

Hochschule für angewandte Wissenschaften | Fachhochschule Augsburg

# FORSCHUNGSBERICHT 2010



**Hochschule**  
**Augsburg** University of  
Applied Sciences

# 200 PRAKTIKANTEN, DIPLOMANDEN UND HOCHSCHULABSOLVENTEN STARTEN PRO JAHR IHRE KARRIERE BEI KUKA.

Wir suchen für unsere Unternehmensbereiche KUKA Aktiengesellschaft, KUKA Roboter GmbH und KUKA Systems GmbH

## PRAKTIKANTEN, DIPLOMANDEN, BERUFSEINSTEIGER (M/W)

### Ihre Chance:

Interdisziplinäre Strukturen, eine länderübergreifende Organisation und Innovationsfreudigkeit sind die Basis erfolgreicher Lösungen. Für Fertigungssysteme und Roboter ist KUKA weltweit Partner aller namhaften Automobilhersteller und Automobilzulieferer. Auch für Aerospace, Solartechnik, verschiedene Sparten der General Industry sowie für die Bereiche Logistik, Medizin und Entertainment bietet KUKA intelligente Automatisierungslösungen.

### Ihre Vorteile:

Wir bieten Ihnen hochinteressante Perspektiven in einem innovativen Unternehmen. Bei KUKA können Sie Ihr im Studium erworbenes theoretisches Wissen umsetzen und erste Einblicke in die Welt der Automatisierung gewinnen. Und auch nach dem Abschluss stehen Ihnen bei uns die Türen offen: Aufgrund unseres dynamischen Wachstums haben wir ständig Bedarf an Hochschulabsolventen.

Die KUKA Aktiengesellschaft mit Sitz in Augsburg ist eine international tätige Gruppe mit weltweit 6.000 Mitarbeitern und einem Umsatz von rund 1,3 Mrd. Euro. Innovative Robotertechnik und maßgeschneidertes Automatisierungs-Engineering bilden die zwei Kernbereiche der AG.

# KUKA

Aktuelle Stellenangebote und Ansprechpartner finden Sie unter [www.kuka.jobs](http://www.kuka.jobs)

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



## Technologien für die Zukunft der Luftfahrt



### Möchten Sie ein High-Tech-Unternehmen von innen kennen lernen?

Der Praxisbezug wird in den technischen und betriebswirtschaftlichen Studiengängen immer wichtiger. Entdecken Sie ein innovatives Unternehmen mit vielfältigen Betätigungsfeldern: Wir bieten Praktika und Diplomarbeiten für die Studiengänge Maschinenbau, Umwelt- und Verfahrenstechnik, Informatik sowie Betriebswirtschaft.

Unterstützen Sie uns bei der Entwicklung und Einführung flexibler Produktionsmethoden und modernster Technologien. Lernen Sie das Arbeiten in einer transnationalen Umgebung. Und lassen Sie sich von der Begeisterung für die Luftfahrt mitreißen.

Die Premium AEROTEC GmbH ist eine 100%ige Tochter des EADS-Konzerns. Sie hat am 1. Januar 2009 ihren eigenständigen Geschäftsbetrieb aufgenommen und ist ein junges Unternehmen, dank ihrer Vorgängergesellschaften – EADS, Dasa, MBB und Messerschmitt – mit mehr als 90 Jahren Tradition.

Wann dürfen wir Sie bei uns begrüßen?

Ihr Ansprechpartner bei  
Premium AEROTEC für  
Praktika und Diplomarbeiten:

Heidi Meyer

Telefon 0821 801-62663  
Fax 0821 801-62075

E-Mail  
[augsburg.ausbildung@premium-aerotec.com](mailto:augsburg.ausbildung@premium-aerotec.com)

Anschrift  
Premium AEROTEC GmbH  
Haunstetter Straße 225  
86179 Augsburg

## Nachhaltige Innovationen

Der Wirtschafts- und Forschungsstandort Augsburg entwickelt sich mit beachtlicher Innovationsdynamik. Zum Megatrend „*Ressourceneffizienz*“ findet eine beachtliche Bündelung der Kräfte auf den Kompetenzfeldern Mechatronik, Umwelt- und Verfahrenstechnik, Faserverbund- und Leichtbautechnologie sowie der technischen Informatik statt. Gerade dieser in Lehre und Forschung bereits langjährig verankerte Mix an Schlüsselkompetenzen ist ein besonderer Trumpf unserer Hochschule!

Unsere Stärken in der Gestaltung, in der Entwicklung mechatronischer Systeme und im konstruktiven Ingenieurbau führen darüber hinaus zu mehr Energieeffizienz in Produktion, Arbeits- und Wohnraum.

Wir sind uns im Klaren, dass Fortschritt und Zukunft nur durch nachhaltige Innovationen, effizienten Technologietransfer sowie erfolgreiches Engagement in Forschung und Entwicklung erhalten werden können. Hierbei noch besser zu werden, ist unser Ziel.

Die an der Hochschule Augsburg stark zunehmende angewandte Forschung und Entwicklung besticht schon heute durch Qualität und Praxisnähe. Positiv hervorzuheben sind nicht nur die stetig steigende Anzahl an Drittmittelprojekten, Veröffentlichungen und die zahlreichen Kooperationen mit renommierten Wirtschaftsunternehmen. Auch die Zusammenarbeit mit dem öffentlichen Sektor in den Bereichen Umwelt und Energie mit umwelt- und energietechnischem Hintergrund wächst stetig.

Wertvolle Synergieeffekte aus der bereichsübergreifenden Zusammenarbeit wirken: Neue Lehrformen entstehen, die Aktualität und Praxisnähe der Lehre wird verbessert. Durch die Mitarbeit in Forschungs- und Entwicklungsprojekten entwickeln sich unsere Studierenden zu fachkompetenten, kreativen und gefragten Persönlichkeiten.

Parallel zur Lehre sorgt das leidenschaftliche Engagement in Forschung und Entwicklung für Anerkennung und besondere Motivation bei unseren Lehrenden und Mitarbeitern, denen wir an dieser Stelle herzlich danken möchten. Zusammen mit den Unternehmen, den Kammern und den Verbänden sind wir auf einem guten Weg, unsere Region voranzubringen und wichtiger Impulsgeber für Fortschritt zu sein. Mit einem eigenen Vizepräsidenten für Forschung und Entwicklung, Prof. Dr. Gordon Thomas Rohrmair, werden wir unser Engagement in angewandter Forschung und Entwicklung noch weiter ausbauen.

Mit diesem Forschungsbericht 2010 geben wir Einblick in die Forschungs- und Entwicklungsarbeit an unserer Hochschule. Falls Sie beim Lesen „Lust auf mehr“ bekommen, laden wir Sie ganz herzlich ein, uns persönlich kennenzulernen und gemeinsam mit uns Ihre Herausforderungen zu diskutieren. Rufen Sie an oder kommen Sie vorbei. Wir freuen uns auf Sie.



Prof. Dr.-Ing.  
Hans-Eberhard Schurk

Präsident der  
Hochschule Augsburg



Prof. Dr.-Ing.  
Markus Glück

Technologie-  
transferbeauftragter

Technische Akademie Schwaben

Bildung für Schwaben IHK BILDUNGSHAUS Schwaben

Unser aktuelles Programm:  
Freecall 0800 44525233

**Seminare  
Zertifikatslehrgänge  
Praxisstudium**

Energie, Gebäudetechnik  
Qualitätsmanagement  
Arbeitsschutz, Sicherheit  
Entwicklung, Konstruktion  
Produktion, Fertigung  
Elektronik, SPS-/CNC-Technik  
Faserverbundwerkstoffe  
Mechatronik

Ihre Ansprechpartnerin:  
Beatrice Maurer, Telefon 0821 3162-329, beatrice.maurer@schwaben.ihk.de  
Bildungszentrum Augsburg, Stettenstr. 1+3, ihk-bildungshaus-schwaben.de

www.vrbank-lz.de

Visionen brauchen Freiraum.

Neue Ideen und Inspiration

Jeder Mensch hat etwas, das ihn antreibt.

Die starke Bank für Ihre Region

VR-Bank Lech-Zusam eG  
Handels- und Gewerbebank

**Hielscher & Besser**  
Steuerberatungsgesellschaft mbH

Heilig-Kreuz-Straße 24 | 86152 Augsburg  
Telefon 0821-50 90 10 | Telefax 0821-50 90 111  
www.hielscher-besser.de

**Licht im Steuerchaos**

- Steuergestaltung
- Finanz- und Lohnbuchhaltung
- Betriebswirtschaftliche Beratung
- Jahresabschlüsse
- Unternehmensnachfolge
- Vorausschauende Gestaltungsberatung
- Rechtsformgestaltung
- Businesspläne

TEA – Hochschultransferleistungen Augsburg

»Das Know-how der Hochschulen hat viele Unternehmen so richtig nach vorne gebracht.«  
Peter Umbach, Equity Partner  
JuS Rechtsanwälte Schloms und Partner

Katalog GRATIS anfordern & profitieren!  
www.tea-transfer.de  
Tel. (0821) 45010-235

Der „TEA Transferkatalog 2010“ bietet in kompakter Form konkretes Know-how der Hochschulen und Anwenderzentren für kleine und mittelständische Unternehmen an. Profitieren Sie jetzt von unseren Angeboten: – Forschungs- und Entwicklungsprojekte – Wissens- und Technologietransfer – Geräte, Maschinen, Labore, Apparate – Gutachten, Beratung, Studien, Analysen – Qualifizierung, Fortbildung – Master- und Diplomarbeiten, Praktikum – Problemlösungen.

Mit freundlicher Unterstützung von:

TEA-Netzwerk c/o Regio Augsburg Wirtschaft GmbH | Karlstraße 2 | 86150 Augsburg | Tel. 0821 45010 230 | E-Mail: tea@region-A3.com  
Dieses Projekt wird aus dem Europäischen Sozialfonds kofinanziert. „ESF in Bayern – Wir investieren in Menschen“

## Zahlen, Daten, Fakten – Die Hochschule Augsburg im Überblick

Mit 4.500 Studierenden ist die Hochschule Augsburg die größte Hochschule für angewandte Wissenschaften in Bayerisch-Schwaben. Im Zentrum Augsburgs gelegen, pflegt sie den Kontakt zu Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Kaum eine andere Hochschule in Deutschland kann auf eine so lange Tradition zurückblicken wie die Hochschule Augsburg. Als erfolgreiche Bildungsinstitution feiert sie im Jahr 2010 die 300-jährigen Wurzeln ihrer gestalterischen Fachrichtung.

1971 als Fachhochschule gegründet, reichen die Anfänge der Hochschule bis in das Jahr 1710 zurück, als die private Sandrat'sche Kunstschule in die „Reichsstädtische Kunstakademie“ überführt und allen Augsburger Bürgern zugänglich gemacht wurde. 1835 wurde die Kunstakademie in die zwei Jahre zuvor gegründete Königliche Polytechnische Schule integriert und mit den Ausbildungsrichtungen Gestaltung und Technik weitergeführt.

Den Grundstein für 300 Jahre öffentlich-akademische Bildung in der Region legte somit eine Institution, die heute ihren unmittelbaren Nachfolger in der Fakultät für Gestaltung der Hochschule Augsburg hat.

Fachliches Know-how sowie Anwendungs- und Sozialkompetenz erwerben die Studierenden der Hochschule in den sieben Fakultäten: Allgemeinwissenschaften, Architektur und Bauingenieurwesen, Elektrotechnik, Gestaltung, Informatik, Maschinenbau und Wirtschaft. Rund 130 Professoren und über 200 Lehrbeauftragte haben es sich zum Ziel gemacht, die Studenten mit hoher Fachkompetenz und großem En-

gagement optimal auf die Anforderungen des Berufslebens vorzubereiten und sie zu gefragten Persönlichkeiten in Wirtschaft und Gesellschaft zu machen. Exzellenz in der Lehre und Praxisnähe sind dabei Mittel, diese Ziele zu erreichen.

Ca. 90 Prozent der Absolventinnen und Absolventen finden unmittelbar nach ihrem Abschluss eine Anstellung, werden zu Existenzgründern oder beginnen ein weiterführendes Studium. Die qualitativ hochwertige Ausbildung an der Hochschule sorgt dafür, dass sie als gut ausgebildete Fachkräfte einen wesentlichen Beitrag zum wirtschaftlichen Wachstum der Region leisten. Jedes Semester führen Professoren und Studierende anwendungsbezogene Forschungs- und Entwicklungsprojekte in Zusammenarbeit mit regionalen Wirtschaftsunternehmen durch. 90 Prozent der Bachelor- und Masterarbeiten werden bereits jetzt in Firmen angefertigt.

Die Hochschule Augsburg steht für angewandte Forschung und Entwicklung auf höchstem Niveau. Als Impulsgeber für die Region bietet sie ihren Partnern Expertenwissen und passgenaue Lösungen für komplexe innerbetriebliche Fragestellungen. Ihre Kompetenzen bündeln sich in den Zentren für Mechatronik, Umwelttechnik und Konstruktiver Ingenieurbau. Weitere Forschungsschwerpunkte liegen in den Fachrichtungen Multimedia und Faserverbund. Das Institut für Technologietransfer und Weiterbildung fungiert als zentrale Kontaktstelle der Hochschule. Es koordiniert Forschungsvorhaben fakultätsübergreifend und interdisziplinär.



Foto: M. Duckek, Ulm

Forschungsbericht der Hochschule Augsburg

Editorial ..... 3

Zahlen, Daten, Fakten – Die Hochschule Augsburg im Überblick ..... 5

**WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER**

**Dipl.-Päd. Gabriele Schwarz**  
 Institut für Technologietransfer und Weiterbildung der Hochschule Augsburg ..... 9

**Prof. Dr.-Ing. Markus Glück**  
 Demo & Research Center – Neue Wege im Technologietransfer:  
 in der Region und im Verbund mit starken Firmenpartnern ..... 11

**INGENIEURWESEN**

**Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich, Dr. agr. Jürgen Beck, M.Sc. agr. Georg Hiepp**  
 Wie gelangt Biogas ins Erdgasnetz? Aufbereitung und Einspeisung von Biomethan ..... 17

**Dipl.-Ing. Stephan Kolb, Prof. Dr.-Ing. Reinhard Stolle, Rainer Strobel**  
 Microwave Gauging with Improved Angular Resolution. .... 24

**Prof. Dr.-Ing. Michael Finkel MBA**  
 Planung und Betriebsführung von Energieversorgungsnetzen unter Berücksichtigung  
 von Erkenntnissen aus Systemtheorie und Kybernetik ..... 29

**Prof. Dr.-Ing. Eberhard Roos, Dipl.-Ing. Christian Oblinger M.Eng.**  
 Forschungsverbundprojekt: Robotergeführtes Inline Multiparameter  
 Absolut-Präzisionsmesssystem (<RoboMAP-inline>). .... 32

**Prof. Dr.-Ing. Markus Glück**  
 Forschungsaktivitäten und Aufbau eines neuen Labors für industrielle Bildverarbeitung  
 und Lasermesstechnik am Technologie Centrum Westbayern ..... 41

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Villain**  
 Aktivitäten am c²m – Kompetenzzentrum Mechatronik – auf dem Gebiet der angewandten Forschung ..... 49

**Prof. Dipl.-Ing. Franz Haunstetter, Thorsten Höhnke**  
 „Programmiermodell eines Mikroprozessors“: Beitrag zum Taschenbuch Mikroprozessortechnik ..... 52

**Prof. Dr.-Ing. Elmar Wagner**  
 Internationale Messtätigkeiten 2009/2010 ..... 53

**ARCHITEKTUR UND BAUWESEN**

**Prof. Dr.-Ing. Runa Tabea Hellwig**  
 Fachgebiet Energie Effizienz Design und Bauklimatik: Forschungsprojekte in den Themenbereichen  
 Belüftung und Behaglichkeit in Klassenräumen und Arbeitsschutz und Raumklima am Arbeitsplatz ..... 58

**Prof. Dr.-Ing. François Colling**  
 Aus der Holzbaunormung: „Neue“ DIN 1052 und EUROCODE 5 ..... 63

**Dipl.-Ing. Tanja Marks, Dr. Birgit Kocher,**  
**Dipl.-Geol. Michael Bürger, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schulz**  
 Effizienz technischer Sicherungsmaßnahmen bei Einsatz von RC-Baustoffen und  
 industriellen Nebenprodukten im Erdbau – Freilandversuchsanlage Augsburg ..... 71

**Prof. Dr.-Ing. François Colling**  
 Bericht der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Holzbau (PÜZ-Stelle) ..... 73

**Prof. Dr.-Ing. Peter Knödel**  
 REFRESH – Lebensdauerverlängerung bestehender und neuer geschweißter  
 Stahlkonstruktionen – Kooperation mit den Universitäten Braunschweig und Karlsruhe ..... 75

**Prof. Dipl.-Ing. Manfred Schnell**  
 Schadensträchtig – gerichtsverdächtig? Erfahrungen anhand von Schadensbeispielen ..... 76

**Prof. Dr.-Ing. Klaus Tragbar**  
 Das Baptisterium in Aquileia. Bauforschung und kunsthistorische Neubewertung. .... 80

**Prof. Dr.-Ing. Reinhold Weber**  
 Moderne Vermessungsmethoden in der Bauforschung am Beispiel des  
 Baptisteriums und der Chiesa dei Pagani in Aquileia. .... 83

**INFORMATIK UND MULTIMEDIA**

**Prof. Dr. Rainer Kelch**  
 CBT-gestütztes Erlernen ABAP®-basierter SAP®-Programmierung. .... 86

**Prof. Dr. Gundolf Kiefer, Michael Schäferling M.Sc.**  
 Triokulus: Effiziente Bildverarbeitung für 3D-Trackingsysteme ..... 92

**Prof. Dr.-Ing. Christian Märtin, Dipl.-Inf. Jürgen Engel M.Sc.,**  
**Claus Kaelber M.A., Dipl.-Inf. Iris Werner**  
 P.i.t.c.h: A Pattern-based Development Process for Modeling and Design of Knowledge Sharing Systems ..... 94

**Prof. Dr. Peter Rösch**  
 Medizinische Bildverarbeitung für klinische Anwendungen ..... 101

**Prof. Dipl.-Ing. Georg Stark**  
 Effiziente Methoden für die Implementierung des Echtzeitkerns einer Robotersteuerung ..... 105

**Prof. Dr. Norbert Gerth**  
 IT-Marketing: Produkte anders denken – denn nichts ist, wie es scheint. .... 111

**Prof. Dr. Hubert Högl, Volker Thomas, Richard Zauner**  
 „Python macht Embedded Linux einfacher für Entwickler und Anwender“ und  
 „Ein vielseitiger Kleinrechner mit Mikrocontroller LPC2478 von NXP“ ..... 114

**Prof. KP Ludwig John, Prof. Dr.-Ing. Thomas Rist**  
 xioScreen – Experiences Gained from Building a Series of Prototypes of Interactive Public Displays ..... 119

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Rist, Tobias Grewenig**  
 Souvi – eine audiovisuelle Installation ..... 130

WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN

**Prof. Dr. Michael Feucht, Prof. Dr. Anton Frantzke**  
Beitrag der Riester-Rente zur finanziellen Absicherung im Alter ..... 131

**Prof. Dr. Erika Regnet**  
Bachelorbefragung an der Hochschule Augsburg und an sechs weiteren bayerischen Fachhochschulen ..... 136

**Prof. Dr. Christian Lebrecht, Prof. Dr. Erika Regnet**  
Fachkräftemangel und Fachkräftesicherung in Bayerisch-Schwaben ..... 138

**Prof. Dr. Anton Frantzke**  
Marktanalyse des deutschen PKW-Reifenmarktes und Ansatzpunkte zur  
Verbesserung der Marktdurchdringung für einen finnischen Reifenhersteller ..... 140

**Prof. Dr. Micha Bloching**  
Aufsätze zum Arbeits- und Gesellschaftsrecht: Schriftformklauseln und Anfechtungsklage ..... 141

Auswahl an weiteren Veröffentlichungen und Forschungsprojekten aus der Fakultät für Wirtschaft ..... 142

ALLGEMEINWISSENSCHAFTEN UND TECHNIKGESCHICHTE

**Prof. Dr. Wilhelm Liebhart M.A.**  
Fakultät für Allgemeinwissenschaften – Dienstleistungen und Zusatzqualifikationen ..... 144

**Prof. Dr. Wilhelm Liebhart M.A.**  
Augsburg, Europa und die Welt – Gedanken zur gescheiterten Bewerbung als  
„Kulturhauptstadt Europas“ am Dies Academicus 5. Oktober 2009 ..... 144

**Prof. Dr. Matthias Risch**  
400 Jahre Astronomie mit dem Fernrohr und weitere Veröffentlichungen und Aktivitäten ..... 148

IMPRESSUM/KONTAKT ..... 150

ITW – Institut für Technologietransfer und Weiterbildung:  
Hochschul-Wissen für Unternehmen

Dipl.-Päd. Gabriele Schwarz, Hochschule Augsburg, Institut für Technologietransfer und Weiterbildung

Das ITW ist die zentrale Kontaktstelle für Unternehmen und Einrichtungen der Praxis. Es koordiniert den Technologietransfer und die Weiterbildung fachbereichsübergreifend und interdisziplinär. Es versteht sich als Schnittstelle zwischen Hochschule und Wirtschaft und fördert den Austausch und die Zusammenarbeit beider Bereiche.

TECHNOLOGIETRANSFER

Die Hochschule Augsburg verfügt mit über 130 Professoren und rund 200 wissenschaftsstützenden Mitarbeitern sowie modernen Entwicklungslaboren über ein großes Potenzial an technologischer, wirtschaftswissenschaftlicher und gestalterischer Kompetenz. Es ist die Aufgabe des ITW, dieses Potenzial für wirtschaftliche Entwicklungen nutzbar zu machen. Das ITW hilft Ihnen rasch und unbürokratisch. Wir kommen nach Vereinbarung zu den Unternehmen oder arrangieren einen Termin mit geeigneten Wissenschaftlern, um bei Innovationsvorhaben oder Problemstellungen zu beraten.

Leistungsspektrum

- Beratung und Vermittlung bei
  - Entwicklung, Test, Einführung neuer Technologien und Produkte
  - technischen oder wirtschaftlichen Fragestellungen
- Beantragung von Fördermitteln
- Zugang zu aktuellen Forschungsergebnissen, Markt- und Wettbewerbsfragen
- Informationen zum Stand von Wissenschaft und Technik
- Zugang zu Laboren, Prüf- und Messeinrichtungen

WEITERBILDUNG

Der permanente Wandel von Wirtschaft und Gesellschaft fordert eine kontinuierliche Weiterbildung nahezu aller Berufsgruppen. Das Institut für Technologietransfer und Weiterbildung greift diesen Bedarf auf und bietet als zentrale Einrichtung der Hochschule Augsburg bedarfsorientierte Weiterbildung auf wissenschaftlichem Niveau an. Dabei werden die Weiterbildungsangebote in enger Kooperation mit Professoren der Hochschule Augsburg, Wissenschaftlern anderer Hochschulen und Experten aus der beruflichen Praxis entwickelt und umgesetzt.

Leistungsspektrum

- Weiterbildende Masterstudiengänge**
- Projektmanagement (früher Baumanagement), Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen
  - Technologiemanagement, Fakultät für Maschinenbau
  - ...
- Zertifizierte Lehrgänge der Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen**
- Fassadentechnik
  - Energieberater in Zusammenarbeit mit EZA! Allgäu
  - ...
- Inhouse Schulungen**
- Internationale Kompetenzen
  - Innovations- und Change-Management
  - ...

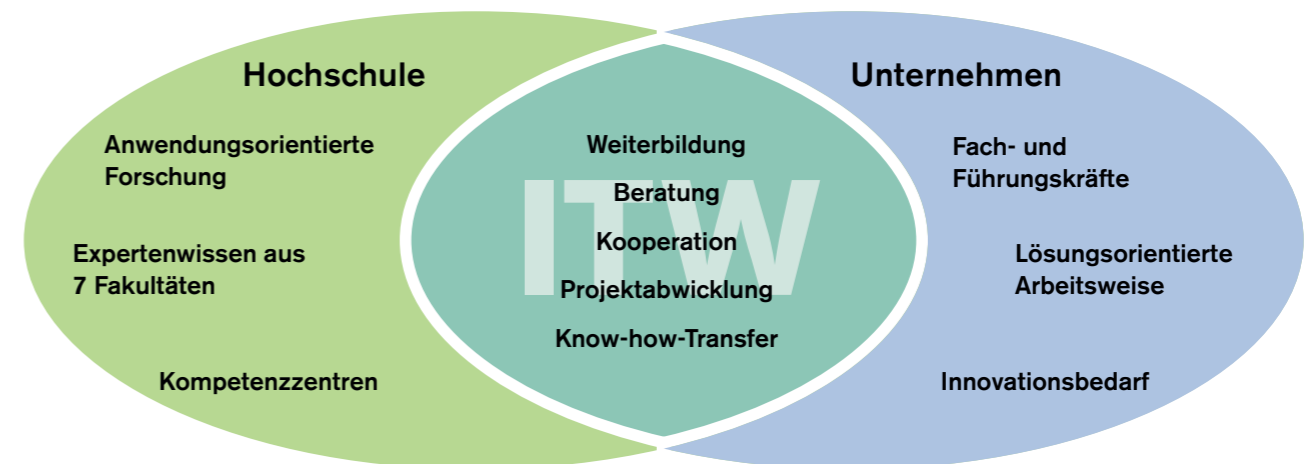


**Ansprechpartnerin:**  
Dipl.-Päd. Gabriele Schwarz

**Hochschule Augsburg**  
Institut für Technologietransfer und Weiterbildung (ITW)  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3251  
Telefax: (+49) 821 5586-3190  
itw@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
Innovationsmanagement,  
Technologietransfer,  
Weiterbildung



#### KOMPETENZZENTREN

Angewandte Forschung und Entwicklung wird insbesondere in den hochschulinternen Kompetenzzentren betrieben.

