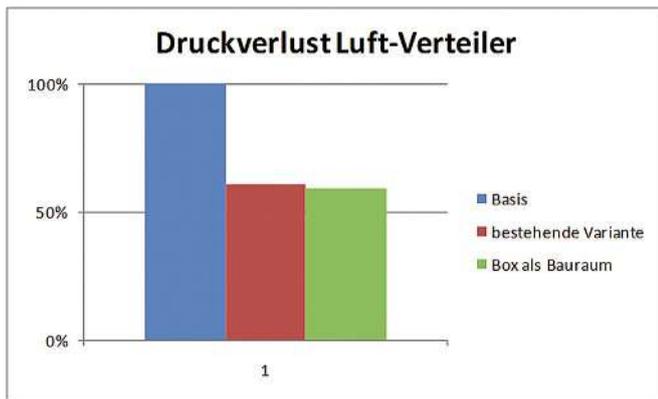


Abb. 3.5-3: Druckverluste und Massenstromverteilung durch Verteilerdüse

sind beide Düsen über eine Verteilerbox miteinander verbunden. In Abbildung 3.5-2 ist die geometrische Form als „bestehende Variante“ dargestellt.

Die Topologieoptimierung wird hier eingesetzt, um einen Konstruktionsvorschlag zu generieren, wie ein Bauteil unter strömungstechnischen Gesichtspunkten aussehen sollte. Dabei soll eine signifikante Reduktion des Druckverlusts erreicht werden. Weiterhin ist eine gleichmäßige Massenstromverteilung über die Düsenquerschnitte und die Düsen selbst gefordert.

Im ersten Optimierungsschritt wird die bestehende Konstruktion als Optimierungsbauraum definiert, das heißt, nur innerhalb der bestehenden Konstruktion können Änderungen durch den Optimierer vorgenommen werden. Somit kann der neue Konstruktionsvorschlag lediglich kleinere Abmessungen einnehmen. Dies führt zu geringeren Abmessungen. Allerdings ist das Optimierungspotenzial in der Regel eingeschränkt, da der zur Verfügung stehende Bauraum bereits eingeschränkt ist. Die Optimierungsergebnisse dieser Untersuchung sind in Abbildung 3.5-2 unter „Optimierung der bestehenden Variante“ dargestellt.

Bei der zweiten Optimierungsvariante wird als Bauraum eine ausreichend große Box definiert, um so die größtmögliche geometrische Freiheit zu gewährleisten. Die Lösungen dieser Variante zeigt Abbildung 3.5-2 unter „Freie Optimierung Box als Bauraum“.

Die in Abbildung 3.5-2 dargestellten

Geschwindigkeitsverteilungen zeigen, dass durch Einsatz der Topologieoptimierung eine homogenere Strömungsverteilung erreicht wird, obwohl dies nicht explizit als Optimierungsziel definiert wurde. Die Unterdrückung von Rückströmgebieten liefert somit auch eine bessere Gleichverteilung, wie in Abbildung 3.5-3 (rechts) zu erkennen ist.

Die Betrachtung der Druckverluste in Abbildung 3.5-3 (links) zeigt die Potenziale, die durch den Einsatz von Topologieoptimierung im Entwicklungsprozess erreicht werden können: Beim vorliegenden Beispiel kann allein durch Optimierung eines vorhandenen Modells eine Reduktion des Druckverlusts auf circa 61 Prozent des Ausgangswerts erreicht werden. Eine Optimierung mit einer Box als Bauraum liefert nochmals eine minimale Verbesserung auf etwa 59 Prozent.

#### Ausblick

Die Topologieoptimierung im Bereich von Strömungssimulationen birgt erhebliche Potenziale. Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass die Methode auch bei Anwendungsfällen in der Praxis bereits erfolgreich eingesetzt werden kann. Trotzdem können die Ergebnisse durch Weiterentwicklungen der Methode verbessert werden.

Deshalb haben die Hochschulen Offenburg und Karlsruhe sowie die Firmen FE-Design GmbH, Daimler AG und Visenso GmbH das Forschungsvorhaben EUdaF-Energieeffiziente Umströmung durch automatisierte Formoptimierung initiiert. Im Fokus steht hierbei die Optimierung von umströmten Körpern.

#### Referenzen

- [1] Moos Oliver, Klimetzek Franz R., Rossmann Rainer (Daimler AG): Bionic Optimization of Air-Guiding Systems, 2004
- [2] TOSCA Fluid Ver. 2.0 User Manual, FE-Design GmbH, 2009
- [3] Häussler Pascal, Sauter Jürgen, Schützle Thomas, Helfrich Tobias, Clausen Peter (FE-Design) Topologieoptimierung für geführte Strömungen. NAFEMS Wiesbaden: s.n., 2007
- [4] Nur einmal rechnen. FE-Design., s.l.: KEM, Februar 2009
- [5] Stephan Markus, Häußler Pascal, Schützle Thomas, Johannsen Daniel (FE-Design): An Efficient Approach for CFD Topology Optimization. NAFEMS Wiesbaden: s.n., 2008
- [6] Gottlieb Andreas, Strobel André, Stephan Markus: Simvec Anwendung der Topologieoptimierung für strömungsführende Bauteile im Fahrzeugentwicklungsprozess, 2010

# Variable Speed Generators with High Fuel Savings

**Prof. Dr.-Ing. Richard Zahoransky**  
 Fakultät Maschinenbau  
 und Verfahrenstechnik (M+V)

Badstraße 24  
 77652 Offenburg  
 Tel.: 0781 205-4645  
 E-Mail: zahoransky@hs-offenburg.de

**1952:** Geboren in Todtnau i. Schwarzwald  
**1972–1977:** Studium des Maschinenbaus an der Universität Karlsruhe (TH)  
**Bis 1982:** Wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Thermische Strömungsmaschinen der Universität Karlsruhe  
**1982:** Promotion an der Universität Karlsruhe  
**1982–1984:** als Feodor-Lynen-Stipendiat der A.-v.-Humboldt-Stiftung Gastwissenschaftler an der Yale University, New Haven/Ct., USA  
**1985–1993:** leitende Positionen in mittelständischen Unternehmen des Maschinenbaus in Spanien und Deutschland  
**Seit 1993:** Professor für Energietechnik und Strömungsmaschinen an der Hochschule Offenburg, Fachbereich Maschinenbau  
**Seit 1998:** Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg  
**1998/99:** Gastprofessor an der Yale University. Mitglied verschiedener Normenausschüsse  
**2004–2007:** Gründer und Studiengangleiter des deutsch-chilenischen Studiengangs Master in Energy Economics MEE  
**Bis 2007:** Geschäftsführer des Kuratoriums der Hochschule Offenburg  
**2007-2012:** Beurlaubt zur Geschäftsführertätigkeit in einem mittelständischen Unternehmen  
**Forschungsgebiete:** Strömungsmaschinen, Energietechnik, Partikelmesstechnik, Partikel/Tropfen-Entstehung und Wachstum, Nicht-Gleichgewichts-Thermodynamik, Nanopartikel-Produktion



## 3.6 Variable Speed Generators with High Fuel Savings

Prof. Dr.-Ing. Richard A. Zahoransky  
 Prof. Dr. Marcus Geimer  
 Dipl.-Ing. Peter Dengler

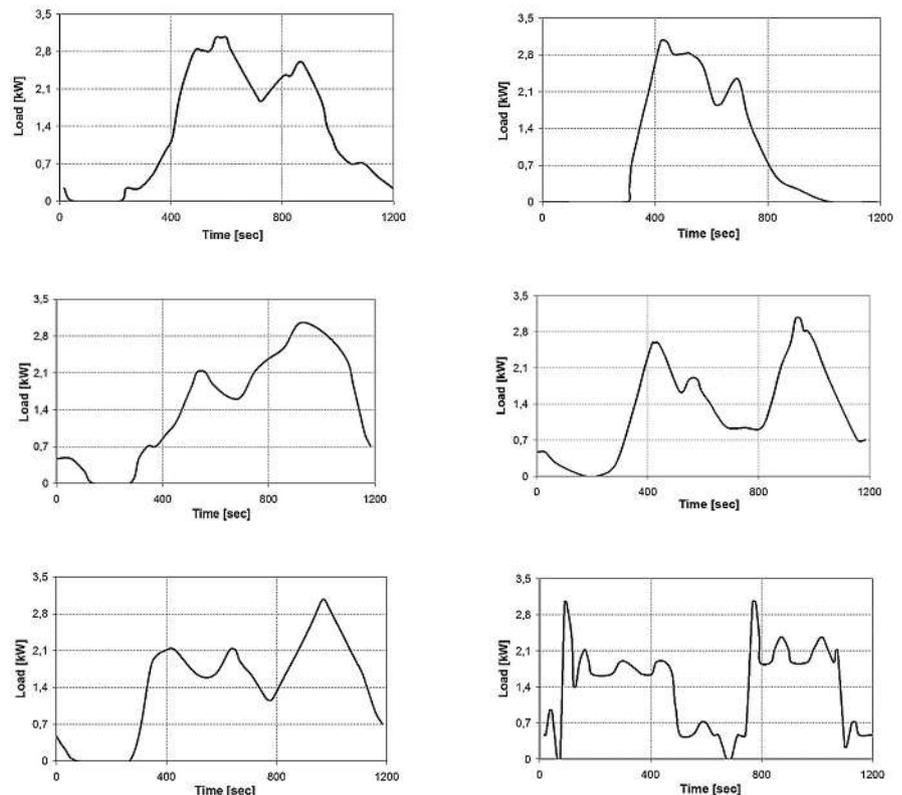
The co-authors Geimer and Dengler are from the Institute of Technology Mobima, Karlsruhe; Prof. Dr. Richard Zahoransky – Hochschule Offenburg

### Abstract

Auxiliary power units (APUs) are used in mobile applications to supply electrical power in the range of 3 to 10 kW. The state of the art generators are driven by a diesel engine at constant speed. They have a low efficiency (high fuel consumption) as they operate mostly in partial load conditions. A higher efficiency for partial loads is feasible by adjusting the speed of the diesel engine to its optimum efficiency. A frequency converter provides a constant electric frequency at variable speed of the generator. The resulting higher investments for such a variable speed generator (VSG) need a proof of economics, which is demonstrated by this investigation.

### Introduction

Small diesel electric generators are used in mobile applications to provide power for auxiliary electric appliances (air conditioning, micro-wave oven, lightning,



**Table 1:** Considered representative duty cycles

TV, etc.) during off-driving time periods to suit the need of the driver. The APUs allow to stop the big main diesel drive, as its fuel consumption in idle mode for battery charging is high due to its internal friction. Fields of application are military applications, ambulances, police

vehicles, camper vans and long-haul trucks. Especially long-haul trucks are of interest due to its high market potential particularly in the US [1]. The state of the art APU systems are based on basic constant speed generators.

However, such a diesel-electric APU has a low efficiency at partial loads.

An electronic converter (inverter) allows to design a VSG with a constant electric frequency output. These devices are proven for other purposes, e.g. hybrid systems [3]. But an APU with a VSG technology is still not established as its higher investment is not yet proven to be economical. The fuel consumption is analysed in this paper for several typical load profiles using a VSG – thus proving the economics.

**Duty cycles and control strategies**

Long distance truck drivers keep their main diesel engine running after driving (if no APU is installed) to supply the cabin with power for auxiliaries, especially in the US. The engine is, therefore, kept idling overnight and generates high air pollution. This led the Californian government to ban idling of trucks over 10,000 pounds (4,5 t) for more than 5 min [4]. Duty cycles for this application ([5], [6]) are considered in this project. German load cycles were selected for other applications. The German Association VDEW (today BDEW) generated a variety of different duty cycles. These VDEW-profiles are based on measured values and represent an approximation of the real demand [7]. The following profiles have been chosen:

- The load profile “Domestic” represents the demand of a household. It is relevant for yachts, caravans, recreational vehicles and long-haul trucks.
- Three load cycles cover professional applications as law enforcement, rescue or specialty vehicles. The first one describes the demand of businesses in general, the second one the power demand of businesses weekdays from 8 a.m. to 6 p.m. and the third one shows businesses with highest demand in the evening.
- A fourth one represents the power demand for a remote farm.

Four different control strategies were chosen for the comparative tests:

1. Constant speed of revolution
2. Constant speed with start/stop-function
3. Variable speeds of revolution
4. Variable speeds with start/stop-function

The constant speed mode represents a standard generator. As the profiles were scaled to the peak power, this system needed to be run at maximum engine speed at 3600 rpm. The start/stop-function switches off the engine when no power is needed. A speed range of 1500-3600 rpm was chosen for the variable speed mode.

**Simulation**

A simulation model was created to analyse two different issues:

1. To calculate the fuel consumption of the engine for the given profiles.
2. To determine the optimum efficiency of the system for different load cases.

The first one is used for verification of the model. Comparing the simulation results with the test results quickly identifies errors in measurements or simulations. It is also used to proof fuel consumption reduction of other load profiles to determine the rotary speeds of the diesel for highest system efficiencies. The objective was to interpolate these points and to provide a characteristic curve of the system which was stored in the control device of the diesel engine. Thus, the system operated at best efficiencies for any power demand. Figure 3.6-1 represents the test set up. For the simulations, only the drivetrain with diesel engine, generator and inverter, was examined.

In contrast to real APU systems, a buffer battery was not part of the system. A battery is indispensable if spontaneous load peaks occur and the engine operates in a low rotary speed. The focus was on the reduction of fuel consumption of the

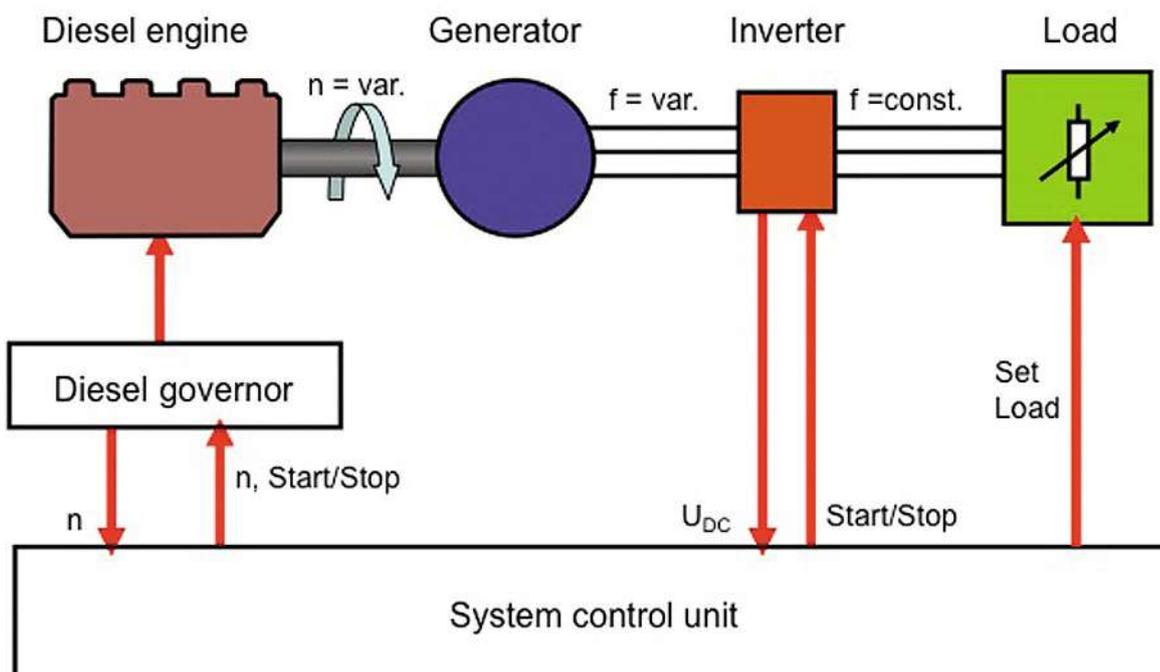


Fig. 3.6-1: Set up of the analysed system

system, so that the profile was “known” by the control unit and a battery was not needed.

The characteristics of the components were needed for the simulation. The characteristic map of the diesel engine was provided by the Company Hatz. The maps of the inverter and the generator were measured on the test bench, Figure 3.6-2. The simulation model was designed by Matlab®. An algorithm was programmed which calculates the points of best efficiency for each (electric) power demand. This resulted in the curve of optimum efficiency of Figure 3.6-3. The lines of constant electric power are deformed due to the efficiencies of inverter and generator. The area of highest system efficiency is at the top of the characteristic diesel engine field and located at the curve of maximum engine torque. This resulting curve was used for the control unit which adapts the rotary speed of the diesel engine to the present load.

**Test bench and results**

The control let the diesel engine time to change its speed when the power increased as there is no energy buffer. The system control unit had the following tasks:

- Control of the load: The control unit governs the electrical load in order to create the selected load profiles.
- Control and monitoring of the rotary speed of the diesel engine. The control unit communicates with the diesel governor. The rotary speed of the diesel is determined by the current load and the calculated curve of its best efficiency.
- Start and stop of the engine: The control unit stops the engine when no power is need and restarts it.
- Control of the inverter with status check and error handling.

The used diesel engine was a four stroke air cooled engine with one piston. The diesel has a nominal power of 3.5 kW at 3500 rpm and is digitally governed by the unit DG3005.10 of the Company Heinzmann.

The generator is a brushless permanent synchronous generator (manufacturer: Heinzmann) of the nominal electric power of 4.5 kVA at 3500 rpm. It provides

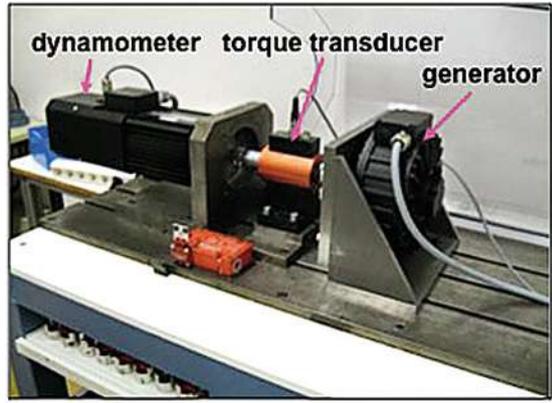


Fig. 3.6-2: Test bench for determination of characteristic maps

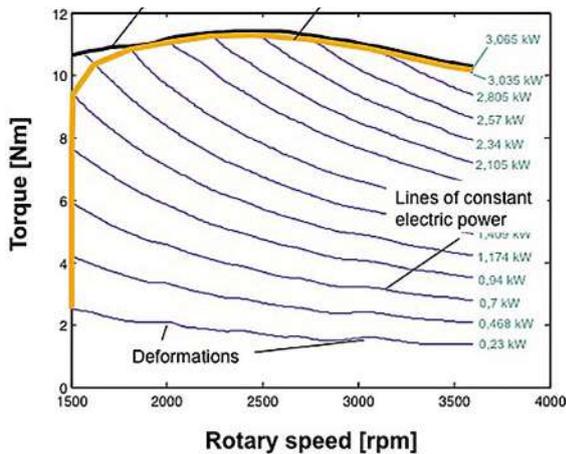


Fig. 3.6-3: Determined characteristic curve of optimum fuel consumption of diesel engine

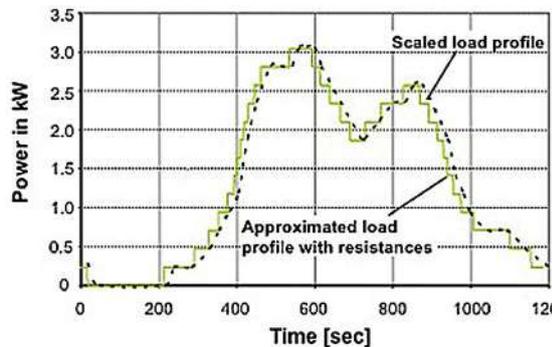


Fig. 3.6-4: Approximation of load profile with resistances

under load a voltage of 150 VAC at 1500 rpm. This was necessary to ensure that the inverter generates a stable voltage of 100 VAC at 50 Hz.

The alternating current was rectified into a direct current at variable voltage. The voltage was transformed by the inverter into a 3-phase alternating current at a constant frequency of 50 Hz. A transformer changed this voltage to 400 VAC (European low voltage grid). The electric load was generated by four parallel resistances which allow 16 different linear increasing levels. The continuous profiles were transformed by the control software into a discrete load profile according to the 16 power levels. The soft-

ware switched the resistances in order to approximate the entered load profile (see Figure 3.6-4).

The driving torque and the rotary speed were measured directly at the drivetrain connecting the generator with the diesel engine (Figure 3.6-5).

The test results with the total fuel consumption for the considered load profile with different control strategies are presented in Table 2.

The table shows in normal letters the simulation results, and the experimental results are presented in bold letters. The fuel consumption reduction with the gi-

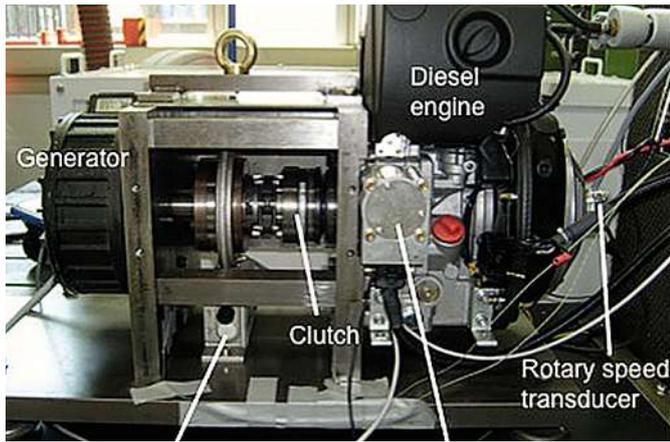


Fig. 3.6-5: Test bench with mounted diesel engine and generation

ven control strategy is indicated in brackets. In all cases, the fuel consumption of the diesel is lower for each profile when operated in VSG mode. The start/stop-function has logically an increasing effect at longer periods of zero power demand. But the rotary speed adaptation has a stronger fuel saving effect than the start/stop function. Furthermore, it

can be seen, that the simulation model predicts very precisely the fuel consumption of the system. The deviation to the measured results is within low percentages.

The simulation model is additionally well suitable for predicting dynamic values like torque and current fuel con-

sumption as shown in Figure 3.6-6 and Figure 3.6-7. In Figure 3.6-7, a peak in fuel consumption can be observed which occurs when the diesel is accelerating to reach the next power level. These peaks are not modelled in the simulation model as it is quasi static.