#### c<sup>2</sup>m – Kompetenzzentrum Mechatronik

Das c<sup>2</sup>m – Kompetenzzentrum Mechatronik – an der Hochschule Augsburg bietet mit seinen kompetenten Mitarbeitern auf den Gebieten der Fügetechnik (z. B. Laserschweißen, Reflowlöten), der Werkstoffprüfung (z. B. Bestimmung von mechanischen Werkstoffparametern im Mikro- und Makrobereich) und der Werkstoffanalytik (z. B. Rasterelektronenmikroskop mit Elementanalyse [EDX] und Kristallanalytik [EBSD zur Kornverteilung und -orientierung]) der regionalen und überregionalen Industrie, den Instituten und Forschungseinrichtungen Unterstützung und Hilfe bei der Produktentwicklung und Qualifizierung an. Daneben werden Schadensanalysen an Teilen der Mechatronik, Elektronik und Mikroelektronik mit den im c<sup>2</sup>m vorhandenen Prüfvorrichtungen und Geräten durchgeführt. Analysen an Baustoffen und Mineralien und Weiterbildungsmaßnahmen auf den o. g. Gebieten können ebenfalls angeboten werden.

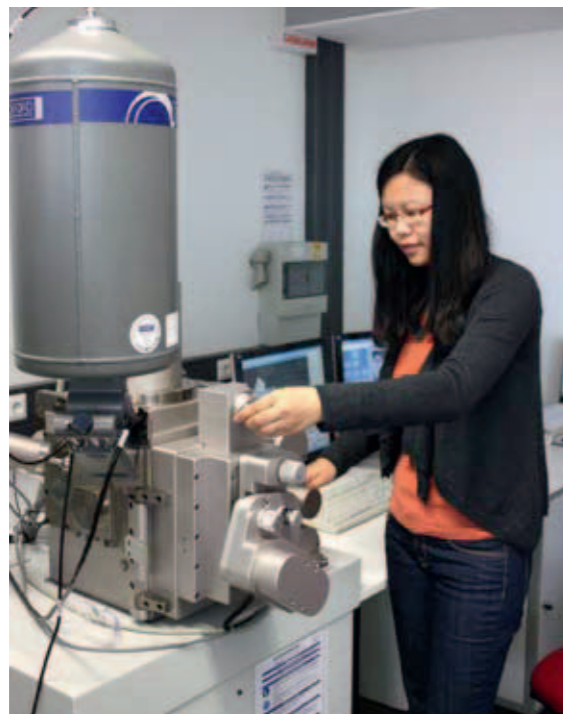


Abb. 1: Forschung im c<sup>2</sup>m: Untersuchung von Oberflächentopografien am Rasterelektronenmikroskop mit Röntgendetektor.

#### KKI – Kompetenzzentrum Konstruktiver Ingenieurbau

Angewandtes Wissen aus der Lehre und sehr gute Laborausstattung machen das Kompetenzzentrum Konstruktiver Ingenieurbau (KKI) an der Hochschule Augsburg mit seinen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen zum idealen Ansprechpartner für die regionale und überregionale Bauwirtschaft bei Innovations- und Produktentwicklungen, Schadensgutachten sowie Tragfähigkeitsuntersuchungen (auch vor Ort). Das KKI beschäftigt sich mit Forschung und Entwicklung in den Fachgebieten Baustoffe (Beton, Estriche, Fliesenverlegung, Bodenkonstruktionen), Stahlbetonbau und Holzbau. Im Bereich Holzbau verfügt das KKI über die bayernweit einzige hochschulintegrierte Prüfstelle für Bauprodukte: die bauaufsichtlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle (PÜZ-Stelle).

Das KKI plant, in Hinblick auf künftige Herausforderungen des modernen Bauens (z. B. ökologische Bau- und Dämmstoffe, Energieeffizientes Bauen, Bauklimatik und Bauen im Bestand), sein Engagement auszubauen und sich so zu einem „Kompetenzzentrum Bau“ zu erweitern.



Abb. 2: Drei-Punkt Biegeversuch bei Holzwerkstoffen zur Ermittlung der Tragkraftreserven am KKI.

## Demo & Research Center – Neue Wege im Technologietransfer: in der Region und im Verbund mit starken Firmenpartnern

Prof. Dr.-Ing. Markus Glück, Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau, Technologie Centrum Westbayern (TCW)

Der effiziente Wissens- und Technologietransfer wird zu einem entscheidenden Standortfaktor für Wissenschaft und Wirtschaft – auch in regionalen Wirtschaftsräumen abseits der Hochschulhauptstandorte. Die erfolgreiche Auseinandersetzung mit angewandter Forschung und Entwicklung (FuE) ist auch bei kleinen und mittelständischen Unternehmen ein Muss. Doch bei dieser Zielgruppe gilt es, die Erkenntnisse aus Lehre und Laborarbeit noch schneller und effizienter zur Umsetzung zu bringen und vor allem vor Ort präsent zu sein.

Anschaulich demonstrieren und anwendungsnah forschen – gemeinsam mit Studierenden, regionalen Firmen und Weltunternehmen – das sind die Eckpunkte eines neuen Transfer- und Lehrkonzepts, das am Technologie Centrum Westbayern (TCW) in „Demo & Research Centers“ probeweise umgesetzt wurde. Dieses „barrierefreie“ Prüffeld steht Studierenden, Lehrenden und regionalen Unternehmen zur Verfügung, um in enger Kooperation mit namhaften Technologiepartnern Lehrveranstaltungen, Praxisteile und Technologietransfer Serviceleistungen zu optimieren und diese besser zu verzahnen. Gezielt werden zum Beispiel firmenübergreifende Entwicklungsteams gebildet, die am Demo Center verfügbare neueste Komponenten und Technologien nutzen und voranbringen.

#### Einleitung

Im Zeitalter des raschen technologischen Wandels und der fortschreitenden Globalisierung sind Unternehmen heute mit einem bis vor wenigen Jahren unbekanntem, weltweit wirkenden Konkurrenz- und enormen Innovationsdruck konfrontiert. Wissen, Kompetenzen und daraus entspringende Innovationen sind in einem rohstoffarmen Hochlohnland zentraler Motor für Produktivität und nachhaltiges wirtschaftliches Wachstum. Nur durch einen effizienten Wissens- und Technologietransfer lässt sich dieser gewichtige Standortfaktor für Wissenschaft und Wirtschaft erfolgreich gestalten, denn Universitäten und Fachhochschulen „produzieren“ Wissen und gefragte, ja dringend gesuchte Fachkräfte.

Immer wieder wird diskutiert, wie der Wissens- und Technologietransfer aus der Hochschullandschaft heraus noch effizienter gestaltet werden kann. Auf Seiten der Mittelstandsunternehmen – unserer Zielgruppe – sind v. a. die knappe Ressourcendecke (Personal, Fachkräf-

temangel, Kapital, Infrastruktur ...) in den vielfach familiengeführten Unternehmen ein Hindernis. Die hohe Arbeitsbelastung durch vergleichsweise wenige Schlüsselpersonen im Tagesgeschäft lässt keine systematische Innovationsplanung zu. Dem Prozess der „Innovation“ wird eine zu geringe Bedeutung beigemessen. In der Konsequenz werden Chancen zu spät erkannt. Kooperationspotenziale werden unterschätzt, Kooperationen gefürchtet oder gar vernachlässigt.

Als Hilfestellung wurden daher an der Hochschule Augsburg Transferstellen und Kompetenzzentren eingerichtet. Diese übernehmen sowohl Serviceaufgaben für Hochschulangehörige wie auch für kooperationsinteressierte Unternehmen. Sie fungieren als Mittler zwischen Hochschule und Unternehmen, um das Wissens- und Technologiepotenzial gebündelt zugänglich zu machen, Kooperationen zu initiieren und diese organisatorisch zu begleiten und zu unterstützen. Doch dieses Serviceangebot sowie entsprechende Informationsbroschüren und verstärkte Aufklärungsarbeit bedürfen weiterer ergänzender Maßnahmen. Der Prozess der Überführung von organisatorischem, betriebswirtschaftlichem und technischem Wissen darf keine Einbahnstraße sein, bei der eine Seite Wissen „produziert“ und „liefert“ und die andere Seite lediglich Wissen „abholt“. Die Schnittstelle zwischen Transferangebot- und -nachfrageseite muss partnerschaftlich gestaltet sein.

Wir haben vor allem gelernt, dass auch Wissensangebote ihren Märkten folgen bzw. entgegen gehen müssen, so wie dies viele in der Marktbearbeitung erfolgreiche Unternehmen uns vorexerzieren. Zudem gilt es, alle Instrumente des Technologie- und Wissenstransfers virtuos einzusetzen und auf die Zielgruppe anzupassen, d. h. für sie auch Dienstleistungen im Innovationsmanagement zu übernehmen. Dazu gehören die Einholung, die Erfassung und der Austausch von explizitem und implizitem Wissen, einschließlich Fertigkeiten und Kompetenzen. Dies beinhaltet sowohl kommerzielle als auch nichtkommerzielle Tätigkeiten wie Forschungsk Kooperationen, Beratungsleistungen, Lizenzvergaben, Spin-Off-Gründungen, die Mobilität von Forschern, das gemeinsame Bearbeiten von Veröffentlichungen usw. – alles mit dem Ziel der Hervorbringung konkreter Innovationen. In einem Pilotprojekt „Demo & Research Center“ wurde dies in den zurückliegenden Monaten konsequent erprobt, worüber in der Folge berichtet wird.



Ansprechpartner:  
Prof. Dr.-Ing. Markus Glück

#### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg  
Telefon: (+49) 821 5586-3154  
Telefax: (+49) 821 5586-3190  
markus.glueck@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

#### Technologie Centrum Westbayern GmbH

Emil-Eigner-Straße 1  
86720 Nördlingen  
Telefon: (+49) 9081 8055-101  
Telefax: (+49) 9081 8055-151  
glueck@tcw-donau-ries.de  
www.tcw-donau-ries.de

#### Fachgebiete:

Innovationsmanagement  
und Technologietransfer,  
Sensortechnik, Industrielle  
Bildverarbeitung, Prozess- und  
Produktionsmesstechnik

### TECHNOLOGIETRANSFER GANZ NAH AM MARKT UND KUNDEN – CHANCEN NUTZEN!

Mit der Verwirklichung erster „Demo & Research Center“ in Nordschwaben hat die Hochschule Augsburg ihren Anspruch untermauert, auch eine Hochschule für die Region zu sein. Dabei konnte sie eine einmalige Chance nutzen. 2001 wurde im Rahmen der Hightech Offensive des Freistaats Bayern das Technologie Centrum Westbayern (TCW) als regionales Innovations- und Gründerzentrum „neuer Generation“ mit unternehmerischem Anspruch und bedeutsamen Alleinstellungsmerkmalen gegründet.



Abb. 1: Luftbild Technologie Centrum Westbayern (TCW) – An-Institut, Transferzentrum und regionaler Vorposten der Hochschule Augsburg in Nordschwaben.

Nach Neubau und Inbetriebnahme (2001–2002) hat es sich im Rahmen einer Zusammenarbeit mit der Hochschule Augsburg (seit 2003) zu einem überregional beachteten Mechatronik An-Institut der Hochschule Augsburg weiterentwickelt. Dieser Prozess wird von zehn regionalen Unternehmen im Rahmen einer Stifterinitiative aktiv begleitet. Der FuE-Betrieb am Technologie Centrum Westbayern (TCW) ist der Fakultät für Maschinenbau zugeordnet.

Mit dem TCW gewann die Hochschule einen Kooperationspartner, der bereits seit 2002 wichtiger regionaler FuE- und Technologietransfer-Dienstleister in Nordschwaben war. Sie profitierte umgehend von dessen Marktnähe und -kenntnis sowie von dessen beachtlichem Kooperations- und Partnernetzwerk. Damit war eine ideale Ausgangsbasis vorhanden, die eine schnelle Umsetzung neuer Ansätze im Technologie- und Wissenstransfer möglich machte. Es mussten nur noch ein paar weitere Erkenntnisse aus der Marktbearbeitung umgesetzt werden.

### NEUE, LOKAL VERANKERTE PARTNER SUCHE UND BILDUNGSDURCHLÄSSIGKEIT FÖRDERN

Die Hochschule Augsburg, das Technologie Centrum Westbayern (TCW) und die Fritz-Hopf-Technikerschule in Nördlingen setzen neue Maßstäbe im Bereich der Aus- und Weiterbildung. Im Rahmen eines bayernweit einmaligen Schulversuchs wird sehr guten Absolventen der Technikerschule die Anerkennung von Studien- und Prüfungsleistungen eröffnet. Damit soll der Weg an die Hochschule sowie das Fachstudium erleichtert werden. Mit diesem Schritt setzen wir ein klares Zeichen für die viel diskutierte Bildungsdurchlässigkeit.

Im aktuellen Schuljahr starteten bereits die ersten Projektaktivitäten des Schulversuchs an der Fritz-Hopf-Technikerschule. Zusatzmodule in Mathematik werden angeboten, Modulinhalt der Technikerschule werden an die Inhalte wichtiger Grundlagenvorlesungen der Hochschule angepasst. Gemeinsame Prüfungen werden vorbereitet. Wahlunterrichte in Robotertechnik, industrielle Bildverarbeitung sowie Verbundfasertechnologie werden erstmals am TCW und an der Technikerschule angeboten. Auch die Hochschule Augsburg wird Einrichtungen und Kompetenzen des Schulzentrums in Nördlingen nutzen. Im Schulversuch werden Gastdozenten aus der Industrie und Professoren der Hochschule als Lehrende eingebunden, die sich bereits seit längerem im Umfeld der Technikerschule engagiert haben.

### ANSCHAULICH ERKLÄREN UND DEMONSTRIEREN – INNOVATION GREIFBAR MACHEN

Befragt nach Hemmnissen im Technologietransfer, nannten viele Firmen Erklärungs- und Verständnisprobleme bei der Diskussion von Ergebnissen und Chancenpotentialen der angewandten FuE. Dies sei vor allem bei der Kooperation mit Mittelstandsfirmen der Fall.

Hochschulen dürfen nicht nur über Forschungsinhalte und neueste Erkenntnisse im Zuge des Technologietransfers berichten. Sie müssen auch wichtige, bereits für die Anwendung und Integration reife Querschnittstechnologien und Produktkomponenten anschaulich demonstrieren. Sie müssen auch die FuE-Herausforderung in der Anpassungsentwicklung, der Optimierung oder der Systemintegration suchen.

Mit dem Aufbau mehrerer „Demo & Research Center“ im Institutsbereich am Technologie Centrum

Westbayern (TCW), die Studierenden der Hochschule Augsburg und der Fritz-Hopf-Technikerschule Nördlingen, aber auch industriellen Partnern offen stehen, wurde ein erstklassig ausgestattetes und „barrierefreies“ Prüffeld für Trainings, Tests, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten rund um die Robotik, die Greifertechnik, die industrielle Bildverarbeitung und Lasermesstechnik sowie zur Bearbeitung von Themenstellungen der Maschinensicherheit, der Prozess- und Produktionsautomatisierung geschaffen.

Diese neue, in Bayern bisher einmalige Form des Technologietransfers, hat sich erfolgreich bewährt. Völlig neue, extrem praxisnahe Lehrformen sind entstanden: Blockunterrichte mit Theorie- und Praxisanteilen in einem Technikraum, Kleingruppenunterrichte und vor allem FuE-Projekte an konkreten Fragestellungen regionaler Firmen. So lernen Studierende frühzeitig moderne Gerätetechnik, wichtige Lieferanten und neue Anwendungsmöglichkeiten kennen und nehmen diese Erfahrung mit an ihren Arbeitsplatz.

Demonstriert und in die Lehre integriert wird eine Vielzahl an konkreten Lösungen, die sich an klar abzeichnenden Bedarfsfeldern der Mechatronik und Produktionsautomatisierung – insbesondere auf den Anwendungsgebieten Sensorik, Condition Monitoring, RFID, Robotik und Industrielle Bildverarbeitung – orientiert. Neue Technologien wurden damit direkt in die Region gebracht und werden von den regionalen Partnerunternehmen rege genutzt, u. a. die Infrarot Wärmemessmesstechnik, zahlreiche Methoden und Geräte der elektronischen Messtechnik, der Prozess- und Lasermesstechnik, Antriebstechnik Prüfstände und neueste Sensorsysteme. Das TCW arbeitet hierbei disziplinübergreifend im Anwendungsgebiet der Mechatronik an der Schnittstelle zur Elektrotechnik. FuE-Ergebnisse aus dem Institutsumfeld werden verstärkt publiziert, z. B. in Foren, Fachartikeln und Seminaren. Auch in englischer Sprache und auf international üblichem Niveau – daher ganz bewusst „Demo & Research Center“.

Ziel der Arbeit in den Demo & Research Centern ist es, ein Versuchsfeld für mittelständische regionale Unternehmen zu etablieren, indem diese auf neueste Technologien und Komponenten namhafter Technologielieferanten rasch zurückgreifen können. Sie sollen in wenigen Minuten in der Lage sein, nicht nur ihre Problemstellung zu schildern, sondern kurzerhand erste



Abb. 2: Im Demo & Research Center: Studierende üben mit TCW Technikern an realen Aufgabenstellungen. Dabei lernen sie unter anderem neueste Technologien der Maschinen- und Anlagensicherheit kennen, wie z. B. rechts das kameragestützte „Safety EYE“.

Tests durchführen oder Realisierungsmöglichkeiten inspizieren zu können, z. B. an zwei Industrierobotern, mit verschiedenen Greifwerkzeugen, mit Kameras oder mit Netzwerkkomponenten und RFID-Technologie.

Die Demo Center werden auch zur Ausbildung genutzt. Studierende und Mitarbeiter regionaler Firmen erhalten vor Ort – teilweise gemeinsam – Praxisunterrichte und bearbeiten reale Entwicklungsprojekte der Partnerfirmen.



Abb. 3: Ausbildungsbetrieb im Robotik Demo & Research Center: Prof. Dr. Eberhard Roos unterrichtet eine gemischte Gruppe mit Mitarbeitern aus Firmen und Studierenden

Gezielt werden aber auch firmenübergreifende Entwicklungsteams gebildet. Damit ist das Transferinstitut in kürzester Zeit attraktiver Ort für Praktika bzw. zur Anfertigung von Fach- und Abschlussarbeiten geworden. Studierende aus Nordschwaben haben erstmals die Gelegenheit, wichtige Teile ihres Studienprogramms vor Ort in ihrer Heimat abzulegen. Dies in erstklassigen Labors und in enger Kooperation mit renommierten Firmen als Maßnahme zur Fachkräftesicherung.

**ALLIANZEN BILDEN – TECHNOLOGIEN VERZAHNEN**

Der hohe Nutzwert der *Demo & Research Center* liegt in ihrer besonderen Verzahnung, die am Technologie Centrum Westbayern heute möglich ist. Einerseits die Verzahnung von Sicherheitstechnik und modernen Industrieanwendungen, aber auch die Verzahnung von Ausbildung, beruflicher Qualifizierung, Forschung und Entwicklung. Dies stellt eines der zentralen Alleinstellungsmerkmale dieser Initiative dar, denn die Infrastruktur wird insbesondere für die Lehre und Forschung in einem eng verzahnten Miteinander eingesetzt.

Eine besondere Verzahnung des Tätigkeitsumfelds mit Anwendungen der Mechatronik, der Automatisierungstechnik, der angewandten Sensorik, der industriellen Bildverarbeitung, der Robotik (z. B. zur bildgeführten Robotik) und der Maschinensicherheit ist in Arbeit. Wie dies letztendlich in der Praxis aussieht, wird am nachfolgend beschriebenen realen Beispiel anschaulich erläutert: An einem Roboter wird eine siebte Achse steuerungstechnisch integriert und ein neues Greifwerkzeug, z. B. ein mechatronischer Greifer oder ein Vakuumsauger integriert. Dazu erforderlich ist eine Ventilinsel. Sicherheitstechnisch ist einiges zu verändern. Das Ganze führt zu einem anschaulichen Demo, das Teilnehmern der Fachtagungen vorgeführt wird. Dieses Demo wird aber auch in Vorlesungen diskutiert und mit Studierenden weiterentwickelt. Zuletzt liefern die als Allianzpartner eingebundenen Firmen Beiträge zu Vorlesungen und Weiterbildungsprogrammen. Teilnehmer können sofort das Zusammenspiel dieser Schlüsseltechnologien der Mechatronik kennenlernen und testen. Fortlaufend werden weitere Technologiepartner ergänzend „angedockt“.

**INNOVATIONEN VERNETZEN UND KOMMUNIZIEREN**

Innovation braucht kompetente Partner, die aktuelles Know-how und Zugang zu Quellen technologischen Wissens haben. Gezielt wurde die Präsenz in Unternehmens- und Branchennetzwerken, bei den Kammern sowie bei einschlägigen wirtschaftsnahen Veranstaltungen und Messen erhöht und zur Anbahnung von Hochschulkooperationen genutzt. So spielt die Hochschule Augsburg und das Technologie Centrum Westbayern u. a. eine aktive Rolle in der Arbeit von Berufsverbänden (z. B. VDI, VDE), in Clustern und Projektverbänden (z. B. Mechatronik & Automation, Sensorik, Umwelttechnik, Carbon Composite).

Ergebnisse werden auf Tagungen (z. B. Technologieforen, Internat. Forum Mechatronik) und Fachmessen öffentlich vorgestellt. Eine besondere Nähe zum bayrisch-schwäbischen Markt wird durch die Mitgliedschaft im Partnernetzwerk TEA (Transfereinrichtungen im Raum Augsburg) und in der Initiative „EMM – Europäische Metropolregion München“ erreicht.

**VORTRAGSREIHE „MODERNE TECHNIK – ANSCHAULICH ERKLÄRT!“**

Bereits zum sechsten Mal fand die Fachvortragsreihe am Technologie Centrum Westbayern (TCW) statt. Im Mittelpunkt mehrerer kostenfreier Abendveranstaltungen standen hilfreiche Grundlagen unternehmerischen Denkens und Handelns sowie Exkursionen zu befreundeten Firmen und Einrichtungen. Ausgewählte Beiträge zu dieser Veranstaltungsreihe mit Hochschulbeteiligung waren:

- 06.10.2009, „Rollende Computer – woin geht die Reise?“ über Innovationen rund um die Automobilelektronik in Kooperation mit BMW, Prof. Dr.-Ing. Hans Eberhard Schurk, Präsident der Hochschule Augsburg.
- 24.11.2009, „Automatisierung und Mechanisierung bei der Herstellung von Faserverbund-Bauteilen für die Luftfahrt“, Johann-Peter Scheitle, Eurocopter Donauwörth und Carbon Composite e. V.
- 01.12.2009, „Warum sich Zementstriche verwölben? – Eine kleine Übersicht über Mörteltechnologie und Anwendungstechnik“, Prof. Dipl.-Ing. Manfred Schnell, Hochschule Augsburg, Fakultät für Architektur und Bauwesen.
- 26.01.2010, „Roboter – Alleskönner, Helfer oder Konkurrenten?“, Prof. Dr.-Ing. Eberhard Roos, Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau.
- 09.03.2010, „LEGOLAND Deutschland: Impulsgeber für ‚Die Familien- und Kinderregion – Landkreis Günzburg‘. Ein neues Verfahren zur Profilierung von Kommunen und Regionen?“, Prof. Dr. habil. Klaus Kellner, Vizepräsident, Fakultät für Wirtschaft.

**ERFAHRUNGSUSTAUSCH STIMULIEREN: TAGUNGEN, TECHNOLOGIE- UND UNTERNEHMERFOREN**

Das direkte Gespräch mit Partnerfirmen und Entscheidern ist von zentraler Bedeutung. Unternehmerforen nach der Art von Ringvorlesungen wurden etabliert und genießen große Aufmerksamkeit. In der Regel besuchen

ca. 100–120 regionale und hochrangige Wirtschaftsführer sowie zahlreiche politische Repräsentanten, die mit unserem Zentrum verbunden sind, dieses Veranstaltungsformat.

Die Unternehmerforen dienen neben der Kontaktpflege dem Kennenlernen anderer Branchen, Länder, vorbildlicher Unternehmen und besonderer Führungspersönlichkeiten. Diskutiert werden Zukunftsthemen, allgemeine Situationsbeurteilungen und gesellschaftliche Entwicklungen. So waren hier schon eine Reihe sehr interessanter Persönlichkeiten zu Gast. Zum Beispiel das ehemalige BDI Präsidiumsmitglied Dietmar Harting, der Botschafter der Volksrepublik China, Ma Camrong, die ehemalige Staatssekretärin im Bundeswirtschaftsministerium, Frau Dagmar Wöhr, u. v. m.