### Conclusion

The results have shown that operating an APU at variable speed enables a remarkable reduction in fuel consumption of at least 30% for all considered load cycles. This is a very high reduction despite the fact that the tested profiles have a rather low load factor. Certainly, other load profiles with higher load factors (not relevant for APUs) will exhibit a lower but still significant fuel reduction.

The VSG technology provides an economic and ecologic way to provide energy for auxiliaries, particularly for long-haul trucks.

Control Strategy	Profile "General businesses"	Profile "Business workdays"	Profile "Business evening"	Profile "Farm"	Profile "Domestic"	Profile "Truck"	
Constant Speed	<b>E</b>	<b>0,272 L</b>	<b>0,235 L</b>	<b>0,287 L</b>	<b>0,266 L</b>	<b>0,280 L</b>	<b>0,279 L</b>
	<b>S</b>	0,259 L	0,221 L	0,271 L	0,249 L	0,261 L	0,260 L
Constant Speed S/St*	<b>E</b>	<b>0,249 L</b> (- 8,48%)	<b>0,175 L</b> (-25,49%)	<b>0,268 L</b> (-6,77%)	<b>0,252 L</b> (-5,49%)	<b>0,254 L</b> (-9,04%)	<b>0,275 L</b> (-1,26%)
	<b>S</b>	0,237 L (-8,49%)	0,162 L (-26,70%)	0,252 L (-7,01%)	0,235 L (-5,60%)	0,237 L (-9,20%)	0,256 L (-1,54%)
Variable Speed	<b>E</b>	<b>0,195 L</b> (-28,46%)	<b>0,154 L</b> (-34,54%)	<b>0,209 L</b> (-27,13%)	<b>0,184 L</b> (31,14%)	<b>0,198 L</b> (-29,22%)	<b>0,194 L</b> (-30,27%)
	<b>S</b>	0,185 L (-28,57%)	0,144 L (-34,84%)	0,198 L (-26,94%)	0,171 L (-31,33%)	0,186 L (-28,74%)	0,180 L (-30,77%)
Variable Speed S/St*	<b>E</b>	<b>0,189 L</b> (-30,50%)	<b>0,133 L</b> (-43,20%)	<b>0,204 L</b> (-29,03%)	<b>0,179 L</b> (-32,89%)	<b>0,190 L</b> (-32,00%)	<b>0,193 L</b> (-30,81%)
	<b>S</b>	0,178 L (-31,27%)	0,123 L (-44,34%)	0,192 L (-29,15%)	0,168 L (-32,53%)	0,178 L (-31,80%)	0,179 L (-31,15%)
<b>E = Experiment, S = Simulations; *S/St = control mode with start/stop function</b>							

Table 2: Results of total consumption determined by simulations and tests

### Acknowledgments

The project was performed by the Chair of Mobile Machines at the Karlsruhe Institute of Technology and Heinzmann GmbH & Co. KG in cooperation with Motorenfabrik Hatz GmbH & Co. KG. The project was financed by the German Environmental Foundation (DBU). The authors want to thank the DBU for the support of this project.

### Thank

This project was selected by the German Environmental Foundation to be exhibited in the prestigious „Week of the Environment“ (Woche der Umwelt) which takes place June 5th to 6th, 2012 in the park of Castle Bellevue, the seat of the German President.

### References

- [1] Contestabile M.: Analysis of the market for diesel PEM fuel cell auxiliary power units onboard long-haul trucks and of its implications for the large-scale adoption of PEM FCs, Energy Policy, Elsevier Science, 2009
- [2] Khan M. J., Iqbal M. T.: Prefeasibility study of stand-alone hybrid energy systems for applications in Newfoundland, Renewable Energy, Elsevier Science, 2004
- [3] Böhler F., Thiebes P., Geimer M., Sautoire J., Zahoransky R.: Hybrid Drive Systems for Industrial Applications, SAE-NA Paper Series, Paper 2009-24-0061, 2009
- [4] Title 13, California Code of Regulation, Section 2485: Airborne Toxic Control Measure to Limit Diesel-Fueled Commercial Motor Vehicle Idling, Office of Administrative Law, State of Calif., 2005
- [5] Steinberger-Wilckens R.: Wissenschaftlicher Ergebnisbericht 2006, Schwerpunkt: Energie, FE-Vorhaben: P12 Rationelle Energieumwandlung, Forschungszentrum Jülich, 2006

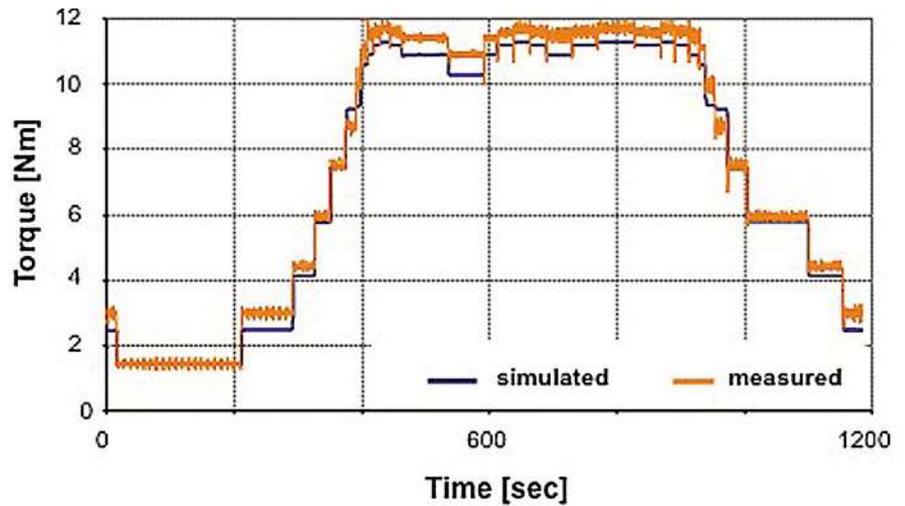


Fig. 3.6-6: Time dependent fuel consumption, simulation and test results

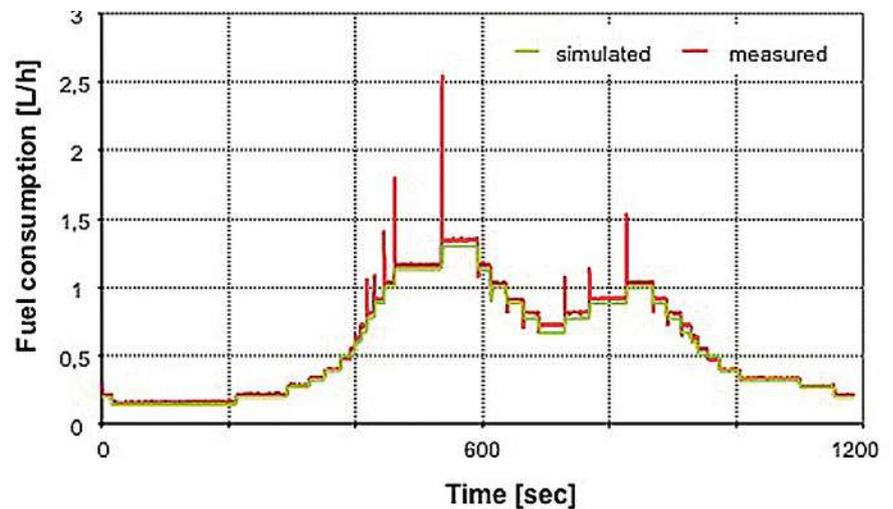


Fig. 3.6-7: Time dependent diesel torque, simulation and test results

- [6] Lasher S. et al.: Evaluation of the potential for fuel cell APUs", Proceedings of the Fuel Cell Seminar, San Antonio, USA, 2004
- [7] Fünfgeld C., Tiedemann R.: Anwendung der repräsentativen VDEW-Lastprofile step-by-step, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 2000

# Untersuchung der methanbildenden Mikroorganismengemeinschaft in Biogasanlagen

**Prof. Dr. rer. nat. Christiane Zell**

Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik (M+V)  
Programmverantwortliche Biotechnik

Badstraße 24 77652 Offenburg  
Tel.: 0781 205-100  
E-Mail: [christiane.zell@hs-offenburg.de](mailto:christiane.zell@hs-offenburg.de)

**1965:** Geboren in Merzig (Saar)  
**1992:** Diplom Biologie (Mikrobiologie, Biochemie, Biophysik), Universität des Saarlandes  
**1992:** Freie Mitarbeit bei Prof. Dr. H.-U. Meisch – Staatlich anerkannter Gutachter für Umweltfragen, Saarbrücken; wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Biochemie, Universität des Saarlandes  
**1995:** Promotion zum Thema „Entfernung von Schwermetallen aus wäßrigen Medien durch Retention an chemisch modifizierter, chitinhaltiger Abfallbiomasse“, Institut für Biochemie /Zentrum für Umweltforschung der Universität des Saarlandes  
**1995:** Leiterin der mikrobiologischen Abteilung der Umweltlabor Westpfalz GmbH  
**1997:** Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Gesellschaft für Umweltkompatible Prozesstechnik GmbH  
**Seit 2003:** Professorin für Biotechnologie, Gentechnik, Zellkulturtechnik und Bioinformatik an der Hochschule Offenburg



## 3.7 Untersuchung der methanbildenden Mikroorganismengemeinschaft in Biogasanlagen

Prof. Dr. rer. nat. Christiane Zell  
K. Haas (B. Sc.)

### Zusammenfassung

Die optimale Zusammensetzung und Aktivität der Mikroorganismengemeinschaft ist für den stabilen und effizienten Betrieb einer Biogasanlage essentiell. Moderne kultivierungsunabhängige Nachweismethoden können erstmals die Basis für eine rationale mikroorganismenfokussierte Verfahrensoptimierung liefern.

Als erster Schritt für den Aufbau eines aussagekräftigen Monitoringsystems für die Biogasmikrobiologie wurde ein nucleinsäurebasiertes Verfahren (TaqMan Real-time PCR) zum Nachweis der methanbildenden Mikroorganismen (Archaeen) sowie von vier Untergruppen etabliert und auf Proben aus zwei unterschiedlich betriebenen Biogasanlagen in Neuried und Oberried angewandt.

Bei der Anlage in Oberried in der Nähe von Freiburg, betrieben von örtlichen Landwirten (Substrat: Gülle, Grassilage, Maissilage, Mist, Anlage mit Güllevorgrube, Fermenter und Gärrestlager) konnten insgesamt höhere absolute Konzentrationen an Archaeen nachgewiesen werden als in der Anlage in Neuried in der Nähe von Offenburg, betrieben durch die Fa. badenova AG & Co. KG, Freiburg (thermophil betrieben, Substrat:

Maissilage, Anlage mit Hauptfermenter, Nachfermenter und Gärrestlager).

Auch hinsichtlich der vier untersuchten Untergruppen zeigten sich deutliche Unterschiede, die auf die unterschiedlichen an der Methanbildung beteiligten Abläufe hinweisen.

### Einleitung und Zielsetzung

Die Kenntnis der Zusammensetzung der Mikroorganismengemeinschaft und der ablaufenden biochemischen Prozesse bieten entscheidende Interpretationshilfen sowohl für die Verfahrensoptimierung als auch für die Stabilität einer Biogasanlage im Routinebetrieb. Trotz dieser offensichtlichen Relevanz der Bioreaktionen sind die genauen Abläufe bislang nur unzureichend verstanden. Vielmehr wurden die aus Abwasserreinigungsanlagen abgeleiteten Konzepte zum anaeroben Abbau von Biomasse ohne ausreichende Überprüfung auch für Biogasanlagen angenommen [1].

Man geht dabei davon aus, dass die anaerob ablaufende Biogasbildung die Folge komplexer biochemischer Prozesse mit Hydrolysephase, Versäuerungsphase (Acidogenese), Essigsäurebildungsphase (Acetogenese) und eigentlicher methanbildender Phase (Methanogenese) darstellt. An dieser Fütterungskette ist eine Vielzahl verschiedener Mikroorganismen mit unterschiedlichen Bedürfnissen beteiligt, sodass für die Prozessführung immer ein Kompromiss gefunden werden muss [2]. Besondere Berücksichtigung müssen im Hinblick auf die Effizienz der Biogasproduktion immer die

schwächsten und limitierenden Mitglieder der Mikroorganismengemeinschaft finden.

In der „Postgenom-Ära“ wurden leistungsfähige und schnelle Methoden zur Nucleinsäureanalytik (weiter-)entwickelt. Dadurch ist jetzt erstmals auch die Analyse ganzer Mikroorganismengemeinschaften möglich geworden, indem repräsentative Nucleotidsequenzen quantitativ nachgewiesen oder gar ganze Metagenome (die gesamte DNA einer komplexen Probe) sequenziert werden können. Auch wenn die genaue Beschreibung der mikrobiologischen Wechselwirkungen in Biogasanlagen eine hochkomplexe Angelegenheit bleibt, lassen sich mittlerweile zumindest einzelne mikrobiologische Aktivitäten hiermit effizient und schnell nachverfolgen. Als erster Ansatz zur Untersuchung der biogasbildenden Mikroorganismengemeinschaft und ihrer Limitierungen wurde ein Verfahren etabliert und modifiziert, um die besonders störungsanfälligen methanogenen Archaeen sowie von relevanten Untergruppen nachzuweisen.

In zwei unterschiedlich betriebenen Praxisbiogasanlagen wurden anschließend quantitative Bestimmungen durchgeführt und die beiden Anlagen verglichen. Dieser Ansatz soll in weiteren Untersuchungen dazu genutzt werden, anhand der Populationsdynamik der methanbildenden Mikroorganismen den Einfluss von Veränderungen der Verfahrensparameter zu verstehen, um diese rational und nicht nur nach dem Prinzip „Versuch und Irrtum“ optimieren zu können.



Abb. 3.7-1: Biogasanlage Neuried der Fa. badenova AG & Co. KG (jeweils 2 baugleiche Einheiten)

## Angewandte Methoden

### Untersuchte Biogasanlagen

Anlage Neuried (Abb. 3.7-1): Hierbei handelt es sich um eine thermophil betriebene und mit Maissilage gefütterte Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 2 x 700 kW. In der ersten Stufe der Anlage (Hauptfermenter) finden vorwiegend die hydrolytische Spaltung der Polymere sowie die Versäuerung statt. In der zweiten Stufe (Nachfermenter) schließt sich die Phase der Essigsäurebildung sowie die eigentliche Methanogenese an, die noch bis in das folgende Gärrestlager hin fortgeführt wird. Es findet eine teilweise Rückführung organischer Biomasse aus dem Hauptfermenter in die erste Stufe statt.

Anlage Oberried: Diese Anlage befindet sich auf einem landwirtschaftlichen Hof und besteht aus Vorgrube, Fermenter und Gärrestlager. In der Vorgrube befindet sich Gülle, die von dort in den eigentlichen Fermenter gepumpt wird. Feststoffe wie Maissilage, Grassilage und Festmist werden über eine Förderschnecke aus einer Aufnahmewanne ebenfalls in den Fermenter befördert. Im Fermenter findet wesentlich der Faulprozess statt. Die Anlage liefert eine Leistung von 40 kW.

### Probenahme

Die untersuchten Proben wurden aus den unterschiedlichen Teilbereichen der beiden Biogasanlagen entnommen:  
Anlage Neuried: Hauptfermenter, Nachfermenter  
Anlage Oberried: Vorgrube, Fermenter

### Nachweismethode

Die Archaeen sowie vier Untergruppen wurden anhand der vorkommenden 16S rDNA quantitativ bestimmt.

Die Extraktion der DNA erfolgte nach einem weiterentwickelten Protokoll von Klocke et al. [3].

Der eigentliche Nachweis der DNA erfolgte durch spezifische Vervielfältigung der DNA-Abschnitte mit Taq-Man-Realtime PCR. Es wurden spezifische Primer-Sets für Gesamtarchaeen sowie für die Untergruppen Methanobacteriales, Methanomicrobiales, Methanosarcinaceae und Methanosaetaceae verwendet. Auswahl der Primer-Sets und PCR-Protokoll wurden Nettmann et al. (2008) [4] entnommen.

### Ergebnisse und Diskussion

Wie erwartet konnten methanogene Archaeen in allen untersuchten Proben nachgewiesen werden (Abb. 3.7-2).

Die absoluten Gesamtkonzentrationen waren dabei in den Proben aus der Anlage Oberried am höchsten, wobei das Güllerreservoir (Vorgrube) gegenüber der eigentlichen Prozessstufe (Fermenter) höhere Werte aufwies.

Gülle ist natürlicherweise reich an Archaeen. Die vergleichsweise geringeren Konzentrationen in der Fermenterstufe sind auf einen Verdünnungseffekt durch Eintrag der weiteren Feststoffe zurückzuführen, der nicht vollständig durch die Anreicherung der Archaeen kompensiert wird.

Die Anlage Neuried weist insgesamt geringere Gesamtarchaeenkonzentrationen auf, wobei hier die höheren Konzentrationen wie erwartet im Nachfermenter, wo die eigentliche Methanogenese stattfindet, nachgewiesen werden konnten.

Einen wichtigen Hinweis auf die unterschiedlichen an der Methanbildung be-

teiligten biochemischen Prozesse liefert ein Blick auf die Verteilung der Archaeenuntergruppen (Abb. 3.7-3).

Je nach Probe konnten 16 – 32 % der nachgewiesenen Archaeen einklassifiziert werden (Abb. 3.7-3).

In der Anlage Oberried dominierten Methanobacteriales und Methanosaetacea, wobei im Fermenter im Vergleich zur Vorgrube (Gülle) eine massive Anreicherung der Methanosaetacea stattgefunden hat. Da diese im Gegensatz zu den anderen untersuchten Untergruppen obligat Methan aus Essigsäure bilden (acetoklastische Methanbildner) [5], scheint hier dieser Methanbildungsweg eine erhebliche Rolle zu spielen.

Bei der mit Maissilage gefütterten Anlage in Neuried waren hingegen Methanomicrobiales und Methanosarcinaceae vorherrschend mit jeweils deutlichen Anreicherungen im Nachfermenter.

Methanomicrobiales sind obligat wasserstoffverwendend (hydrogenotrophe Methanbildner). Methanosarcinaceae haben sowohl die Fähigkeit der acetoklastischen als auch der hydrogenotrophen Methanbildung [5]. Bei der Anlage in Neuried scheint daher die hydrogenotrophe Methanbildung im Vergleich zur Anlage Oberried von größerer Bedeutung zu sein.

Der unterschiedliche Anlagenbetrieb hat also nicht nur Auswirkungen auf die Gesamtmenge an Archaeen, sondern führt offensichtlich auch zu deutlichen Verschiebungen der Zusammensetzung bei den Untergruppen. Hieraus lassen sich durch Hinweise auf die unter den Prozessbedingungen ablaufenden unter-

### Vergleich der Biogasanlagen Neuried - Oberried im Bezug auf die Archaeenmenge

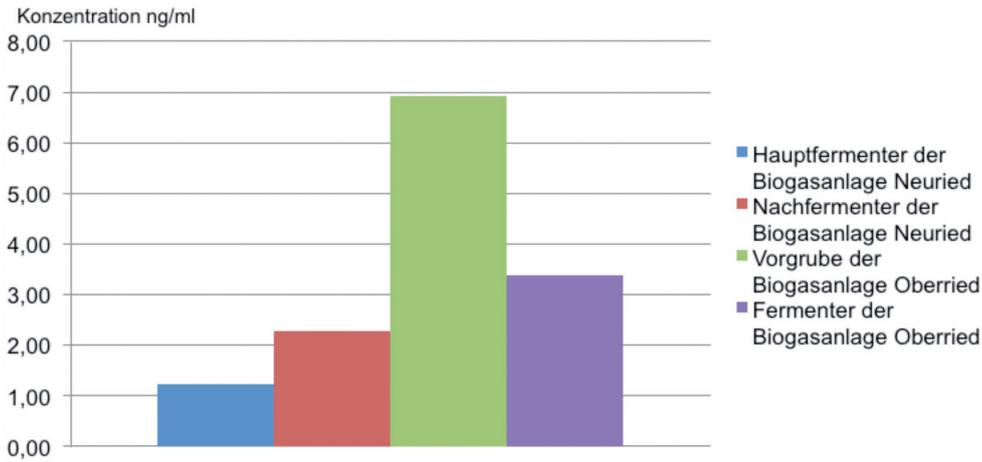


Abb. 3.7-2: Gesamtarchaeenkonzentrationen Anlage Neuried und Anlage Oberried

### Vergleich der Biogasanlagen Neuried - Oberried im Bezug auf die Archaeenmenge

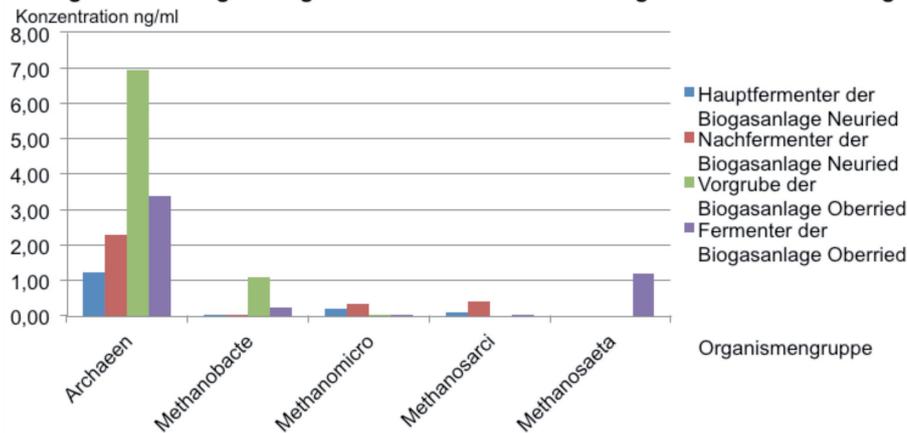


Abb. 3.7-3: Gesamtarchaeenkonzentration und Archaeenuntergruppen

schiedlichen Methanbildungsprozesse Möglichkeiten ihrer Feinstuerung ableiten.

#### Ausblick

In weiterführenden Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe wird zurzeit die Bedeutung der Befunde für die Effizienz der Biogasbildung und Zusammensetzung anhand weiterer Prozessdaten interpretiert.

Die hier vorgestellten Ergebnisse stellen dabei nur einen Teilausschnitt der Untersuchungen zur Populationsdynamik der methanogenen Archaeen in Labor- und Praxis-Biogasanlagen dar. Die Korrelationen mit weiteren Messdaten sollen den Weg zu mehr mikroorganismenzentrierten Verfahrensoptimierungen ebnen. Wie kann die Anzahl der sensiblen limitierenden Gruppen an biogasbildenden Mikroorganismen gestei-

gert werden? Hierbei hilft auch der genauere Blick auf die einzelnen Untergruppen und ihrer speziellen Wachstumsbedürfnisse, denen gegebenenfalls durch Veränderung der Verfahrensparameter Rechnung getragen werden kann.

Erhebliche Veränderungen der Mikroorganismenbiozönose scheint auch die Zugabe von cellulosespaltenden Enzymen zu bewirken. Aktuelle Ergebnisse hierzu werden gerade ausgewertet.

#### Referenzen/References

- [1] Munk B. et al.: Population dynamics of methanogens during acidification of biogas fermenters fed with maize silage. *Eng. Life Sci.*, 10, No. 6, 496 – 508, 2010
- [2] Kaiser F. et al.: Sicherung der Prozessstabilität in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Bayerische Landes-

anstalt für Landwirtschaft (LfL). Lerchl Druck Freising, 2007

- [3] Klocke M. et al.: Characterization of the methanogenic Archaea within two phase biogas reactor systems operated with plant biomass. *Systematic and Applied Microbiology* 31, 190 – 205, 2008
- [4] Nettmann et al.: Archaea diversity within a commercial biogas plant utilizing herbal biomass determined by 16 S rDNA and mcrA analysis. *Journal of Applied Microbiology*, 105, 1835 – 1850, 2008
- [5] Klocke M. et al.: Charakterization of the methanogenic Archaea within two-phase biogas reactor system operated with plant biomass. *Systematic and Applied Microbiology*, 31, 190 – 205, 2008

### 3.8 Kooperatives Promotionskolleg der Hochschule Offenburg mit der Universität Freiburg

Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin [1]  
Prof. Dr.-Ing. Dirk Jansen  
Prof. Dr. Peter Treffinger  
Prof. Dr. Andreas Christ  
Martin Schmela M. Eng.

Zum ersten Mal gibt es mit dem kooperativen Promotionskolleg über „Kleinskalige erneuerbare Energiesysteme – KleE“ für hochqualifizierte Absolventen der Hochschule Offenburg die Möglichkeit zur Promotion innerhalb des engen wissenschaftlichen Austauschs eines Doktorandenkollegs. Betreut werden sie gemeinsam von je einem Universitätsprofessor und einem Hochschulprofessor. In Zusammenarbeit mit der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, dem Zentrum für Erneuerbare Energien (ZEE), und den Fraunhofer-Instituten für Solare Energiesysteme (ISE) sowie für Physikalische Messtechnik (IPM) forschen 15 Doktorandinnen und Doktoranden im Promotionskolleg KleE an interdisziplinären Forschungsthemen.

Durch eine unabhängige Gutachterkommission wurden insgesamt acht Promotionskollegs in den Regionen Südlicher Oberrhein, Mittlerer Oberrhein, Nord-schwarzwald, Rhein-Neckar, Stuttgart, Neckar-Alb und Donau-Iller zur Förderung vorgeschlagen. Das Wissenschaftsministerium des Landes Baden-Württemberg stellt in diesem bundesweit einmaligen Pilotförderprojekt für das auf drei Jahre angelegte Programm vom 1.07.2011 bis zum 30.06.2014 alles in allem rund 4,85 Millionen Euro bereit.

Zur Finanzierung des Promotionskollegs KleE dienen insgesamt 14 Promotionsstipendien. Zehn Stipendien werden durch das Land zur Verfügung gestellt. Zwei weitere Stipendien stammen von der Internationalen Graduiertenakademie der Universität Freiburg und ein Stipendium aus der Industrie. Weiterhin wird ein Stipendium von der Rainer-Lemoine-Stiftung finanziert. Ebenfalls promoviert ein über Drittmittelprojekte finanzierter technischer Angestellter der Forschungsgruppe net. Fünf Doktoranden arbeiten an Themengebieten der Hochschule, sechs an der Universität, drei am Fraunhofer-ISE und einer am Fraunhofer-IPM.

Das Promotionskolleg verbindet die klassischen universitären Kompetenzen mit anwendungsorientierter technischer Grundlagenforschung zu einer interdisziplinären Forschungsarbeit. Ein integraler Bestandteil des Konzepts sind die forschungsstarken Professuren der Hochschule Offenburg. Unter dem Dach des ZEE beteiligen sich bei der Universität Freiburg insbesondere Professoren der Institute für Mikrosystemtechnik (IMTEK) sowie der Forstökonomie und Psychologie.

Das Hauptziel des KleE-Promotionskollegs ist die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses sowie die Gestaltung der Transition zu einer dezentralisierten, kleinskaligen Energieversorgungsstruktur mit starken Beiträgen aus erneuerbaren Quellen in Deutschland. Kleinskalige Systeme zeichnen sich durch eine Optimierung der Energieerzeugung auf den jeweiligen Bedarf aus und stellen Energie

hocheffizient bereit. Da regenerative Energiequellen standortabhängige Charakteristika aufweisen, müssen Umwelteinflüsse und wichtige Randbedingungen erfasst werden. Darauf aufbauend ist eine Vernetzung und Steuerung dezentraler Systemkomponenten für einen ausgeglichenen flächendeckenden Energiehaushalt unabdingbar. Das interdisziplinäre Netzwerk aus Ingenieuren, Physikern, Ökonomen, Umwelt- und Sozialwissenschaftlern innerhalb eines Promotionsprogrammes wird dazu beitragen, die Herausforderungen des Energieversorgungsnetzes der nächsten Generation zu meistern. Die Annäherung aus unterschiedlichen Blickwinkeln an eine Versorgung mit regenerativen Energien gibt die Möglichkeit, das System, seine Technologien, Prozesse und Methoden in einer stärker integrierten Weise bewerten zu können. Die Energieversorgung der Zukunft setzt eine Verknüpfung der verschiedenen Fachgebiete aus Produktion, Verteilung, Benutzerintegration, Sozioökonomie und gesellschaftlicher Akzeptanz voraus.

Sprecher des Promotionskollegs:  
Prof. Dr. Leonhard Reindl  
(Universität Freiburg)  
Prof. Dr. Andreas Christ  
(Hochschule Offenburg)  
Dr. Christoph Wittwer  
(Fraunhofer-Institute)

Gruppensprecher der Doktoranden:  
Gregor Rohbogner (Fraunhofer-ISE)

#### Referenzen

[1] Der Autor wurde bereits unter 3.1 vorgestellt



Abb. 3.8-1: KleE-Doktoranden

# Untersuchung zur Energieeffizienz von Rapid-Prototyping-Verfahren

**Prof. Dr.-Ing. Stefan Junk**

Fakultät Betriebswirtschaft und  
Wirtschaftsingenieurwesen (B+W)

Campus Gengenbach

Klosterstraße 14

77723 Gengenbach

Tel. (0 78 03) 96 98-44 21

E-Mail: stefan.junk@hs-offenburg.de

**1971:** Geboren in Wadern

Ausbildung zum Werkzeugmechaniker bei DIEHL, Mariahütte

**1999:** Diplom-Ingenieur Konstruktions- und Fertigungstechnik,  
Universität des Saarlandes

**2003:** Promotion über „Inkrementelle Blechumformung“  
bei Prof. Hirt, heute RWTH Aachen

**2004 – 2008:** Prozessentwicklung bei Eberspächer Abgastechnik,  
Neunkirchen

**2008:** Professur für Computer Aided Engineering CAE und Ma-  
schinenelemente

**Forschungsgebiete:** Produktentwicklung, Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Reverse Engineering



## 4.1 Untersuchung zur Energieeffizienz von Rapid-Prototyping-Verfahren

*Prof. Dr.-Ing. Stefan Junk*

*Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Samantha Côté  
M. Eng.*

### Abstrakt

*Der effektive Einsatz von Energie ist vor dem Hintergrund von begrenzten Ressourcen und der Forderung nach einer Reduzierung der bei der Energiegewinnung entstehenden Umweltbelastungen von wachsender Bedeutung. Für die noch relativ junge Gruppe der generativen Fertigungsverfahren liegen bis heute kaum Untersuchungen zum Energieverbrauch vor. Deshalb werden in diesem Beitrag zwei weit verbreitete Rapid-Prototyping-Verfahren (3D-Drucken und Fused Deposition Modeling) hinsichtlich ihres Energieverbrauchs untersucht und verglichen. Zudem werden Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz aufgezeigt und Einsparmöglichkeiten genannt.*

### Einleitung

Der Energiebedarf der wachsenden Weltbevölkerung sowie des industriellen Sektors steigen kontinuierlich. Dies führt zu Emissionen, Umweltbelastungen, Klimawandel und Knappheit fossiler Ressourcen [1]. Für Unternehmen bedeutet dies nicht nur, dass sich die Kosten für Energie erhöhen und sich die umweltpolitischen Vorgaben verschärfen, wie beispielsweise nach dem Kyoto-Protokoll zum internationalen Klimaschutz, sondern sie stehen auch in der direkten Verantwortung, die negativen Auswirkungen ihres Energiebedarfs einzudämmen, indem sie nachhaltig handeln. Das Energieeinsparpotenzial ist enorm, da allein in Deutschland etwa die Hälfte des Stromverbrauchs von Industrie und Handel verursacht

wird [2]. Treffen Unternehmen Maßnahmen, um Energie einzusparen und effizient einzusetzen, so bedeutet dies wiederum eine Verringerung der Emissionen, Umweltbelastungen und des Rohstoffverbrauchs. Energieeffizientes Handeln führt zu einer Minimierung der Energiekosten, sodass die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen und ihrer Produkte gesteigert werden kann [1].

Neben diesen energetischen Herausforderungen werden Unternehmen mit Veränderungen der Marktbedürfnisse konfrontiert. So sind heute bei vielen Produkten mehr Varianten bei geringeren Stückzahlen gefordert, da die Endverbraucher individuelle Produkte den Masseprodukten vorziehen. Der technische Fortschritt führt außerdem dazu, dass sich die Produktlebenszyklen je nach Bereich stark verkürzen. Um diesen Marktbedürfnissen gerecht zu werden, müssen Unternehmen ihre Produktentwicklung anpassen und ihre Produktentwicklungszeit reduzieren. [3] Eine Möglichkeit dazu bietet der Einsatz von Rapid-Prototyping-Verfahren.

### Vorstellung der beiden untersuchten Rapid-Prototyping-Verfahren

Rapid Prototyping (RP) bezeichnet das schnelle Herstellen von Muster- oder Prototypenbauteilen durch einen schichtweisen Aufbau der Bauteile. Es wird „ein Ausgangsmaterial durch Einbringen von Energie Schicht für Schicht verfestigt“. Die einzelnen Schichten werden miteinander verbunden. Das Ausgangsmaterial kann sowohl pulverförmig, fluid oder auch fest sein. Dies ist abhängig von der eingesetzten Verfahrensguppe. [4]

Deshalb wurden exemplarisch zwei weit verbreitete Verfahren untersucht: zum einen das „Fused Deposition Mo-

deling“ (FDM) und zum anderen das „3-Dimensional-Printing“ (3DP). Das 3DP wird auf dem Campus Gengenbach in der Lehre und in der Forschung angewendet sowie als Dienstleistung für die regionale Wirtschaft angeboten. Im Rahmen dieser Untersuchung [5] wurde ein 3D-Drucker „ZPrinter Z450®“ von ZCorporation im Labor für Rapid Prototyping (Campus Gengenbach) eingesetzt. Zudem wurde als zweites RP-System ein FDM-Drucker „Dimension SST 1200es“ der t-c-w.de trade center ralph wagner e.K. in Lahr verwendet.

Das 3DP erzeugt Modelle durch den schichtweisen Aufbau und das Verkleben von pulverförmigem Material (Gips und Kunststoff) mit einem flüssigen Binder. Das Pulver dient dabei auch der Abstützung des gedruckten Bauteils und wird im Anschluss mithilfe von Druckluft abgeblasen. Zudem wird das Bauteil mit Zweikomponenten-Kunstharz infiltriert, um die Festigkeit und die Farbbiranz zu erhöhen.

Beim zweiten untersuchten Verfahren, dem FDM, werden Drähte aus Kunststoff mit einer beheizten Düse aufgeschmolzen und in zäher Form aufgetragen. Zusätzlich wird ein zweiter Kunststoff als Unterstützung (Support) eingesetzt, der anschließend in einem Laugenbad entfernt wird.

### Versuchsdurchführung

Es wurde mit beiden RP-Verfahren jeweils ein Drosselventil gedruckt (Volumen ca. 124 cm<sup>3</sup>, siehe Abbildung 4.1-1) und dabei die elektrische Leistungsaufnahme der Maschinen während des Herstellungsprozesses und der anschließenden Nachbearbeitung gemessen. Die Messungen erfolgten mithilfe eines Standby-Energy-Monitors „SEM16 + USB“ der Fa. Nordwestdeutsche Zählerrevision NZR®,

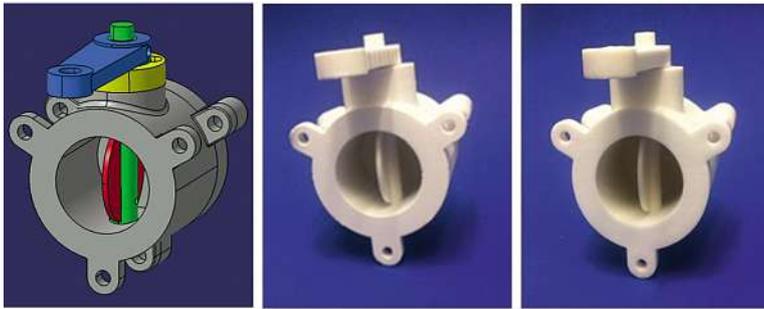


Abb. 4.1-1: Drosselventil als CAD-Modell (links), gedruckt mit 3DP (Mitte) und gedruckt mit FDM (rechts)

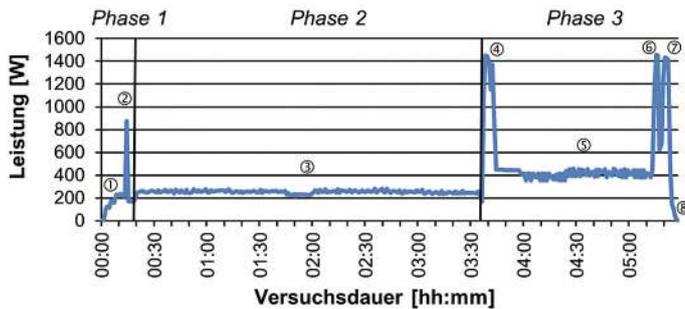


Abb. 4.1-2: Kennlinie der elektrischen Leistungsaufnahme beim 3DP-Verfahren

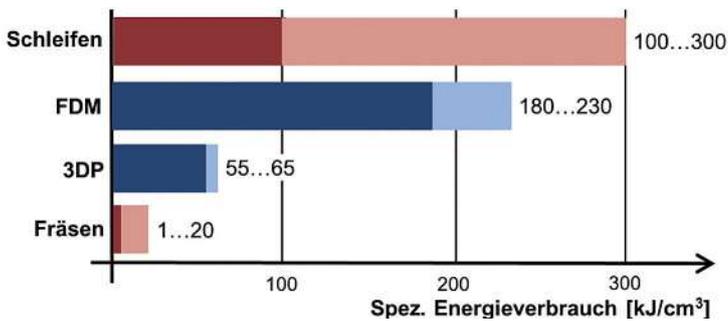


Abb. 4.1-3: Vergleich der spezifischen Energie zum Schichtaufbau bzw. zur Zerspaltung [7]

Bad Laer. Als Beispiel ergibt sich beim 3DP das in Abbildung 4.1-2 dargestellte Messdiagramm. Aus dem Diagramm lassen sich die drei wesentlichen Phasen des Herstellungsprozesses und auch besondere Leistungspeaks erkennen:

**Phase 1 – Vorbereitung:** Zunächst werden der PC, von dem aus der Druckauftrag gestartet wird, und der 3D-Drucker angeschaltet. Der 3D-Drucker erwärmt sich auf seine Betriebstemperatur (1) und saugt überschüssiges Pulver aus der Druckkammer ab (2).

**Phase 2 – Herstellung:** Das Bauteil wird Schicht für Schicht gedruckt, und der 3D-Drucker erstellt dabei ein Pulverbett (3).

**Phase 3 – Nachbereitung:** Der 3D-Drucker saugt überschüssiges Pulver aus der Druckkammer ab (4).

Die gedruckten Bauteile müssen trock-

nen (5). Bei der Entnahme der Bauteile aus dem Pulverbett muss zunächst das lose Pulver manuell abgesaugt werden. Pulverreste bleiben an den Bauteilen haften (6). Diese Pulverreste werden in einer zweiten Baukammer mit einer Druckluftdüse vom Bauteil abgeblasen (7). Der Versuch endet mit dem Ausschalten der Geräte (8).

#### Versuchsauswertung

Beim 3DP lag der Energieverbrauch bei je nach Ausrichtung des Bauteils im Bauraum zwischen 1860 Wh und 2161 Wh. Dies entspricht einer „Schichtaufbauenergie“ von ca. 55 kJ/cm<sup>3</sup> bzw. 65 kJ/cm<sup>3</sup>. Dabei entfallen bei diesem Beispiel auf die Vorbereitungsphase 4%, auf die Herstellungsphase 44% und auf die Nachbearbeitungsphase 52% des gesamten Energieaufwands. Beim FDM hingegen wurden 7791 Wh zur Herstellung des gleichen Bauteils benötigt. Dies entspricht einer spezifischen Energie zum Schichtaufbau von 180 kJ/

cm<sup>3</sup> bzw. 230 kJ/cm<sup>3</sup> (in Abhängigkeit vom Volumenanteil des Stützmaterials und des Füllgrads). Die Unterschiede zeigen sich ebenfalls in der stark unterschiedlichen Bearbeitungsdauer von 5 h 38 min beim 3DP im Vergleich zu 11 h 56 min beim FDM. Abbildung 4.1-3 verdeutlicht die benötigte spezifische Energie (bezogen auf das Volumen), wobei als Vergleich zwei konventionelle spanende Fertigungsverfahren angegeben werden. Die in der Literatur angegebenen Werte für die spezifische Zerspaltungenergie schwanken dabei sehr, da sie durch die Maschineneinstellungen stark beeinflusst werden. [6, 7]

Es wird deutlich, dass das Verfahren FDM wesentlich mehr Strom benötigt als das Verfahren 3DP. Dies lässt sich aus den Verfahrensabläufen erklären. Beim FDM benötigt der Drucker in der Vorbereitungsphase sehr viel Energie, um die Betriebstemperatur des Extrusionskopfs und der Düsen von 270 °C sowie der Baukammer von 70 °C zu erreichen, während der 3D-Drucker beim 3DP eine Betriebstemperatur von lediglich 38 °C benötigt. Die Druckdauer ist vor allem beim FDM sehr stark von der Bauteilgeometrie abhängig. Denn hier fährt die Düse jeden einzelnen Punkt der Schicht ab, wobei zuerst die Kontur und dann die Innenfläche gedruckt wird. Dies bedeutet, dass mit zunehmender Komplexität des Bauteils die Druckdauer und der Energieverbrauch für die Herstellung steigen. Das FDM-Verfahren benötigt zudem Stützen am Bauteil, die nach dem Herstellungsprozess in einem auf etwa 70 °C erwärmten Laugenbad entfernt werden müssen. In der Nachbearbeitungsphase des 3D-Druckers trocknen die Bauteile unter Zufuhr von Wärme innerhalb von 90 Minuten, unabhängig von der Bauteilgeometrie.

#### Fazit

Der Energieeinsatz kann beim FDM-Verfahren reduziert werden, indem möglichst wenig Stützmaterial verwendet wird (z. B. durch verbesserte Positionierung im Bauraum) oder Kunststoffe mit niedrigerem Schmelzpunkt eingesetzt werden. Zusätzlich kann die Erwärmung der Düsen, der Baukammer und des Laugenbads auf Betriebstemperatur untersucht und unter Umständen effizienter gestaltet werden.

Beim 3DP-Verfahren kann der Energieeinsatz ebenfalls durch die Positionierung

des Bauteils in der Baukammer beeinflusst werden. Zusätzlich könnten die vielen einzelnen elektrischen Komponenten des Druckers wie beispielsweise Motoren, Kompressor oder Heizung auf ihren effizienteren Einsatz untersucht werden. Beim Vergleich der Kosten für die eingesetzten Materialien (Pulver, Bin-

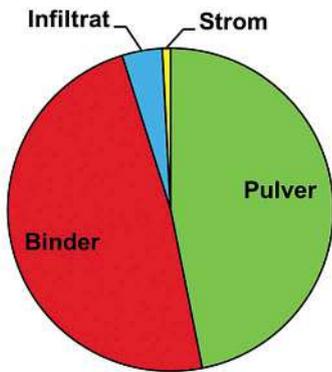


Abb. 4.1-4: Kostenübersicht für Materialien und Strom beim 3D-Druck

der und Infiltrat) sowie dem Strom (siehe Abbildung 4.1-4) für den 3D-Druck fällt auf, dass die Energiekosten marginal (ca.

1% Prozent) sind. Neben der Erhöhung der Energieeffizienz sollten also vielmehr weitere Ansatzpunkte zur Senkung der Materialkosten betrachtet werden.

#### Dank

Die Versuche zum FDM wurden in Zusammenarbeit mit der Firma t-c-w.de trade center ralph wagner e.K. ([www.3D-Prototyp24.de](http://www.3D-Prototyp24.de)) in Lahr durchgeführt.