Im Berichtszeitraum fanden folgende Unternehmerforen statt:

- Unternehmerforum mit Dr. Eberhard Veit, Vorstandsvorsitzender der FESTO AG am 11.03.2010 im TCW, Gastvortrag: „Professionelles Innovationsmanagement in einem globalen Unternehmen – Unternehmenserfolg durch konsequente Innovation“.
- Unternehmerforum und Institutsbesichtigung mit dem Staatsminister für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, Herrn Martin Zeil (MdL) am 07.06.2010, Gastvortrag: „Bayerns Wirtschaft – Erfolgreich auf dem Weg aus der Krise“.
- Unternehmerforum mit Michael Dick, Vorstand Technische Entwicklung bei der Audi AG am 15.06.2010 im TCW, Gastvortrag: „Elektromobilität – Automobil der Zukunft?“

**TECHNIKAUSTAUSCH AUF AUGENHÖHE**

Der Erfahrungsaustausch bei Technologietransferinitiativen darf sich jedoch nicht nur auf Führungs- und Entwicklungsverantwortliche beschränken und muss zu Schwerpunktthemen auf Arbeitsebene, d. h. unter Fachexperten und FuE-Protagonisten geführt werden. Dies unter Einbindung renommierter Technologieführer, attraktiver Firmen, überregional anerkannter FuE-Partner und Trendsetter, denn Wissenstransfer darf keine Einbahnstraße sein und braucht die gezielte Befruchtung von außen.

Im Berichtszeitraum fanden folgende Technologieforen statt:

- 7. Technologieforum „Robotik“ am 01.10.2009 im Technologie Centrum Westbayern, Thema „Robotik in der Praxis – Applikationen“, in Kooperation mit dem Cluster Mechatronik & Automation e.V., der Hochschule Augsburg und dem iwb Anwenderzentrum Augsburg.
- 1. Forum „Maschinensicherheit“ am 22.10.2009 im Technologie Centrum Westbayern, Thema „Neue Maschinenrichtlinie – Sicherheit in Robotik und Automation“, in Kooperation mit dem Cluster Mechatronik & Automation e.V., der Hochschule Augsburg (TEA) und dem iwb Anwenderzentrum Augsburg (TU München).
- 8. Technologieforum „Robotik“ am 19.11.2009 im Technologie Centrum Westbayern, Thema „Roboter unterstütztes Messen und Montieren“, in Kooperation mit dem Cluster Mechatronik & Automation e.V. und dem iwb Anwenderzentrum Augsburg.
- 9. Technologieforum „Traceability“ am 28.1.2010 im TCW, Thema „Etikettieren, Markieren, Codieren, Identifizieren“, in Kooperation mit dem Cluster Mechatro-



Abb. 4: Prominente Gäste bei den TCW Unternehmerforen: Dr. Eberhard Veit, Vorstandsvorsitzender der Festo AG (11.3.2010 – linkes Bild) und Michael Dick, Vorstand Technische Entwicklung der Audi AG (15.6.2010 – rechtes Bild).



nik & Automation e.V., dem iwb Anwenderzentrum Augsburg.

- 10. Technologieforum „Greiftechnik und Pick & Place Anwendungen“ am 25.2.2010 im TCW, Thema „Etikettieren, Markieren, Codieren, Identifizieren“, in Kooperation mit dem Cluster Mechatronik & Automation e.V. und dem iwb Anwenderzentrum Augsburg.
- 11. Technologieforum „Dosieren, Dispensen, Kleben, Dichten“ am 22.4.2010 im TCW, in Kooperation mit dem Cluster Mechatronik & Automation e.V., dem iwb Anwenderzentrum Augsburg und dem AMU (Universität Augsburg).
- 12. Technologieforum „Industrielle Bildverarbeitung I“ am 6.5.2010 im TCW, Thema „Optische Inspektion und Kameratechnik für Industrieautomation und Qualitätskontrolle in der Elektronikproduktion“, in Kooperation mit dem Cluster Mechatronik & Automation e.V. und dem VDMA.
- 13. Technologieforum „Ressourceneffizienz in der Produktionstechnik – Energieeinsparung in der Automation, energieeffiziente Antriebe“ am 16.6.2010 im TCW, in Kooperation mit dem Cluster Mechatronik & Automation e.V. und dem VDMA.



Abb. 5: Fachgespräche und Produktschau beim Technologieforum „Industrielle Bildverarbeitung I“ am 6.5.2010 im Technologie Centrum Westbayern (TCW).

#### DANKSAGUNG

Wir bedanken uns sehr herzlich bei allen Allianzpartnern, die die Einrichtung unserer Demo & Research Center mit Geld- und Sachspenden, Unterstützungsleistungen, der Übernahme von Lehrveranstaltungen und vielem mehr möglich gemacht haben. Besonders genannt seien die Firmen KUKA, Schunk, Schmalz, Micro-Epsilon, Pilz, Festo und HARTING.

Die Forschungs- und Technologietransferaktivitäten des Technologie Centrum Westbayern – einem

An-Institut der Hochschule Augsburg in Nordschwaben – werden gefördert aus Mitteln des Freistaats Bayern (Hightech Offensive) und der Europäischen Union (EFRE, ESF). Die Einrichtung einer Stiftungsprofessur der Hochschule Augsburg im Umfeld des Technologie Centrum Westbayern wurde möglich durch das beherzte Zupacken der Fritz und Liselotte Hopf-Stiftung (Nördlingen) sowie der Firmen GEDA-Dechentreiter (Asbach-Bäumenheim), Grenzbach Maschinenbau (Hamlar), HARTING (Espelkamp, Nordrhein-Westfalen), Kathrein (Rosenheim und Nördlingen), Märker Zement (Harburg), Ohnhäuser (Wallerstein), Tigra (Oberndorf), Valeo (Wemding) und Zott (Mertingen). Hierfür herzlichen Dank!

#### VORTRÄGE UND TAGUNGSBEITRÄGE ZUR TECHNOLOGIETRANSFERARBEIT

- [1] „Kameraeinsatz und Lasersensorik in der Roboter unterstützten Montage“. Prof. Dr. Markus Glück, Josef Wolf, Bernd Lechner, Prof. Dr. Eberhard Roos, Christian Oblinger, Dr. Thomas Bongardt, Robert Wagner, Florian Martin, Vortrag im Rahmen des 6. Technologieforums Robotik am 31.03.2009 im Technologie Centrum Westbayern.
- [2] „Robotereinsatz und Inline Messtechnik in der fertigungstechnischen Praxis – aktuelle Trends, Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur Prozesskontrolle, Prozessführung in schwieriger Umgebung“. Prof. Dr. Markus Glück, Josef Wolf, Bernd Lechner, Prof. Dr. Eberhard Roos, Dr. Thomas Bongardt, Vortrag Prof. Dr. Markus Glück im Rahmen eines Anwenderforums „Robotik“ der Fa. Rockwell Automation am 09.12.2009 in Karlsruhe.
- [3] „Demo & Research Center – eine neue Form des Innovationsmanagements, ein neues Serviceangebot und erste Ergebnisse im Umfeld der Hochschule Augsburg“. Vortrag von Prof. Dr. Markus Glück im Rahmen des Fachforums „Gemeinsam Wettbewerbsvorteile schaffen! Hochschule und Wirtschaft in Schwaben-Allgäu – Wachstum durch Innovation!“ in Zusammenarbeit mit BayME und vbm am 29.06.2010 in Augsburg.
- [4] „Ohne Gesamtkonzept keine Effizienz - Energieeffiziente Antriebe und Fertigungstechnologien“ Prof. Dr. Markus Glück in Fachmagazin ke Konstruktion & Engineering, Heft 08/2010, Seite 16/17, Sonderteil „Energiesparmotoren“

## Wie gelangt Biogas ins Erdgasnetz? Aufbereitung und Einspeisung von Biomethan

Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich<sup>1</sup>, Dr. agr. Jürgen Beck<sup>2</sup>, M.Sc. agr. Georg Hiepp<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau, <sup>2</sup> Forschungszentrum für Erneuerbare Energien f10

Die nachhaltige Nutzung von Biogas leistet einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und zur Versorgung mit regenerativen Energien. Im Gegensatz zur dezentralen Energieumwandlung in Blockheizkraftwerken am Anlagenstandort, die mit dem meist unlösbaren Problem der fehlenden Wärmeverwertung vor Ort verbunden ist, eröffnet die Einspeisung von Biogas in bestehende Gasnetze effiziente und vor allem vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Das eingespeiste Biogas kann unabhängig vom Gewinnungsort wie herkömmliches Erdgas zur getrennten oder gleichzeitigen Erzeugung von elektrischer und thermischer Energie genutzt werden. Somit kann auch die Auflage zum Einsatz regenerativer Energien bei der Versorgung von Wohn- sowie Wirtschafts- und Verwaltungsgebäuden erfüllt werden. Voraussetzung für die Einspeisung ist jedoch die Aufbereitung von Biogas auf die für das jeweilige Versorgungsnetz geforderte Erdgasqualität. Das Forschungszentrum für Erneuerbare Energien f10 gGmbH in Neuburg an der Donau befasst sich im Rahmen des Forschungsvorhabens „BioMethan – Erhebung verfahrenstechnischer und wirtschaftlicher Kenngrößen, Entwicklung von Optimierungsstrategien und Alternativen, Erstellung von Planungsunterlagen“, das durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz gefördert wird (Förderkennzeichen 22001707), unter anderem mit verschiedenen Biogasaufbereitungsverfahren. Die Fakultät für Maschinenbau der Hochschule Augsburg beteiligt sich mit mehreren Projekt- und Diplomarbeiten an diesem Forschungsvorhaben. Seit mehreren Jahren arbeiten die Hochschule Augsburg und das Forschungszentrum für Erneuerbare Energien f10 eng zusammen.

### 1. EINLEITUNG

Ein umweltpolitisches Ziel der Bundesregierung besteht in der Minderung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 gegenüber dem Vergleichsjahr 1990 um 40 %. Zur Erfüllung dieser anspruchsvollen Zielstellung soll im Rahmen eines integrierten Energie- und Klimaprogramms neben einer Reihe weiterer Maßnahmen der Anteil erneuerbarer Energiequellen am Bruttostromverbrauch von gegenwärtig etwa 16 % auf 35 % im Jahr 2020 steigen. Der Beitrag erneuerbarer Energieträger an der Wärmebereitstellung, der derzeit lediglich 8,4 % beträgt, soll sich bis 2020 mindestens verdoppeln.

In Deutschland wird Biogas hauptsächlich aus nachwachsenden Rohstoffen, Ernterückständen, organischen Nebenprodukten und Abfällen gewonnen. Es kann weitgehend CO<sub>2</sub>-neutral produziert und im Gegensatz zu anderen erneuerbaren Energiequellen bedarfsgerecht zur Bereitstellung von Endenergie eingesetzt werden. Bisher wird Biogas überwiegend in dezentralen Blockheizkraftwerken mittels Gasmotoren oder Gasturbinen in elektrische Energie umgewandelt. Der Strom wird in das Übertragungsnetz eingespeist, die gleichzeitig anfallende Motorabwärme kann wegen fehlender Nachfrage am Ort der Biogasgewinnung meist nur mit erheblichem Aufwand genutzt werden. Lediglich ein geringer Anteil der Abwärme wird für die Aufrechterhaltung des Fermentationsprozesses benötigt. Auf diese Weise lassen sich jedoch nur 35 bis 47 % der im Biogas enthaltenen Primärenergie nutzen. Zahlreiche Biogasanlagen arbeiten unwirtschaftlich, da sie auf den Bonus für die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bei der Vergütung des eingespeisten Stroms nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz verzichten müssen.

Eine viel versprechende Alternative zur dezentralen Verstromung von Biogas stellt dessen Aufbereitung und anschließende Einspeisung in ein bestehendes Erdgasnetz dar. Hierdurch lässt sich das Biogas als Erdgasersatz speichern, über längere Entfernungen transportieren und unabhängig vom Ort der Erzeugung verwenden. Zur Gewährleistung eines hohen Gesamtwirkungsgrades sollte die Verwendung vorzugsweise in KWK-Anlagen erfolgen. Die im Jahr 2008 in Kraft getretenen Änderungen der Gasnetzzugangsverordnung, der Gasnetzentgeltverordnung sowie der Anreizregulierungsverordnung definieren die rechtlichen Grundlagen für die Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz und erleichtern den Netzzugang. Gegenwärtig existieren in Deutschland 34 Aufbereitungsanlagen für Biogas, in denen verschiedene Aufbereitungstechnologien zum Einsatz kommen.

### 2. ZUSAMMENSETZUNG UND EIGENSCHAFTEN VON BIOGAS

Biogas entsteht durch mikrobiologischen Abbau organischer Substrate. Ausgangsstoffe für die Vergärung sind Biomassen aus nachwachsenden Rohstoffen wie z. B. Mais, Grünlandaufwuchs, Getreide, Rüben, Zwischenfrüchte und/oder aus Fest- und Flüssigmisten von



**Ansprechpartner:**

Prof. Dr.-Ing.  
Marcus Reppich

**Hochschule Augsburg**

Fakultät für Maschinenbau  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586 3153  
Telefax: (+49) 821 5586 3160  
marcus.reppich@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**

Konventionelle Energietechnik,  
Regenerative Energietechnik,  
Thermische Verfahrenstechnik

**Projektpartner:**

Forschungszentrum für  
Erneuerbare Energien f10  
gGmbH  
Nördliche Grünauer Straße 21  
86633 Neuburg an der Donau  
Telefon: (+49) 8431-536890  
Telefax: +49 8431-536896  
www.f10-energie.de

**Projektmitarbeiter:**

Dr. agr. Jürgen Beck  
M.Sc. agr. Georg Hiepp

Nutztieren, aber auch aus Reststoffen wie Klärschlamm, Fette, kommunale und gewerbliche Bioabfälle wie Speisereste oder Rückstände aus der Lebensmittelindustrie. Biogas besteht aus 45 bis 75 Vol.% Methan, 25 bis 55 Vol.% Kohlendioxid und Wasserdampf sowie geringen Anteilen an Stickstoff, Wasserstoff (bei überlasteter Fermenterbiologie), Sauerstoff (nur bei ungeeignetem Entschwefelungsverfahren), Schwefelwasserstoff, Ammoniak und Siloxanen (insbesondere bei der Abfallvergärung). Weiterhin kann es Spuren an Kohlenwasserstoffen, Kohlenmonoxid, Chloriden, Fluoriden, Mercaptanen, Öl und Staub enthalten.

Biogas besitzt einen vom Methangehalt abhängigen Heizwert von 5 bis 7,5 kWh/m<sup>3</sup>, einen kritischen Druck von 75 bis 89 bar, eine kritische Temperatur von -82,5 °C und eine Normdichte von 1,2 kg/m<sup>3</sup> [1 und 2]. In Abhängigkeit vom Wobbe-Index, der der Bewertung der Qualität und der Austauschbarkeit von Brenngasen dient, teilt man methanreiche Gase in die Gruppen L und H ein. Zusammensetzung und Eigenschaften schwanken in Abhängigkeit von der Substratzusammensetzung und der Betriebsweise der Biogasanlage.

### 3. VERFAHREN ZUR AUFBEREITUNG VON ROHBIOGAS ZU REINGAS

Die Aufbereitung von Rohbiogas wird in mehreren Schritten vollzogen. Nach der Entfernung fester und flüssiger Inhaltsstoffe sowie der Trocknung erfolgt die Entschwefelung. An diese Vorreinigungsstufen, die ausführlich in [3] beschrieben werden, schließt sich die eigentliche Methan-anreicherung zur Steigerung des Methangehaltes an. Für die hierbei erforderliche Kohlen-

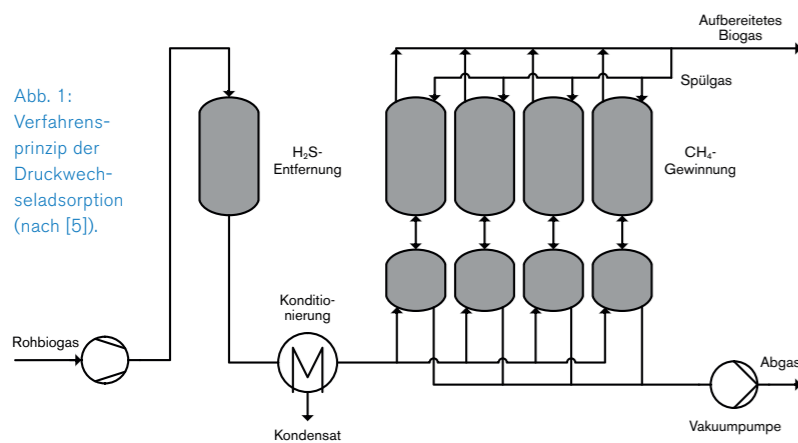


Abb. 1: Verfahrensprinzip der Druckwechseladsorption (nach [5]).

dioxidabtrennung eignen sich physikalische, chemische und physikalisch-chemische Verfahren, von denen im Folgenden vier wichtige Verfahren betrachtet werden. Schließlich erfolgt gegebenenfalls eine Anpassung des Brennwertes.

#### 3.1 DRUCKWECHSELADSORPTIONSVERFAHREN

Die Druckwechseladsorption gilt als ausgereiftes und bewährtes Verfahren zur Methan-anreicherung. Es handelt sich um ein trockenes Verfahren, so dass keine Prozess- oder Abwässer anfallen. Kohlendioxid und Stickstoff reichern sich selektiv an Molekularzeolithen oder Kohlenstoffmolekularsieben an.

Um die Trennwirkung der Adsorption nicht zu beeinträchtigen, ist eine sorgfältige vorhergehende Entschwefelung und Entfeuchtung notwendig. Danach wird das Rohgas unter Druck in den mit Kohlenstoffmolekularsieben befüllten Adsorber geleitet. Dabei lagert sich vorwiegend CO<sub>2</sub> an das mikroporöse Adsorbens an. Zur Gewährleistung einer kontinuierlichen Aufbereitung des Rohbiogasstroms werden mehrere Adsorber wechselseitig verschaltet. In den Adsorbern laufen folgende Teilschritte ab:

- 1) Adsorption bei hohem Druck
- 2) Desorption durch Druckabsenkung
- 3) Desorption durch Spülen mit Roh- oder Produktgas
- 4) Druckaufbau mit Roh- oder Produktgas

Zunächst wird das Rohbiogas auf einen Betriebsdruck von etwa 5 bis 14 bar verdichtet. Nach der Abtrennung von Schwefelwasserstoff wird das Rohgas auf unter 40 °C abgekühlt und gleichzeitig vorgetrocknet. Das entschwefelte Rohgas strömt von unten nach oben durch den Adsorber, der häufig aus zwei Schüttungen besteht: In der unteren wird Wasser adsorbiert, in der oberen Kohlendioxid, Abb. 1. Sobald das Molekularsieb des Adsorbers gesättigt ist, wird der Rohbiogasstrom auf den nächsten Adsorber umgeschaltet. Zur Regenerierung des gesättigten Adsorbers erfolgt ein Druckausgleich im Gegenstrom mit dem übernächsten Adsorber, da das anfallende Abgas am Adsorberboden große Mengen an Methan enthält. Anschließend wird der Adsorberdruck auf den Umgebungsdruck entspannt. Das erzeugte Abgas, das hauptsächlich

aus Kohlendioxid und Wasserdampf, aber auch aus Resten von Methan besteht, wird an die Umgebung abgegeben. Zur vollständigen Regenerierung wird ein Vakuum von ca. 100 mbar(abs) erzeugt, wodurch der restliche Wasserdampf entfernt wird. Im letzten Schritt wird der Adsorber für die erneute Reingasproduktion vorbereitet. Durch Druckausgleich mit dem methanhaltigen Abgas eines zu regenerierenden Adsorbers und Aufbau des Betriebsdrucks mit verdichtetem Rohbiogas steht der Adsorber erneut für die Gasreinigung zur Verfügung [4 und 5].

Mit der Druckwechseladsorption werden ein Methangehalt von über 96 Vol.% und ein maximaler Brennwert von 11 kWh/m<sup>3</sup> erzielt. In Deutschland wurden Biogasanlagen u. a. in Straelen, Pliening, Schwandorf, Werlte, Mühlacker und Graben/Lechfeld im Landkreis Augsburg (Focusanlage im f10-Forschungsprojekt) mit einer Druckwechseladsorption, häufig System Carbotech, ausgestattet. Die wesentlichen Vor- und Nachteile dieses Verfahrens sind [5–8]:

| Vorteile   | Nachteile  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• geeignet für Anlagen mit einer Rohbiogasproduktion von 250 bis 5000 Nm<sup>3</sup>/h</li> <li>• geringer Gesamtenergieaufwand</li> <li>• nahezu unbegrenzte Standzeit der Adsorbentien</li> <li>• einfaches Verfahren mit geringem Wartungsaufwand</li> <li>• schnelle Druckabsenkung für die Desorption ermöglicht kurze Zykluszeiten</li> <li>• kein Anfall von Abwasser und Chemikalien</li> <li>• neben Kohlendioxid werden auch Wasser, Siloxane, Schwefelwasserstoff und höhere Kohlenwasserstoffe entfernt</li> <li>• mehrjährige Betriebserfahrungen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorentschwefelung notwendig</li> <li>• relativ hoher Stromverbrauch</li> <li>• Konzentration von H<sub>2</sub>S darf max. 400 mg/m<sup>3</sup> betragen</li> <li>• relativ hohe Methanverluste bis 3%, daher Methannachverbrennung nötig</li> <li>• Ventile können durch Staub- und Kohlepartikel verstopfen</li> <li>• hohe Ventilbelastung</li> </ul> |

#### 3.2 DRUCKWASSERWÄSCHE

Die Druckwasserwäsche gehört zu den absorptiven Trennverfahren. Dabei wird Kohlendioxid bei Drücken bis 15 bar in Wasser absorbiert, gleichzeitig kann eine Entschwefelung stattfinden. Die Aufbereitung erfolgt in den Verfahrensschritten Filterung, Verdichtung, Absorption, Trocknung,

Zunächst werden durch Filterung des Rohbiogases Wassertropfen und Stäube in Koaleszenzfiltern abgetrennt. Die Verdichtung erfolgt ein- oder zweistufig auf 7 bis 15 bar. Das sich hierbei erhitzende Gas wird anschließend gekühlt. Die Gaskühlung lässt sich mit einer Wärmeauskopplung für die Beheizung des Fermenters verknüpfen. Die physikalische Absorption beruht auf der Gaslöslichkeit in Wasser, die vom Druck, von der Temperatur und vom Verhältnis der Volumenströme von Biogas und Waschwasser abhängt. Der Druck in der Absorptionssäule kann je nach Verfahren zwischen 7 und 15 bar, die Wassertemperatur zwischen 5 und 25 °C variieren. Eventuell vorhandene Spuren von Ammoniak im Rohbiogas können ebenfalls beseitigt werden. Im Waschwasser werden auch Mikroorganismen zurückgehalten, die in Wassertröpfchen mitgerissen und im Koaleszenzfilter nicht abgetrennt wurden. Methan wird in sehr geringem Maße und Luft in Spuren absorbiert. Der Methangehalt im Produktgas lässt sich durch Rückführung des CO<sub>2</sub> aus der Entspannungssäule auf 98 Vol.% und mehr erhöhen. Die Absorption kann sehr gut durch die Temperatur des Waschwassers beeinflusst werden. Die Anpassung an L- und H-Gas-Beschaffenheit ist durch die Steuerung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes im Produktgas zwischen 6 und 1 Vol.% möglich.

Nach Abb. 2 sind wesentliche Komponenten der Gasaufbereitungsanlage ein mehrstufiger Verdichter, eine Absorptionssäule, eine CO<sub>2</sub>-Entspannungssäule (1. Desorptionssäule), eine CO<sub>2</sub>-Stripper-Säule (2. Desorptionssäule) und ein Gastrockner. Das Rohbiogas

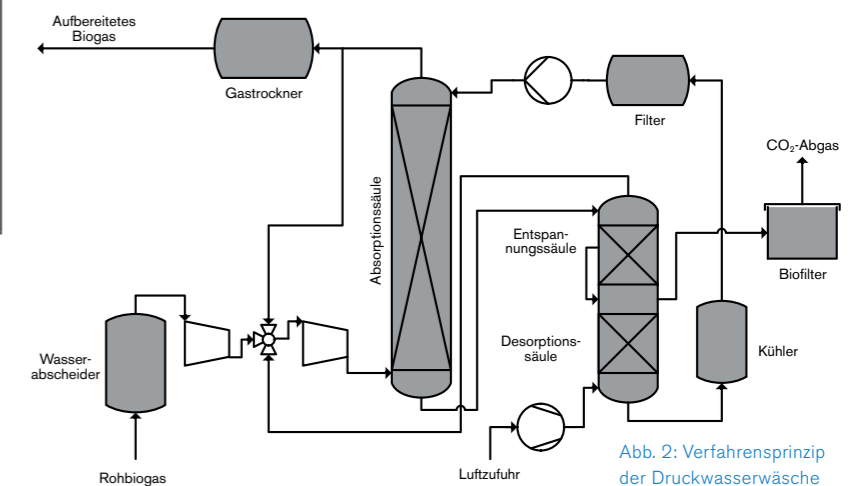


Abb. 2: Verfahrensprinzip der Druckwasserwäsche (nach [6]).

wird ein- oder zweistufig auf den erforderlichen Druck in der Absorptionssäule komprimiert. Im Gegenstrom werden CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S sowie weitere lösliche Gase in der Absorptionssäule im Washwasser absorbiert. In der Entspannungssäule expandiert das beladene Absorptionswasser zunächst auf etwa 2 bar, dabei werden Methan und in geringem Maße Kohlendioxid abgeschieden. Das entspannte Gas wird vor die Verdichterstufe zurückgeführt, wodurch sich der Methangehalt im Produktgas auf mindestens 98 Vol.% erhöht. Anschließend wird das Washwasser in der Desorptionssäule auf Umgebungsdruck entspannt. Durch gleichzeitiges Einblasen von Luft wird das Washwasser vom restlichen Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff befreit und anschließend rezirkuliert. Wegen möglicher Verunreinigung mit Schwefelwasserstoff wird das mit Luft verdünnte CO<sub>2</sub>-Abgas über einen Biofilter geleitet, bevor es in die Atmosphäre gelangt. Das Reingas hat bei H-Gas-Beschaffenheit einen Kohlendioxidanteil von 1 bis 2,5 Vol.%, bei L-Gas-Beschaffenheit bis zu 6 Vol.%.