#### Referenzen/References

- [1] Pehnt M.: „Energieeffizienz. Ein Lehr- und Handbuch“, ISBN 978-3-642-14250-5, Springer-Verlag, 2010
- [2] Ziesing H.-J.: „Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2010“, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V., Berlin, 2011
- [3] Gebhardt A.: „Understanding Additive Manufacturing: Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Rapid Manufacturing“, ISBN 978-3-446-42552-1, Carl Hanser Verlag, 2011

- [4] Zäh M.F.: „Wirtschaftliche Fertigung mit Rapid-Technologien: Anwender-Leitfaden zur Auswahl geeigneter Verfahren“, ISBN 978-3-446-22854-2, Carl Hanser Verlag, 2006
- [5] Maier O.: „Untersuchung der Energieeffizienz von Rapid-Prototyping-Anlagen“, Bachelor-Thesis, Hochschule Offenburg, 2011
- [6] Gentzen J.: „Anwendungspotentiale der Verfahren Schleifen, Superfinischen und Glattwalzen“, in Hoffmeister, H.-W. und Tönshoff, H.K. (Hrsg.): „Jahrbuch Schleifen, Honen, Läppen und Polieren“, Vulkan-Verlag, 2004
- [7] Fraunhofer-Gesellschaft: Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik – Projekte – Produkte, Online im Internet; URL <http://www.iwu.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/ressourceneffiziente-produktion/energieeffiziente-feinbearbeitung.html> [Stand: 23.12.2011]

**„Den Laden schmeißen.“**

**Jetzt beraten lassen!**

**Jeder Mensch hat etwas, das ihn antreibt.**

Als Bank und Motor des Mittelstandes der Region bieten wir eine Vielzahl von Förderprogrammen, umfangreiche Bilanzanalysen, maßgeschneiderte Finanzierungspläne, innovative Zahlungssysteme sowie individuelle betriebliche Altersvorsorgemodelle an. Nutzen Sie diese Angebote und sprechen Sie mit unseren Finanzexperten. Tel. 0781/800-0. [www.volksbank-offenburg.de](http://www.volksbank-offenburg.de)

Wir machen den Weg frei.



# Optimierung realer LKW-Transporte

**Prof. Dr. rer. nat. Klaus Dorer**

Fakultät Elektrotechnik  
und Informationstechnik (E+I)

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel.: 0781 205-385  
E-Mail: klaus.dorer@hs-offenburg.de

**1971:** Geboren in Furtwangen

**1992–1996:** Allgemeine Informatik / Künstliche Intelligenz,  
Fachhochschule Furtwangen

7. Semester De Montfort University Leicester/England

**1996–2000:** Promotionsstudium Informatik, Albert-Ludwigs-  
Universität Freiburg

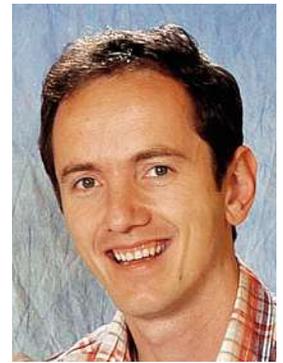
**2000–2003:** Senior Software Engineer, living systems AG,  
Donaueschingen

**2003–2007:** Senior Researcher, Whitestein Technologies GmbH,  
Donaueschingen

**seit 2007:** Professur für Software Engineering, Algorithmen  
und Datenstrukturen sowie Grundlagen der Informatik  
an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Medien Offenburg

**Lehrgebiete:** Software Engineering, Algorithmen und Datenstrukturen,  
Objektorientierte Programmierung, Künstliche Intelligenz

**Forschungsgebiete:** Autonome Systeme, Transportoptimierung, Künstliche Intelligenz



## 4.2 Optimierung realer LKW-Transporte

Prof. Dr. rer. nat. Klaus Dorer

### Abstract

*In this article we show that agent-based optimization can be used by major logistics companies to significantly (27%) reduce the costs for transporting orders. Also we show that collaboration between companies can yield another 3% cost reduction without sharing company critical data.*

### Einleitung

Große Logistikunternehmen stehen in den letzten Jahren zunehmend vor neuen Herausforderungen. Zum einen steigt die Menge zu transportierender Güter jährlich, zum anderen entstanden durch Verschmelzungen großer Logistikunternehmen, wie z. B. Deutsche Post, Danzas und Exel oder UPS und Fritz, riesige Fahrzeugflotten, deren effiziente Planung die Unternehmen vor enorme Probleme stellt. Die einzige Möglichkeit, diese meist heterogenen, also aus vielen verschiedenen Verkehrsmitteln bestehenden Flotten mit herkömmlichen Mitteln effizient zu planen, ist die Aufteilung in (regionale) Geschäftsbereiche. Dadurch können viele Synergieeffekte nicht genutzt werden, was unter anderem zu unnötig hohen Transportkilometerleistungen und Leerfahrten führt.

Im Rahmen des Forschungsprojekts Attractive (Programm IngenieurNachwuchs) wurden neue Algorithmen entwickelt, mit deren Hilfe die Optimierung von Transportaufträgen unter realen Be-

dingungen und in realistischen Größenordnungen möglich wird. In diesem Artikel wird kurz auf die Optimierung eingegangen, und dann werden die ersten gewonnenen Ergebnisse zusammengefasst.

### Optimierung

Für die Optimierung werden in Attractive agentenbasierte Strategien eingesetzt. Agenten vertreten die Interessen eines LKW, einer Gruppe von LKWs, einer ganzen Region oder gar eines ganzen Unternehmens. Sie sorgen in ihrem Zuständigkeitsbereich für eine möglichst gute Lösung. Dazu bieten sie auf neue Aufträge und erhalten den Zuschlag, wenn sie das beste Angebot abgegeben haben. Sie können weiterhin untereinander Tauschgeschäfte vorschlagen, um dadurch eine bessere Gesamtlösung zu erzielen.

Vorbedingung für beides ist, dass die Agenten die Kosten von Routen berechnen können und die Randbedingungen von Transporten prüfen können. Als Kostenmodelle stehen einfache Kostenmodelle mit fixen und variablen Kosten zur Verfügung sowie sogenannte Matrix-Kostenmodelle, die im Bereich des Spot-Markts Verwendung finden. Als Randbedingungen werden sowohl Beladungsbedingungen (maximale Beladung, Volumen und Gewicht) als auch Zeitbedingungen (früheste und späteste Abholung/Lieferung, gesetzliche Lenkzeitbestimmungen, Lade- und Abladezeiten) geprüft.

### Innerbetrieblich

Bei der innerbetrieblichen Optimierung

agieren die Agenten nicht mit dem Ziel der eigenen Kostenminimierung, sondern in einem gesamtunternehmerischen Ziel. Daher akzeptieren sie z. B. auch Tauschvorschläge, die zu einer Verschlechterung ihres Zuständigkeitsbereichs führen, wenn der Tausch insgesamt eine Verbesserung für das Unternehmen bedeutet. Bei der Kommunikation der Agenten untereinander gibt es außerdem keine vertraulichen Daten zu schützen. Die Agenten spielen mit offenen Karten und können so z. B. einem Tauschpartner mitteilen, wie hoch die Ersparnis auf eigener Seite wäre.

### Überbetrieblich

Diese Art der Optimierung funktioniert prinzipiell auch über Unternehmensgrenzen hinweg. Die Agenten verschiedener Unternehmen können sich untereinander Tauschvorschläge unterbreiten. Allerdings spielt bei überbetrieblicher Optimierung eine wichtige Rolle, dass die meisten Daten der Unternehmen gegenüber anderen Unternehmen als vertraulich eingestuft werden. Dies gilt insbesondere für Gewinne oder gar Kostenstrukturen.

Hier konnte ein Algorithmus erstellt werden, bei dem keinerlei Kosteninformationen ausgetauscht werden muss. Lediglich Auftragsdaten müssen dem Konkurrenzunternehmen sichtbar gemacht werden. Die Menge an weitergegebenen Auftragsdaten kann dabei festgelegt werden, hat aber natürlich auch Einfluss auf das Optimierungsergebnis. Ob ein Tausch zwischen zwei Agenten unterschiedlicher Unternehmen akzeptiert wird, kann davon abhängig gemacht

werden, ob beide Unternehmen kollaborieren oder konkurrieren. Im letzteren Fall werden nur Tauschvorgänge akzeptiert, die für beide Unternehmen eine Verbesserung bedeuten, während im ersten Fall auch Tauschvorgänge akzeptiert werden können, bei denen sich das Gesamtergebnis verbessert gegebenenfalls auf Kosten eines der beteiligten Unternehmen.

### Ergebnisse

Für die Optimierung standen reale Daten eines Logistikunternehmens zur Verfügung. Insgesamt waren 1736 LKW an 248 Standpunkten verfügbar für den Transport von 2137 Aufträgen in sechs europäischen Ländern. Außerdem konnten beliebig viele neue Spot-Markt LKW eingesetzt werden.

### Innerbetrieblich

Im Bereich innerbetrieblicher Optimierung für heterogene LKWs ist besonders hervorzuheben, dass überhaupt Probleme dieser Größenordnung von über 2000 Aufträgen in akzeptabler Zeit optimiert werden konnten. Und das unter Berücksichtigung aller für einen realen Transport notwendigen Randbedingungen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Kosten könnten nach unseren Berechnungen um bis zu 27 % gesenkt werden. Hauptsächlich wird das durch eine höhere Auslastung der LKWs erreicht, die sowohl bei eigenen LKWs als auch im Spot-Markt Geschäft, das bei diesen Daten überwiegt, zu Kosteneinsparungen führt. Die Einsparung der



Abb. 4.2-1: Forschungsgruppe Dorer (ATTRACTIVE)

Transportkilometer ist dagegen nur bedingt als tatsächliche Reduktion des LKW-Verkehrs zu verstehen. Da viele der LKWs auf dem Spot-Markt eingekauft wurden, sind nicht alle Aufträge bekannt, die mit diesen LKWs gefahren wurden. Dementsprechend bedeutet eine höhere Auslastung lediglich, dass die LKWs mit mehr Aufträgen unseres Logistikanbieters gefahren sind. Die Kostenberechnung berücksichtigt dies und ist daher unabhängig von der Kenntnis externer Aufträge. Allerdings ist so z. B. eine Berechnung der CO2 Einsparung nicht aussagekräftig.

Neben den Kosten konnte auch der

Quality of Service verbessert werden. Die Zahl der Constraint-Verletzungen (meist Zeitverletzungen) lag bereits recht niedrig, konnte aber nochmals halbiert werden.

Grund für die wenig optimale manuelle Disposition dürfte die mangelnde Visibilität der Aufträge sein, die über Geschäftsbereiche hinweg und bei der Größenordnung an Aufträgen nur mangelhaft funktionieren kann.

Anhand von Beispielen konnte gezeigt werden, wie die Einsparungen erzielt wurden. Fünf Aufträge in einem Beispiel wurden vom Attractive-System auf einen

	Manuell	Attractive Initial	Verbesserung	Attractive optimiert	Verbesserung
Kosten	1.300.233	968.658	25,5%	950.916	26,9%
LKW Auslastung (in %)	45,1	76,2	31,1%	76,1	31,0%
Transportkilometer	1.246.771	885.063	29,0%	873.027	30,0%
Davon Leerkilometer	26.338	9.435	64,2%	8.579	67,4%
Constraint Verletzungen	47	23	51,1%	19	60,0%
Aufträge transportiert	2.137	2.137		2.137	
Verwendete LKW	1.736	699	59,7%	697	59,9%
Laufzeit (Minuten)	–	18		180	

Tabelle 1: Ergebnisse der innerbetrieblichen Optimierung heterogener LKWs

LKW geplant, manuell wurden dieselben Aufträge mit vier LKWs transportiert. Das bedeutet nicht, dass alle vier LKW in der manuellen Lösung viertel voll von Luxemburg nach Italien fuhren. Vermutlich waren Aufträge anderer Logistikunternehmen mit an Bord. Für unser Logistikunternehmen bedeutet es jedoch eine deutliche Einsparung, wenn es die Aufträge zusammen auf einem LKW fahren kann.

### Überbetrieblich

Neuland wurde auch mit der Optimierung über Unternehmensgrenzen hinweg betreten. Es konnte gezeigt werden, dass durch den Tausch von Aufträgen zwischen Unternehmen Einsparungen für beide Unternehmen erzielt werden können. Die Höhe der Einsparungen hängt nach Erwartung davon ab, ob die Unternehmen ähnliche Geschäftsfelder bedienen (homogen) oder unterschiedliche (heterogen), Tabelle 2. Ebenso konnte gezeigt werden, dass eine Optimierung über Unternehmensgrenzen hinweg sowohl für kollaborierende Unternehmen als auch für Unternehmen in Konkurrenz (kompetitiv) zu Einsparungen führt, Tabelle 3. In letzterem Fall ist die Vertraulichkeit der Daten besonders wichtig. Tabelle 4 zeigt den Einfluss der Anzahl veröffentlichter Aufträge auf das Optimierungsergebnis.

### Fazit

Selbst wenn sich nicht 100 % der in der Simulation gezeigten Einsparungen in der Realität umsetzen lassen, sind die Ergebnisse für Logistikunternehmen höchst interessant. Zusammen mit dem Projektpartner Whitestein Technologies wird derzeit versucht, die gewonnenen Erkenntnisse in der Praxis einzusetzen.

Setup	Kosteneinsparung	Tauschvorgänge
Homogen	0.3%	23
Heterogen	2.2%	65

**Tabelle 2:** Kosteneinsparung bei homogenen Partnern und Partnern mit heterogenen Flotten

Setup	Kompetitiv	Kollaborativ
Inter-Company	1.6%	3.8%
Logistikunternehmen 1	1.6%	6.2%
Logistikunternehmen 2	1.5%	1.2%

**Tabelle 3:** Vergleich der Ergebnisse in Konkurrenzsituation und vertraulicher Zusammenarbeit

Sichtbare Aufträge	Kosteneinsparung	Tauschvorgänge
20%	0.00%	0
40%	0.48%	20
60%	0.74%	30
80%	1.20%	39
100%	2.17%	65

**Tabelle 4:** Einfluss der Geheimhaltung von Aufträgen auf die Kosteneinsparung

### Referenzen/References

- [1] Devanathan S., Glaser S., Dorer K.: Optimising Efficiency in Part-Load Transportation. To appear in Proceedings of the IJCAI 2011 Workshop on Artificial Intelligence and Logistics (AILog-2011), Barcelona, Spain, July 16, 2011
- [2] Dorer K., Schindler I., Greenwood D.: Agent-based Inter-Company Transport Optimization (Extended Abstract). Tumer, Yolum, Sonenberg, Stone (eds.) Proc. of 10th Intl. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems – Innovative Applications Track (AAMAS 2011), Taipei, Taiwan, May 2 – 6, 2011

# Ubiquitous Marketing: Neue technische Möglichkeiten im lokalen Geschäft

**Prof. Dr. Thomas Breyer-Mayländer**  
Prorektor Marketing  
und Organisationsentwicklung

Badstraße 24  
77652 Offenburg  
Tel. 0781 205-134  
E-Mail: breyer-maylaender@  
hs-offenburg.de



**1971:** geboren in Stuttgart  
Studium Verlagswirtschaft und Verlagsherstellung an der Hochschule für Druck und Medien, Stuttgart; Dipl.-Wirt.-Ing. (FH), Aufbaustudium Informationswissenschaft an der Universität Konstanz; Dipl.-Inf. Wiss., Promotion bei Prof. Dr. Jürgen Heinrich im Bereich Medienökonomie des Instituts für Journalistik der Universität Dortmund (Dr. phil.), Berater beim Aufbau eines Online-Dienstes im Auftrag eines großen deutschen Zeitschriftenverlags, Referent beim Bundesverband Deutscher Zeitungsverleger (BDZV), Bonn, zunächst zuständig für die Bereiche Betriebswirtschaft/Vertrieb, anschließend Referent für Multimedia, in dieser Zeit auch Geschäftsführer der Online-Media-Daten-Bank (OMDB) Betriebsgesellschaft, Geschäftsführer der Zeitungs-Marketing-Gesellschaft (ZMG), Frankfurt am Main, der zentralen Marketingorganisation der deutschen Zeitungsverlage

**2001:** Professor für Medienmanagement in der Fakultät „Medien und Informationswesen“ an der Hochschule Offenburg

**Seit 2002:** Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg

**2002–2006:** Leiter des Studiengangs Medien und Informationswesen

**2006–2007:** Prodekan der Fakultät

**2007–2010:** Dekan der Fakultät M+I

**seit 2010:** Prorektor für Marketing und Organisationsentwicklung

Professor Breyer-Mayländer ist Mitglied in unterschiedlichen Gremien der Wirtschaft und Wissenschaft, z.B.: Mitglied im Aufsichtsrat eines Buchverlags, Mitglied im Kuratorium der Stiftervereinigung der deutschen Presse und Mitglied des Beirates (jule: Junge Leser)

**Forschungsgebiete:** Medienbetriebslehre, Medienmanagement, Unternehmenskommunikation, Organisationsstrukturen und Geschäftsmodelle im Mediensektor, Analyse von Off- und Online-Medien

Zahlreiche Veröffentlichungen zum Themenbereich Medien und Management

## 4.3 Ubiquitous Marketing: Neue technische Möglichkeiten im lokalen Geschäft

Prof. Dr. Thomas Breyer-Mayländer

### Abstract

*New portable devices create new scenarios of using mobile media in context of location based services like check in services co-shopping and couponing. Social Media as location based media create a new approach in regional and local communication. Ubiquitous media offer a scenario of ubiquitous marketing.*

### Einleitung

„All business is local“ ist eine der am häufigsten zitierten Binsenweisheiten, die jedoch in der Praxis nicht immer zu den richtigen Schlussfolgerungen bei Kommunikation und Vermarktungsstrategie führt. Die Herausforderung, glaubwürdig vor Ort in Kommunikation und Vertrieb präsent zu sein, ist durch viele neue technische Möglichkeiten noch größer geworden.

Lokale Märkte sind extrem sensibel, was

Entfernungen angeht. Gliedert man typische Geschäftsvorfälle in die drei Kategorien „Freizeit“, „Einkauf“, „Leben“ und prüft, in welcher Entfernung vom Wohnort sich diese Geschäfte durchschnittlich bewegen, so erhält man einen guten Einstieg in die Überlegungen, wie sich die lokalen Märkte im Bereich der Endverbraucher strukturieren [2]. Schule, Lebensmittel und Fitnessstudios sind in einem Radius von 5 Kilometern um den Wohn- und Arbeitsbereich angesiedelt (vgl. auch Abbildung 4.3-1). Dabei konnte in einer Studie der Hochschule Offenburg in Zusammenarbeit mit dem Einzelhandelsverband Südbaden gezeigt werden, dass für die Verbraucher unserer Region die Nähe zur Wohnung und Arbeitsstätte das wichtigste Kriterium vor allem im Lebensmittel-Einzelhandel (LEH) darstellt [1].

Die Media-Auswahl konzentrierte sich typischerweise auf konventionelle lokale Medien, d.h. auf Direktverteilung von Prospekten, Anzeigenblättern, Tageszeitungen und lokalen Hörfunk bzw. – wo vorhanden – lokales TV.

Nichtklassische Medien können seit den

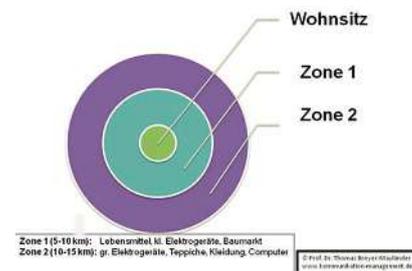


Abb. 4.3-1: Breyer-Mayländer, 2011, S. 57

neunziger Jahren einen steigenden Anteil im lokalen Portfolio verzeichnen. Dies sind vor allem der Bereich Außenwerbung (Out-of-Home-Media), die Kombination mit dem (adressierten) Direktmarketing und die durch lokale Zielgruppenauswahl (Targeting) zunehmend besser planbaren Internetangebote. Diese Basismedien der bisherigen Media-mixkampagnen bilden die Grundlage für die neue Qualität crossmedialer Kampagnen, die durch die Weiterentwicklung der Kanalsegmente Internet und mobile Media möglich wurden.

„Lokal, mobil, sozial“ das sind die großen Trends für das Lokalgeschäft [3]. In der Tat spricht einiges dafür, dass diese

Themen in den nächsten Monaten weiter an Bedeutung gewinnen und als kombinierte Produktform im lokalen Bereich mit Handel und Dienstleistern verstärkten Einfluss auf das Kommunikations- und Vertriebsgeschehen nehmen.

### Trend 1: Das Internet wird mobil

Die Internetnutzung ist mobiler geworden. Vor allem die besonders schwer durch konventionelle Kampagnen erfassbare Zielgruppe der 25- bis 34-Jährigen ist beim mobilen Internet aktiv. Dabei differenzieren die mobilen Nutzer immer weniger zwischen mobilem und sonstigem Internet. Damit wandelt sich die Internetnutzung vom Surfen am Arbeitsplatz in der Frühphase des Internet über den privaten Nutzer, der stationär zu Hause vor dem PC sitzt mit Zwischenstationen wie dem mobilen Netbook-Nutzer zu einer Situation, in der „ubiquitous communication“, d.h. die allgegenwärtige Kommunikation via Internet oder internetbasierten Diensten den Nutzungsalltag prägt.

Dies verändert einige lokale Märkte sehr radikal. Ende 2010 ist – nach einer Studie des Kundenmanagementdienstleisters AVS, Bayreuth und der Hochschule Offenburg – nur eine knappe Mehrheit von 54 Prozent der Entscheider in Zeitungsverlagen davon überzeugt gewesen, dass in zehn Jahren Zeitungsprodukte via Tablet-PCs (zum Beispiel iPad) stärker genutzt werden als gedruckte Zeitungen. Mit 98 Prozent Zustimmung waren sich aber alle Führungskräfte der Verlage einig, dass mobile Apps für die Ansprache jüngerer Zielgruppen angeboten werden müssen. Die Daten des Statistischen Bundesamts belegen (vgl. Abbildung 4.3-2), dass das Internet zunehmend mobil genutzt wird.

Dabei muss zunächst nochmals bei den „portable devices“ etwas stärker als üblich differenziert werden, um die Nutzungssituation zu charakterisieren. Das iPad wurde mit seiner Etablierung gern als „Tablet-PC“ beschrieben. Legt diese Bezeichnung einen computerähnlichen Gebrauch nahe, so zeigen Studien über den Gebrauch der Geräte, dass dies nicht immer ein zutreffendes Nutzungsszenario ist und ein eher freizeitorientierter Gebrauch dominiert. Dennoch ist es auch nicht sinnvoll, diese Tablet-Geräte nahtlos in den Bereich der mobilen

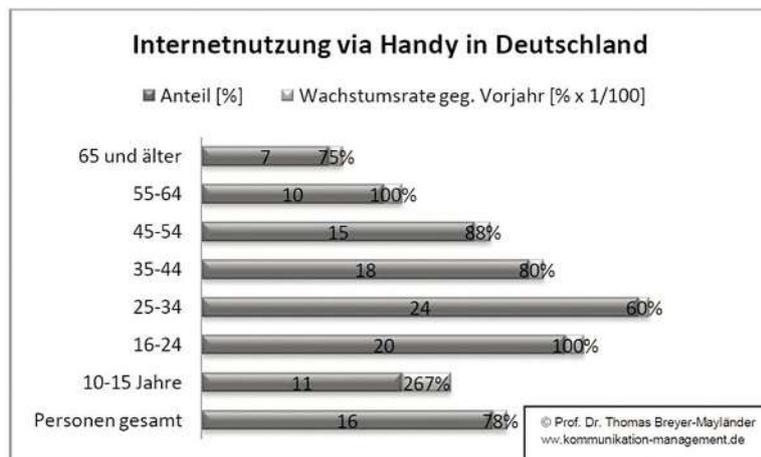


Abb. 4.3-2: Quelle: Daten nach: Statistisches Bundesamt, Pressemitteilung 2/2011

- Location Based Information**  
 Hier geht es um Informationen, die beispielsweise geografischen oder zeitliche Orientierung bieten. Wo finde ich das nächste Kino? Wann beginnt die nächste Vorstellung? etc.
- Location Based Community**  
 Hier dominiert die Information über lokal aktive Freunde und Bekannte und die damit verbundene Kommunikation als wesentlicher Teil der Social Media-Dienste. Mit wem kann ich mich jetzt spontan zum Kinobesuch verabreden?
- Location Based Transaction**  
 Der Kauf von Kinotickets oder Fahrkarten ist hier unter Gesichtspunkten des lokalen Marketings genauso relevant, wie die Nutzung eines QR-Codes auf unterschiedlichen Formen der lokalen Print- und Außenwerbung indem per Handy-Kamera der Code gescannt und die Transaktion eingeleitet wird.
- Location Based Couponing**  
 Aktionen, die eine erste Verknüpfung zwischen Prospekten und dem mobile Business darstellen. Zeitlich differenzierte lokal ausgesteuerte Rabattaktionen, sind im Sinne der Auslastung des Handels sicherlich ein Ziel für künftige Formen des lokalen Marketings, die auch die Erfahrungen aus dem Kundenkartenmanagement mit einschließen.

Abb. 4.3-3: Quelle: eigene Darstellung; Abwandlung der Modellierung der Deutschen Telekom AG, vgl. Schwaiger, R. (2008): Mobile Services @t-Labs; Fachtagung von BDZV und ZV zum Thema „Mobile Dienste“, 8. Mai 2008, Berlin

Endgeräte einzureihen, da Smartphones als ständiger persönlicher Begleiter mit dem Nutzer sehr viel enger verbunden sind und damit auch sehr viel mobiler im Gebrauch als die „Casual Devices“, bei denen oftmals im heimischen Umfeld die Nutzung stattfindet.

### Trend 2: Location Based Services und Location Based Marketing

Das mobile Web lebt als Geschäftsfeld von der Kombination mit dem lokalen Markt. Die sogenannten Location Based Services (LBS) umfassen alle Angebote, bei denen der Ort, an dem sich der Nut-

zer befindet, eine besondere Rolle spielt. Wenn ein Smartphone-User mit seinem Blackberry oder iPhone in der Innenstadt unterwegs ist, kann er sich so beispielsweise über Ausgehtipps und das Kinoprogramm vor Ort informieren. Es gibt eine Reihe von Location-Based-Services, sodass sich eine differenzierte Betrachtung für eine weitergehende strategische Analyse lohnt (vgl. Abbildung 4.3-3).

### Trend 3: Social Media

Nicht zuletzt im Vorfeld des Börsengangs von Facebook ist das Segment So-

cial Media im Medien- und Kommunikationsmarkt allgegenwärtig. Der Vorteil der Unternehmenskommunikation auf Basis von Social Media liegt im Potenzial der Netzwerkeffekte in Verbindung mit den Vorteilen des User-generated-Content. Die Verankerung von Botschaften im eigenen persönlichen virtuellen oder realen Netzwerk schafft Relevanz (Was interessiert meine Freunde und Bekannten?), Glaubwürdigkeit (Für welche Themen stehen diese mit ihrem Namen ein?) und Aktivierung (Wozu werde ich aufgefordert?) und entspricht damit den klassischen Qualitätsdimensionen des lokalen Mediamix.

### Beispiele für neue Kommunikations- und Marketingformen

Im Rahmen von Studien und der exemplarischen Begleitung von lokalen Mediendienstleistern und Handelsunternehmen lassen sich einige Trends ableiten, die zeigen, wie die neuen Möglichkeiten der Kommunikation die Märkte künftig prägen können.

**Check-in-Services** sind Angebote, bei denen die Nutzer ihrer Social Community mitteilen können, wo sie sich gerade befinden. Die Information, dass man gerade in einem großen Freizeitpark angekommen ist, kann dann besonders relevant sein, wenn man sich dort mit den ebenfalls (zufällig) anwesenden Freunden und Bekannten treffen möchte. Diese Möglichkeit der Kombination von Social-Media-Attributen und realem Erleben machen sich einige Fluggesellschaften bereits zunutze, indem die Passagiere nach gemeinsamen Vorlieben auf Basis der Facebookprofile in der Maschine gruppiert werden.

**LBS Couponing** beschreibt die Rabattaktionen, bei denen eine Gemeinschaft von Rabattsuchenden gemeinsam eine Mindestnachfrage erzeugen muss, damit ein Deal zustande kommt. Was im Internet anonym abläuft, lässt sich in der Kombination mit Check-in-Services, mobil in der realen Welt verankern. Über das Smartphone werden beispielsweise nicht nur die Gaststätten in unmittelbarer Nähe angegeben, bei denen jetzt die Happy Hour angeboten wird; über die Check-in-Services kann ich auch alle Freunde und Bekannte einladen, die sich gegenwärtig in der Nähe aufhalten und damit den Gemeinschaftsrabatt im Sinn der Gutscheine, wie sie

etwa „Groupon“ im Internet anbietet, maximieren.

**Augmented Reality** beschreibt die Verbindung zwischen realer und virtueller Welt in einer Form, bei der die virtuelle Welt – beispielsweise vermittelt über das Smartphone – die Wahrnehmung der realen Welt ergänzt. In der Praxis findet sich das beispielsweise beim Stellenmarkt Jobstairs, der in einzelnen Städten bereits die Möglichkeit bietet, beim Gang durch die Innenstadt bei attraktiven Bürogebäuden gleich nachzuschauen, welche Jobs denn in diesen Firmen gerade neu zu besetzen sind. Die Kontextinformationen werden hier jedoch nicht über die Umrisserkennung der Gebäude, sondern über den Orientierungssensor des Smartphones in Verbindung mit der erkennbaren Richtung entschlüsselt. Aufwendiger sind echte Erkennungsmechanismen, bei denen beispielsweise die Gesichtserkennung eines Social-Media-Netzwerks wie Facebook oder einer Datenbank wie Google via Smartphone die Identifikation von Passanten gestattet. Ein Segen für Verkäufer mit schlechtem Gedächtnis, eine Horrorvorstellung für die Datenschützer.

**(QR-)Codes als Bindeglied** für viele kommerzielle Aktionen in lokalen Märkten müssen derzeit noch aufgedruckte Codes das Bindeglied zwischen virtu-

eller und realer Welt liefern. Immer mehr Printwerbemittel von der Anzeige bis zum Plakat sind dabei mit Codes versehen und ermöglichen Zusatzinformationen oder gar Transaktionen. Die LEH-Kette „Tesco“ hat im südkoreanischen Markt bereits virtuelle Supermärkte getestet, bei denen die Waren lediglich auf Plakaten mit Codes versehen angeboten werden und der Konsument über die QR-Code-Erkennung des Smartphones einkaufen kann. So lassen sich die langen Pendlerzeiten der Südkoreaner zum Einkaufen an der Haltestelle vor dem jeweiligen Plakat nutzen, und die Lebensmittel werden nach Hause geliefert. Für „Tesco“ ein Test, um zu prüfen, ob es möglich ist, auch mit dem weniger dichten Filialnetz vom zweiten auf den ersten Platz im Markt vorzustoßen.

Aber nicht nur Kampagnen im Riesemaßstab nutzen die neuen Technologien. Ein Jeans-Label hat 2011 eine erfolgreiche Instore-Kampagne durchgeführt, die alle genannten Merkmale neuer Kommunikation im lokalen Geschäft verbindet. Auf simplen schwarz-weißen-A4-Zetteln wurden QR-Codes aufgedruckt, die auf Facebookseiten verwiesen die, die jeweils zu bewerbenden Jeans und die Sonderrabattaktion beschrieben. Die Kunden konnten im Laden durch einfaches Scannen der Codes diese Aktion ihren Freunden und Bekannten bei Facebook empfehlen. So

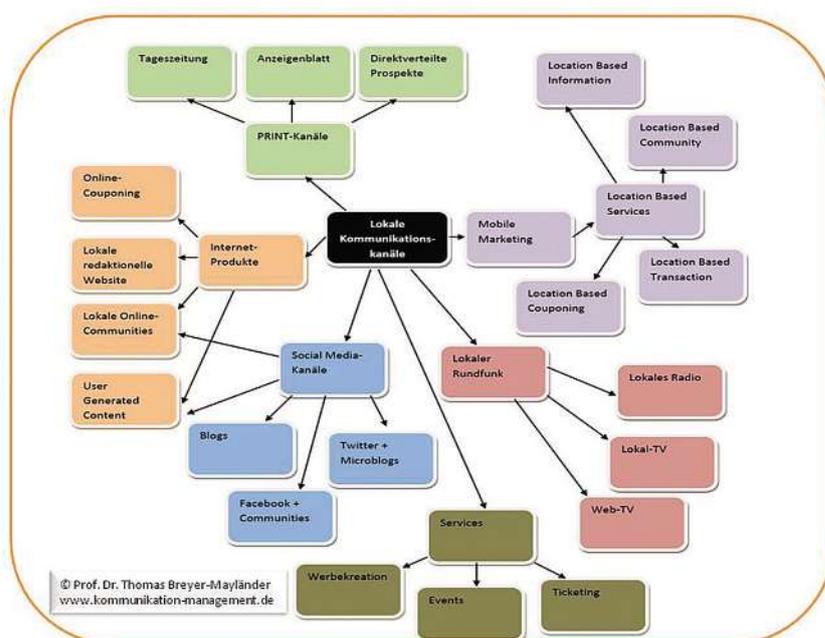


Abb. 4.3-4: Kommunikationskanäle im lokalen Markt (nach: Breyer-Mayländer, T. In: Marketing Review Universität St. Gallen, Oktober 2011)

bald diese ihre Sympathie durch die Vergabe des „Like“-Symbols kundgaben, erhöhte sich automatisch der für den Kunden im Laden erzielbare Rabatt. Das bedeutet, dass für die Rabattaktion keine Mediakosten entstanden sind und stattdessen das Netzwerk der eigenen Kundschaft für die Mund-zu-Mund-Propaganda benutzt wurde.

### Ubiquitous-Media führt zu Ubiquitous-Marketing

Die knappen Beispiele zeigen bereits, welche Möglichkeiten sich für die Kommunikation im lokalen Markt ergeben und welche Entwicklungen in unterschiedlichen Segmenten von Handel und Dienstleistungen bereits absehbar sind. Dabei haben sich die Aktionen als besonders erfolgreich erwiesen, bei denen die Innovation kunden- und marktorientiert entwickelt und die Technologie anschließend ausgewählt wurde. Die Tatsache, dass rechnerbasierte Tech-

nologie im Westentaschenformat für viele interessante Zielgruppen Bestandteil des Alltags geworden ist, eröffnet neue Möglichkeiten um (Werbe-)Kommunikation alltagsgerecht zu integrieren. Wichtig ist hier die Weiterentwicklung vom Ansatz der Nutzer her. Der Einsatz von Technik um jeden Preis führt dagegen meist zu komplizierten Anwendungen mit begrenztem Erfolg.

Für die lokale Kommunikation stehen mittlerweile eine ganze Reihe von konkurrierenden und ergänzenden Kommunikationswege zur Verfügung (vgl. Abbildung 4.3-4).

### Referenzen/References

- [1] Breyer-Mayländer, T: „Erfolg für Stadtmarketing und Werbegemeinschaften“, ISBN 978-3-943301-007, Offenburg 2011, S. 57ff. sowie Breyer-Mayländer, T./ Löffel, M.: Einkaufen in Südbaden. Arbeitspapier

des Bereichs Medienmanagement. Hochschule Offenburg. September 2011

- [2] Breyer-Mayländer, T.: Mehr als nur ein „Communication Shift“: Neue Formen des Mediamix im lokalen Markt, in: Marketing Review Universität St. Gallen, S. 22-26, 5/2011
- [3] Breyer-Mayländer, T.: Coupon, Groupon, Dealplattformen...- Das Geschäft mit den Schnäppchen. In: BDZV (Hrsg.): Zeitungen 2011/12. ZV GmbH, S. 205-217, Berlin 2011

# Wir wünschen Ihnen eine saubere Zukunft!



Als weltweiter Hersteller professioneller Spültechnik wollen wir hoch hinaus. So sehen wir uns nicht nur in der Pflicht, sinnstiftende Produkte herzustellen, sondern auch in allen Facetten verantwortlich zu denken und zu handeln. Mit sauberen Lösungen. Für Mensch und Umwelt. Für eine saubere Zukunft.

**Vielleicht auch Ihre Zukunft? Vor oder nach dem Studium. Rufen Sie uns einfach an, Telefon 0781/203-0.**



# Eyetracking in the innovation process of a user interface – Usability-testing for product optimization

**Prof. Dr. rer. pol. Ute Rohbock**  
Fakultät Medien und  
Informationswesen (M+I)

Badstraße 24,  
77652 Offenburg  
Tel.: 0781 205-135  
E-Mail: ute.rohbock@hs-offenburg.de

**1961:** Geboren in Stuttgart  
Studium der Gesellschafts- und Wirtschaftskommunikation an der Universität der Künste, Berlin, mehrjährig tätig im internationalen und nationalen Kommunikations- und Medienmanagement, Lehre an verschiedenen Universitäten und Fachhochschulen und Gastdozentur an der Beuth Hochschule für Technik Berlin, Promotion an der Universität Hamburg über Marketingmanagement kleiner und mittlerer Werbeagenturen, selbstständig im Bereich Marketing- und Kommunikationsberatung  
**2006:** Professorin für Medienmarketing an der Hochschule Offenburg  
**2007:** Leiterin des Labors Eyetracking/Usability an der HS Offenburg  
Forschungsgebiete: Medienforschung, Werbewirkungsforschung, Usability-Engineering  
**Seit 2011:** Prodekanin und Studiendekanin Medien und Informationswesen  
**Forschungsgebiete:** Medienforschung in Medienunternehmen (insbesondere Kommunikations- und Werbeagenturen), Werbewirkungsforschung, Hochschulmarketing



## 5.1 Eyetracking in the innovation process of a user interface – Usability-testing for product optimization

Prof. Dr. Ute Rohbock  
Dipl.-Ing. (FH) Martha Jagoda  
Jessica Overink

### Abstract

*When a new product is produced, it makes sense to test the usability before its appearance on the market. Within such a test there are different methods which can be used. For example, the eyetracking method.*

*This research report illustrates how the eyetracking method can be used in combination with a qualitative inquiry to identify problems of a product.*

*The study was conducted in cooperation with the company K+U Printware GmbH in Ettenheim. The object of the study was the EcoCash recycling and selling machine (figure 5.1-1). The main element of this study is the identification of*

*problems in the user interface and the handling of the machine. Furthermore, solutions to solve the problems were included.*

### Introduction

A substantial part of the human-computer-interaction is the guarantee of the usability of a product. In the software process the usability engineering is significantly connected to the human-computer-interaction. It guarantees that the usability is included from the beginning of the process of the software progress and that it outlasts the whole life cycle [1].

One important part of the usability engineering is the usability testing. These tests are used to guarantee the quality of the software [2]. Therefore the product can be further optimized before deployment.

The main part of this study is to find problems in the user interface and in the handling of the machine. With solutions a user-friendly optimization of the user interface can be followed. Moreover,

when a target group is interviewed, the receptiveness of a user together with the resulting customer satisfaction can be clarified.

### Eyetracking study

Eyetracking is a method to register eye and gaze behavior [3]. It is used in several areas of research to match a research object to the user in context to the usability, in this case the EcoCash recycling and selling machine from the company K+U Printware GmbH.

With the eyetracking system the gaze movements and the points of attention of a user on a user interface have been analyzed and evaluated exactly. Despite the fact that the viewed objects on the user interface could precisely research which objects have been viewed and which have not. Furthermore, it was analyzed in which order the objects were inspected and conclusions were determined.

Within the eyetracking research the Headmounted Eyetracking Device (HED) has been used, which works with the cornea-reflex-method [4]. It is a camera-helmet-system, which consists of a helmet with a camera for the view and eye of the user and a laptop for recording the data.

The selection of the subject group followed a cover letter by mail to the university mailing list requesting participation. From this, an age group between 20 and 35 years could be chosen. The final target group was defined as a group out of 2/3 male and 1/3 female persons.



**Fig. 5.1-1:** EcoCash recycling and selling machine

### Preparation of study

Some tests were done ahead to become acquainted with the system. In the course of this, the adjustments of the system were analyzed, e.g. the brightness of the infrared camera or diverse parameters like the pupil size.

Another test was conducted directly before the field-study. Further complications of the calibration were determined. In addition, the user interface of the machine was located between the stomach and chest height of a person, which influenced the calibration.

### Results

During the evaluation of the data it has been found out how important a combination of both research methods is. The following examples will show how the objective perceptions of the eyetracking analysis confirm the subjective data of the interview.

#### Startscreen

From fifteen people, fourteen accessed with the first button on the left side of the user interface (to return a cartridge). Only one person was interested from the beginning in the right-hand positioned information part of the user interface.

#### Speaking titles

After a product was registered by the machine during the recycling process the users came to a selection where the product could be cashed out and recycled or the process could be canceled. From the heatmaps of the software BeGaze it was clearly evident, that seven people jumped up and down between the two buttons. It can be inferred, that this was a result of the length of the buttons or a „not-understanding“ of the message. In this step eight people took plenty of Position of the elements of the user interface.

Examining the results when buying a product, it became clear with the heatmaps that first an orientation of the results must be done (figure 5.1-2). As a result of the movements of a person there is a displacement of the heatmap. In this work step it became obvious through the viewing of the video material, that seven people did not find the scrollbar right away. Furthermore, two of these people went back to the main menu. In



Fig. 5.1-2: Decision for a printer name with the heatmap of the software BeGaze

addition, two more people were trying to scroll up to find the lower number, which is a logical reaction to an alphabetic order.

#### Wrapping counter

From the video material of the wrapping counter it can be stated that ten of fourteen people did not find the wrapping counter shaft. Some people were searching at the shaft where the recycled product went in, in the area of the coin insert, below the user interface or even on the right side of the operator control module. Two people did not find the product without help of the researcher.

#### The payout

Notable problems were found during the withdrawal. A lot of time was needed to find the withdrawal slot by eight people, because they were searching above the coin slot. Moreover, it was mentioned in the video material that the coin return was inconvenient and hard for most of the people to use with one hand.

### Conclusion

In summary, many important perceptions were worked out. With the help of the eyetracking study and the interviews, problems during machine usage were discovered. Considering these results, solutions to optimize the EcoCash recycling and selling machine were delivered. Improvements were suggested for the handling of the machine and furthermore relating to the user interface.

A usability of the recycling and selling machine is generally given. The machine finished all researched processes completely and is deemed to be effective.

Despite the given usability, some aspects can be more adjusted to the user. Among these would be the efficiency of the machine, self-explanatory application as well as the satisfaction of the user.

The usability evaluation shows several problems with the machine and the user interface, despite the upcoming problems within the eyetracking study. Indeed, some eyetracking studies are of high value, especially for new products. The interviews were an outstanding asset. The recycling and selling machine shows a high user acceptance. This potential can and should be used to place the new product on the market. As there are no similar products available and therefore no competitors in a strict sense, this market niche can be optimally used to strengthen the company in the market and to gain additional market shares.

### References

- [1] fh-koeln.de Usability Engineering, in: [http://www.softwarequality.fh-koeln.de/index.php?option=com\\_content&task=blogsection&id=21&Itemid=46](http://www.softwarequality.fh-koeln.de/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=21&Itemid=46), Stand: 16.03.2011
- [2] Dahm Markus: Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion; Pearson Studium, 2006
- [3] Brugger Thomas: Webseite im Blick: Usability-Analyse einer Webseite mittels Eye Tracking, VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken 2010
- [4] Rötting Matthias, Seifert Katharina: Blickbewegung in der Mensch-Maschine-Systemtechnik, Pro Universität, Verlag, Sinzheim 1999

# Practice-Based-Research: Gestalterisches Produzieren, Vermitteln und Forschen

**Prof. Dr. phil. Hans-Ulrich Werner**  
Fakultät Medien und  
Informationswesen (M+I)

Badstraße 24,  
77652 Offenburg  
Tel.: 0781 205-233  
E-Mail:  
hans-ulrich.werner@hs-offenburg.de

**1954:** Geboren in Auerbach/Vogtland  
Studien Ton- und Bildtechnik, Musik, Publizistik,  
Kommunikations- und Musikwissenschaft, Medienpädagogik  
**1980:** Auditive Medienproduktion für Film, TV, Radio,  
Musikprojekte, Hochschulen, Autor und Herausgeber für Klang-  
Texte und künstlerische Bildungsprogramme  
Sound-Producer für Hörfunk und Fernsehen; Produktionsingenieur  
WDR-Studios Klang und Design  
**Seit 2005:** Professur für Audioproduktion und Sound-Design  
an der Hochschule Offenburg  
**Forschungsgebiete:** Audio-Produktion und Sound-Design: Audio-Video-Studioteknik, Audiogestaltung, Radio, Klang für Film + Video; Sound Design + Klangregie; Akustische Kommunikation; Intercultural Media und auditive Medienpädagogik, Soundscape – „Kultur des Hörens“



## 5.2 Practice-Based-Research: Gestalterisches Produzieren, Vermitteln und Forschen

Prof. Dr. Hans-Ulrich Werner  
Ronald L. Linder, Lehrbeauftragter der  
Hochschule Offenburg

### Abstrakt

Praxisorientierung und angewandte Wissenschaften sind an unseren Hochschulen erprobte Denkweisen, traditionsreich gewachsen aus Technik und Wirtschaft. Mit der interdisziplinären Medienfakultät M+I kommt der gestalterische Blick dazu auf Grafik, Bewegtbild, Sound, Multimedia und Interaktivität. Im Master-Studium ergänzen sich intermediales Gestalten und Reflexion mit audiovisueller Komposition als Performance. Solche experimentell-künstlerischen Projekte verbinden sich durch Hochschul- und Mediendidaktik mit forschendem Lernen, als integrierende Methode, die noch wachsen soll. Ein wichtiger Impuls dafür könnte Practice-Based Research sein. Das ist eine Forschung in Kunst und Gestaltung, aber auch in Medizin und Sozialwissenschaft, die sich in den letzten drei Jahrzehnten im Angelsächsischen von Nordamerika über England bis nach Australasia intensiv entwickelt hat.