In Deutschland besitzt die Biogasanlage in Könnern eine Druckwasserwäsche System Malmberg Water AB, Åhus, Schweden, mit einer Rohgaskapazität von 1250 Nm<sup>3</sup>/h. Das Reingas weist einen Methananteil von 97 Vol.% auf. Es wird zum Angleichen des Brennwertes mit Propangas versetzt und nach einer Druckerhöhung auf 16 bar in das Erdgasnetz eingespeist. Die Druckwasserwäsche besitzt folgende Vor- und Nachteile [4, 6 und 8]:

| Vorteile   | Nachteile   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• hoher Methananteil im Produktgas von mehr als 98 Vol.%</li> <li>• keine zusätzliche Grob- und Feinentschwefelung nötig</li> <li>• Silane und Siloxane können weitgehend abgeschieden werden</li> <li>• NH<sub>3</sub> kann vollständig aus dem Gas entfernt werden</li> <li>• Washwasser kann nicht vergiftet werden, aufwändige Filterwechsel und ggf. Neuanfahren der Anlage werden dadurch vermieden</li> <li>• erprobtes, vielfach eingesetztes Verfahren</li> <li>• hohe Flexibilität</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• hoher Wasserverbrauch</li> <li>• hoher Energieverbrauch für die Umwälzung des Washwassers</li> <li>• hoher Stromverbrauch</li> </ul> |

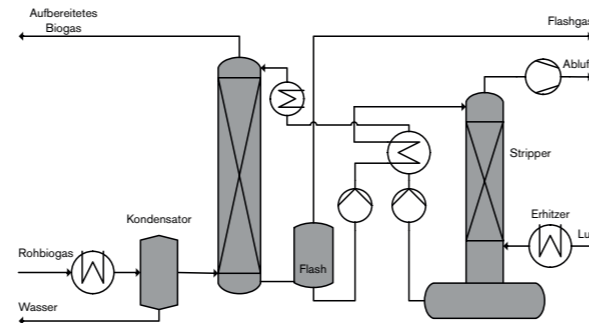


Abb. 3: Vereinfachtes Verfahrensfliessbild des Selexolverfahrens (nach [9]).

### 3.3 SELEXOLVERFAHREN

Das Selexolverfahren stellt wie die Druckwasserwäsche ein physikalisches Absorptionsverfahren dar. Bisherige Hauptanwendungsgebiete sind die Erdgasaufbereitung und die Klärgasreinigung vor allem in den USA.

Das Absorbens besteht aus Polyethylenglykoldimethylether, der zu den nicht giftigen, nicht korrosiven physikalischen Lösungsmitteln zählt. Es ist geeignet, um polare Verbindungen wie CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O und H<sub>2</sub>S aus dem Rohbiogas zu entfernen. Ebenso wie bei der Druckwasserwäsche benötigt man eine Absorptionsstufe, die allerdings mit einem höheren Druck von 20 bis 30 bar betrieben wird, sowie eine Regenerationsstufe, siehe Abb. 3. Bei der Absorption, die bei Temperaturen zwischen 0 und 40 °C abläuft, werden die unterschiedlichen Löslichkeiten der sauren Bestandteile im Vergleich zu Kohlenwasserstoffen ausgenutzt. Deshalb eignet sich das Selexolverfahren besonders bei hohen H<sub>2</sub>S- und/oder CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Rohgas. Zusätzlich werden organische Schwefelkomponenten, NH<sub>3</sub> und HCN in Selexol gelöst [6].

Das Selexolverfahren wird hauptsächlich in Schweden angewandt. Eine Anlage in Laholm wurde im Jahr 2000 für einen Rohgasvolumenstrom von 250 m<sup>3</sup>/h ausgelegt und im Jahr 2002 um das Doppelte erweitert.

Damit das Selexolverfahren effektiv arbeitet, muss das Rohbiogas bestimmte Eigenschaften aufweisen. So darf der CO<sub>2</sub>-Gehalt maximal zwischen 30 und 40 Vol.% liegen. Schwefelwasserstoff sollte höchstens in einer Konzentration von 5000 ppm vorliegen und Wasserdampf muss gesättigt sein. Der Methananteil nach der Abtrennung beträgt mehr als 96 Vol.%. Vor- und Nachteile des Selexolverfahrens sind [6 und 8]:

| Vorteile   | Nachteile   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• enthält das Rohgas kein Wasser oder Schwefelverbindungen, kann eine relativ einfache Regeneration wie bei der Druckwasserwäsche durchgeführt werden (Strippen bei leichtem Unterdruck)</li> <li>• Entfernung von H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O ist in einem Schritt möglich, so dass theoretisch keine zusätzliche Entschwefelung und Trocknung nötig ist (was aber wirtschaftlich empfehlenswert ist); eine ausschließliche H<sub>2</sub>S-Entfernung ist ebenfalls möglich</li> <li>• CO<sub>2</sub> hat im Absorbens im Vergleich zur Druckwasserwäsche eine höhere Löslichkeit, so dass bei gleichen CO<sub>2</sub>-Mengen weniger Washlösung und in der Folge ein geringerer Energieeinsatz benötigt werden</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• lösen sich neben CO<sub>2</sub> auch andere Komponenten im Absorbens, kann eine ausreichende Reinheit der Washflüssigkeit mit Strippen (vgl. Druckwasserwäsche) nicht mehr erreicht werden; zur Regeneration muss das Absorbens dann ausgekocht werden</li> <li>• extrem hoher Energieeinsatz zur Desorption, da das Absorbens einen Siedepunkt zwischen 200 und 350 °C besitzt</li> <li>• Verfahren eignet sich nur für große Gasvolumenströme</li> <li>• Methanverluste bis zu 6,5%</li> <li>• Chemikalienbedarf, folglich Betriebsmittel- und Entsorgungskosten</li> <li>• relativ geringe Erfahrungen vorhanden</li> </ul> |

### 3.4 AMINWASCHVERFAHREN

Bei Aminwäschen findet eine chemische Absorption der Absorptive in geeigneten Lösungsmitteln wie wässrigen Monoethanolamin- (MEA) oder Diethanolamin-Gemischen (DEA) statt. Für die Biogasaufbereitung wurde die drucklose Aminwäsche entwickelt, deren Funktionsprinzip Abb. 4 zeigt. Das Verfahren basiert auf der reversiblen Chemisorption von Kohlendioxid in einer DEA-Lösung. Das vom Nachgärer oder Fermenter gelieferte Rohgas besitzt einen leichten Überdruck, ist wassergesättigt und sollte weitgehend frei von Stäuben und Wassertropfen sein. In vielen Fällen muss eine Druckerhöhung stattfinden, um die Druckverluste in der Anlage zu überwinden. Zu diesem Zweck ist ein Gebläse vorgesehen, das den Gasdruck um etwa 100 bis 150 mbar erhöht.

Vor der CO<sub>2</sub>-Abtrennung muss das Rohgas mit Hilfe eines Wäschers weitgehend von Schwefelwasserstoff und anderen unerwünschten Komponenten wie Ammoniak befreit werden. Andere Aminwaschverfahren setzen hierzu Aktivkohleadsorber ein. Die CO<sub>2</sub>-Abtrenneinheit besteht aus der drucklosen

CO<sub>2</sub>-Absorptionskolonne, der Regenerationseinheit sowie Wärmeübertragern und Pumpen. In der Absorptionskolonne durchströmt das vorgereinigte Rohgas eine Füllkörperschüttung. Die DEA-Lösung wird von oben in die Kolonne eingespritzt und über die Füllkörper im Gegenstrom zum Gasstrom geführt. Dabei wird Kohlendioxid durch Chemisorption im Absorbens gebunden. Die CO<sub>2</sub>-reiche Aminlösung verlässt die Kolonne im Sumpf und wird rezirkuliert. Das hochreine Methangas, das am Kopf der Kolonne anfällt, muss vor der Einspeisung komprimiert, getrocknet und odorisiert werden. Die Regeneration des Waschmittels wird im Gegensatz zur Absorption durch ein hohes Temperaturniveau begünstigt. Die beladene Washlösung wird in einer Regenerationseinheit erhitzt. Das Kohlendioxid trennt sich in einem Abscheider von der Aminlösung, die nach der Abkühlung wieder in die Absorptionskolonne zurückgeführt wird. Das abgetrennte CO<sub>2</sub>, das Spuren von Wasserdampf enthalten kann, wird mittels Wärmerückgewinnung abgekühlt.

In Deutschland werden Aminwaschverfahren u. a. von den Firmen Carbotech GmbH, Essen (MEA-Wäsche) und MT-Energie GmbH & Co. KG, Rockstedt (DEA-Wäsche) angeboten. Pilot- und Prototypanlagen befinden sich in Schwandorf, Wotersen und Godenstedt im Einsatz.

Vor- und Nachteile der Aminwäsche ergeben sich aus der folgenden Übersicht [4, 8 und 10]:

| Vorteile  | Nachteile  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• hoher Methananteil, geringe Methanverluste (&lt; 0,1 %)</li> <li>• mögliche Wiederverwendung von CO<sub>2</sub> (Reinheit &gt; 99,5 Vol.-%)</li> <li>• keine Biogasverdichtung für den Aufbereitungsprozess</li> <li>• kompakte Bauweise, da druckloses Verfahren</li> <li>• niedrige Betriebs- und Wartungskosten</li> <li>• zuverlässiges System, sicherer Betrieb</li> <li>• vollautomatische Prozessführung ohne Aufsicht</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• zusätzliche Trocknung des Produktgases erforderlich</li> <li>• niedriger Druck nach dem Aufbereitungsprozess, daher vor Einspeisung Druckerhöhung notwendig</li> <li>• hoher thermischer Energieaufwand für Regeneration</li> </ul> |

Weiterhin kommen zur Biogasreinigung neben den beschriebenen Prozessen Membrantrennverfahren und kryogene Verfahren in Frage. Membrantrennverfahren

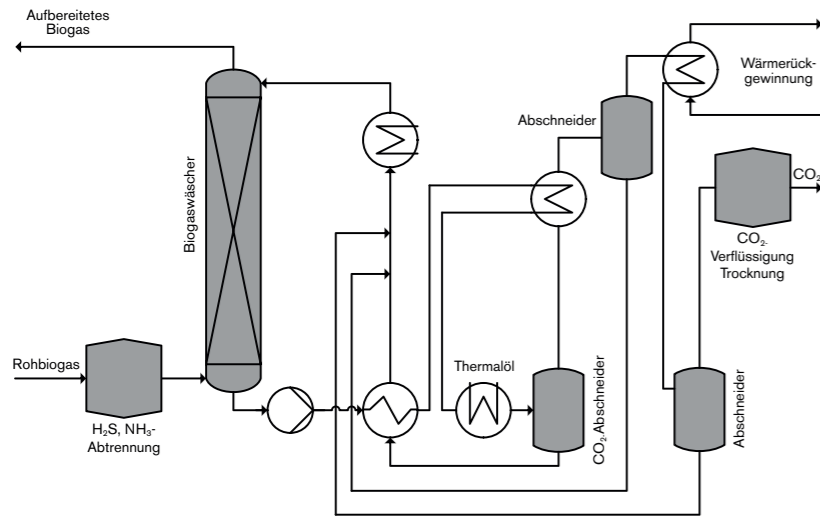


Abb. 4: Verfahrensprinzip des BCM®-Verfahrens (nach [6]).

werden vereinzelt zur Erdgasaufbereitung eingesetzt. Zur Biogasaufbereitung wurden Membrantrennverfahren lediglich als Pilotanlagen in der Schweiz und in Schweden betrieben. Kryogene Verfahren nutzen zur Gastrennung die unterschiedlichen Kondensatontemperaturen von Kohlendioxid und Methan. Es wird zwischen zwei kryogenen Aufbereitungsverfahren unterschieden, der Rektifikation und dem Tieftemperaturverfahren. Bei der Rektifikation entsteht CO<sub>2</sub> in flüssiger Form, beim Tieftemperaturverfahren wird CO<sub>2</sub> ausgefroren. Beide Verfahren sichern eine hohe Methanreinheit bis etwa 98 Vol.% [6].

**4. VERGLEICH DER VERSCHIEDENEN AUFBEREITUNGSVERFAHREN**

In Deutschland wird gegenwärtig hauptsächlich die Druckwechseladsorption eingesetzt. Seit 2006 arbeitet

die Biogasanlage Pliening, die über eine Gasaufbereitung mittels Druckwechseladsorption verfügt, problemlos. Eine große Aufbereitungsanlage mit einem Volumenstrom von 2000 Nm<sup>3</sup>/h Rohbiogas wurde im Jahr 2008 in Schwandorf in Betrieb genommen. Als Reinigungsverfahren wird ebenfalls die Druckwechseladsorption eingesetzt. Alle verglichenen Anlagen mit einer Druckwechseladsorption produzieren Austauschgas und speisen dieses in Hochdrucknetze ein. Die Drücke vor dem Einspeisen variieren stark. Zur Gewährleistung der Erdgasqualität wird dem Reingas in mehreren Anlagen Flüssiggas bis zu 4 Vol.% hinzugefügt.

Physikalische und chemische Waschverfahren werden in mehreren in- und ausländischen Biogasanlagen eingesetzt. Die Investitionskosten der chemischen Aminwäsche und der physikalischen Druckwasserwäsche sind vergleichbar. Die Aminwäsche benötigt jedoch ein hohes Temperaturniveau zur Waschmittelregeneration. Durch Wärmeauskopplung aus einem Blockheizkraftwerk, das in vielen Biogasanlagen zur Versorgung des Fermenters mit thermischer Energie verfügbar ist, ließen sich die Betriebskosten verringern. Außerdem liegen die Wartungskosten der Aminwäsche wesentlich höher als die der Druckwasserwäsche. Die Aminwäsche zeichnet sich durch einen sehr geringen Methanschlupf von weniger als 0,1 % und durch eine sehr hohe Methanreinheit von über 99,5 Vol.% aus. Falls das hohe Temperaturniveau für die Regeneration der Waschflüssigkeit ohne zusätzliche Energieaufwendungen bereitgestellt werden kann, ist die Aminwäsche das wirtschaftlichere Verfahren. Andernfalls wird die Druckwasserwäsche als kostengünstigeres Verfahren auch in Zukunft eingesetzt werden.

Eine zusammenfassende qualitative Bewertung der beschriebenen Aufbereitungsverfahren enthält Tab. 1.

|   | Druckwechseladsorption | Druckwasserwäsche | Selexolverfahren | Aminwäsche | Membrantrennverfahren |
|---|------------------------|-------------------|------------------|------------|-----------------------|
| Vorreinigung erforderlich                         | ja                     | nein              | ja               | ja         | ja                    |
| Betriebsdruck [bar]                               | 5 – 14                 | 7 – 15            | 20 – 30          | 1 – 1,5    | 25 – 40 (1*)          |
| Methananteil im Reingas [Vol.%]                   | > 96                   | > 97              | > 96             | > 99       | > 88 (> 96*)          |
| Methanverlust [%]                                 | < 3                    | < 2               | < 6,5            | < 0,1      | < 1,5                 |
| Strombedarf [kWh/Nm <sup>3</sup> Rohbiogas]       | 0,22                   | 0,30              | 0,30             | < 0,15     | 0,50                  |
| Wärmebedarf [°C]                                  | nein                   | nein              | 200 – 350        | 110 – 160  | nein                  |
| Referenzen (einschl. Prototypen und Pilotanlagen) | > 20                   | > 20              | 1                | 4          | 2                     |

Tab. 1: Vergleich verschiedener Aufbereitungsverfahren (\* nasse Membrantrennverfahren) [3–6 und 8].

Kryogene Verfahren wurden wegen fehlender Informationen nicht berücksichtigt.

Nach Tab. 1 lässt sich mit Hilfe der Aminwäsche die höchste Methankonzentration im Reingas erzielen. Allerdings ist ein erheblicher Aufwand an thermischer Energie erforderlich, um das Absorptionsmittel zu regenerieren. Die geringsten Gesamtkosten weist die Druckwechseladsorption auf. Der Energieaufwand entsteht hierbei hauptsächlich durch die Verdichtung des Rohgases. Der Methanverlust stellt das maßgebliche Kriterium zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Biogasaufbereitungsverfahren dar. Demnach besitzt die Aminwäsche aufgrund des erzielbaren Methangehaltes gegenüber der Druckwechseladsorption und der Druckwasserwäsche Vorteile, insbesondere dann, wenn thermische Energie am Standort der Biogasanlage aus einem Blockheizkraftwerk verfügbar ist.

**5. AUSBLICK**

Die Einspeisung von aufbereitetem Biogas in das Erdgasnetz ermöglicht prinzipiell seine effiziente energetische Nutzung. Dem eingespeisten Biogas eröffnen sich sämtliche Verwertungsmöglichkeiten des konventionellen Erdgases. Für einen Effizienzvergleich mit einer dezentralen Lösung einschließlich Kraft-Wärme-Kopplung sind jedoch sämtliche Glieder der gesamten Prozesskette von der Substratbereitstellung über die Biogaserzeugung mit Aufreinigung und Einspeisung bis zur Gewinnung der Nutzenergie einzubeziehen.

Die nachhaltige Nutzung von Biogas trägt zur Minderung von Treibhausgasemissionen bei. Sollten bis zum Jahr 2030 10 % des derzeitigen deutschen Erdgasverbrauchs durch nachhaltig erzeugtes Biogas ersetzt werden, würden etwa 22 Millionen Tonnen Kohlendioxid eingespart. Diese Menge entspräche etwa 2,5 % der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen. Allerdings spielt der Treibhausgasausstoß auch bei einigen Biogasaufbereitungsverfahren eine nicht zu vernachlässigende Rolle. So verbleiben nach der Gasreinigung mittels Druckwechseladsorption etwa 3 Vol.% Methan im CO<sub>2</sub>-Abgas. Gegenwärtig wird das im Abgas enthaltene Methan meist durch eine Nachverbrennung oxidiert. Da die Eigenschaften des Abgases denen von Schwachgas ähneln, nutzt man dieses in der Biomethananlage Mühlacker mit einer innovativen flammenlosen Oxidation (Flox-Brenner) und deckt mit der dabei frei-

gesetzten thermischen Energie den Heizwärmebedarf der Fermenter weitgehend ab.

Die Biogasaufbereitungstechnik steht am Anfang ihrer Entwicklung. Die umfangreichsten Betriebserfahrungen liegen bisher über die Druckwechseladsorption und die Druckwasserwäsche vor. Hinsichtlich der Produktgasqualität weist die Aminwäsche deutliche Vorteile auf. Zukünftig gilt es, alle genannten Verfahren einschließlich neuer, Erfolg versprechender Ansätze technisch und wirtschaftlich weiter zu verbessern und sie anhand einer ökologischen und ökonomischen Gesamtbilanzierung mit optimierten dezentralen Verwertungsverfahren zu vergleichen.

**LITERATUR**

- [1] *Biogas Basisdaten Deutschland*, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2008.
- [2] D. Deublin, A. Steinhauser, *Biogas from Waste and Renewable Resources*, Wiley-VCH, Weinheim 2008.
- [3] M. Reppich, S. Datzmann, X. Li, S. Rosenbauer, C. Schlecht, S. Tschepur, *Vergleich verschiedener Aufbereitungsverfahren von Biogas zur Einspeisung in das Erdgasnetz*. Chem. Ing. Tech. 81 (2009) Nr. 3, 211–223.
- [4] *Technologien und Kosten der Biogasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz*, Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik, Oberhausen 2008.
- [5] <http://www.carbotech.info>, Stand: 15.07.2008.
- [6] *Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz*, 2. Aufl., Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2006.
- [7] A. Schulte-Schulze Berndt, 20. *Kasseler Abfall- und Bioenergieforum*, Kassel April 2008.
- [8] S. Datzmann et al., *Aufbereitung von Biogas zur Einspeisung in das Erdgasnetz*, *Projektbericht*, Hochschule Augsburg 2008.
- [9] L. Günther, *Fachtagung INNOGAS*, Wittenberg, Oktober 2006.
- [10] <http://www.mt-energie.com>; Stand: 09.10.2007.
- [11] Stadtwerke Mühlacker (Hrsg.), *Informationen zur Biomethananlage Mühlacker*, Mühlacker 2010.

## Microwave Gauging with Improved Angular Resolution

Dipl.-Ing. Stephan Kolb, Prof. Dr.-Ing. Reinhard Stolle, Rainer Strobel, Hochschule Augsburg, Fakultät für Elektrotechnik



**Ansprechpartner:**

**Prof. Dr.-Ing. Reinhard Stolle**

Hochschule Augsburg  
Fakultät für Elektrotechnik  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3356

Telefax: (+49) 821 5586-3360

reinhard.stolle@hs-augsburg.de

www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**

Hochfrequenztechnik,  
Nachrichtensysteme,  
Elektronische Bauelemente

Angular resolution of a microwave level gauge may have positive impact on the robustness of the target detection. Therefore, an azimuthal scan can be performed with the aid of electrical or mechanical beam-steering methods. The present paper provides an overview and a comparison of signal processing methods which improve the angular resolution of such measurements. For a given antenna, improvements can be achieved well beyond the limit of the half-power beamwidth (HPBW) of that sensor. Among others, the performance of the Wiener filter and the Kalman filter for a motion-free channel is examined in greater detail since their application exhibits promising improvements on the angular resolution in both, simulations and measurements. In addition, the advantage of using a Kalman filter for a channel with statistical fluctuations is shown in simulations.

### I. INTRODUCTION

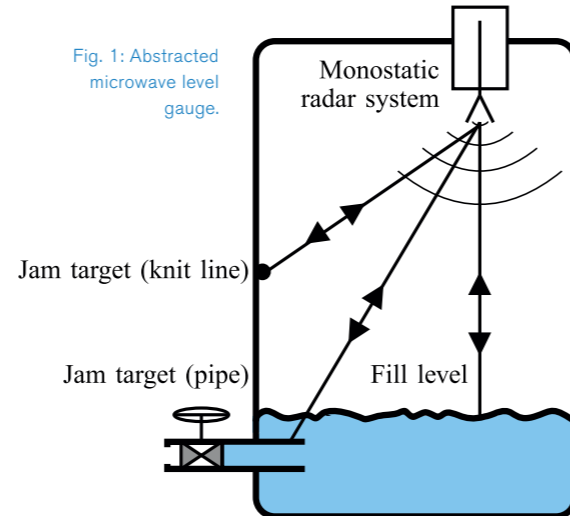
Among the civil applications of radar, one of the most important ones, is industrial level gauging. In most cases, the microwave level gauge is a monostatic radar system. The radar is mounted on top of a reservoir and determines the delay of a wave which is reflected by the tank level. In addition to the interesting *target level*, many *jam targets* such as metallic fixtures with a large variety of reflectivity will occur within the channel. An abstracted gauging setup is shown in Fig. 1. Due to limitations of size and cost, the directivity of the antenna is limited. Hence, jam targets appear in the impulse response (IR). An appropriate algorithm (e.g. [1]) can be used to separate the impulse response in terms of the gauging level and jam targets.

A number of practical problems arise when this separation fails. In order to improve this separation, beam steering is investigated. Even though, in practical applications electrical beam steering will be preferred, we concentrate on a method which applies mechanical beam steering in the first place.

Imagine a rotating antenna – the occurring mathematical operation can be described as a convolution of the beam pattern  $h_{ant}(\varphi)$  and the underlying scene of targets  $x_s(\varphi)$  over azimuth  $\varphi$  [2]. The output of such a system  $y_s(\varphi)$  is described by the well-known convolution expression in Eq. (1) inside integral limits  $[-\pi, +\pi]$ , founded by periodicity of azimuth  $\varphi$ .

$$y_s(\varphi) = \int_{-\pi}^{+\pi} h_{ant}(\varphi - \hat{\varphi}) \cdot x_s(\hat{\varphi}) d\hat{\varphi} \quad (1)$$

Fig. 1: Abstracted microwave level gauge.



In the following a short form of Eq. (1) is used by spending the convolution operator  $\overset{\mathcal{D}}{\ast}$ , in which  $\mathcal{D}$  explicitly denotes the actual dimension(s) to convolute. Therefore Eq. (1) can be written in the following way:

$$y_s(\varphi) = h_{ant}(\varphi) \overset{\mathcal{D}}{\ast} x_s(\varphi) . \quad (2)$$

It must be pointed out that the beam pattern  $h_{ant}(\varphi)$  incorporates the directional behavior of the used antenna twice: transmitting and receiving path; each time influenced by the antenna.

### II. CHANNEL MODEL

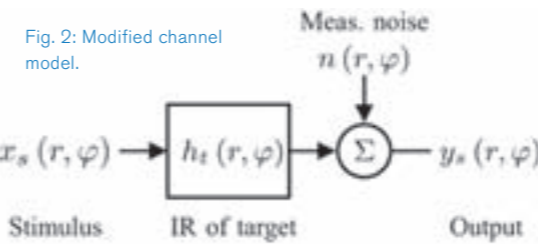
Before defining the underlying channel model, the influence of free-space loss in wave propagation is excluded to achieve more clear expressions.

According to the target scene  $x_s(\varphi)$  in Eq. (1) the expression is extended to a radial dimension  $r$ . Consequently,  $x_s(r, \varphi)$  contains all targets in a two-dimensional space which can be expressed by assumption of ideal point-scatterers as:

$$x_s(r, \varphi) = \sum_{\nu} \sqrt{\sigma_{\nu}} \cdot \delta(r - r_{\nu}, \varphi - \varphi_{\nu}) , \quad (3)$$

in which  $\sigma_{\nu}$  represents radar cross section (RCS),  $r_{\nu}$  radial and  $\varphi_{\nu}$  azimuthal-position of each target; the symbol  $\delta(r, \varphi)$  is the two-dimensional Dirac Delta Function.