Kreativität, praktisches Handeln, die konkreten Medienprodukte sowie der Umgang mit eigener Erfahrung als Künstler (und Wissenschaftler) stehen im Mittelpunkt einer auch sozialwissenschaftlich fundierten Praxis. Die Ausbildung zu einem künstlerischen PhD mit wissenschaftlichem Anteil ist im deutschsprachigen Hochschulraum wenig bekannt. Weltweit gibt es viele, auch gegenläufige und kritische Varianten: von der „Practice-

based-Research“, die in und durch Kunst eigenes Forschen in Gang setzt, bis zur „Research-led Practice“, die von interdisziplinärer Theorie ausgehend neue Wege künstlerisch begeht [1].

### Einleitung

Im deutschsprachigen Raum gibt es erst seit wenigen Jahren das PhD-Studium als anderen Promotionsweg, in dem sich die Praxis von Künstlern und Designern mit Theoriearbeit trifft. Dies geschieht an Kunst- und Musik-Universitäten wie in Linz, Wien, Graz oder Zürich sowie an der Bauhaus-Universität in der Goethestadt Weimar. Hier fand im Dezember 2011 die „Conference on practice-based research in Art & Design“ statt.

Die Weimarer Ausbildung orientiert sich daran, denn der Abschluss besteht aus der praktischen Arbeit und einer gleich wichtigen wissenschaftlichen Studie, betreut durch zwei Lehrende, immer auch mit dem Blick auf den Prozess dazwischen.

Geleitet wird der Studiengang von Professor Frank Hartmann, dem Medienphilosophen und Fachmann für Bildsprachen. Er untersucht die komplexen Korrelationen von Ästhetik, Organisation und Technologie, in denen kulturelle Vermittlungssysteme und die Medien existieren und agieren. Das unterscheidet ihn von theoretischen Grundlagenforschern der universitären Kultur- und Medienwissenschaft. Frank Hartmann nutzt die Mediologie des französischen Soziologen Régis Debray als wirksame Analyse gesellschaftlicher Transmission [2]. Mit den zwei Ausdrucksformen des Poetischen (für das Künstlerische) und das Prosaische (in Wissenstexten) kritisierte er in seinem Leitvortrag die veränderte

Qualität im Dialog, der oft in und zwischen Disziplinen stattfindet. Er betont den Verlust an substanziellen Aussagen zugunsten des „Zelebrierens eines diskursadäquaten Habitus“. Als Lehrender schickt er seine PhD-Studierenden daher auf die Suche nach einer eigenen Gestalt für ihre Arbeit. Sie kann in jeder medialen Form präsentiert werden, jenseits des traditionellen Schriftgelehrten.

Wie sich die akademische Forschungspraxis auch im Design verändert hat, demonstrierte in Weimar eine Studie von Gesche Joost. Sie ist ausgebildete Gestalterin, Medienwissenschaftlerin und Professorin an der Universität der Künste in Berlin mit einem Stiftungslehrstuhl der Telekom, wo sie lange das Research-Lab geleitet hat. Sie schilderte mit Enthusiasmus Design und Forschen im Design als technischen, kreativen und partizipatorischen Prozess, in dem NutzerInnen in Entwürfe und Erkenntnisse sehr früh einbezogen sind.

Mit ihren Kolleginnen Kora Kimpel und Claudia Mareis hat sie 2010 den Sammelband einer Designforschung im Anwendungskontext herausgegeben. Schon durch den Titel „Entwerfen – Wissen – Produzieren“ ergibt sich leicht der Anschluss an künstlerische Forschung [3]. „Design promoviert“: Mit diesem Slogan ermutigt die Deutsche Gesellschaft für Designforschung und Designtheorie die kommenden Generationen zum doppelten Blick.

In einer dafür vorbildlichen Dissertation vergleicht die Schweizer Forschungsprofessorin und Gestalterin Claudia Mareis die kreative Praxis mit Strängen der akademischen Wissenskulturen [4].

Als Bausteine dienen zum Beispiel die „Wissenschaften vom Künstlichen“ nach Herbert Simon, einem Denker zwischen technischen und sozialen Fragestellungen. Sein Ansatz findet sich wieder auch als Baustein in der Medienkonzeption von Nicola Döring an der Universität Ilmenau [5]. Von Donald Schön stammt der berühmte, noch nicht eingelöste Slogan vom „reflective practitioner“, der implizites Erfahrungswissen mit expliziten Denkkulturen in Labor, Studio, Betrieb und Lehre verbindet [6]. Der Dialog dazwischen aber ist besonders wichtig, Entwerfen und Entwickeln sind nicht auf Produkte oder funktionelle Prozesse festgelegt.

Corina Caduff von der Kunstuniversität Zürich ergänzt dies mit einem programmatischen Zitat zum Dialog zwischen den Disziplinen: „Dabei gilt es, einen Forschungsbegriff festzulegen, durch den sich Künstlerische Forschung sowohl von Kunst als auch von wissenschaftlicher Forschung klar unterscheiden lässt“ [7].

Ein erstes Beispiel, wie sich diese Triade verwirklicht und ergänzen lässt: Carole Gray und Julian Malins haben in Schottland viele Studien praxisbasierten Forschens betreut und zu einem Lehrbuch verdichtet. Als Metapher dient ihnen die Reise durch die Phasen des Forschungsprojekts: vom Reiseplan zur Kartierung des Terrains, vom Bestimmen der eigenen Position zum Durchqueren von Landschaften, beim stetigen Interpretieren der Landkarte sowie durch Erkenntnisse und konkrete Ergebnisse in Publikationen [8].

Das meint also Ausgangsthemen, präzise Fragestellungen, Workflows und Perspektiven, Desiderate und die Wahl der Methoden. Trotzdem bleibt die Vielfalt an Zugängen groß.

Das Interdisziplinäre in Kunst und ihrer Praxis in Vermittlung und Wissenschaft sucht und entwirft dafür besondere Orte und ihre Medien. Das entstehende Wissen ist oft erfahrungsorientiert und zielt auf Unikate, nicht auf reproduzierbare Strukturen mit technischer oder sozialer Anwendbarkeit. Wie bei den Memoranden von Anselm Strauss, dem qualitativen Soziologen aus Chicago, ist das parallele „Reflective Journal“ wichtig; als Spiegelbild des künstlerischen Forschens selbst, aber immer auch offen für kreative Situationen.

Für die Arbeit im Medienbereich an Hochschulen mit „Angewandter und Anwendbarer Wissenschaft“ sind solche Wege mehrfach nutzbar: In der didaktischen Produktion von Projekten, über die Grenzen der beteiligten Disziplinen hinweg; als dialogische Angebote für Analyse und Reflexion vor, während und nach der zentralen gestalterischen Praxis, schließlich beim Engführen von interdisziplinären Diskussionsfeldern, die den Kontext der neuen und alten Medien in vielfältigen Perspektiven vermitteln.

Henk Borgdorff schließlich, ein präziser Beobachter auch internationaler Veränderungen der künstlerischen Forschung, unterscheidet dazu drei Formen im Dialog von Kunst und Wissen [9]:

Forschung über Kunst meint traditionelle „Reflexion und Interpretation“ von kulturwissenschaftlichen Disziplinen im Diskurs, meist ohne eigene direkte Praxis und im Nachhinein.

Forschung für Kunst ist angewandte Wissenschaft, die beim Entfalten hilft, als Recherche zum Material oder am Beispiel musikalischer Interpretation oder von Originalinstrumenten. Solche Studien stehen, so Borgdorff, im Dienst der künstlerischen Praxis, er nennt das eine „instrumentelle Perspektive“, verstanden als ein zeitliches Vorher.

Forschung in der Kunst bezieht sich auf Donald Schöns Ausdruck von „Reflexion in der Aktion“. Für diese „immanente und performative Perspektive“ verzahnen sich nicht nur praktisches Schaffen und das Wissen darüber. Nach unserer eigenen kombinierten Sicht fallen auch das Vorher und Nachher der Realisation zusammen: in Objekt und Material, Verlauf und räumlichen Kontext.

Mit den Worten von Henk Borgdorff: „Künstlerische Praxis – sowohl das Kunstobjekt als auch der kreative Prozess – verkörpert eingebettetes, implizites Wissen, das mit Hilfe von Experimenten und Interpretationen offenbart und artikuliert werden kann [10].“

## Referenzen

- [1] Smith Hazel, Dean Roger T. (ed.): Practice-Led Research, Researched Practice in the Creative Arts. Edinburgh University Press 2009
- [2] Hartmann Frank: Mediologie. Wien 2003
- [3] Mareis Claudia, Joost Gesche, Kimpel Kora (Hg.): Entwerfen – Wissen – Produzieren. Bielefeld 2010
- [4] Mareis Claudia: Design als Wissenskultur. Interferenzen zwischen Design und Wissensdiskursen seit 1960. Bielefeld 2011
- [5] Döring Nicola, Ingerl Andreas: Medienkonzeption. in: Batinic, Bernad; Appel, Markus: Medienpsychologie. Springer Heidelberg 2008
- [6] Simon Herbert: Die Wissenschaften vom Künstlichen. Wien 1994; Vgl. auch Schön Donald: The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action. New York 1983
- [7] Vergl. auch Caduff, Corina, Siegenthaler, Fiona, Wälchli, Tan (Hg.) Kunst und Künstlerische Forschung. Zürcher Hochschule der Künste 2009. Zitat Seite 12.
- [8] Gray, Carole; Malins, Julian: Visualizing Research. A Guide to the Research Process in Art and Design. 2004
- [9] Borgdorff Henk: Die Debatte über Forschung in der Kunst. In: Z hdk: Künstlerische Forschung. Positionen und Perspektiven. Subtexte 03. 29 – 30, Zürich 2009
- [10] Borgdorff 2009: 44



Abb. 5.2-1: Erkenntniswege im Bauhaus

# Zusammenstellung

## Veröffentlichungen

- Bollin E.:** Monitoring the Energy Systems of Sustainable Buildings, SPIE Eco-Photonics, Proc. Of SPIE Vol. 8065, 806503, © 2011 SPIE CCC, Code: 0277-786X/\$18, DOI 10.1117/12.886276, 2011
- Bollin E., Feldmann T.:** Verbesserungen von Energieeffizienz und Komfort im Gebäude. [www.detailresearch.de/aktuelle-entwicklungen/energie-haustechnik](http://www.detailresearch.de/aktuelle-entwicklungen/energie-haustechnik); 8. Februar 2011
- Da Costa Fernandes J., Bollin E.:** Automationsgestützte natürliche Gebäudeklimatisierung in Klassenzimmern. Proceedings des Facility Management Messe und Kongress, Mesago Messe Frankfurt, 22. – 24. Februar 2011
- Da Costa Fernandes J., Bollin E.:** Verbessertes Raumklima in den Klassenzimmern der THR. Mitwirkung am Schüler-Infolyer und Vortrag im Rahmen des WVR-Schülerprojekts an der Theodor-Heuss-Realschule Offenburg, 18. Juli 2011
- Bollin E., Huber K., Scheck E.:** Operation Analysis and Experiences of a Solar-Thermal system at Esslingen. Proceedings des ISES Solar world Congress in Kassel, 1. September 2011
- Feldmann T., Bollin E.:** Predictive Operation of Sustainable Buildings. Intl. Konf. EBP3, Environmental Best Practices 3 an der Hochschule Offenburg, 13. – 16. September 2011
- Breyer-Mayländer T.:** Mehr als nur ein „Communication Shift“. Neue Formen des Mediamix im lokalen Markt, Marketing Review St. Gallen, S. 22 – 27, 5/2011
- Breyer-Mayländer T.:** Coupon, Groupon, Dealplattformen ... – Das Geschäft mit den Schnäppchen. BDZV (Hrsg.) Zeitungen, S. 205 – 217, ZVVerlag Berlin 2011
- Breyer-Mayländer T.:** Erfolg für Stadtmarketing und Werbegemeinschaften. Hochschulverlag, Hochschule Offenburg, ISBN 978-3-943301-00-7, Paperback, 156, 2011
- Breyer-Mayländer T.:** Medienmarketing. Klein, Armin (Hrsg.) Kompendium Kulturmarketing: Handbuch für Studium und Praxis, Vahlen Verlag München, S. 333 – 357, 2011
- Breyer-Mayländer T.:** ePublishing and Apps: Perspektiven für die regionale und lokale Tagespresse? IVW Berlin (Hrsg.), S. 41 – 45, Geschäftsbericht 2010/2011
- Sultana R., Feißt M., Christ A.:** Collaborative Language Learning Game as a Device Independent Application. Buchbeitrag in Isaif, P.; Ifenthaler D., Kinshuk, Sampson D. G., Spector J. M. (Editors) ISBN 978-1-4614-1538-1, Springer, New York, USA, 2011
- Sultana R., Christ A.:** Research on System Architecture for Device Independent Applications for 3D Imaging and Virtual Reality. Proceedings, mLearn, Beijing, China, 18. – 21. Oktober 2011
- Sultana R., Christ A.:** An Architecture for Device independent Mobile Learning Presentation. Proceedings, mLearn, Beijing, China, 18. – 21. Oktober 2011
- Curticapean D.:** Das optische Möbiusband. 1. Preis, Teilnahme, Fotowettbewerb der Optical Society of America, 2011
- Ambs P., Curticapean D., Emmelmann C., Knapp W., Kuznicki Z. T. Meyrueis P. P.:** Sustainable Design, Manufacturing, and Engineering Workforce – Education for a Green Future. Proceedings of SPIE, 0277-786X, Volume 8065, Straßburg, Frankreich, 28. – 30. März 2011
- Daryusi A.:** Zur Frage der Mehrfachkerbwirkung – FEM-Spannungsanalyse an torsionsbeanspruchten Zahnwellen mit Sicherungsringnuten. Zeitschrift: Antriebs-technik, s. 106 – 111, 4/2011
- Daryusi A.:** Für höhere Drehmomentdichten – Untersuchungen und Ergebnisse zur Kerbwirkung an Profilwellen. Zeitschrift: Der Konstrukteur, S. 18 – 22, 5/2011
- Daryusi A.:** Kerbwirkung an torsionsbeanspruchten Zahnwellenverbindungen mit freiem Auslauf. Tagungsband „Dresdner Maschinenelemente Kolloquium – DMK“, S. 397 – 418, Dresden, 29. – 30. Nov. 2011
- Devanathan S., Glaser S., Dorer K.:** Optimising Efficiency in Part-Load Transportation, Proceedings of the IJCAI, Workshop on Artificial Intelligence and Logistics (ALLOG) Barcelona, Spain, 16. Juli 2011
- Dorer K., Greenwood D., Schindler I.:** Agent-based Inter-Company Transport Optimization, Tumer, Yolum, Sonenberg and Stone. Proc. of 10th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems – Innovative Applications Track (AAMAS) Taipei, Taiwan, 2. – 6. Mai 2011
- Fischer D.:** Echtzeitkommunikation unter Windows. Proceedings ESE Kongress, Embedded Software Engineering Kongress, S. 539 – 547, ISBN 978-3-8343-2405-4, Sindelfingen, 2011
- Fischer R.:** Managing Corporate Development in the View of Creating Entrepreneurial Value. Proceedings, EBES-Konferenz (Eurasia Business and Economics Society), Istanbul, 2. – 4. Mai 2011
- Fleig C.-J.:** Schluckspecht “Bow String Structure (BBS)-Kozept“. Horizonte, Forschung an Fachhochschulen in Baden-Württemberg, September 2011
- Greschuchna L.:** Instrumente des Dialogmarketings im Maschinenbau, in: Dialogmarketing Perspektiven 2010/2011. Tagungsband, 5. Wissenschaftlicher interdisziplinärer Kongress für Dialogmarketing, S. 177 – 194 Wiesbaden, 2011
- Gruner G.:** Principles of Animation Film, in: Animated Films from Germany. Institut für Auslandsbeziehungen, Stuttgart, 2011
- Ismer B., Figula H. R., Heinke M., Kühnert H.:** Transesophageal left ventricular electrogram-recording and temporary pacing to improve patient selection for cardiac resynchronization. Med Biol Eng Comput 49:851-858, DOI 10.1007/s11517-011-0767-6
- Ismer B., Heinke M., Kroll K., Rotter K., Weber F.:** Semi-invasive electromechanical target interval to guide left ventricular electrode placement. Journal of Cardiovascular Electrophysiology 22, Suppl 1:39, 2011
- Ismer B., Figulla H. R., Heinke M., Kühnert H., Surber R.:** Nutzbarkeit der transösophagealen linksventrikulären Elektrographie bei der Indikationsstellung zur kardialen Resynchronisationstherapie. Clin Res Cardiol 100, Suppl 1, V942, 2011
- Ismer B., Allmann J., Eisenträger D., Figulla H. R., Haltenberger A., Heinke M., Straube K., Töpfer A.:** Analysing-software for electrocardiographic desynchronization – which parameters needs the physician? Biomed Tech 56 Walter de Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2010.515
- Ismer B., Eisenträger D., Figulla H. R., Haltenberger A., Heinke M., Küthe F., Kühnert H., Lorenz M., Prochnau D., Surber R.:** Transesophageal left cardiac electrocardiography for evaluation of inter-ventricular and interatrial conduction delay before and after premature ventricular contraction in heart failure patients. Biomed Tech 56 Walter de Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2011.547
- Ismer B., Allmann J., Eisenträger D., Figulla H. R., Haltenberger A., Heinke M., Querengässer J., Solbrig O., Winkler A.:** Analysing-software for impedance and electrocardiography – what is currently possible? Biomed Tech 56 Walter de Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2011.551
- Ismer B., Dannberg G., Figulla H. R., Heinke M., Haltenberger A., Heinke T., Kühnert H., Surber T., Wehsener I.:** Semi-invasive left cardiac pacing and electrocardiography – cardiac resynchronization therapy improvement can be predicted by pacing? Biomed Tech 56 Walter de Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2011.513
- Ismer B., Figulla H. R., Haltenberger A., Heinke M., Kühnert H., Prochnau D., Querengässer J., Solbrig O., Surber R.:** Improvement of impedance cardiographic cardiac output and acceleration index in atrioventricular and interventricular delay optimized biventricular pacing. Biomed Tech 56 Walter de Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2011.550
- Ismer B., Figulla H. R., Haltenberger A., Heinke M., Kühnert H., Prochnau D., Querengässer J., Solbrig O., Surber R.:** Different impedance cardiographic parameters in atrioventricular and interventricular delay optimized biventricular pacing versus rightventricular pacing. Biomed Tech 56 Walter de Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2011.484