Regarding both dimensions, the channel stimulus  $x_s(r, \varphi)$  contains no distortion and in consequence potential modifications have to be assigned to a channel impulse response.



With respect to the azimuth dimension this already happens by the beam pattern  $h_{ant}(\varphi)$ . Hence, signal-distortions over the radial dimension – caused by ubiquitous bandwidth limited measurements – are from now on included within a two-dimensional target impulse response (TIR)  $h_t(r, \varphi)$ , that already contains the beam pattern  $h_{ant}(\varphi)$ . Therefore, a two-dimensional expression of the system output  $y_s(r, \varphi)$  can be declared:

$$y_s(r, \varphi) = h_t(r, \varphi) \overset{r, \varphi}{\ast} x_s(r, \varphi) . \quad (4)$$

Fig. 2 illustrates Eq. (4) and additionally introduces a common additive noise source to give a more realistic model of the process of angle-selective radar measurements. In detail the noise process  $n(r, \varphi)$  represents noise influences of the measurement system and is assumed to be Gaussian, which does not necessarily conform to reality but is adequate as a starting point to investigate on the main problem to separate between targets in the angular domain.

All considerations on the two-dimensional convolutionproblem could also be translated into a three-dimensional problem to encounter for instance a radar system, panning over azimuth  $\varphi$  and elevation  $\vartheta$ .

### III. DECONVOLUTION IN ANGULAR DOMAIN

The angular resolution, as a characteristic of the used radar system to distinguish between two closely spaced targets, depends on the HPBW of the applied antenna which normally corresponds with the size of the antenna. Therefore, using an antenna with finite dimensions, involves a finite angular resolution. To improve this normally deficient resolution, this paper picks up the idea of deconvolution in the angular domain described by [2].

#### A. General

To compensate the smoothing of the TIR  $h_t(r, \varphi)$ , it is required to follow an inverse system  $g(r, \varphi)$  in the post processing chain, that satisfies the term

$$g(r, \varphi) \overset{r, \varphi}{\ast} h_t(r, \varphi) = \delta(r, \varphi) , \quad (5)$$

which can be also formulated in the frequency domain  $f$ , respectively in the image domain (ID)  $\omega_{\varphi}$  which corresponds to azimuth  $\varphi$ :

$$G(f, \omega_{\varphi}) \cdot H_t(f, \omega_{\varphi}) = 1 . \quad (6)$$

By using Eq. (5) in a discrete representation, it is possible to convert the convolution integral into a matrix multiplication using a Toeplitz matrix [3]. Simply applying a matrix inversion results in an inverse system.

A further evident method results from Eq. (6): by using Fourier Transform, following a division and finally an inverse Fourier Transform yields to the inverse system  $g(r, \varphi)$ .

Unfortunately, these briefly described methods fail in practice due to reasons of ignoring the noise process  $n(r, \varphi)$  and numerical instabilities, for instance caused by zeros in the antenna beam pattern. For these reasons, further extensive methods have to be discovered which focus on the deconvolution within the angular domain. Therefore, the radial domain is no longer considered.

#### B. Modified Wiener Filter

Based on the theory of statistical signals, an optimum filter was developed by [4], that extracts a desired signal  $x(t)$  from a noisy signal  $y(t) = x(t) + n(t)$  by using information in terms of power spectral densities (PSD) under demand of a minimum mean squared error (MMSE). The mathematical formulation in a basic form by [5] gives the transfer function  $\hat{G}(f)$  of the filter:

$$\hat{G}(f) = \frac{S_{xy}(f)}{S_{yy}(f)} , \quad (7)$$

where  $S_{xy}(f)$  denotes cross-spectral density between  $x(t)$  and  $y(t)$  and  $S_{yy}(f)$  power spectral density of  $y(t)$ . This becomes

$$\hat{G}(f) = \frac{S_{xx}(f)}{S_{xx}(f) + S_{nn}(f)} , \quad (8)$$

if input signal  $x(t)$  and noise signal  $n(t)$  are uncorrelated, which is assumed for actual radar measurements. To interrelate Eq. (8) to the channel model of Fig. 2, first an auxiliary signal  $\hat{y}_s(\varphi)$  is used to assign the output of the TIR-block. Accordingly, there is the inverse system  $\hat{G}(\omega_{\varphi})$  that depends on the ID of the channel model signals and accordingly of their PSDs:

$$\begin{aligned} \tilde{G}(\omega_\varphi) &= \frac{\tilde{Y}_s(\omega_\varphi)}{Y_s(\omega_\varphi)} = \frac{X_s(\omega_\varphi) \cdot H_t(\omega_\varphi)}{Y_s(\omega_\varphi)} \\ &= \frac{S_{\tilde{y}_s, \tilde{y}_s}(\omega_\varphi)}{S_{\tilde{y}_s, \tilde{y}_s}(\omega_\varphi) + S_{nn}(\omega_\varphi)} \end{aligned} \quad (9)$$

To fulfill an inverse system including the TIR-block of Fig. 2, the transfer function

$$\begin{aligned} G(\omega_\varphi) &= \frac{X_s(\omega_\varphi)}{Y_s(\omega_\varphi)} = \frac{\tilde{G}_t(\omega_\varphi)}{H_t(\omega_\varphi)} \\ &= \frac{S_{\tilde{y}_s, \tilde{y}_s}(\omega_\varphi)}{H_t(\omega_\varphi) \cdot [S_{\tilde{y}_s, \tilde{y}_s}(\omega_\varphi) + S_{nn}(\omega_\varphi)]} \end{aligned} \quad (10)$$

is formed. Using Eq. (10) and Wiener-Lee transform results finally in Eq. (11).

$$G(\omega_\varphi) = \frac{S_{x_s, x_s}(\omega_\varphi) \cdot H_t^*(\omega_\varphi)}{|H_t(\omega_\varphi)|^2 \cdot S_{x_s, x_s}(\omega_\varphi) + S_{nn}(\omega_\varphi)} \quad (11)$$

To ensure an adequate behavior of this Wiener deconvolution filter expressed by  $G(\omega_\varphi)$ , the PSDs of the scene  $S_{x_s, x_s}(\omega_\varphi)$  and the occurring noise  $S_{nn}(\omega_\varphi)$  have to be known. This can be realized by separating targets from the noise in an iterative procedure in the post processing of the radar system by using an improper target detection. Also the characteristic of the antenna in the ID  $H_t(\omega_\varphi)$  is required as a priori knowledge for the deconvolution filter. This information can be collected by measurements in an anechoic chamber, or by using the analytical far field behavior of the antenna. However, the user has to ensure a distance independent behavior of the antenna at ranges, where targets may appear. Elsewise, a range-dependent characteristic of the antenna in the ID  $H_t(r, \omega_\varphi)$  is necessary.

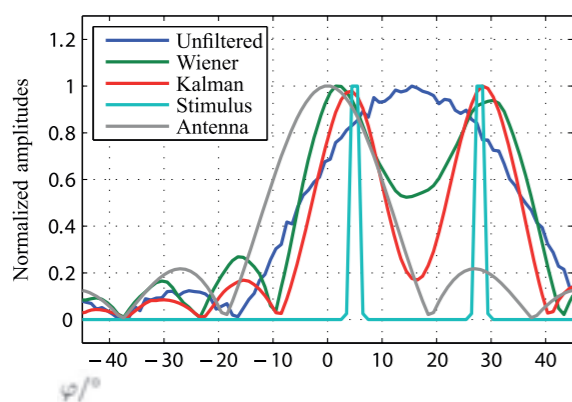


Fig. 3: Results of Kalman and Wiener filter in simulations: motion-free.

To verify a solid performance of the presented Wiener deconvolution filter, a noisy channel with two point-scatters in one resolution cell  $r_{01}$  and an aperture antenna with a  $\frac{\sin(x)}{x}$  behavior were modeled in MATLAB.

A section of the simulation related signals, the stimulus of the radar system  $x_s(r_{01}, \varphi)$ , the antenna characteristic  $h_t(\varphi)$  (range-independent behavior) and the resulting Gaussian noise added output of the system  $y_s(r_{01}, \varphi)$  are illustrated in Fig. 3 in relation to azimuth  $\varphi$ . Obviously, it is rather difficult to recognize the quantum of targets and their precise position by observing  $y_s(r_{01}, \varphi)$ . However, the plotted estimated channel stimulus  $\hat{x}_s^w(r_{01}, \varphi)$  shows the positive effect of the deconvolution. The processed signal allows to distinguish between the two closely spaced targets as a result of the MMSE based deconvolution with antenna characteristic as a priori knowledge. Discrepancies between the given scene and the estimated scene are founded by the occurring measurement noise level.

### C. Kalman Filter

With the intention of sharpening up the estimated scene, it is appropriate to make use of the particular nature of level gauging: with the presumption of an adequate channel sampling – within one timestep – targets will move in a limited radius with respect to distance and azimuth, which is considered as a statistical dependence. For this reason, the measurement situation is extended to the dimension of the time of measure  $t_k$ . Therefore, the expression of the system output is modified to  $y_s(r, \varphi, t_k)$ . Nevertheless, idleness of targets is considered as a dominant part.

To make use of previously described assumptions, there is a need for a recursive deconvolution method that avails oneself of statistical dependency on target positions from one time step  $t_k$  to the next  $t_{k+1}$ . The modified Wiener filter is not suitable because there is no opportunity to combine statistical dependencies of dimensions among each other. Moreover, the consideration of a non-stationary statistical behavior of target movements denies application of the modified Wiener filter. The mentioned limitations of the Wiener deconvolution filter lead to the Kalman filter [6], which is based on a more generalized statistical theory.

In order to comply with state-space representation of Kalman filter theory, all quantities of the channel

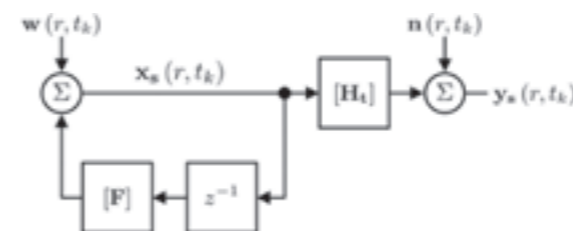


Fig. 4: Modified block diagram of Kalman system model.

model based on Eq. (4) are rearranged to vectors over azimuth  $\varphi$  depending  $r$  and  $t_k$ , because azimuth is the deconvolution domain. Without loss of generality, statistical independence of  $r$  and  $\varphi$  is postulated to avoid high effort in signal processing. In consequence, the following thoughts relate to one range cell  $r_{01}$ .

To demonstrate the suitability of the Kalman filter to the given problem, the underlying equations are briefly shown:

$$\mathbf{x}_s(r_{01}, t_{k+1}) = \mathbf{F} \cdot \mathbf{x}_s(r_{01}, t_k) + \mathbf{w}(r_{01}, t_k) \quad (12)$$

$$\mathbf{y}_s(r_{01}, t_k) = \mathbf{H}_t \cdot \mathbf{x}_s(r_{01}, t_k) + \mathbf{n}(r_{01}, t_k) \quad (13)$$

When applying  $\mathbf{F}$  to an identity matrix, the transition equation (Eq. (12)) describes static behavior over  $\varphi$ , because scene  $\mathbf{x}_s(r_{01}, t_{k+1})$  becomes  $\mathbf{x}_s(r_{01}, t_k)$ , when so-called process noise  $\mathbf{w}(r_{01}, t_k) = \mathbf{0}$ . Consequently all statistical variations are assigned to  $\mathbf{w}(r_{01}, t_k)$ , which is described by a process noise covariance matrix  $\mathbf{Q}(r_{01}, t_k)$ .

The declared measurement equation (Eq. (13)) finally represents the channel model illustrated in Fig. 2 including measurement noise  $\mathbf{n}(r_{01}, t_k)$ , which is described by a measurement noise covariance matrix  $\mathbf{R}(r_{01}, t_k)$ . Within this equation,  $\mathbf{H}_t$  represents a measurement sensitivity matrix that contains the beam pattern of the used antenna in the form of a Toeplitz matrix. Adapted to the appearing variables in the described radar system, Fig. 4 shows a model of a dynamic system, which state  $\mathbf{x}_s(r_{01}, t_k)$  has to be estimated. Derived from the described system model, Kalman filter theory gives a filter algorithm. Its details can be taken from literature (e.g. [7]).

In order, to test the procedure of Kalman filtering, two kinds of MATLAB simulations are done:

- motion-free: analog to the Wiener deconvolution,
- moving-targets: several targets vary with respect to position over azimuth and/or their RCS.

In case of a motion-free channel, the results are shown in Fig. 3. A similar effective behavior of the Kalman decon-

volution filter in comparison to the Wiener filter can be realized, founded by the equal underlying MMSE-based optimization of the Kalman filter.

Regarding the simulation of more realistic representation of a gauging setup by considering several varying targets, Fig. 5 illustrates the given scene  $\mathbf{x}_s(r_{01}, t_k)$ , unfiltered measurement  $\mathbf{y}_s(r_{01}, t_k)$ , Kalman estimation  $\hat{\mathbf{x}}_s^k(r_{01}, t_k)$  and Wiener estimation  $\hat{\mathbf{x}}_s^w(r_{01}, t_k)$  over azimuth  $\varphi$  and particular snapshot  $k$ .

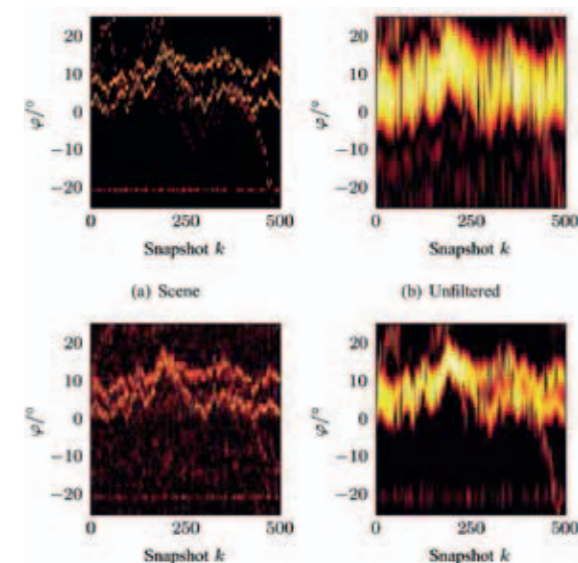


Fig. 5: Results of Kalman and Wiener filter in simulations: moving targets.

When comparing the Kalman estimation result in Fig. 5(c) to the Wiener estimation result in Fig. 5(d) the considerable improvement of the Kalman filter by using the process noise covariance matrix  $\mathbf{Q}(r_{01}, t_k)$  to describe statistical dependencies over azimuth  $\varphi$  becomes clear. Whereas the Wiener algorithm fails to a large amount of snapshots to distinguish between the dominant targets, the Kalman filter results correspond to the original scene in a more significant way.

## IV. MEASUREMENTS

In order to test the algorithms presented for the motion free case under real conditions, measurements have been performed. The RF frontend was realized by a vector network analyzer (VNA). Several triple reflectors in an anechoic chamber were used as targets. An X-band horn antenna, driven by a stepper motor, was mounted on a rotary table. Two triple reflectors were positioned

at a common distance of 3 m and an azimuth offset of  $12^\circ$ . Fig. 6 exhibits a comparison between the beam pattern  $h_t(r_0, \varphi)$ , the measurement raw data  $y_s(r_0, \varphi)$ , and Wiener and Kalman filter outputs  $\hat{x}_s^w(r_0, \varphi)$  and  $\hat{x}_s^k(r_0, \varphi)$  in one range cell. Obviously, a distinct improvement of angular resolution can be achieved with both filters.

## V. CONCLUSIONS

An overview and a comparison of signal-processing methods for improvement of the angular resolution of a microwave level gauge have been presented. Results of simulations and measurements in the case of a motion-free scene have been presented which show that the angular resolution can be improved well beyond the limit of the HPBW of the antenna use. In particular, significant improvements have been achieved with both, the Wiener filter and the Kalman filter. Furthermore, to enhance the angular resolution by making use of several measurements, the Kalman filter shows good results in simulations of a fluctuating scene.

## REFERENCES

- [1] H. Rohling, "Radar CFAR thresholding in clutter and multiple target situations," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, pp. 608–621, 1983.
- [2] P. J. D. Gething, *Radio Direction Finding and Super-resolution*. Stevenage, England: IEE Electromagnetic Series 4, Peter Peregrinus, Ltd., second edition, 1991.
- [3] M. Banham and A. Katsaggelos, "Digital image restoration," *IEEE signal processing magazine*, vol. 14, no. 2, pp. 24–41, 1997.
- [4] N. Wiener, *Time Series*. Cambridge, Massachusetts: M.I.T. Press, fourth paperback edition, 1975.
- [5] M. Barkat, *Signal Detection and Estimation*. Boston, London: Artech House, second edition, 2005.
- [6] R. Kalman, "A new approach to linear filtering and prediction problems," *Journal of basic Engineering*, vol. 82, no. 1, pp. 35–45, 1960.
- [7] M. Grewal and A. Andrews, *Kalman filtering: theory and practice using MATLAB*. Wiley New York, 2001.

## Planung und Betriebsführung von Energieversorgungsnetzen unter Berücksichtigung von Erkenntnissen aus Systemtheorie und Kybernetik

Prof. Dr.-Ing. Michael Finkel, MBA, Hochschule Augsburg, Fakultät für Elektrotechnik

Das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst hatte 2008 ein Programm zur Förderung der angewandten Forschung und Entwicklung an Fachhochschulen aufgelegt, um anwendungsnahen Wissens- und Technologietransfer zu fördern und zu intensivieren. Mit der Fortsetzung dieses Programms für den Zeitraum 2010 bis 2012 wird an der Hochschule Augsburg das Team um Prof. Dr. Michael Finkel in der Programmsäule „Strukturimpuls Forschungseinstieg“ gefördert.

### EINLEITUNG

Die elektrische Energieversorgung Europas befindet sich in dem wohl grundlegendsten Veränderungsprozess seit ihrem Aufbau. Der steigende Stromverbrauch, die Anforderungen einer verstärkten Integration von dezentralen Stromerzeugungsanlagen, eine alternde Strominfrastruktur sowie der Wunsch nach mehr Diversifizierung, Energieunabhängigkeit und Versorgungssicherheit stellen große Herausforderungen für die zukünftige europäische Elektrizitätsversorgung dar. Auch prognostizierte Entwicklungen im Bereich der Elektromobilität und damit verbundene Möglichkeiten einer gesteuerten Batterieladung bzw. zum Einsatz als mobile Stromspeicher werden in diesem Zusammenhang oft diskutiert. Diese Gegebenheiten sowie die angestrebte Verringerung von  $\text{CO}_2$ -Emissionen in Form von konkreten Zielen im Energiebereich, werden durch eine Vielzahl an Richtlinien (z. B. die „20-20-20-Ziele“ der Europäischen Union, EU-Gebäuderichtlinie, Endenergieeffizienzrichtlinie) forciert. Ergänzt werden diese Ziele durch national implementierte Maßnahmen wie zum Beispiel der Erreichung eines 18 %-Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2020. Der Stromsektor wird hierbei den größten Anteil haben. Das neue EEG sieht vor, dass der Anteil der erneuerbaren Energien im Strombereich bis 2020 auf mindestens 30 % ansteigen und danach weiter kontinuierlicher ausgebaut werden soll.

Diese Prämissen, erweitert um die Forderung nach einer zeitnahen Energieverbrauchsinformation sowie einer flexibleren Tarifgestaltung beim Konsumenten führen dazu, dass an das bestehende Energiesystem damit völlig neue technologische und organisatorische Anforderungen gestellt werden. Grundlegende Sy-

stemfragen wie Netzmanagement, Kapazitätsplanung, Stabilität, Schutzstrategien und auch die Versorgungsqualität sowie Optimierung von Energieangebot und -verbrauch treten massiv in den Vordergrund. Die Grenzen zwischen Erzeugern und Verbrauchern verschwimmen zunehmend und neue Geschäftsmodelle sind zu entwickeln.

### HERAUSFORDERUNGEN FÜR DAS STROMNETZ

Wird das historisch gestaltete elektrische Energieversorgungsnetz betrachtet, so wurden in der Vergangenheit vor allem zentral ausgerichtete Strukturen errichtet. Großkraftwerke versorgen dabei über ausreichend dimensionierte Übertragungs- und Verteilnetze die Verbraucher und regeln mit Speichern (z. B. Pumpspeicherkraftwerken) den Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch. Jedoch konnte in den vergangenen Jahrzehnten eine sich ständig erweiternde Stromversorgungsstruktur vor allem durch eine vermehrte Integration von kleineren und mittelgroßen Erzeugungsanlagen beobachtet werden. Diese Systemerweiterung liegt unter anderem auch daran, dass Stromerzeugungstechnologien auch im kleinen Leistungsbereich entweder durch Förderungen aber auch durch gegebene Marktreife laufend wirtschaftlicher werden.

Hierbei ist anzumerken, dass durch den beschriebenen Strukturwandel vor allem die Stromnetze an die Grenzen ihrer Belastbarkeit gelangt sind. Durch die dezentralen Erzeuger und neue Vertragsbedingungen entstehen wechselnde Lastflüsse in den Verteilungs- und Anschlussnetzen. Die lokale Spannung hängt nun von dem Netzzustand, der Last bzw. den angeschlossenen Energiequellen und der Situation im Energiemarkt ab. Um diese Belastbarkeit der Netze zu erhöhen und damit den zukünftigen Anforderungen an die elektrischen Energieversorgungsnetze gerecht zu werden, erscheinen neben kostenintensiven Netzverstärkungen auch intelligentere Stromnetze („Smart Grids“) eine geeignete Lösungsvariante zu sein.

Außer den beschriebenen Änderungen auf der Erzeugungsseite wird gegenwärtig der Wandel des Energieversorgungsnetzes durch weitere Faktoren beschleunigt; gesetzliche und regulatorische Rahmenbedingungen, Kostendruck, Austausch von veralteten Betriebsmitteln und zunehmender Energiehandel, um nur einige zu nennen. Zusätzlich werden eine Viel-



Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing.  
Michael Finkel, MBA

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Elektrotechnik  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg  
Telefon: (+49) 821 5586-3366  
Telefax: (+49) 821 5586-3360  
michael.finkel@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

### Fachgebiete:

Hochspannungstechnik,  
Energietechnische Anlagen

BUSINESSFORBUSINESS. Das Wirtschaftsleben unserer Region.

B4B SCHWABEN

Unternehmen.  
Menschen.  
Perspektiven.



www.B4BSCHWABEN.de

zahl neuer Technologien (Smart Grid, Smart Home, Speichertechnologien, Elektroauto, etc.) diskutiert und erforscht, die mittelfristig ebenfalls zu einer massiven Veränderung der Energieversorgungsnetze führen werden. So verwundert es nicht, dass sich Mitarbeiter bei Energieversorgungsunternehmen sehr oft als „getriebene“ und nicht als „Treiber“ der technologischen Entwicklung sehen.

**ZUKÜNFTIGE ANFORDERUNGEN BEI DER PLANUNG VON VERTEILUNGSNETZEN**

Energieversorgungsunternehmen sind nach § 1 EnWG zu einer möglichst sicheren, preisgünstigen, verbraucherfreundlichen, effizienten und umweltverträglichen leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Elektrizität und Gas verpflichtet.

Für den sicheren Betrieb von Verteilungsnetzen reichten bislang auf Grund der eindeutigen Energieflussrichtung wenige Netzparameter zur Überwachung aus. Im Wesentlichen sind dies die Betriebsmittelbelastungen und die vertraglich vereinbarten Spitzenleistungen in den Netzanbindungen. Wie jedoch weiter oben erläutert, sind für die Planung der zukünftigen Stromnetze gleichzeitig weitere Parameter zu berücksichtigen wie

- netztechnische Randbedingungen,
- technologische Entwicklungen und Fortschritte im Bereich der Übertragung elektrischer Energien über größere Entfernungen,
- Umweltschutz- und Naturschutzziele und
- wirtschaftliche Kriterien im Sinne von bedarfsge-rechten, zeitgerechten und effizienten Infrastrukturinvestitionen

Fehlplanungen wirken sich auf Grund der hohen Kosten und langen Lebensdauer der Anlagen von 40 bis 60 Jahren nachhaltig auf die Versorgungsqualität aus.

**FuE-HANDLUNGSBEDARF**

Die Führungskräfte der Stromwirtschaft sehen sich bei der Vorbereitung von Entscheidungen mit langfristigen Auswirkungen vor eine schwierige Aufgabe gestellt: Sie werden ständig mit einer kaum überschaubaren und nicht enden wollenden Fülle von Informationen in ihrem Umfeld überflutet. Diese Informationen müssen sie so

aufbereiten, dass sie den charakteristischen Wirkungszusammenhängen, die für die Entscheidungsfindung für kurzfristige aber auch langfristige Unternehmensstrategien von Bedeutung sind, sinnvoll zugeordnet werden können.

Dies bedeutet jedoch nichts anderes, als dass die Entscheidungsträger einerseits ein zwar unscharfes, jedoch möglichst vollständiges Bild dieser Zusammenhänge vor Augen haben müssen. Zum anderen ist aber auch die Kenntnis der Annahmen unabdingbar, die den verwendeten Informationen zugrunde liegen.

**LÖSUNGSANSATZ**

Mittels eines interdisziplinären Ansatzes soll diese Fragestellung bearbeitet werden. Dabei werden wie im Managementbereich Werkzeuge eingesetzt, die auf den Erkenntnissen der Systemtheorie und Kybernetik beruhen. Diese Modelle ermöglichen, komplexe Systemzusammenhänge ganzheitlich zu erfassen, sinnvolle Eingriffsmöglichkeiten für nachhaltige Handlungsoptionen zu identifizieren und künftige Entwicklungen abzuschätzen.

Für die Durchführung des Projektes konnten neben den beiden Kollegen Prof. Dr.-Ing. Elmar Wagner (Fakultät Elektrotechnik) und Prof. Dr. Michael Feucht (Fakultät Wirtschaft) auch die Firma System & Dynamic gewonnen werden.

**SONSTIGE AKTIVITÄTEN IM BEREICH DER ENERGIEVERSORGUNG**

**FORUM NETZTECHNIK/NETZBETRIEB IM VDE (FNN)**

Im Berichtszeitraum wurde der FNN-Hinweis „Niedrigfrequente elektrische Energiesysteme – Personensicherheit bei Einwirkung von elektrischen und magnetischen Feldern“ durch die Projektgruppe „Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (EMVU)“ (Mitglied aus dem Bereich Hochschulen: Prof. Dr. Michael Finkel) fertiggestellt und durch das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE freigegeben.

**DISSERTATION**

Biswendu Chatterjee: “Studies on some novel aspects of measurement and data acquisition techniques in high voltage systems”. Jadavpur University, Faculty of Engineering and Technology, 2009.

**GUTACHTEN FÜR PUBLIKATIONEN IN INTERNATIONALEN FACHZEITSCHRIFTEN**

P. Rajamani; Debangshu Dey; Sivaji Chakravorti: “Cross-correlation aided wavelet network for classification of dynamic insulation failures in transformer winding during impulse test”. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation.

P. Rajamani, D. Dey, B. Chatterjee, S. Chakravorti: „Classification of impulse fault response patterns in transformers using cascaded wavelet network“. International Journal of Power and Energy Conversion (IJPEC) 2009 – Vol. 1, No.2/3 pp. 243–260.

**FAST FORWARD**



EBERLE ist ein innovativer Hersteller von Triebfedern und Stanz-Biege-Teilen. Als Teil der KERN-LIEBERS Firmengruppe mit 5.000 Mitarbeitern an 50 Standorten weltweit profitieren wir von den Strukturen eines internationalen Konzerns.

■ HOCHSCHULABSOLVENTEN  
■ PRAKTIKUM/ BACHELORARBEIT

**Schwerpunkte Maschinenbau, Umwelt- und Verfahrenstechnik, Mechatronik**

Sie (w/m) sind dabei, Ihr Studium erfolgreich abzuschließen und suchen eine neue Aufgabe? Sie suchen einen Praktikumsplatz oder ein Thema für eine Bachelorarbeit? Wir bieten vielfältige Möglichkeiten und spannende Aufgaben. Interessiert? Dann sprechen Sie uns an!

**Eberle**

PRÄZISIONSTECHNIK

J.N. Eberle Federnfabrik GmbH  
Herrn Rößner · Telefon 0 82 32 / 50 02-168  
Hochfeldstraße 6 – 8 · 86830 Schwabmünchen  
E-Mail: info@eberle-federn.de · www.eberle-federn.de



**Das Rad ist bereits erfunden – wir bringen es zum Laufen**

www.ima-abele.de



**35 Jahre Erfahrung – für Ihren Erfolg**

Wir sehen die Herausforderungen unserer Kunden heute vor allem in der Planung, Vernetzung und Koordination komplexer Arbeitsprozesse. Schon bei der Entwicklung und Konstruktion steuern wir auch Ihr Projekt mit Kreativität, Know-how, Erfahrung und nicht zuletzt mit Kostenbewusstsein

**– von der ersten Skizze bis zum fertigen Produkt.**

**IMA Ingenieurbüro Anton Abele + Partner GmbH**

Proviantbachtstr. 30 | 86553 Augsburg  
Tel.: +49 (0)21 56 0000 | Fax: +49 (0)21 56 000 56  
info@ima-abele.de | www.ima-abele.de





## Forschungsverbundprojekt: Robotergeführtes Inline Multiparameter Absolut-Präzisionsmesssystem (<RoboMAP-inline>)

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Roos, Dipl.-Ing. (FH) Christian Oblinger, M.Eng. Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr.-Ing.  
Eberhard Roos

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Maschinenbau  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg  
Telefon: (+49) 821 5586-3198  
Telefax: (+49) 821 5586-3160  
eberhard.roos@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
Robotertechnik,  
Produktionsautomatisierung,  
Technische  
Schwingungslehre,  
Konstruktion,  
Geometriesimulation,  
Technologiemanagement

Die Forschungsaktivitäten des Labors für Robotertechnik konzentrieren sich derzeit schwerpunktmäßig auf ein robotergeführtes optisches Messsystem, das für die Qualitätssicherung im Automobilmotorenbau eingesetzt werden soll. Unter dem Forschungsverbundnamen „Robotergeführtes Inline Multiparameter Absolut-Präzisionsmesssystem (RoboMAP-inline)“ hat sich ein Konsortium aus Industrieunternehmen und öffentlichen Hochschulen zusammengetan, welches vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird.

Projektteilnehmer sind neben der Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau, die Firmen BMW AG (München), GFMesstechnik GmbH (Teltow), ISIS sentronics GmbH (Mannheim), KUKA Roboter GmbH (Augsburg) sowie die Universität Stuttgart, Institut für Photogrammetrie (ifp). Das Gesamtvorhaben zielt auf eine Leistungsverbesserung von Fertigungsprozessen ab, wie dies u. a. in der Deutschen Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert gefordert wird [vgl. 1]. Die Projektpartner bündeln ihre Kompetenzen aus den Bereichen optischer Messtechnik, terrestrischer Positionierungssysteme, Sensorkalibrierung und industrieller Robotik zu einer 100 Prozent Inline-Prüfung von Zylinderköpfen bzw. Motorenteilen. Unter Inline-Prüfung wird eine Prüfung direkt in der Fertigungslinie verstanden. Im Umfeld des Motorenbaus sind Genauigkeiten von etwa 1 µm bis 100 µm erforderlich. Es werden im Forschungsprojekt unterschiedliche auflösungsgestaffelte optische Messmethoden eingesetzt, wobei sich ein Multisensormesskopf mittels geeigneter Aktorik an die Messaufgabe adaptiert. Für die Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau, Professur Roboter- und Automatisierungstechnik, lassen sich in enger Kooperation mit KUKA Roboter, drei Teilvorhabenschwerpunkte zu folgenden Bereichen adressieren: technisches Schnittstellenmanagement, steuerungstechnische Integration und Grundlagen der industriellen Verwendbarkeit. Das Vorhaben richtet sich somit unmittelbar an die Ausschreibung „Messen und prüfen mit optischen Verfahren“ im Rahmen der Förderprogramme „Optische Technologien“ und „Forschung für die Produktion von morgen“.

### 1. EINFÜHRUNG UND MOTIVATION

Aufgrund einer hohen nationalen und internationalen Verflechtung der Weltwirtschaft existiert einerseits ein nahezu grenzenloser Austausch von Informationen und

Gütern. Andererseits liegt ein ständiger Konkurrenzdruck in der industriellen Fertigung vor. Dieser lässt sich u. a. an der Öffnung von Handelsräumen bzw. durch eine zunehmend nach Individualisierung strebende Gesellschaft erkennen. Immer mehr Hersteller sehen sich gezwungen, ihre Produkte nach individuellen Bedürfnissen der Kunden auszurichten, mit den Folgen, dass ihre Produktpalette eine zunehmende Variantenvielfalt aufweist und Losgrößen deutlich abnehmen. Damit deren Fertigungsanlagen auch bei kleinen Losgrößen optimal ausgelastet sind und zu wettbewerbsfähigen Kosten produzieren können, müssen deshalb häufig auf einer Produktionslinie unterschiedliche Produkte hergestellt werden. Für ein Erreichen von notwendigen Qualitätszielen ihrer Erzeugnisse ist eine Qualitätskontrolle unmittelbar in der Produktion unerlässlich. Die dabei nötigen flexiblen Strukturen müssen sich auch bei den Qualitätssicherungssystemen für die herzustellenden Erzeugnisse wieder finden. Infolgedessen werden Inspektionssysteme innerhalb einer flexiblen Fertigungsanlage zunehmend errichtet. Im Idealfall lassen sich durch inline fähige Messsysteme 100 Prozent der hergestellten Produkte zerstörungsfrei prüfen. Besonders für Premiumhersteller ist eine ausgeprägte Qualitätssicherung ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal und kann ein Alleinstellungsmerkmal sowie Grundlage für die Aufrechterhaltung des Premiumanspruchs für das Unternehmen darstellen.

Bereits heute haben sich zahlreiche Inline-Messsysteme, d. h. in die Fertigungsstraße integrierte Messsysteme, beispielsweise basierend auf optischen Methoden, im industriellen Umfeld etabliert. So werden z. B. bei der Karosseriefertigung im Automobilbau zunehmend Inline-Messsysteme eingesetzt, mit der Möglichkeit bei ausreichend langer Taktzeit bis zu 100 Prozent aller Formelemente bzw. Bauteile direkt in der Produktionslinie zu prüfen und fehlerhafte Bauteile unmittelbar auszusortieren. Baugruppen bzw. Karosserien durchlaufen im Fertigungsprozess Messeinrichtungen, in denen feststehende oder von Industrierobotern geführte optische Sensoren geometrische Messmerkmale (z. B. Bohrungen, Bolzen, Kanten, usw.) aufnehmen [vgl. 2]. Darüber hinaus können durch Robotermesstechnik Einsatzbereiche erschlossen werden, die bisher nicht realisierbar waren. Hierzu zählen z. B. die Überprüfung einer Vielzahl von Türen- und Klappenvarianten im Karosseriebau oder in der Endmontage die Kontrolle von Fallung (Krümmung)

und Spalt an lackierten Fahrzeugen in einer einzelnen Robotermesszelle [vgl. 3]. Diese aufgeführten Anwendungen benötigen Messsysteme mit mittleren Genauigkeiten in der Größenordnung von ein bis zwei Zehntel Millimeter [vgl. 4]. Die Messgenauigkeit der bisherigen Systeme ist für hochgenaue Messumfänge im Automobilmotorenbau, im konkreten Anwendungsbeispiel dieses Vorhabens an Zylinderköpfen, nicht ausreichend. Die Prüfung soll im Rahmen des Projektvorhabens mit Hilfe von robotergeführten optischen Sensoren am jeweiligen Messobjekt innerhalb der Zylinderkopffertigung geschehen. Gerade durch die Herstellung eines Zylinderkopfes in kleinen Stückzahlen entstehen im Bereich der Qualitätssicherung hohe Kosten, da die derzeitigen Messeinrichtungen (z. B. Lehren, Koordinatenmessgeräte, spezielle Messgeräte) für eine Überprüfung jedes neuen Bauteiltyps neu konfiguriert und ausgerichtet werden müssen. Im Bereich der Motorenfertigung ist die Inline-Messtechnik noch neu. Als Motivation der Hochschule Augsburg ist daher die Übertragung des vorhandenen Wissens vom Gebiet der Inline-Messtechnik im Bereich Karosseriebau auf den Bereich Motorenbau bei deutlich höheren Genauigkeitsanforderungen zu nennen.

### 2. ZIELSETZUNGEN

#### 2.1 ZIELE DES FORSCHUNGSVERBUNDES

Neben Kurbelgehäusen, Ventilen, usw. sind fehlerfrei hergestellte Zylinderköpfe für die ordnungsgemäße Funktion von Motoren unerlässlich. Aufgrund von unterschiedlichen Motortypen, -baureihen, etc. ergeben sich verschiedene Zylinderkopfvarianten innerhalb einer Fertigungsstraße im BMW-Motorenbau in München. Die Fertigungsmesstechnik ist bei einer solchen Varianzbreite aktuell nicht in der Lage eine 100-prozentige Qualitätsprüfung, angesichts sehr kurzer Produktionstaktzeiten, durchzuführen. Bedeutende Messmerkmale an einem Zylinderkopf werden in Abbildung 1 dargestellt.

Um beispielsweise Brennraumvolumen, Rauigkeiten sowie Form- und Lagetoleranzen bestimmen zu können, sind bisher drei verschiedene Einzelmessgeräte nötig. Zur Bestimmung des Erstgenannten ist beispielsweise ein Volumenüberprüfer (VolumeChecker) von Fa. GFMesstechnik heranzuziehen. Zum Messen von Rauigkeiten sowie Form- und Lagetoleranzen sind verschiedene Rauigkeitsmessgeräte, Konturo-

graphen, Lehren und Koordinatenmessmaschinen nötig. Automatisiert werden kann der Ablauf, der sich als eine aufwändige Kombination aus Einzelmerkmalmessungen sowie Stichprobenprüfungen darstellt, gegenwärtig nur durch mehrere und teure Sonderapplikationen. Derartige spezielle Anlagen lassen jedoch einiges an Flexibilität vermissen. Eine Leistungssteigerung von (variantenreichen) Fertigungsprozessen lässt sich durch die Entwicklung von prozessintegrierten optischen Sensorsystemen bewirken [vgl. 5]. Ein sehr großer Vorteil der optischen Messtechnik gegenüber der taktilen (berührenden) ist, dass schnell und berührungslos gemessen werden kann.

Das Projektconsortium hat sich zum Ziel gesetzt, eine Messtechnikplattform zu entwickeln, die unter ausschließlicher Verwendung von optischen Messverfahren und mit einer flexiblen Aktorik in Form eines Industrieroboters u. a. die genannten Messmerkmale

- inline im Produktionstakt,
- zu 100 Prozent,
- prozesssicher und
- adaptiv

bewerkstelligen kann.

Damit sich ein derartiges System flexibel an die jeweiligen zu prüfenden Objekte und die definierten Messumfänge anpassen kann, ist es notwendig einen geeigneten Industrieroboter zu verwenden, der die Sensoren für das Messobjekt bestmöglich positioniert.

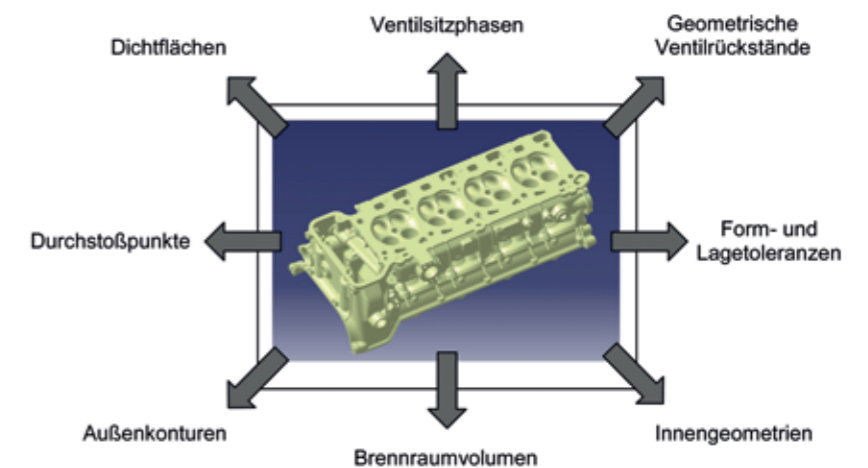
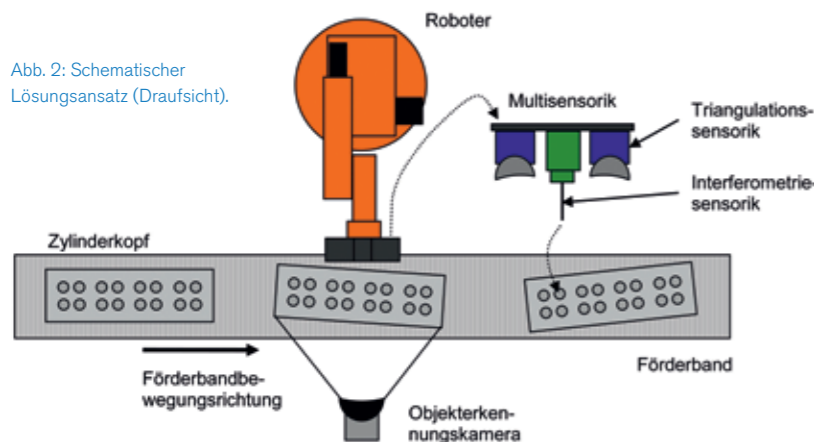


Abb. 1: CAD-Modell eines Zylinderkopfes mit qualitätsrelevanten Messmerkmalen.

## 2.2 ZIELE DES TEILVORHABENS

Ziel des Teilvorhabens der Hochschule Augsburg ist die Koordination und Umsetzung der technischen Entwicklungsarbeiten, die in Zusammenarbeit mit der Firma KUKA Roboter anfallen (Schnittstellenentwicklung, modellbasierte Entwicklungsarbeiten hinsichtlich der Roboterverbesserung sowie softwareseitige Entwicklungen zur Anbindung der Messsysteme an die KUKA-Robotersteuerung). Ein großer Wert wird zu Beginn des Projektes auf das Systems-Engineering (Systemplanung für das Gesamtsystem) und die Schaffung von geeigneten Methoden in der Entwicklungs- und Realisierungsphase gelegt. Weiter ist das gesamte Verbundvorhaben in geeigneter Weise zu industrialisieren, d. h. Schaffung einer industrietauglichen Lösung, so dass die Anwendung in der Motorenfertigung bei der Firma BMW eingesetzt werden kann. Dabei wird die Fokussierung auf den Industrieroboter und die steuerungstechnische Integration bei der Entwicklung des Gesamtsystems gelegt. Einerseits steht die Absolutreferenzierung des Industrieroboters im Vordergrund, d. h. wie schafft man es die Absolutgenauigkeit des Roboters zu erhöhen. Unter Absolutgenauigkeit versteht man die Abweichung zwischen einer Sollstellung des Roboterarbeitspunktes im Arbeitsraum (Position und Orientierung) und dem Mittelwert der Iststellungen, die sich beim Anfahren der Sollstellung aus gleicher Richtung ergeben [vgl. 6]. Andererseits muss eine Verbesserung der Messunsicherheit des Gesamtsystems durch eine Absolutreferenzierung erfolgen. Weitere Zielumfänge des Teilvorhabens sind die Entwicklung von Konzepten und Lösungsvarianten für die Funktionalität „absolutes Messen“ für die

Abb. 2: Schematischer Lösungsansatz (Draufsicht).



robotergestützte Inline-Messtechnik (Aufzeigen von Möglichkeiten und Grenzen).

## 3. LÖSUNGSANSATZ

Die Projektteilnehmer fokussieren ihre Kompetenzen aus den Bereichen optischer Messtechnik, terrestrischer Positionierungssysteme, Sensorkalibrierung und industrieller Robotik zu einer inline fähigen Inspektion mit dem Anwendungshintergrund im Motorenbau. In diesem Bereich sind Genauigkeiten von 1 µm bis 100 µm erforderlich. Es ist unrealistisch für die verschiedenen Messmerkmale mit unterschiedlichen Toleranzansprüchen einen Sensor allein oder eine Kombination von mehreren Sensoren im gleichen Genauigkeitsbereich einzusetzen. Eine Zusammenführung von mehreren optischen Sensoren mit verschiedenen Genauigkeitsbereichen kann daher als Lösung dienen. Deshalb soll ein Präzisionsmesssystem zur flexiblen Vorgehensweise für eine zerstörungsfreie Qualitätsprüfung an einem Zylinderkopf geschaffen werden, welches Vorteile optischer Sensoren in Verbindung mit einem flexiblen Industrieroboter vereint. Somit ist eine manuelle Ausrichtung der Messgeräte an einen weiteren neuen Bauteiltyp nicht erforderlich. Gemeinsam mit den Partnern ist eine „Grob-zu-Fein-Messstrategie“ als Lösungsansatz zu entwickeln. Das Gesamtsystem wird mit der Fähigkeit ausgestattet, ausgehend von Prüfplänen, flexibel und adaptiv die Vermessung und Dokumentation unterschiedlicher Prüfobjekte durchführen zu können. Von herkömmlichen Systemen werden Anforderungen an eine solche Präzisionsmesseinrichtung nicht erfüllt. Somit sind u. a. neue Methoden zu erarbeiten, die einerseits eine Kalibrierung der Sensoren untereinander bzw. für eine Verwendung in Verbindung mit dem Roboter zulassen und andererseits eine Kommunikation der Robotersteuerung mit den unterschiedlichen Sensorsystemen befähigt. Um schließlich die geforderte Flexibilität des Systems zu erreichen und somit die variantenreiche Produktion sicherstellen zu können, sollte der Lösungsansatz für das Messverfahren eine feste Vorpositionierung des Messobjektes (z. B. durch Abstecken) nach Möglichkeit nicht vorsehen. Das zu entwickelnde Gesamtsystem muss es ermöglichen, die Lage des Zylinderkopfes zu detektieren. Die robotergeführte Multisensorik besteht aus einer Triangulations- und Interferometriesensorik. In Abbildung 2 ist das Lösungskonzept für das neue Messsystem dargestellt.

Der erste Schritt besteht in der Objekterkennung des Zylinderkopfes. Diese wird durch ein fest im Raum montiertes Kamerasystem erreicht. Anschließend erfolgt eine grobe Bestimmung der Position und Orientierung des Bauteiles, das sich innerhalb des Roboterarbeitsraumes befindet. Aufgrund der erkannten Lage werden an die Robotersteuerung entsprechende Steuerungsinformationen übermittelt, um damit die weiteren optischen Sensoren, die in einer Multisensorhalterung integriert sind, robotergeführt zu positionieren. Somit kann im Folgenden eine auflösungsgestaffelte Vermessung stattfinden. Werden an bestimmten qualitätsrelevanten Stellen maßliche Abweichungen festgestellt, so können weitere Messungen erfolgen, um geometrische Fehler genauer zu erfassen und zu dokumentieren.

## 4. SENSOREN UND AKTORIK

In diesem Kapitel wird etwas ausführlicher auf die im RoboMAP-Projekt verwendeten optischen Sensoren und den Industrieroboter zur flexiblen Handhabung der Multisensorik eingegangen.

### 4.1 SENSORSYSTEM AUF BASIS CAD GESTÜTZTER 3D-OBJEKTERKENNUNG

Für die Erfüllung der Teilmessaufgabe verwendet das Institut für Photogrammetrie der Universität Stuttgart die Methode einer ansichtsbasierten Objekterkennung. Diese beinhaltet eine rechnerbasierte Erzeugung eines 3D-Konturmodelles aus der CAD-Geometrie des Prüflings. Aus dem CAD-Modell werden zweidimensionale Ansichten erzeugt, die einem geeigneten Suchalgorithmus für den eigentlichen Objekterkennungsschritt zugeführt werden [vgl. 7]. Im Projekt wird bisher eine monochromatische Kamera mit einer Auflösung von 1600 x 1200 Pixel und einem Pixelabstand von 4,4 µm benutzt (siehe Abbildung 3).

### 4.2 SENSORSYSTEM AUF BASIS DIGITALER STREIFENPROJEKTION

Streifenprojektionstechnik ist eine triangulierende Messmethode, bei der eine Projektion äquidistanter Streifenmuster auf eine Messoberfläche und deren Aufnahme unter dem Triangulationswinkel erfolgt. Solche Messgeräte arbeiten schon mit Erfolg direkt in der Produktionsstraße zur berührungslosen, flächenhaften Qualitätssicherung [vgl. 8]. Bei dieser Messmethode stellt die vom



Abb. 3: Monochromatische Kamera mit CCD-Sensor-Technologie.

Prüfling zurückgestrahlte Lichtintensität die messtechnische Grundlage dar, wobei die Anwendbarkeit wesentlich von der Ausleuchtung mit Projektionsstreifen und deren Erkennbarkeit durch eine CCD-Kamera bestimmt wird. Im RoboMAP-Projekt verwendet die Firma GFMesstechnik eine Sensorik, die auf der Grundlage digital ansteuerbarer Mikrospiegel-Projektionseinheiten (digitale Streifenprojektion mit Mikrospiegeln) arbeitet (siehe Abbildung 6 in Kapitel 5.2). Ein einzelner Spiegel besitzt eine deutlich kleinere Fläche als der Durchmesser eines menschlichen Haares [vgl. 9]. Die 3D-Geometrie des Messobjektes wird innerhalb weniger Sekunden erfasst, berechnet und anschließend für weitere Analysen zur Verfügung gestellt.

### 4.3 SENSORSYSTEM AUF BASIS DER INTERFEROMETRIE

Zur hochpräzisen berührungslosen Charakterisierung von Innengeometrien, wie z. B. Bohrungen sind Interferometriesysteme bestens geeignet [vgl. 10]. Im Sensorkopf der Firma ISIS sentronics wird breitbandiges Licht abhängig vom Abstand des Objektpunktes auf der Messoberfläche optisch kodiert und durch eine Messnadel geführt. Diese Signalinformation wird über den gleichen Lichtleiter, über den es eingekoppelt wurde, wieder einer Kontrolleinheit zugeführt. Dort erfolgt die Zusammensetzung der Signalinformation innerhalb einer Dekodiereinheit zu einer Signalintensität pro Abstandsinformation. Nach optoelektronischer Konversion und Verstärkung stehen entsprechende Messinformationen zur Verfügung. Die Entwicklung geht von einem Monowellenlängensensor in Richtung eines Mehrwel-

lenlängensensors. Somit können an mehreren Stellen unterschiedliche Messaufgaben durch eine Messnadel abgedeckt werden. Der ISIS-Sensor ist ebenfalls in Abbildung 6 (Kapitel 5.2) dargestellt.