- Ismer B., Eisenträger D., Figulla H. R., Haltenberger A., Heinke M., Heinke T., Kühne F., Kühnert H., Lorenz M., Prochnau D., Surber R.:** Usability of transesophageal electrical intra-left ventricular and interventricular conduction delay to improve patient selection for cardiac resynchronization therapy. *Biomed Tech* 56 Walter de Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2011.483
- Ismer B., Heinke M., Kleimenhagen F., Osypka M., Rösch L., Rotter K.:** Electrical velocimetry to optimize VV delay in bi-ventricular VVIR and DDD pacing for heart failure. *Biomed Tech* 56 Walter de Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2011.552
- Ismer B., Heinke M., Kleimenhagen F., Melzer C., Rösch L., Rotter K., Weber F.:** Significance of a new electrocardiographic parameter to improve cardiac resynchronization therapy. *Biomed Tech* 56 Walter de Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2011.512
- Bhattacharyya M., **Jansen D.**, Volk T., Bau D., Riske A.: A Disposable Passive Temperature Sensor with RFID ISO 15693 Interface. RFID-Technologies and Applications (RFID-TA) IEEE International Conf., ISBN 978-1-4577-0028-6, 2011
- Volk T., **Jansen D.:** Semi passive sensor implant powered via RFID to monitor vital functions of small animals. 1st Int. Workshop on Wireless Energy Transport and Harvesting, Imec, Holst Centre Eindhoven, Niederlande, 2011
- Junk S., Côte S., Tränkle M., Wagner R.:** Rapid tooling in metal forming processes using 3D-printed tools. Proceeding of the 5th Int. Conf. on Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping, ISBN 978-0-415-68418-7, Leiria, Portugal, 2011
- Junk S., Tränkle M.:** Design for Additive Manufacturing technologies: New Applications of 3D-Printing for Rapid Prototyping Rapid Tooling. Proceedings of the 18th Int. Conf. on Engineering Design (ICED), ISBN 978-1904670254, Copenhagen, Denmark, 2011
- Lankau R.:** Bildung ist das letzte Reservat. <http://bildung-wissen.eu/kommentare/bildung-ist-dasletzte-reservat.html>, 21. Juni 2011
- Lankau R.:** Man kann das Richtige fordern ... und das Falsche damit erreichen wollen. <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/man-kann-das-richtige-fordert.html>, 21. Juli 2011
- Lankau R.:** Die Kunst geht zum Brot, die Wirtschaft .... <http://bildungs-wissen.eu/fachbeitraege/diekunst-geht-zum-brot-die-wissenschaft.html>, 29. Juli 2011
- Lankau R.:** Von Wissenszweigen und Informationsriesen. <http://bildungs-wissen.eu/kommentare/vonwissenszweigen-und-informationsriesen.html>, 1. August 2011
- Lankau R.:** Seifenblasen mit Kollateralschäden. <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/seifenblasenmit-kollateralschaden.html>, 20. November 2011
- Lankau R.:** Schreibverhinderungsstrategie für ABC-Schützen. <http://bildungswissen.eu/fachbeitraege/schreibverhinderungsstrategie-fur-abc-schutzen.html>, 9. Dezember 2011
- Sokolova E., Kovalev A., Maznev A., **Mayer A.:** Acoustic waves guided by the intersection of a surface and an interface of two elastic media. *Proceedings, Wave Motion* 49 (elektronisch erschienen) S. 388 – 392. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/aip/01652125>, 2011
- Wegert H., Mayer E., Reindl L., Ruile L., **Mayer A.:** Interaction of SAWs with resonating structures on the surface. *Proceedings of the IEEE Ultrasonics Symposium*, San Diego, S. 185 – 188, 11. – 14. Oktober 2011
- Wegert H., Mayer E., Reindl L., Ruile L., **Mayer A.:** Guided Acoustic Waves Propagating at Surfaces, Interfaces and Edges. *Proceedings IEEE Ultrasonics Symposium*, Orlando, 18. – 21. Oktober 2011
- Nuß U.:** Principles of Power Electronics. Tagungsband OTI Seminar, S. 291 – 328, München, 6. – 7. Juni 2011
- Nuß U.:** Feedback Control Systems for Power Electronics. Tagungsband OTI Seminar, S. 291 – 328, München, 6. – 7. Juni 2011
- Otte A.:** Die Wirkung von Strahlen auf Lebewesen. *Baden-Württembergisches Ärzteblatt* 66 (8): S. 430 – 431, 2011
- Otte A., Wink K.:** The rationale of a longer life span and nuclear medicine. *Hellenic Journal of Nuclear Medicine*; 14(1): Januar – April 2011
- Otte A.:** Functional neuroimaging in whiplash injury. *Eur J Pain* (Epub ahead of print), DOI 10.1016/j.ejpain.2011.08.002, 12. September 2011
- Otte A. (Hrsg.), Seitz A., Wünsch D.:** Klinische Prüfung von Medizinprodukten. *WHL Schrift* Nr. 32, 59 Seiten, ISBN 978-3-866-186-3. *WHL Wissenschaftliche Hochschule Lahr*, November 2011
- Mensonides-Harsema M., **Otte A.:** European regulatory framework on the use and development of pharmaceuticals and radiopharmaceuticals for pediatrics. *Hellenic Journal of Nuclear Medicine*; 14(1): 64 – 70, 2011
- Otte M., Seyfried T.:** Management und Controlling von Intangible Assets. *Buch, Management* 2011, BoD Verlag, ISBN 978-3842372160, 2011
- Kalz D., Königsdorff R., **Pfafferoth J.:** Thermoaktive Bauteilsysteme – Betriebserfahrungen aus der Praxis. *DETAIL* 11, S. 1266 – 1278, 2011
- Pfafferoth J., Fischer M., Kalz D.:** Low-energy buildings with night ventilation and air-to-air heat exchangers – case studies and analysis. *Conf. Proc. 32nd AIVC Conf. "Towards Optimal Airtightness Performance"*, Brüssel, Belgien, 12. – 13. Oktober 2011
- Pfafferoth J., Koppe C., Reetz C.:** Extension of the heat health warning system by indoor heat prediction. *Conf. Proc. Climate and Constructions*, Karlsruhe, 24. – 25. Oktober 2011
- Rohbock U., Jagoda M.:** New aspects of using eyetracking in education of optics and photonics. *SPIE Eco-Photonics; Proc. of SPIE Vol. 8065, 806510*. © 2011 SPIE CCC, Code: 0277/786X/11/\$18, DOI 10.1117/12.882898, 2011
- Lehmann R., Staiger S., **Schröder W.:** Fully controlled helicopter 3D-reconstruction of buildings and survey applications. *SPIE Eco-Photonics; Proc. of SPIE Vol 8065, 806510*, © 2011 SPIE CCC, Code: 0277-786X/11/\$18, DOI 10.1117/12.882898, 2011
- Schröder W., Ortega Clavero V., Meyrueis P., Weber A.:** Robust, Precise, High Resolution Fourier Transform Raman Spectrometer. *SPIE Eco-Photonics, Proc. of SPIE Vol 8065, 806510*, © 2011 SPIE CCC, Code: 0277-786X/11/\$18, DOI 10.1117/12.882898, 2011
- Weber A., Ortega Clavero V., **Schröder W.:** Holographic Microscope using Conventional Low-Cost Liquid Crystal Display in Transmissive Setup. *SPIE Eco-Photonics, Proc. of SPIE Vol. 8065, 806510*, © 2011 SPIE CCC, Code: 0277-786X/11/\$18, DOI 10.1117/12.882898, 2011
- Weber A., Ortega Clavero V., **Schröder W.:** Wavefront Analysis and Optimization from Conventional Liquid Crystal Displays for Low-Cost Holographic Optical Tweezers and Digital holographic Microscopy. *SPIE Eco-Photonics, Proc. of SPIE Vol. 8065, 806510*, © 2011 SPIE CCC, Code: 0277-786X/11/\$18, DOI 10.1117/12.882898, 2011
- Schüssele L., Felhauer T., Christ A., Klausmann T.:** Die Sprechende Sitzschiene für In-flight Entertainment Systeme in Passagierflugzeugen. *Horizonte* 37 (ISSN: 1432-9174), S. 10 – 14, März 2011
- Schüssele L., Christ A., Felhauer T., Klausmann T., Kaufmann A.:** A Novel Broadband Communication System for Aircraft In-flight Entertainment Applications. *IEEE Int. Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting*, Erlangen, 8. – 10. Juni 2011
- Metzger M., Knappe M., **Seifert T.:** Materialmodell zur Lebensdauervorhersage von Bauteilen aus Eisengusswerkstoffen. *MTZ – Motortechnische Zeitschrift* Ausgabe Nr. 10, 2011
- Seyfried T.:** Global Accounting and the principles of accounting/taxation in Germany. *Intl. Week, Saxion University of Applied Science*, Niederlande, 24. – 28. Januar 2011
- Braun N., **Sikora A.:** Firmware update over the air for small microcontrollers. *Embedded World Conference*, Nürnberg 1. – 3. März 2011

- Sikora A.:** M2M – State of the Art. Embedded World Conference. Nürnberg, 1. – 3. März 2011
- Lill D., **Sikora A.:** Cooperative Wireless Sensing for Increased Traffic Safety. Embedded World Conference, Nürnberg, 1. – 3. März 2011
- Sikora A., Lill D., Schappacher M., Islam S.:** Wireless Protocol Design for a Cooperative Pedestrian Protection System. 3rd Int. Workshop on Communication Technologies for Vehicles (Net4Cars), Oberpfaffenhofen, 23. – 24. März 2011
- Rohleder A., Jäckel S., **Sikora A.:** Design and Test of a Gigabit Ethernet MAC for High-Speed HIL-Support. XLIV. Workshop MPC-Gruppe, Furtwangen, 9. Juli 2011
- Lill D., Schappacher M., Gutjahr A., **Sikora A.:** Protocol and System Design of a Cooperative Pedestrian Safety System. 11th Int. Conf. on IST Communication (ITST), Petersburg, Russia, 23. – 25. August 2011
- Sikora A.:** Wireless Network and Gateway Architectures for Home Care Applications. IEEE 6th Int. Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems, Prague (IDAACAS), 15. – 17. September 2011
- Sikora A.:** Pilot Installations for Combined Telecare and Telehealth Services. 45. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik (DGBMT), Freiburg, 27. – 30. September 2011
- Sikora A.:** Results of UWB coexistence measurements. Wireless Congress, München 9. – 10. November 2011
- Weinläder T., Lill D., **Sikora A.:** Experiences with New SubGHz-Narrowband Transceivers. Wireless Congress, München, 9 – 10. November 2011
- Sikorski E., Kuttruff U.:** Studierende der Energietechnik auf der großen Fahrt. Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein (DKV aktuell), S. 36, Nr. 03/2011
- Sikorski E., Kuttruff U.:** Organisation und Finanzierung von Exkursionen. Hochschullehrerbund (HLB), Heft 4 – 5 S. 194 – 196, 2011
- Spangenberg B.:** A new way of using chemiluminescence in thin-layer chromatography. Journal of Planar Chromatography 24, 357 – 359, 2011
- Spangenberg B., Colin F., Poole, Wein C.:** Quantitative Thin-Layer Chromatography – A Practical Survey. 1st Ed., XV, 388 p. 126 illus., 72 in color. Hardcover ISBN 978-3-642-10727-6, 2011
- Seigel A., Schröck A., Hauser R., **Spangenberg B.:** Sensitive quantification of diclofenac and ibuprofen using thin-layer chromatography coupled with a vibrio fisheri bioluminescence assay. Journal liq. Chrom. & rel. Technol. 34, 817 – 828, 2011
- Ahnfeldt T., Möllmer J., Guillerm V., **Staudt R., Serre C., Stock N.:** High-Throughput and Time-Resolved Energy-Dispersive X-Ray Diffraction (EDXRD) Study of the Formation of CAU-1-(OH)<sub>2</sub>: Microwave and Conventional Heating. Chemistry-A European Journal, accepted. DOI 10.1002/chem.201003708, 2011
- Bastos-Neto M., Möller A., **Staudt R., Böhm J., Gläser R.:** Adsorption Measurements of Nitrogen and Methane in Hydrogen-Rich Mixtures at High Pressures. Industrial & Engineering Chemistry Research, 50, S. 10211 – 10221, 2011
- Bastos-Neto M., Möller A., **Staudt R., Böhm J., Gläser R.:** Dynamic bed measurements of CO adsorption on microporous adsorbents at high pressures for hydrogen purification processes on Adsorption. Separation and Purification Technology, 77, S. 251 – 260, 2011
- Bastos-Neto M., Möller A., Böhm J., Gläser R., **Staudt R.:** Breakthrough Curves of Methane at High Pressures for H<sub>2</sub> Purification Process. Chemie Ingenieur Technik, 83, S. 183 – 190, 2011
- Bazán R.-E., Bastos-Neto M., Möller A., Dreisbach F., **Staudt R.:** Adsorption Equilibria of O<sub>2</sub>, Ar, Kr and Xe on Activated Carbon and Zeolites: Single Component and Mixture Data. Adsorption, 17, S. 371 – 383, 2011
- Guimaraes A. P., Möller A., **Staudt R., de Azevedo D.C.S., Lucena S.M.P., Cavalcante C. L. Jr.:** Diffusion of linear paraffins in silicalite studied by the ZLC method in the presence of CO<sub>2</sub>. Adsorption, 16, S. 29 – 39, 2011
- Lässig D., Lincke J., Möllmer J., Reichenbach C., Möller A., Gläser R., Kalies G., Cychoz K. A., Thommes M., **Staudt R., Krautscheid H.:** A Microporous Copper MOF with High H<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> Adsorption Capacity at Ambient Pressure. Angew. Chem. Int. Ed., 50, S. 10344 – 10348, Angew. Chem, 123, S. 10528 – 10532, 2011
- Lincke J., Lässig D., Möllmer J., Reichenbach C., Puls A., Möller R., Gläser R., Kalies G., **Staudt R., Krautscheid H.:** A novel copper-based MOF material: Synthesis, characterization and adsorption studies. Microporous and Mesoporous Materials, 142, S. 62 – 69, 2011
- Möllmer J., Möller A., Dreisbach F., Gläser R., **Staudt R.:** High Pressure Adsorption of Hydrogen, Nitrogen, Carbon Dioxide and Methane on the Metal-Organic Framework HKUST-1. Microporous and Mesoporous Materials, 138, S. 140 – 148, 2011
- Möllmer J., Celer E. B., Lübke R., Cairns A., **Staudt R., Eddaoudi M., Thommes M.:** Insights on Adsorption Characterization of Metal-Organic Frameworks: A Benchmark Study on the Novel soc-MOF. Microporous and Mesoporous Materials, 129, S. 345 – 353, 2011
- Möllmer J., Lässig D., Lincke J., Möller A., Gläser R., Krautscheid H., **Staudt R.:** Multicomponent Adsorption Equilibria on the Microporous MOF 3. International Symposium on Metal-Organic Frameworks 9, Dresden, 20. – 21. September 2011
- Reichenbach C., Kalies G., Lincke J., Lässig D., Krautscheid H., Möllmer J., Thommes M., **Staudt R.:** Unusual adsorption behavior of a highly flexible copper-based MOF. Microporous and Mesoporous Materials, 142, S. 592-600, 2011
- Simonato S., Gröger H., Möllmer J., **Staudt R., Puls A., Dreisbach F., Feldmann C.:** Sorption and separation of CO<sub>2</sub> via nanoscale AIO (OH) hollow sphere. Chemical Communication. DOI: 10.1039/c1cc15140a, 2011
- Tonigold M., Lu Y., Mavrandonakis A., Puls A., **Staudt R., Möllmer J., Sauer J., Volkmer D.:** Pyrazolate-Based Cobalt (II)-Containing Metal-Organic Frameworks in Heterogeneous Catalytic Oxidation Reactions: Elucidating the Role of Entatic States for Biomimetic Oxidation Processes. Chemistry-A European Journal, 17, S. 8671 – 8695, 2011
- Drozdetkaya, Findlin, **Waltersberger B.:** On the wobbling of friction discs. Proc. ENOC, Eds: D. Bernardini, G. Rega and F. Romeo, ISBN 978-88-906234-2-4, DOI 10.3267/ENOC Rome, Italy 2011
- Drozdetkaya, Findlin, **Waltersberger B.:** On the minimal model for the low frequency wobbling instability of friction discs. European journal of mechanics. A. Solids, 30, 665 – 672, 2011
- Weber J. A.:** Auflösung des Arbeitsverhältnisses durch Urteil wegen eines Bagatelldelikt am Beispiel der „Emmely“ – Entscheidung. Recht der Arbeit, S. 108 – 119, Arbeitsrecht 2011
- Weber J. A.:** Fallsammlung Internationales Steuerrecht. Hrsg. Prof. Dr. Kay-Michael Wilke, 9. Aufl., Verlag Neue Wirtschaftsbriefer GmbH & Co. KG, Herne, 2011
- Weber J. A.:** Google „Street View“ und ähnliche Geo-Datendienste im Internet aus zivilrechtlicher Sicht. Neue Juristische Online-Zeitschrift, S. 673 – 676, 2011
- Weiß H.-J.:** Unbundling of Non-Profitable Rail Infrastructures, Competition and Regulation in Network Industries, Vol 12, No. 4, S. 357 – 370, 2011
- Böhler F., Schwarz B., **Zahoransky R., Guggenbühler B., Nuß U., Santoire J., Geimer M.:** Fahrzyklen mit einem kommunalen Mehrzweck-Fahrzeug: Dieselantrieb im Vergleich zu parallelem diesel-elektrischem Hybridantrieb. Konferenzband, Hybridantriebe für mobile Arbeitsmaschinen, S. 223 – 238, Karlsruhe 17. Februar 2011
- Abdelraheem M., Blondeau C., Naya-Pascencia M., Videau M., **Zenner E., Staudt R.:** Cryptanalysis of Armadillo2. Proceedings of Asiacypt, Springer LNCS 7073, 2011
- Abdelraheem M., Borghoff J., **Zenner E., David M., Staudt R.:** Cryptanalysis of the Light-Weight A2U2. Proceedings IMA Cryptography and Coding, Springer LNCS 7089, 2011

## Vorträge

- Bollin E.:** Monitoring the Energy Systems of Sustainable Buildings. Invited speaker, SPIE Eco-Photonics Conference, Straßburg, 28 März 2011
- Huber K., **Bollin E.:** Solarunterstützte Lufttrocknungsanlage in Freiburg. PtJ Workshop Prozesswärme, Kassel 7. April 2011
- Bollin E.:** Energia Solar Termica para procesos industriales en Alemania und El caso de la industria Alemania, Energia Solar a gran escala en aplicaciones en procesos. Auf Einladung der UTFSM, MEC Valparaiso. Auditorio Sofa – edificio las Industrias Santiago de Chile, Chile, 13. April 2011
- Bollin E.:** Monitoringkonzepte für solarthermische Großanlagen und Ergebnisse der Studien ST2000 und ST2000+. Auf Einladung der Berliner Energieagentur, anlässlich der Berliner Energietage, Ludwig-Erhard-Haus Berlin, 18. Mai 2011
- Bollin E.:** Regenerative Energieversorgung und Gebäudeautomation; Sauter Roadshow 2011. Praxis-Wissen für Ingenieure und Fachplaner, CineStar Metropolis in Frankfurt, 8. September 2011
- Bollin E.:** Operation Analysis and Experiences of a Solar-Thermal system Assisting the Air Conditioning of an Office Building at Esslingen, Germany. Int. Conf. EBP3, Environmental Best Practices 3 an der Hochschule Offenburg, 14. September 2011
- Da Costa Fernandes J., **Bollin E.:** Statusreport Oststadtschule – Natürliche Gebäudedecklimatisierung in Klassenzimmern. Vortrag zum Status im Forschungsprojekt im Rahmen der Gesamtlehrerkonferenz an der Oststadtschule, Offenburg, 19. Oktober 2011
- Bollin E.:** Automation regenerativer Wärme- und Kälteversorgung in Gebäuden. Seminar für Fachplaner, Veranstalter Sauter-Cumulus GmbH, Radison Blu Hotel, Berlin, 2. November 2011
- Breyer-Mayländer T.:** Online-Marketing-Controlling: Ansätze und Instrumente. Treucura-Jahrestagung, Nürnberg, 12. Mai 2011
- Breyer-Mayländer T.:** eBusiness im Buchhandel. Börsenverein des Deutschen Buchhandels/Mediacampano Frankfurt, 18. Mai 2011
- Breyer-Mayländer T.:** Kundenbindung durch Crossmedia. Jahrestagung der DZV-Jahresfachtagung, Herne, 21. September 2011
- Breyer-Mayländer T.:** Wohin entwickelt sich die Medienlandschaft? Wie müssen Verlage auf die Veränderungen reagieren? Dialog Zukunft und Medien, Mediengruppe Oberfranken, Bamberg, 21. Oktober 2011
- Bühler K.:** Numerical Simulations of Spherical Gap Flows with Superimposed Mass Flux. ICTW 17th Int. Couette-Taylor Workshop University of Leeds, 25. – 27. Juli 2011
- Bühler K.:** Transition to turbulence in spherical gap flows with and without superimposed max flux. Workshop DFG: Dynamics of Coherent Structures in Turbulent Flows, Bad Dürkheim, 19. – 21. September 2011
- Sultana R., **Christ A.:** An Architecture for Device Independent Mobile Learning Content Presentation. Speech, mLearn, Beijing, China, 18. – 21. Oktober 2011
- Sultana R., **Christ A.:** Research on System Architecture for Device Independent Applications for 3D Imaging and Virtual Reality. Speech, mLearn, Beijing, China, 18. – 21. Oktober 2011
- Daryusi A.:** Kerbwirkung an torsionsbeanspruchten Zahnwellenverbindungen mit freiem Auslauf. Fachtagung „Dresdner Maschinenelemente Kolloquium – DKM 2011“ in Dresden, 29. – 30. November 2011
- Fischer R.:** Managing Corporate Development in the View of Creating Entrepreneurial Value. Invited Talk, EBES-Konferenz (Eurasia Business and Economics Society) Istanbul, Türkei, 2. – 4. Mai 2011
- Gruner G.:** Neue Entwicklungen in der Gestaltung von Animationsfilmen. Symposium Filmgestaltung an der Filmakademie Baden-Württemberg, Ludwigsburg, 17. Januar 2011
- Gruner G.:** Neue Mischtechniken im Bereich Animation. Symposium Filmgestaltung an der Filmakademie Baden-Württemberg, Ludwigsburg 4. April 2011
- Gruner G.:** Animationstechniken. Symposium Filmgestaltung an der Filmakademie Baden-Württemberg 6. Juni 2011
- Gruner G.:** Internationaler Stil und regionaler Stil im Bereich der Animation. Symposium Filmgestaltung an der Filmakademie Baden-Württemberg, Ludwigsburg 7. November 2011
- Hammer D.:** Forensische Spurensuche 2.0. 4. Fachtagung der Hochschule der Polizei Hamburg, 31. Mai 2011
- Hammer D.:** Spurensuche und Beweissicherung im Unternehmen. Secure Summit, Spionage und IT: So wird Ihr Unternehmen sicher! „Spurensuche und Beweissicherung im Unternehmen“, 2011
- Hammer D.:** Generation Internet, IT-Sicherheit & Computerkriminalität – Auswirkungen für unsere Gesellschaft. Wissenschaftlicher Vortrag auf dem Medienfachtag des Landratsamts Böblingen
- Ismer B., Heinke M., Kleimhagen F., Melzer C., Rösch L., Rotter K., Weber F.:** Algorithm for AV delay optimization in cardiac resynchronization based on individual interatrial conduction and ejection fraction. Biomed Tech 56 Walter Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2011.599
- Ismer B., Heinke M., Nienaber C. A., Riedel B., Schunkert H.:** In-vivo and in-vitro comparison of implant-based CRT optimization feature – What provide new algorithms? Biomed Tech 56 Walter de Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2011.548
- Ismer B., Fink R., Heinke M., Kleimhagen F., Melzer C., Rösch L., Weber F.:** Can the accuracy of intracardiac electrogram based CRT optimization be improved? Biomed Tech 56 Walter de Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2011.549
- Ismer B., Heinke M., Kleimhagen F., Nienaber C. A., Rösch L., Rotter K., Weber F.:** Programmer feature to quantify inter-ventricular desynchronization and interatrial conduction intervals. Biomed Tech 56 Walter de Gruyter, Berlin, Boston, DOI 10.1515/BMT.2011.516
- Ismer B., Figulla H. R., Heinke M., Kühnert H., Surber R.:** Nutzbarkeit der transösophagealen linksventrikulären Elektrographie bei der Indikationsstellung zur Resynchronisationstherapie und als Mindestmaß zur Positionierung der linksventrikulären Elektrode. Clin Res Cardiol 100 V942
- Ismer B., Figulla H. R., Heinke M., Kühnert H.:** Transesophageal left ventricular electrogram-recording and temporary pacing to improve patient selection for cardiac resynchronization. Med Biol Eng Comp 49:851-858. DOI 10.1007/s115147-011-0767-6
- Kreker A., **Jansen D.:** Digital Esophageal Pocket Format ECG Analyzer and Stimulator. BMT 2011, Freiburg, 30. September 2011
- Junk S.:** Rapid tooling in metal forming processes using 3D-printed tools. VRAP, 5th Int. Conf. on advanced research in virtual and rapid prototyping, Leiria, Portugal, 2011
- Junk S.:** Design for Additive Manufacturing technologies: New Applications of 3D-Printing for Rapid Prototyping Rapid Tooling. ICED, 18th Int. Conf. on Engineering Design, Copenhagen, Dänemark, 2011
- Wegert H., Mayer E., Reindl L., Ruile L., **Mayer A.:** Guided Acoustic Waves Propagating at Surfaces and Edges. Invited Talk, IEEE Ultrasonics Symposium, Orlando, 18. – 21. Oktober 2011
- Nuß U.:** Feedback Control Systems for Power Electronics. OTI Seminar, S. 291 – 328, München, 6. – 7. Juni 2011
- Nuß U.:** Principles of Power Electronics. OTI Seminar, S. 291 – 328, München, 6. – 7. Juni 2011
- Nuß U.:** Regelung von Drehstromantrieben. Seminar, Haus der Technik, Essen 27. – 28. September 2011
- Otte A.:** Tomographische Verfahren für die medizinische Diagnostik. 169. Konstanzer Klin. Radiol. Kolloquium. Klinikum Konstanz, 9. Juni 2011
- Otte A.:** Workshop-Kooperationsmodelle von Universitäten und Fachhochschulen – das Beispiel Heidelberg-Mannheim, 625 Jahre Ruperto Carola Heidelberg. Alte Au-

la der Universität Heidelberg, 17. März 2011

**Sänger V.:** Über die Zukunft der IT. Wirtschaftsforum Gengenbach, das unter dem Motto stand: „Stresstest für den Mittelstand“, 2011