#### 4.4 INDUSTRIEROBOTER

Für die Realisierung verschiedener Prüfbewegungen wird als Aktorik ein sechssachsiger Vertikal-Knickarmroboter benötigt. Mit dem Industrieroboter muss es möglich sein, die notwendigen Messpositionen, die sich aus der Messaufgabe ergeben, hochgenau und schnell unter Berücksichtigung der zulässigen Lastgrenzen an der Roboterhand anzufahren. Zu Beginn des Projektes wurde untersucht, welcher Vertikal-Knickarmroboter sich für die Messanwendung am besten eignet. Dabei wurde der hochpräzise arbeitende ISIS-Sensor an die Roboterhand appliziert und unterschiedliche Versuchsreihen durchgeführt [vgl. 11]. Es zeigte sich, dass mit einem Roboter vom Typ KR 30 HA (Nenntraglast von 30 kg) die Messaufgabe am besten zu bewerkstelligen ist (siehe Bild 4). Wichtige Kenngrößen dieses Robotertyps sind in Tabelle 1 aufgelistet.

|  |              |
|--|--------------|
| Nenntraglast:                                | 30 kg        |
| Zusatzlast am Arm:                           | 35 kg        |
| Arbeitsraum:                                 | torusförmig  |
| Arbeitsbereich, max. Reichweite:             | 2033 mm      |
| Positionswiederholgenauigkeit nach ISO 9283: | ± 0,05 mm    |
| Bahnwiederholgenauigkeit nach ISO 9283:      | ± 0,16 mm    |
| Einbaulage:                                  | Boden, Decke |
| Gewicht:                                     | 665 kg       |

Tabelle 1: Technische Kenngrößen für den KR 30 HA (Auswahl) [13].



Abb. 4: Hochgenauer Vertikal-Knickarmroboter KR 30 HA (High Accuracy) [12].

#### 5. BISHERIGE ERGEBNISSE

In diesem Kapitel folgt eine auszugsweise Darstellung bisheriger Arbeitsergebnisse zum Teilvorhaben der Hochschule Augsburg.

##### 5.1 TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE SYSTEMPLANUNG FÜR DAS GESAMTSYSTEM

Einer der ersten Arbeitsumfänge befasste sich mit dem technisch-wissenschaftlichen Schnittstellenmanagement bis hin zur Konzeptionierung der Gesamtsystemarchitektur. Darin bestand außerdem die Aufgabe, die unterschiedlichen optischen Messsysteme hinsichtlich ihrer physikalischen Methoden kennenzulernen. Damit eine Gesamtsystemarchitektur erstellt werden konnte, ist als Einstieg die Kenntnis notwendiger Einzelsystemkomponenten erforderlich. Folgende wichtige Hard- und Softwarekomponenten sind zur Realisierung des inline fähigen Präzisionsmesssystems definiert worden:

- Hochgenauer Industrieroboter mit Steuerung (KRC),
- Kamera zur CAD gestützten 3D-Objekterkennung,
- Digitale Streifenprojektionssensorik mit Auswerterechner,
- Interferometriesensorik mit Auswerterechner,
- Sensorkoppler zur Anbindung der drei Sensoren an die Robotersteuerung,
- KUKA-Robotersoftware XRob zur roboterseitigen Temperaturdriftkompensation und als Schnittstelle zwischen Robotersteuerung und Sensorik,
- Datenbank zur Verwaltung der Messmerkmale,
- Messzellenrechner (MZR) und Auswerteeinheit sowie
- Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) zur Steuerung des Stationsablaufes.

Es schloss sich eine umfassende Klärung der Kommunikationsschritte der einzelnen Sensorsysteme an, so dass Möglichkeiten für eine steuerungstechnische Integration der einzelnen Systeme in das Gesamtsystem gefunden werden konnten (Vermeidung von Insellösungen). Insbesondere wurde in enger Zusammenarbeit mit KUKA Roboter großes Augenmerk auf das Schnittstellensystem zur „Roboter-Sensorik“ gelegt. Die genannten Komponenten wurden unter einheitlichen und standardisierten Gesichtspunkten logisch miteinander vernetzt. Verschiedene Systemarchitekturvarianten spiegeln sich in unterschiedlichen Lösungsvarianten wider. Bei der Bewertung wurden Kriterien,

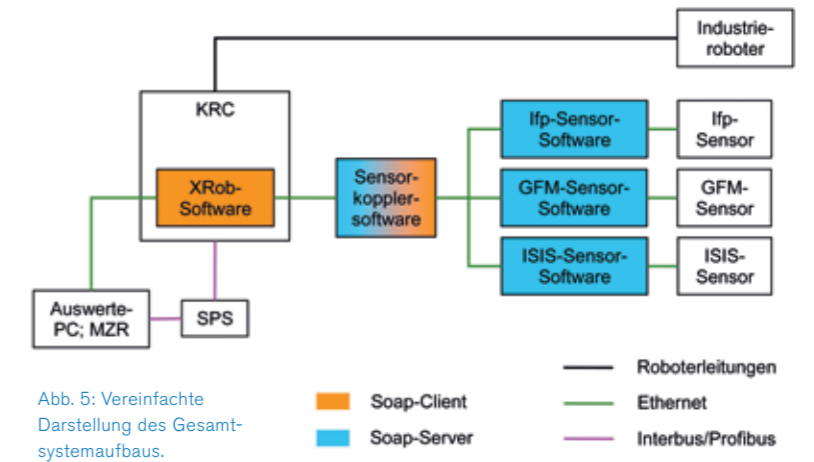
wie beispielsweise Schnittstellengestaltung, Programmierbarkeit oder Systemgeschwindigkeit herangezogen. Der von dem Konsortium befürwortete Gesamtsystemaufbau ist im Folgenden vereinfacht dargestellt (siehe Abbildung 5).

Der oben dargestellte Entwurf der „Grob-zu-Fein-Strategie“ wurde im Forschungsverbund in verschiedenen Varianten detailliert analysiert und auf Grundlage des ausgewählten Systemkonzeptes zu einem schlüssigen Gesamtkonzept weiterentwickelt.

##### 5.2 ENTWICKLUNG EINER MULTISENSORHALTERUNG ZUR ROBOTERINTEGRATION

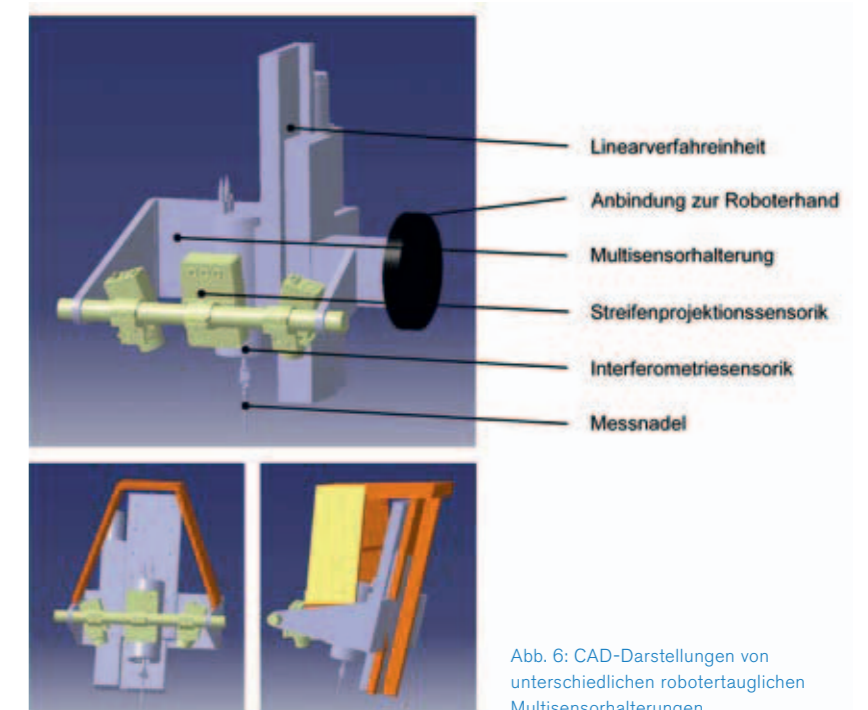
In diesem Arbeitspaket bestand die wesentliche Aufgabe darin, die Komponenten der Streifenlichtsensorik und die Interferometriesensorik in eine gemeinsame Sensorhalterung zu integrieren, so dass diese unter Berücksichtigung der Messablaufschritte an den Industrieroboter funktionsgerecht angebracht werden kann. Es erfolgten Ausarbeitungen von mehreren Konstruktionsvarianten der Multisensorhalterung, inklusive Anbindung an die Roboterhand. Ziel war es aufzuzeigen, auf welche Art und Weise die beiden Sensoren für die gestellte Messaufgabe optimal anzuordnen sind. Nachstehende Abbildung zeigt mehrere konstruktive Gestaltungsformen des Multisensorhalters mit einer Aufnahme zur Befestigung an die Roboterhand (siehe Abbildung 6).

Um die Tauglichkeit der Konstruktionsvarianten nachweisen zu können, wurde in einer Geometriesimulationsumgebung (Robcad) die Anordnung „Industrieroboter-Multisensorik-Messobjekt“ nachgebildet und ein erster grober Messablauf simuliert. Es zeigte sich, dass bei bestimmten Konstruktionsausführungen nicht alle geforderten Messmerkmale am Zylinderkopf, hervorgerufen durch die notwendigen Roboterbewegungen zur Positionierung der Multisensorik, erreicht werden konnten. Weiter brachte beispielsweise die Geometriesimulation hervor, bei welcher Linearverfahreinheitsposition die Messnadel beim Eintauchvorgang in eine Bohrung in einen kritischen Kollisionsbereich gelangte. Nach Auswertung der Simulationsstudien folgten eine Ableitung von Lösungsvorschlägen sowie eine Optimierung geeigneter Konstruktionsvarianten. Das Ergebnis war die Auswahl der endgültigen Multisensorhalterung.



##### 5.3 ENTWICKLUNG EINER SENSORKOPPLERSOFTWARE

Im RoboMAP-Projekt werden drei verschiedenartige optische Sensoren verwendet, um an BMW-Zylinderköpfen unterschiedliche Messmerkmale bestimmen zu können. Die herstellereigenen Sensorprogramme sollen mit der KUKA-Robotersoftware XRob angesteuert werden und müssen daher mit dieser kommunizieren können. Hierzu ist eine Softwareschnittstelle zwischen der Robotersteuerung und den Sensoren zu schaffen. In Zusammenarbeit mit KUKA Roboter ergab sich aus vorgelagerten Spezifikations- und Konzeptarbeiten, dass



die Entwicklung eines Sensorkopplerprogramms der am besten geeignete Lösungsansatz sei. Die Sensorkoppler-Software soll somit die Kommunikation zwischen XRob und den drei Sensoren übernehmen (siehe Abbildung 5). Darin ist zu erkennen, dass die Sensorkoppler-Software gegenüber der XRob-Software als Server und gegenüber den jeweiligen Sensorsoftwarekomponenten als Client fungiert. Ein Sensorsystem wurde in der Kommunikation als ein so genannter Endpunkt definiert. Ein Endpunkt besteht aus einer IP-Adresse des Sensorrechners und einer Port-Nummer der Sensorsoftware. Die Sensorkoppler-Software wurde aus zwei grundlegenden Bestandteilen implementiert. Ein Bestandteil ist die graphische Benutzeroberfläche (GUI). Der andere Teil ist der Soap-Client bzw. -Server. Diese zwei Bestandteile funktionieren wie zwei Prozesse die miteinander kommunizieren und Daten austauschen. Die graphische Benutzeroberfläche dient als eine Schnittstelle, die die Verbindung zwischen dem Benutzer und dem eigentlichen Programm bereitstellt. Sie fängt alle Ereignisse ab, die von dem Benutzer ausgelöst werden, beispielsweise einen Mausklick oder das Drücken der Eingabetaste und gibt die Information der Ereignisse an das eigentliche Programm weiter. Im Programm werden diese Informationen nach bestimmten Funktionen verarbeitet. Zur kontinuierlichen Schnittstellenkommunikationsprüfung wurden unterschiedliche Testszenarien (wechselnde Entwicklungsstände) mit der programmierten Sensorkoppler-Software und den Serverprototypen der Partnerfirmen durchgeführt.

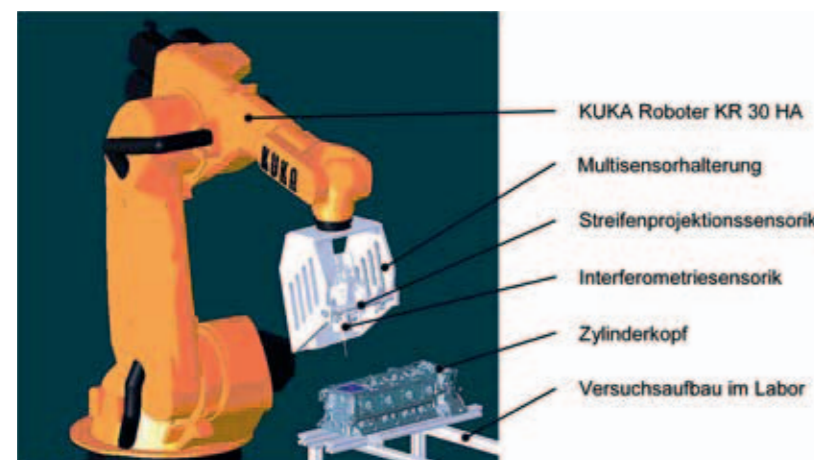


Abb. 7: Robocadsimulation zur Darstellung des Messablaufes.

#### 5.4 SIMULATION DES MESSABLAUFES

Aufbauend auf der Simulationsumgebung aus Abschnitt 5.2 erfolgte eine vollständige Ablaufsimulation der Messaufgabe. Diese lässt sich mit unterschiedlichen Ansätzen zur Messdurchlaufgestaltung am Zylinderkopf durchführen. Die Simulation hatte das Ziel, den Lösungsansatz anschaulich darzustellen und etwaige Probleme frühzeitig zu erkennen. Als Einstieg in die Geometriesimulation waren aus dem CAD-Datensatz der ausgewählten Multisensorhalterung mehrere Komponenten zu kinematisieren (d. h. beweglich zu gestalten), damit ein erster Bewegungsablauf einschließlich Halterung und Multisensorik entstehen konnte. Abbildung 7 zeigt einen Ausschnitt aus der erzeugten Simulation mit endgültiger Multisensorhalterung und Anbindung an den Industrieroboter. Dabei befindet sich die Multisensoranordnung nach der Positionierung so über dem Zylinderkopf, dass eine Messung mit der Streifenprojektionssensorik erfolgen kann.

#### 5.5 ERSTE DURCHGEFÜHRTE LABORMESSVERSUCHE

Zur Durchführung von Testdurchläufen wurde eine Messzelle mit dem beschriebenen Industrieroboter, den optischen Sensoren im Roboterlabor der Hochschule Augsburg aufgebaut und in Betrieb genommen. Der zu prüfende Zylinderkopf war auf einem Messtisch angebracht. Um am Prüfobjekt verschiedene Messmerkmale mit den robotergeführten Sensoren messen zu können, sind unterschiedliche Roboterfahrprogramme erstellt worden. Bei den ersten Laboruntersuchungen erfolgte das Ansteuern der Sensoren noch manuell über die jeweiligen Einzelsysteme.

Zunächst wurden mit dem GFM-Sensorsystem Messversuche an einer unmattierten und mattierte Brennumkalotte durchgeführt. Hierbei musste der Multisensor stets so positioniert werden, dass eine Brennumkalotte vollständig in beiden Kamerabildern sichtbar war. Das Sensorsystem lieferte als Messergebnisse, z. B. die Position der vier einzelnen Ventilsitze. Abbildung 8 zeigt eine unmattierte Brennumkalotte in zwei unterschiedlichen Kamerapositionen. Die Qualität der Messergebnisse bei unmattierten Brennumkalotten stellte sich bisher als nicht zufriedenstellend heraus. Ursachen hierfür sind u. a. die in den Bildern schlecht auszumachenden Objektkanten durch starke Hell-Dunkel-Kontraste sowie Reflexionen.

Sensorseitig wurden Optimierungsarbeiten hinsichtlich einer Verbesserung des Ergebnisbildes durch Schaffung einer geeigneteren Beleuchtungs- und Aufzeichnungssituation notwendig. Um den Bildkontrast schnell und einfach zu verbessern, wurden Kalotten mit einem Mattierungsspray (Kreidespray) behandelt. Dieses Vorgehen ist für erste Laboruntersuchungen zweckmäßig, jedoch ungeeignet für eine spätere industrielle Verwendung des Messsystems. Mit Mattierung wiesen die Messergebnisse eine deutlich geringe Streuung als bei Werten ohne Mattierung auf. In Abbildung 9 ist ein dreidimensionales Ergebnisbild einer unmattierten Brennumkalotte (links) mit einer mattierte vergleichend dargestellt.

Letztendlich muss die Streifenprojektionssensorik der hochkomplexen Brennumkalotte so angepasst werden, dass belastbare Messergebnisse an unmattierten Stellen gewonnen werden können.

Mit dem ISIS-Sensorsystem erfolgten Messungen in Ventilverführungen in verschiedenen Prüfbläufen. Der Interferometriesensor wurde mit Hilfe des Industrieroboters so über dem Zylinderkopf positioniert, dass die ISIS-Messnadel durch Verfahren der Linearverfahren in eine Ventilverführung eintauchen konnte (siehe Abbildung 10).

Die gesamte Messnadellänge tauchte dabei in die jeweilige Ventilverführung ein. Bei den ersten statischen Messdurchläufen erfolgte eine Messung nach der anderen, ohne dass Roboterbewegungen zwischen den einzelnen Messungen erfolgten. Im Gegensatz dazu wurde bei dynamischen Messabläufen der Industrieroboter nach jeder Messung so verfahren, dass sich möglichst alle Achsen bewegt haben. Anschließend ist die Messposition wieder vom Roboter angefahren und eine neue Messung ausgelöst worden.

#### 6. FAZIT UND AUSBLICK

Der vorliegende Beitrag stellte erste realisierte Schritte des Verbundforschungsprojekts RoboMAP-inline vor und zeigte anhand einer Auswahl bisher durchgeführter Arbeiten den aktuellen Bearbeitungsstand an der Fakultät für Maschinenbau auf.

Es wurde ein Gesamtsystemaufbau erstellt, der die wesentlichen benötigten Hard- und Softwarekomponenten der Demonstrationsmesszelle beinhaltet. Ein weiterer wichtiger Teilschritt war die Entwicklung und Konstruktion einer Halterung für die robotergeführten

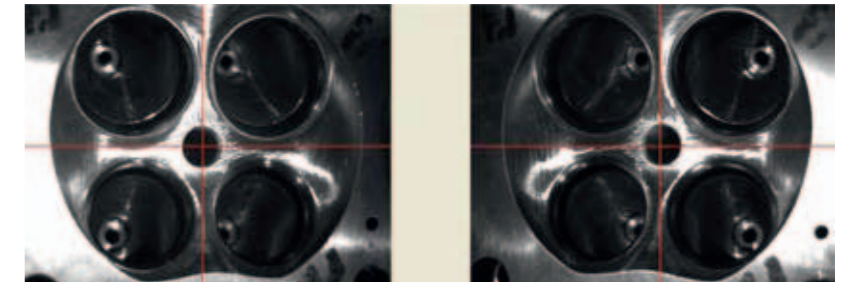


Abb. 8: Kamerabilder einer unmattierten Brennumkalotte.

Sensoren, so dass diese in robotertauglicher Weise an die Roboterhand angebracht werden konnte. In den bisher generierten Simulationsstudien ist eine Machbarkeit des Lösungsansatzes nachgewiesen worden. Die vorhandenen Simulationen werden ständig mit neuen Teilergebnissen der anderen Projektpartner erweitert, woraus schließlich ein schlüssiger Gesamtprozess resultiert. Bei den beschriebenen laborhaften Testuntersuchungen konnten erste Erfolge verzeichnet werden, sodass mit einem erfolgreichen Abschluss des Teilprojektes gerechnet werden kann. Voraussetzung hierzu ist jedoch eine datentechnische Zusammenführung der Sensoren in der Roboterzelle, wodurch erst eine funktionierende Kommunikation des Gesamtsystems möglich sein wird.

Künftige umfangreiche Untersuchungen innerhalb des realen Arbeitsumfeldes sind hinsichtlich erzielbarer Genauigkeiten und möglicher Einflussfaktoren nötig. Die Forschungsarbeiten konzentrieren sich zum einen weiter auf die Verbindung der Objekterkennungsergebnisse zur Robotersteuerung sowie -nachführung und zum anderen auf die Ansteuerung der robotergeführten Sensoren über die Robotersteuerung. Hierzu sind in Zusammenarbeit mit KUKA Roboter weitere Entwicklungsarbeiten an der geschaffenen Schnittstellensoftware zwischen der Robotersteuerung und den Sensoren nötig. Zusätzliche Herausforderungen bringen

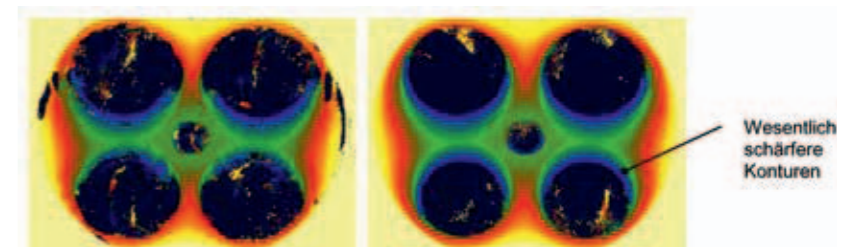


Abb. 9: Vergleich von farbcodierten Höhenbildern nach einer Brennumkalottenmessung: unmattierte Objekt (links) und mattierte Objekt (rechts).



Abb. 10: Optische Messnadel beim Eintauchvorgang in eine Ventileinführung.

die Zusammenführung und Auswertung aller Sensormessergebnisse und das Bereitstellen von notwendigen Robotersteuerungsinformationen in einem übergeordneten Koordinatensystem.

Danksagung: Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 13N9481 gefördert. Die Autoren bedanken sich bei dem Projektträger VDI Technologiezentrum (VDI TZ) sowie bei allen Projektpartnern für die bisherige vertrauensvolle und angenehme Zusammenarbeit. An dieser Stelle sei auch den zahlreichen Studenten gedankt, die im Rahmen von Projektarbeiten, Abschlussarbeiten sowie Tätigkeiten als studentische Hilfskräfte einen wertvollen Beitrag geleistet haben. Die bisher beteiligten Studenten konnten somit an dieses aktuelle Forschungsthema herangeführt werden und profitierten zugleich von der Nähe zur betrieblichen Praxis.

#### LITERATUR

- [1] Förderprogramm Optische Technologien, Hrsg.: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Referat Öffentlichkeitsarbeit, Bonn (2002).
- [2] Roos, E.; Hergen, F.: Validierung eines Inline-Messsystems mit Mehrlinientriangulationssensoren. Tagungsband des internationalen Forums Mechatronik, S. 409-428, Augsburg (2005).
- [3] Lettenbauer, H.: System zum Einsatz von Industrierobotern in der fertigungsnahen Qualitätsprüfung. Dissertation, Universität der Bundeswehr, Hamburg (2002).
- [4] Roos, E.: Method and device for calibrating robot

measuring stations, manipulators and associated optical measuring devices. United States Patent 6615112 (2003).

- [5] Deutsche Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert, VDI (2002).
- [6] DIN EN ISO 9283: Industrieroboter-Leistungskenngrößen und zugehörige Prüfmethode, Beuth, Berlin (1999).
- [7] Cefalu, A.; Böhm, J.: CAD gestützte 3D Objekterkennung in industrieller Fertigungsumgebung. DGPF Tagungsband 18/2009 (2009).
- [8] Frankowski, G.; Chen, M.; Huth, T.: Optical Measurement of the 3D-Coordinates and the Combustion Chamber Volume of Engine Cylinder Heads. In: W. Osten, W. Jüptner: Proceedings of Fringe 2001, The 4th Int. Workshop on Automatic Processing of Fringe Patterns, Elsevier Publ. Paris, Amsterdam, New York, Oxford, Shannon, Tokyo, S. 593-598 (2001).
- [9] Frankowski, G.; Hainich, R.: DLP-Based 3D Metrology by Structured Light or Projected Fringe Technology for Life Sciences and Industrial Metrology. Proceedings of SPIE Photonics West, San Jose (2009).
- [10] Knüttel, A.; Rammrath, F.: Spectral Coherence Interferometry (SCI) for fast and rugged industrial applications. Lasers and Electro-Optics and the International Quantum Electronics Conference. CLEOE-IQEC 2007 (2007).
- [11] Roos, E.; Oblinger, C.: Development of High Precision Robot-based Optical Quality Inspection. In: Hochschule für angewandte Wissenschaften - Fachhochschule Augsburg, Forschungsbericht 2009, S. 51-55, (2009).
- [12] Spezifikation Industrieroboter KUKA KR 30 HA. <[http://www.kuka-robotics.com/de/products/industrial\\_robots-special/high\\_accuracy\\_robots/kr30\\_ha/start.htm](http://www.kuka-robotics.com/de/products/industrial_robots-special/high_accuracy_robots/kr30_ha/start.htm)> 09.06.2010.
- [13] Datenblatt KR 30 HA, PF0027/D/1/0809.