**Schüssele L., Felhauer T., Christ A., Klausmann T., Kaufmann A., Gerold A.:** A Novel Broadband Communication System for Aircraft In-flight Entertainment Applications. IEEE Int. Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, Erlangen 8. – 10. Juni 2011

**Sikora A.:** The ZigBee Architecture – An Introduction. Vortrag auf der 5th European ZigBee Developers' Conference, München, 18. – 19. Mai 2011

**Sikora A.:** Systeme und Kommunikationsprotokolle für Telehealth- und Telecare-Anwendungen. Embedded Konferenz in Stuttgart, 24. Mai 2011

**Sikora A.:** Cooperative Sensor Systems for eSafety Applications, Presentation in the Workshop WHow can new sensor technologies impact next generation safety systems“. IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV'11), Baden-Baden, 5. – 9. Juni 2011

**Sikora A.:** Protokoll- und Systementwurf für kooperative Sensorsysteme. Forschungsinitiative „Kooperative Sensorik und Kooperative Perzeption für die präventive Sicherheit im Straßenverkehr“, Aschaffenburg 28. September 2011

**Sikora A.:** F&E für Smart Metering und Smart Communication. Microelectronic Workshop in Freiburg, 13. – 14. Oktober 2011

**Sikorski E.:** Engineering Education in the USA. Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Ortsgruppe Offenburg, November 2011

**Spangenberg B.:** A New Approach for a Multidimensional TLC Evaluation. 17th Int. Symposium on Separation Sciences, Cluj-Napoca, Rumänien, 7. September 2011

**Spangenberg B.:** A New Approach for a Multidimensional TLC Evaluation. The Third Int. Environmental Best Practises, Offenburg, 15. September 2011

**Spangenberg B.:** Lässt sich die Bestimmungsgrenze in der DC-Analyse verbessern? Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelchemie, 2011

Möllmer J., Patzschke C., Möller A., Dreisbach F., Gläser R., **Staudt R.:** Pure and Mixed Gas Adsorption of Methane and Nitrogen on the Metal-Organic Framework Basolite TM A100. Poster. 23. Deutsche Zeolithtagung, Erlangen, 2. – 4. März 2011

Möller A., Bastos-Neto M., **Staudt R., Böhm J., Gläser R.:** ProcessNet. Jahrestreffen FA Adsorption. Experimental and Simulated Breakthrough Curves of CO for H<sub>2</sub>-Purification, Würzburg, 24. – 25. März 2011

Möllmer J., Möller A., Dreisbach F., Gläser R., **Staudt R.:** Adsorbent Characterization

by High Pressure Adsorption. Postersession, School of Adsorption, Prag, Czech Republic, 14. – 15. März 2011

Möllmer J., Möller A., Gläser R., **Staudt R.:** Process Net. Jahrestreffen FA Adsorption. Multicomponent Adsorption Equilibria on Cu-based MOF-Materials, Würzburg, 24. – 25. März 2011

Möllmer J., Kobalz M., Lässig D., Lincke J., Möller A., Krautscheid H., Gläser R., **Staudt R.:** Adsorption equilibria of C1-C4-alkanes on Cu-based MOF-materials. 9th Int. Symposium on the Characterisation of Porous Solids – COPS 9, Dresden, 5. – 9. Juni 2011

Möllmer J., Patzschke C., Möller A., Dreisbach F., Gläser R., **Staudt R.:** Multicomponent Adsorption Equilibria on MOF-materials. 9th Int. Symposium on the Characterisation of Porous Solids – COPS 9, Dresden, 5. – 9. Juni 2011

Möllmer J., Möller A., Schieferstein E., Matysik J., Laggner P., **Staudt R.:** „COALS-WAD-Investigation of adsorption and swelling behaviour of coal to determine the feasibility of CO<sub>2</sub> sequestration and CH<sub>4</sub> production enhancement. Environmental Best Practices 3, Offenburg, 13. – 16. September 2011

Drozdetskaya, Fidin, **Waltersberger B.:** ENOC, Eds: D. Bernardini, G. Rega and F. Romeo, ISBN: 978-88-906234-2-4. DOI: 10.3267/ENOC, Rom, Italien, 24. – 29. Juli 2011

**WeiB H.-J.:** „Unbundling of Non-Profitable Rail Infrastructures“. Scholl of International Business (SiB) der Hochschule Bremen im Rahmen der Sib Business Week, 21. Mai 2011

Bunke G., **Wilke A., Erko A., Scharf H., Scheydt T.:** Algae Biosorbent for the Removal of ionic Components from Contaminated Water. Environmental Best Practices Conference, Offenburg 13. – 16. September 2011

Dubicki M., Ciesielski S., Mozejko J., **Wilke A.:** Production of mcl-PHA by fed-batch fermentation of Pseudomonas sp. (GL01) using rapeseed oil as a carbon source. Postersession, Third Environmental Best Practices Conference, Offenburg, 13. – 16. September 2011

**Wilke A., Sandhaas A., Kirsch D., Burghart S., Huber P.:** Pretreatment of Renewable Substrates in Biogas Processes. Third Environmental Best Practices Conference, Offenburg, 13. – 16. September 2011

Ciesielski S., **Wilke A., Mozejko J., Przybylki G.:** Two-step fed-batch fermentation of Pseudomonas GL01 towards mcl-PHAs production using two carbon sources. Third Environmental Best Practices Conference, Offenburg, 13. – 16. September 2011

Huber P., **Wilke A., Jochum J.:** Mathematical modeling of biogas curves. Postersession. Third Environmental Best Practices Conference, Offenburg 13. – 16. September 2011

Sandhaas A., **Wilke A.:** The influence of cellulose-containing substrates to the cellulose production by selected microorganism. Postersession. Third Environmental Best Practices Conference, Offenburg, 13. – 16. September 2011

**Wilke A.:** Energie aus Biomasse – Kompetenzzentrum Biogas. Postersession + Faltblatt. Biogas expo&congress, Stand der Hochschule Offenburg, Oberrheinhalle Offenburg, 26. – 27. Oktober 2011

Böhler F., Schwarz B., **Zahoransky R., Guggenbühler B., Nuß U., Sautoire J., Geimer M.:** Fahrzyklen mit einem kommunalen Mehrzweck-Fahrzeug: Dieselantrieb im Vergleich zu parallelem diesel-elektrischem Hybridantrieb. Konferenzband, Hybridantriebe für mobile Arbeitsmaschinen, S. 223 – 238, Karlsruhe, 17. Februar 2011

### Lehrbuch

**Bollin E., Huber K.:** Große Solaranlagen. Handbuch der thermischen Solarenergie-nutzung, 10. Auflage Ökobuchverlag, Späte, Ladener. Überarbeitete und aktualisierte Version für Neuauflage 2011

**Sikora A.:** „Coexistence issues with wireless body area networks“, accepted for publication in „Wireless Body Area Networks: Technology Implementation and Applications“. Edited by Mehmet R. Yuce and Jamil Y. Khan, Pan Stanford Publishing, Dezember 2011

**Spangenberg B., Pool C., Weins C.:** Quantitative Thin-Layer Chromatography, Springer Verlag 2011

### Teilnahme an Messen und Ausstellungen

**Bollin E., Huber K., Henschen G.:** Intersolar, Messestand auf dem Gemeinschaftsstand Baden-Württemberg International. Neue Messe München, 8. – 10. Juni 2011

Glaser S., Raffener S., Schindler I., **Dorer K.:** RoboCup German Open, Teilnahme, Magdeburg 29. März – 3. April 2011

Schindler I., **Dorer K.:** 10<sup>th</sup> Intl. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS). Taipei, 2. – 6. Mai 2011  
Glaser S., Raffener S., Schindler I., **Dorer K.:** RoboCup WM, Teilnahme, Istanbul 2. – 10. Juli 2011

**Dorer K., Glaser S.:** RoboCup Symposium, Istanbul, 11. Juli 2011

Ragavan S., Glaser S., **Dorer K.:** 22<sup>nd</sup> Intl. Joint Conf. on Artificial Intelligence IJCAI, Barcelona, Spanien, 16. – 22. Juli 2011

Ragavan S., **Dorer K.:** International Conference on Operations Research OR, Zürich, Schweiz, 30. August – 2. September 2011

**Otte A.:** Kurs „Basismaßnahmen der Reanimation“. Simulations- und Trainingszentrum der Anästhesiologischen Universitätsklinik Freiburg, 16. Mai 2011

**Otte A.:** 45. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik,

Freiburg, 27. – 30. September 2011

**Sikora A.:** Co-Chairman, 6th IEEE Int. Conf. on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), 2011

**Sikora A.:** Mitglied im Steering Board der Embedded World Conference, Nürnberg, 1. – 3. März 2011

**Sikora A.:** Member of the steering committee of 3<sup>rd</sup> Int. Workshop on Communication Technologies for Vehicles (Nets4Cars) Oberpfaffenhofen, 23. – 24. März 2011

**Sikora A.:** Leiter des Programmkomitees der 5<sup>th</sup> European ZigBee Developers' Conference in München, 18. – 19. Mai 2011

**Sikora A.:** Tutorial Chair, 11<sup>th</sup> Int. Conf. on ITS Communication (ITST), St. Petersburg, Russland, 23. – 28. August 2011

**Sikora A.:** Chair of Special Session "VRU Protection" at 11<sup>th</sup> Int. Conf. on ITS Communication (ITST), St. Petersburg, Russland, 23. – 28. August 2011

**Sikora A.:** Member of Technical Program Committee at 6<sup>th</sup> Int. Workshop on Service Oriented Architectures in Converging Networked Environments (SOCNE) in ETFA Toulouse, <http://www.socne.org>, France, 5. September 2011

**Sikora A.:** Mitglied des Technical Program Committee und Session Chair "Wireless Congress", München, 9. – 10. November 2011

#### Erfinderungen/Patentanmeldung

**Christ A., Felhauer T., Kaufmann A., Klausmann T., Schüssele L., Weber C.:** Seat Rail Coupling. Patentanmeldung beim European Patent Office, München, Patentanmeldung 13/027,049, 14. Februar 2011

**Christ A., Felhauer T., Kaufmann A., Klausmann T., Schüssele L., Weber C.:** Seat rails for Aircrafts. Patentanmeldung beim European Patent Office, München, Patentanmeldung 10014472.4-2422

**Hochberg U., Jahn N.-M.:** Elektromotorischer Aktor, insbesondere für einen mobilen Roboter. Deutsche Patentanmeldung 10 2011 054727.4 vom 21. Oktober 2011

**Jansen D., Volk T.:** Anordnung zur Erfassung von physiologischen Vitalparametern in Versuchstieren und anderen Lebewesen mit Hilfe der RFID Übertragungstechnik. Patentanmeldung 10 2011 119 358.1 vom 23.11.2011

#### Laufende Promotionen

**Bhattacharayya M.:** Drahtloser Ultra-low-power-Sensorsystem für passive und semi-passive Anwendungen. Betreuung durch Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Dr. Reindl und Prof. Dr. Jansen, Hochschule Offenburg

**Brahaj A.:** Digitale Forschungsumgebung in Digitalen Bibliotheken. Betreuung durch Humboldt-Universität Berlin, Prof. Dr. Peter Schrimbacher und Prof. Doherr, Hochschule Offenburg

**Braun B.:** Empirische Studie zur Lernwirksamkeit von abstrahierenden Skizzen im Kontext des Lernens mit erläuterten Animationen. Betreuung durch PH Freiburg, Prof. Plötzner, Prof. Stahl und Prof. Riempp, Hochschule Offenburg

**Da Costa Fernandes J.:** Predictive systems to optimize small scale energy networks with high shares of renewable energies. Betreuung durch Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Dr. Reindl und Prof. Bollin, Hochschule Offenburg

**Devanathan S.:** Combinatorial Optimization. Betreuung durch Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Dr. Nebel und Prof. Dr. Dorer, Hochschule Offenburg

**Fey S.:** Entwicklung IT-basierter Kommunikationsstrukturen und Systemarchitekturen für neuartige Energieversorgungsnetze. Betreuung durch Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Dr. Reindl und Prof. Dr. Christ, Hochschule Offenburg

**Gopisetty, S.:** Model reduction optimization for energy planning process of Distributed Energy Resources. Betreuung durch Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Dr. Reindl und Prof. Dr. Treffinger, Hochschule Offenburg

**Griebeler-Kollmann J.:** Strukturinnovationen im Journalismus. Betreuung durch Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Prof. Dr. K.-D. Altmeyen und Prof. Dr. Habann, Hochschule Offenburg

**Grünwald W.:** Untersuchung für Eignung niederfrequenter magnetbasierter Übertragungsverfahren zur Telemetrie bei medizinischen Implantaten mit metallischer Kapselung. Betreuung durch Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Dr. Reindl und Prof. Dr. Jansen, Hochschule Offenburg

**Jagoda M.:** Interne Markenführung in kleinen und mittleren Mediendienstleistungsunternehmen der Medien Stuttgart. Betreuung durch Humboldt-Universität Berlin, Prof. Dr. Friedrichsen und Prof. Rohbock, Hochschule Offenburg

**Löffel M.:** Websites als Werbemittel: Empirische Untersuchung zum Einfluss von Usability und Design auf den Werbeerfolg. Betreuung durch Humboldt-Universität Berlin, Prof. Dr. Friedrichsen und Prof. Breyer-Mayländer sowie Prof. Habann, Hochschule Offenburg

**Möller J.:** Adsorption der reinen Gase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, und N<sub>2</sub> sowie deren Gemische an Mikroporösen Koordinationspolymeren. Betreuung durch Universität Leipzig, Sachsen, Prof. Dr. Roger Gläser und Prof. Staudt, Hochschule Offenburg

**Ortega V.:** Monitoring of different production processes involving contaminating waste using Fourier-Transform Raman spectroscopy. Betreuung durch Université de Strasbourg, Prof. Patrick Meyrueis (unistra) und Prof. Schröder, Hochschule Offenburg

**Schmelgas M.:** Load management of thermal storages on base of predictive algo-

rithms for maximisation of renewable energies as well as release the grid. Betreuung durch Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Dr. Reindl und Prof. Bollin, Hochschule Offenburg

**Sultana R.:** Research on system architecture for device independent applications for 3D imaging and virtual reality, Betreuung durch Université de Strasbourg, Prof. Dr. Meyrueis und Prof. Dr. Christ, Hochschule Offenburg

**Volk T.:** Untersuchung und Entwicklung eines semi-passiven Sensorsystems mit RFID-ähnlicher Datenübertragung für die physiologische Überwachung von Kleintieren. Betreuung durch Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Dr. Reindl und Prof. Jansen, Hochschule Offenburg

#### Bachelor SS 2011

**Asberger A.:** Themenwelt Kultur, inhaltliches und technisches Konzept sowie die prototypische Umsetzung für die Neugestaltung des Internetauftritts im Bereich Kultur beim SWR in Baden-Baden

**Baumann Ch.:** Entwicklung eines 3-Achsen-Kamerastabilisierungssystems

**Böhm F.:** Implementierung von hardwarenahen Design Patterns mit anschließender Verifikation auf Embedded Systems

**Drazic O.:** Redesign der Firmware eines Transesophageal Analyser/Stimulator mit ARM Cortex-M3 Architektur

**Hilberer F.:** Leistungsanalyse und Optimierung eines Flugdatenservers

**Huber M.:** Reverse Engineering von zustandsorientierter Embedded Software

**Kurth M.:** Steuerung eines simulierten Roboters mithilfe von Motion Capturing Files

**Niro S.:** Entwicklung eines modularen Testframeworks zum automatischen Blackbox-Test eingebetteter Systeme

**Stritzke D.:** Verteiltes Monitoring unter Verwendung der PCAP Library

#### Master-Thesis SS 2011

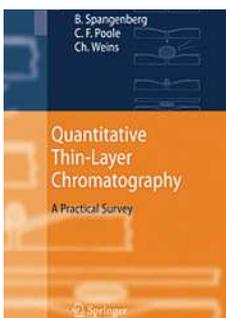
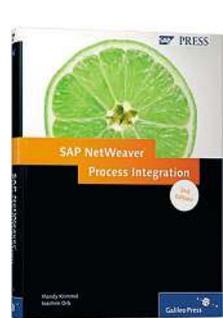
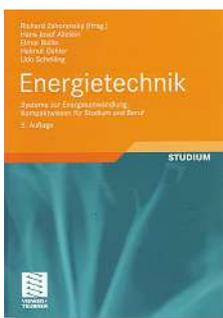
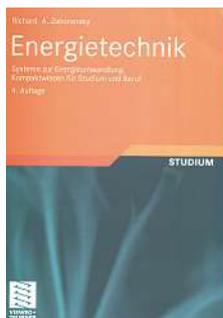
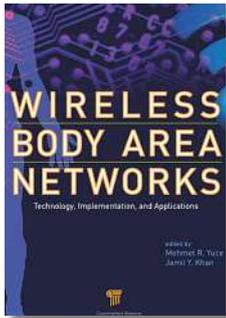
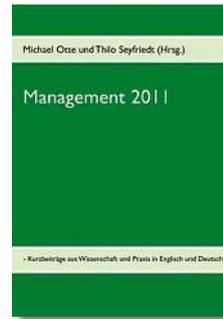
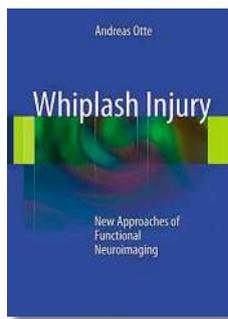
**Atraga W. G.:** Testing, Verification and Establishing of a Basic Firmware for a Programmable ECG-ASIC 0,35 µm ASIC-Technology

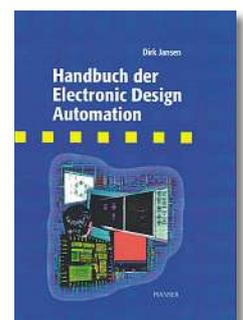
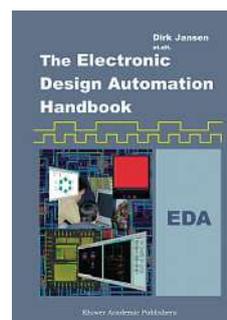
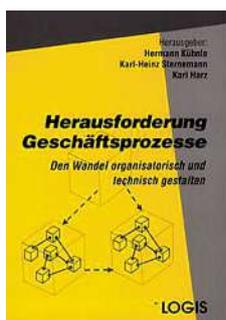
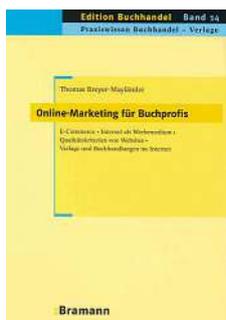
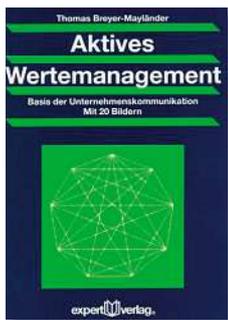
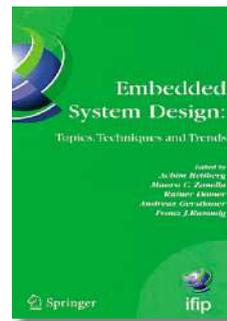
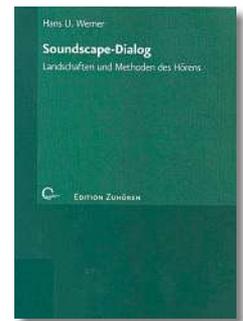
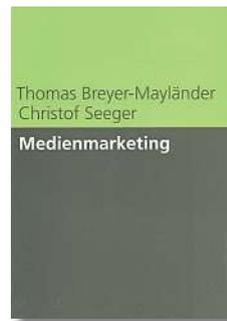
**Cruz Soler E. O.:** Optimization of Capacitive Ignition Systems

**Hoffmann M.:** Blu-ray Disc: Evaluation der Bedeutung der Zukunftsperspektiven und der technischen Grundlagen des Formats

**Kamal M. R.:** Implementing the RFID Reader with USB Communication along with Sirius Microprocessor for ISO 15693

# Werbung in eigener Sache







Engagierte Mitarbeiter, innovative Produkte und modernste Technologien sind auch weiterhin die Garanten für den weltweiten Erfolg der Koehler Paper Group.

UNTERNEHMEN MIT ZUKUNFT – PAPERS FOR THE FUTURE

Papierfabrik August Koehler AG  
 Hauptstraße 2 · D-77704 Oberkirch  
 Telefon +49 7802 81-0 · Fax +49 7802 81-4330  
[www.koehlerpaper.com](http://www.koehlerpaper.com)



**Koehler**  
 PAPER GROUP



# Denkende Sensoren. Ihr Instinkt.

## Intelligente Automation gestalten. Ihr Einstieg bei SICK.

Wenn sich technische Faszination und menschliche Inspiration verbinden, entsteht Zukunft. Ihre Zukunft: Entwickeln Sie mit uns richtungweisende Lösungen für die Fabrik-, Logistik- und Prozessautomation. Im Rahmen Ihres Praktikums, Ihrer Abschlussarbeit oder als Berufseinsteiger/-in arbeiten Sie selbstständig und übernehmen früh Verantwortung in Ihrem Einsatzbereich. Mit über 5.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und fast 50 Tochtergesellschaften und Beteiligungen gehören wir weltweit zu den Markt- und Technologieführern in der Sensorelektronik. Wir haben noch viel vor. Sie sollten dabei sein. **Ihre Ideen zählen.**



Handelsblatt

[www.sick.com/karriere](http://www.sick.com/karriere)

**SICK**  
Sensor Intelligence.