## Forschungsaktivitäten und Aufbau eines neuen Labors für industrielle Bildverarbeitung und Lasermesstechnik am Technologie Centrum Westbayern

Prof. Dr.-Ing. Markus Glück, Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau, Technologie Centrum Westbayern (TCW)

Die ständig steigende Produktivität und der immens hohe Kostendruck in der Produktion erfordern optimale Prozessergebnisse, hohe Taktraten, zuverlässige und sichere Produktionsmittel sowie eine Minimierung von Wartungs- und Stillstandszeiten. Die Produktions- und Automatisierungstechnik hat in den vergangenen Jahren eine stürmische Entwicklung hinter sich, deren Ende heute noch nicht abzusehen ist. Präzision und Geschwindigkeit moderner Produktionsanlagen sind aber nur zum Teil das Ergebnis mechanischer Fertigungstechniken. Ein schier unerschöpfliches Optimierungspotenzial lässt sich über die industrielle Bildverarbeitung und eine optimale Beleuchtungs- und Kameratechnik erschließen. Damit werden wertvolle Aussagen getroffen, z. B. über die Prozesssicherheit oder die Prozess-, Produkt- und Werkstoffgüte.

Prozesse über Methoden der industriellen Bildverarbeitung (IBV) zu kontrollieren und zu optimieren, stellt eine Herausforderung dar, die zweifelsohne in der Lehre und den Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des modernen Maschinenbaus, der Mechatronik, der technischen Informatik und der Elektrotechnik abgebildet werden muss.

Mit der Neukonzeption einer Vorlesung „Industrielle Bildverarbeitung“ und der Integration neuester Scanner- und Laser-basierender Präzisionsmesssysteme in die Vorlesungen „Sensortechnik“ und „Prozess- und Produktionsmesstechnik“ wird diesem Anspruch Rechnung getragen. Mit dem gelungenen Aufbau eines Labors für industrielle Bildverarbeitung und technische Optik wurde eine bedeutsame Lücke des Serviceangebots der Hochschule Augsburg im Institutsbereich am Technologie Centrum Westbayern (TCW) in Nördlingen geschlossen. Dieses Labor steht Studierenden und Lehrenden der Hochschule Augsburg und der Fritz-Hopf-Technikerschule Nördlingen, aber auch industriellen Partnern offen für Lehre, Forschung und Entwicklung und ist mit modernster Technik bestückt.

Vorgestellt werden erste Entwicklungsergebnisse aus der Auseinandersetzung mit der industriellen Bildverarbeitung. Exemplarisch diskutiert werden repräsentative Lösungsansätze zur Bewertung von Prozessergebnissen im Zuge der Fertigungsautomation, bei der Prüfung neuartiger CFK-Materialien und bei der Analyse von Schliffbildern, die an neuartigen Hartmetallproben aufgenommen wurden.

### 1. EINLEITUNG

Die industrielle Bildverarbeitung (IBV) steht vor einem beispiellosen Siegeszug in der Prozess- und Produktionstechnik sowie in der Fertigungsautomation und in der Qualitätskontrolle. Präzision und Geschwindigkeit moderner Produktionsanlagen lassen sich nur noch über die erfolgreiche Integration modernster Sensorsysteme verbessern. Optische Sensoren und Kamera- und Bildverarbeitungssysteme sind als „künstliche Augen“ in der Automatisierungstechnik nicht mehr wegzudenken. Sie kommen überall dort zum Einsatz, wo die exakte Position von Objekten sicher und berührungslos erkannt werden soll. Dabei spielt es keine Rolle, aus welchem Material die zu erfassenden Objekte sind. Sie senden die notwendigen Signale über Positionen, Endlagen und Füllstände oder dienen als Impulsgeber. Ohne den massiven Einsatz von Inline Sichtprüfsystemen während der Fertigung wäre die beeindruckende Steigerung von Produktivität und Qualität nicht denkbar.

Prozesse mittels Bildmesstechnik zu kontrollieren und optimieren, stellt eine Herausforderung dar, der sich Ingenieure zukünftig in der Lehre, im Betriebsalltag und damit auch in Forschung und Entwicklung stellen müssen. Dank des enormen Leistungszuwachses der Rechner- und Halbleitertechnik (Hardware) und der Verfügbarkeit von Standardbibliotheken und Entwicklungsumgebungen der Standardbildverarbeitung (Software) sind heute wirtschaftliche Systemlösungen möglich, die durch Flexibilität und einfache Bedienung die typischen Erfordernisse in der Produktion erfüllen. Allein dies ist



Abb. 1: Ausbildungsbetrieb im neuen Labor für industrielle Bildverarbeitung und technische Optik am Technologie Centrum Westbayern (TCW) – einem An-Institut der Hochschule in Nördlingen.



Ansprechpartner:  
Prof. Dr.-Ing. Markus Glück

#### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3154  
Telefax: (+49) 821 5586-3190  
markus.glueck@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

#### Technologie Centrum Westbayern GmbH

Emil-Eigner-Straße 1  
86720 Nördlingen

Telefon: (+49) 9081 8055-101  
Telefax: (+49) 9081 8055-151  
glueck@tcw-donau-ries.de  
www.tcw-donau-ries.de

#### Fachgebiete:

Innovationsmanagement und  
Technologietransfer,  
Sensortechnik,  
Industrielle Bildverarbeitung,  
Prozess- und Produktions-  
messtechnik

genügend Motivation und Anspruch, sich der technischen Optik und Vermittlung von Fachkompetenzen im Bereich der industriellen Bildverarbeitung verstärken zu widmen und ihrem Vordringen in die Ingenieurwelt mit der Neukonzeption verschiedenster Vorlesungsangebote und Laboreinrichtungen Rechnung zu tragen.

Heute stehen zwölf Laborplätze sowie ein modern ausgestattetes Prüffeld für den Test oder die Entwicklung von Auswertearithmen und optischen Prüfaufgaben zur Verfügung. Alle gängigen Beleuchtungssysteme werden in den neu konzipierten Vorlesungen „Industrielle Bildverarbeitung“, „Sensortechnik“ sowie „Prozess- und Produktionsmesstechnik“ diskutiert und sind im Laborbereich greifbar. Verschiedenste Kamera-, Lasermess- und Scannersysteme stehen für den sofortigen Einsatz in Lehre und Technologietransfer zur Verfügung. Darunter Kameras höchster Auflösung, Kamerasysteme mit IEEE 1394 (FireWire) Standardbustechologie und neue Systeme mit USB- und GigE-Technik. Aber auch neuartige „Smart Cameras“ – häufig auch „Vision Sensoren“ genannt – mit integrierter Beleuchtung und Software für das Lösen und Trainieren von Standardaufgaben sind im Ausbildungs- und Praxisprogramm aufgenommen. Sie sind zum Beispiel für das Lesen von Codes und die Realisierung von Rückverfolgungssystemen (Traceability) geradezu ideal.

Für die Entwicklung der Prüfalgorithmen stehen vielfältige freie und kommerzielle Bildverarbeitungsbibliotheken zur Verfügung, welche Standardoperationen ermöglichen. Damit können ganze Fertigungssysteme, Prüfplätze, Fördereinrichtungen und Werkzeuge zu messenden mechatronischen Systemen „veredelt“ werden, die im Zuge der Prozess- und Produktionsmesstechnik Form, Geometrie, Lage und Maßhaltigkeit zugeführter Werkstücke identifizieren, End-, Kontroll- und Handhabungspunkte sicher erkennen, die korrekte und zuverlässige Montage/Bestückung sicherstellen, Prozessergebnisse zuverlässig bewerten (z. B. beim Schweißen, Verfügen), Prozessergebnisse dokumentieren und Maschinenzustände (z. B. Güte, Sauberkeit der Werkzeuge) auch im rauen Fertigungsumfeld beobachten.

Die industrielle Bildverarbeitung mit ihren Möglichkeiten zur störungsfreien und berührungsfreien Prüfung eröffnet aber auch viele zukunftsorientierte Bereiche und neue Anwendungen, wie zum Beispiel bei der Oberflächenprüfung und bei der Fehlererkennung

in der Inline Qualitätskontrolle, in Verbindung mit der Beschichtungstechnologie und bei der Erforschung neuer Materialien. Hier gibt es enorme Wachstumspotentiale, die zusehends von den Firmen – abseits der Industrieautomation und der Automobilindustrie – aktuell mit hohem Tempo erschlossen werden. Einige erste Ergebnisse aus der Auseinandersetzung mit diesen potentialträchtigen Themenfeldern werden nachfolgend vorgestellt. Weitere liegen vor und können gerne von Interessierten mit dem Autor besprochen werden.

## 2. REPRÄSENTATIVE VERSUCHSREIHEN UND ERSTE ERGEBNISSE

Kameras und Computer verleihen modernen Maschinen die Fähigkeit zu sehen, zu erkennen und die richtigen Entscheidungen zu treffen. Hierbei werden die von der Kamera aufgenommenen Daten von einem Rechner ausgewertet, die relevanten Informationen und die Ergebnisse an die Steuerung weitergegeben, die entsprechend reagieren kann. Für die Beherrschung der Hauptaufgaben der automatisierten Inline Mess- und Prüftechnik und die Entwicklung der Prüfalgorithmen stehen vielfältige freie und kommerzielle Bildverarbeitungsbibliotheken zur Verfügung, welche Standardoperationen ermöglichen, u. a.:

- Anwesenheit, Fehlen, Lage und Vollständigkeit einer montierten Komponente
- Handhabung von Teilen, Unterstützung bei Zufuhr und Zugriff (Matching)
- Dimensions- und Geometrieabmessungen vermessen (z. B. Ösen, Bohrungen) und die Maßhaltigkeit von einzelnen Konstruktionselementen sicherstellen
- Defekterkennung und -bewertung, 100-Prozent-Kontrolle
- Oberflächen- und Verschleißflächenanalyse
- Partikelanalyse und Bruchflächenbewertung in Verbindung mit Mikroskopen
- Schrift- und Codeerkennung sowie -interpretation

Eine individuelle Zusammenstellung dieser Operationen führt dann zum gewünschten Algorithmus. Dieses Grundgerüst an Standardoperationen wird heute in den Lehrangeboten vermittelt und in praktischen Entwicklungsarbeiten weiterentwickelt. Einige Praxisbeispiele sind nachfolgend dargestellt.

### 2.1 PRÜFMESSUNG UND VOLLSTÄNDIGKEITSKONTROLLE IN DER AUTOMATISIERTEN MONTAGE

Die hochgenaue dimensionelle Überprüfung feinsten Merkmalsgeometrien mit räumlich nicht unbedingt ebener Geometrie sowie die Vollständigkeitskontrolle nach Montageprozessen gehört zu den häufigen Inspektionsaufgaben der industriellen Bildverarbeitung.

Abb. 2 zeigt ein Aluminium-Werkstück aus der Antennenproduktion. Bei diesem Bestandteil einer Hochfrequenzanwendung ist die präzise Einhaltung relevanter Abmessungen von zentraler Bedeutung für die Funktion des Gesamtsystems.



Abb. 2: Aluminium-Elektrodendurchführung aus der Produktion moderner Antennen.

Bei der Fertigung dieses hochkomplexen Bauteils sind zwei Spannungen erforderlich. Wichtig ist es, dass in der Konsequenz die Mittelpunkte der mittleren Durchführungen und der äußeren Befestigungsbohrungen auf einer Geraden liegen, also winkeltreu ausgeführt sind, und dies mit hoher Genauigkeit (Verdrehung kleiner 1°).

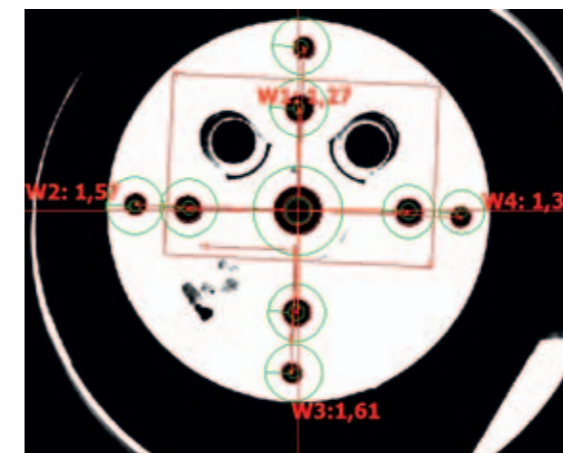


Abb. 4: Kunststoffschale als Funktionsträger und Gehäuse einer mechatronischen Komponente für den Automobilbau. In die Einbettungen werden dämpfende und isolierende Kunststoffeinlagen eingebracht, deren korrekte Bestückung im Anschluss mit Hilfe eines Kameraaufbaus und geeigneter Analysesoftware im Fertigungsprozess optisch geprüft wird.

Eine Erfassung des Verdrehwinkels soll im Rahmen der automatisierten Werkstückzuführung vor der Montage des Gesamtsystems durchgeführt werden. Im Zuge einer Machbarkeitsstudie wurden Beleuchtungsoptimierungen sowie die Entwicklung geeigneter Merkmalserkennungs- und Prüfalgorithmen vorgenommen. Ein repräsentatives Testergebnis zeigen die Abb. 3a und 3b.

Abb. 4 zeigt ein weiteres Teil aus der automatisierten Montage von mechatronischen Komponenten aus der Automobilfertigung. In einem Funktionsträger aus leitfähigem Kunststoff, der zugleich abschirmendes Gehäuse des Gesamtsystems ist, werden vor der Bestückung mit Elektronikkomponenten isolierende und schwingungsdämpfende Kunststofffilz-Unterlagen eingeklebt. Die Vollständigkeit und korrekte Lage nach der aktuellen Bestückung wird mit Kameras überprüft. Abb. 5a zeigt das Kamerabild nach optimierter Beleuchtung und softwareunterstützter Kontrastanpassung, Abb. 5b zeigt die Prüfmerkmale und die Ausgabe der Prüfergebnisse

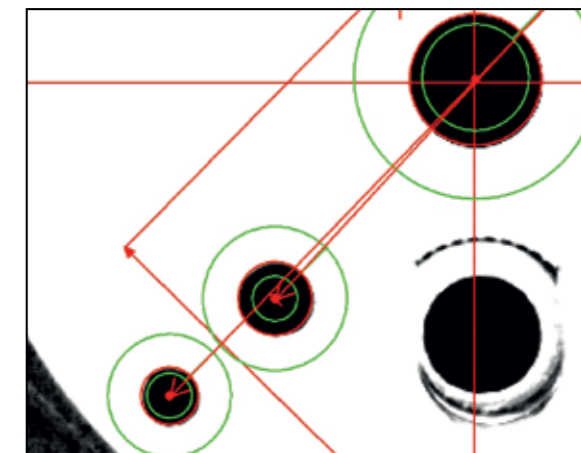


Abb. 3: Prüfmessungen im Zuge der Vorentwicklung eines vollautomatisierten optischen Inspektionssystems zur Kontrolle besonders kritischer feinmechanischer Abmessungen: Abb. 3a links: Vollbild nach Beleuchtungsoptimierung, Lageerkennung und Binarisierung. Abb. 3b rechts: vergrößerter Bildausschnitt bei Vermessung eines Defektteils.

Abb. 5: Prüfmessungen im Zuge der Vorentwicklung eines vollautomatisierten optischen Inspektionssystems zur Überwachung eines Ablege- und Klebprozesses im Zuge der automatisierten Montage von elektronischen Sensorsystemen für den Automobilbau.

Abb. 5a links: Vollbild nach Beleuchtungsoptimierung.

Abb. 5b rechts: Kamerabild nach Lageerkennung, Kontrolle und Vermessung eines Gutteils.

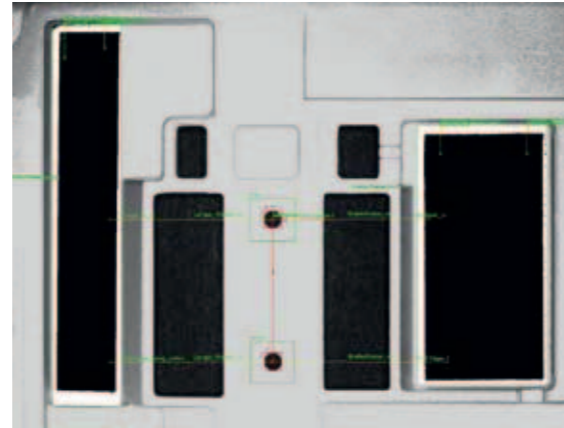


am Monitor. Diese werden im Zuge der Rückverfolgung dokumentiert und an ein Datenbanksystem übergeben.

### 2.2 OBERFLÄCHENINSPEKTION UND TEXTURKONTROLLE

Nach wie vor gibt es für die meisten Prüfanwendungen im anspruchsvolleren Bereich, z. B. bei der Prüfmessung auf neuen Materialien, der Inspektion untypischer Geometrien und Objekte sowie bei der Mustererkennung und Oberflächenanalyse, kaum Systeme von der Stange. Insbesondere die enge Verkopplung mit mechanischen Komponenten, Beleuchtungssystemen und vor allem die Einbindung in unterschiedlichste Produktionsumgebungen erfordern die Ausbildung und den Einsatz von Experten, die neben einem Überblickswissen über verschiedenste Sensoren, Optiken, Kamerasysteme und Beleuchtungstechniken die meistens softwaremäßig realisierten Bearbeitungsalgorithmen kennen und diese richtig einzusetzen und durch Programmierereingriffe weiterzuentwickeln wissen.

Hartmetallschliffbilder sind wichtige Hilfsmittel, um Prozessführung, Materialeinbau, Korngröße und Partikelform der Einlagerungen im Mikroskop zu erkennen und zu bewerten. Selbst ein geübtes Auge ermüdet bei der Qualitätskontrolle schnell. Umso wichtiger war es, eine Möglichkeit zu schaffen, derartige Schliffbilder (vgl. Abb. 6a) mit einem optischen System zu analysieren und für eine quantitative Analyse notwendige Bildanalysealgorithmen zu entwickeln. Die nachfolgende Bildsequenz ist ein eindrucksvolles Beispiel für derartige Programmierereingriffe und die Umsetzung leistungsfähiger, an die Anwendung angepasster Filter- und Auswertalgorithmen. Abb. 6a zeigt die Ausgangssituation. Ein mit einer auf dem Mikroskop installierten Digitalkamera aufgenommenes Bild wird



geladen und zur Bildaufbereitung am PC vorbereitet. Deutlich zu erkennen sind die zu analysierenden Partikeleinlagerungen in dunkler Farbe. Störend überlagern sich Riefen vom Schleifprozess.

Diese regelmäßigen Störungen werden mit Filtern und angepassten Operatoren sehr effizient entfernt, wie

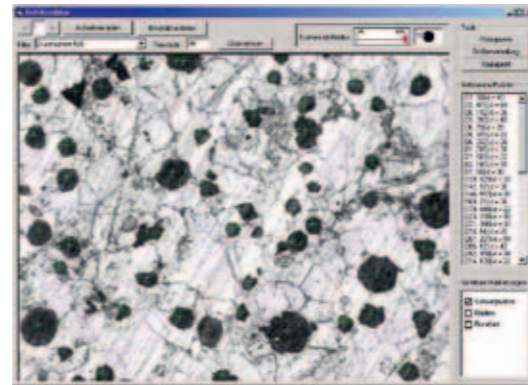


Abb. 6a: Schliffbild, aufgenommen mit dem Lichtmikroskop, Ausgangssituation vor der Bildanalyse.

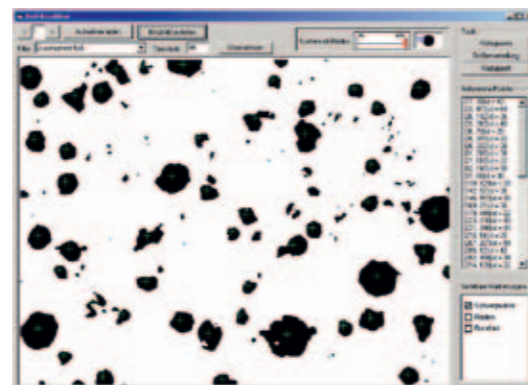


Abb. 6b: Schliffbild nach Filterung der Schleifriefen mit angepassten Operatoren, Bereichsbinarisierung und Objektidentifikation.

Abb. 6b zeigt. Die zurückbleibenden Bildinhalte werden mit variabler Schwelle identifiziert und für die weiterführende Analyse in ein Binärbild überführt.

In einem weiteren Schritt werden die Objektschwerpunkte als Basispositionen ermittelt und angezeigt bzw. an die Datenbank übergeben. Abb. 6c zeigt das Ergebnisbild der weiterführenden Analyse. In einem ersten Analyseschritt werden die Partikel nach Größe und Form klassifiziert. Hierzu werden mittlerer Radius, Streuung desselben und Form der Außenkontur mittels eigens entwickelter Konturerkennungs- und Bewertungsalgorithmen verwendet.

### 2.3 OPTISCHE INSPEKTION AUF NEUARTIGEN MATERIALIEN UND CFK-TROCKENGELEGEN

Zunehmend finden neue Materialien, neuartige Funktionstextilien oder Kohlefaser- und Verbundfaseranwen-

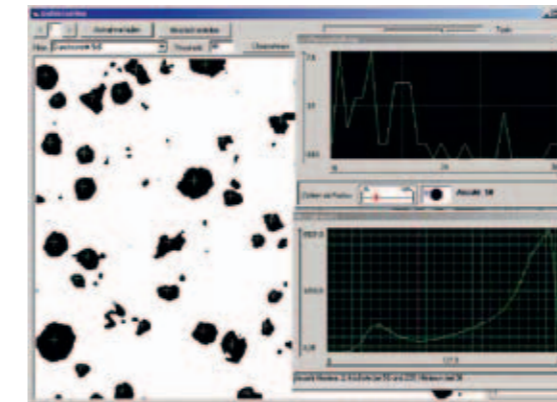


Abb. 6c: Ergebnisbild nach Objektidentifikation und Größen-/Formanalyse.

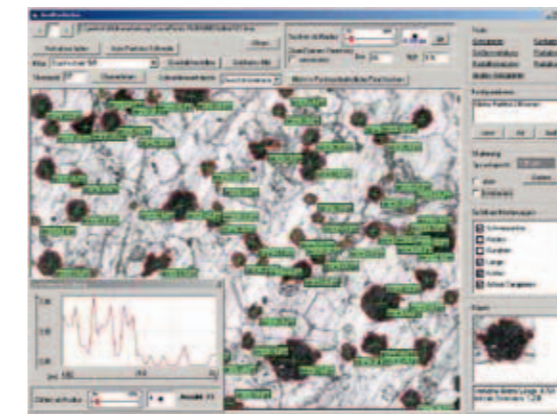


Abb. 6d: Ergebnisbild nach Objektidentifikation und Größen-/Formanalyse mit Eintragung aller Analyseergebnisse in das Ursprungsbild. Speicherung zur Dokumentation und Rückverfolgung.

dungen Eingang in der Fertigung von Robotern, Maschinenelementen, Hubschraubern, Flugzeugen sowie in der Automobilindustrie. Die Hersteller von Luft- und Kraftfahrzeugen sind bei der Verarbeitung derartiger Zukunftswerkstoffe einem besonderen Kosten- und Produktivitäts- und Innovationsdruck ausgesetzt, um parallel zur noch laufenden Grundlagen- und Materialforschung die Serienfertigung vorzubereiten und Fertigungsverfahren unter Einhaltung höchster Qualitätsanforderungen möglichst kostengünstig und schnell ins industrielle Fertigungsumfeld zu überführen.

Dies erfordert die Entwicklung der nötigen Verfahrens- und Inspektionstechnik, die Integration hierfür erforderlicher Robotik und Fertigungshilfsmittel sowie die Weiterentwicklung der für die Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung erforderlichen Prozessmesstechnik. Dabei werden zukünftig Kamera- und neue Sensortechnologien eingesetzt und diese an die speziellen Eigenschaften der Werkstoffe angepasst. Messverfahren werden – teilweise gemeinsam mit Partnern – entwickelt, um beispielsweise die Dicke und Vorverarbeitung der Verbundfaserwerkstoffe durchgängig zu prüfen und im Fertigungsablauf zu überwachen.

Zahlreiche Partner der Hochschule Augsburg arbeiten zurzeit intensiv an neuen automatisierten Verfahren zur Verarbeitung von Kohlefaser- und Verbundfaserwerkstoffen. Thema und Ziel des nachfolgend kurz beschriebenen Projektvorhabens war eine Machbarkeitsstudie, im Rahmen derer die nicht ganz einfache Beleuchtung und automatisierte Gütebewertung trockener Carbonfaser-Multiaxialgelege untersucht werden sollte. Dieser Faser- und Gelegetyp weist für die Kamerasensortechnik äußerst herausfordernde Eigenschaften auf. Er ist hoch reflektierend. Die Entstehung intensiver Beleuchtungsunterschiede und schädlicher Spitzlichtreflexe ist zudem von der Faserorientierung des zu untersuchenden Geleges abhängig. Abb. 7a zeigt ein bei Tageslicht aufgenommenes Bild mit intensiven Reflexlichtanteilen, Abb. 7b zeigt ein mit optimierter LED Beleuchtung aufgenommenes Ausgangsbild.

In einem ersten Analyseschritt werden Fasern und Heftnähe separiert. Eine reine Binarisierung genügt nicht, wie Abb. 8a zeigt. Nur durch eine geeignete Filterung lassen sich die Spitzlichtanteile reduzieren, wie Abb. 8b zeigt.

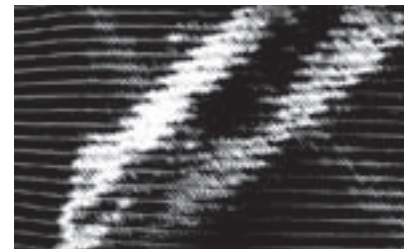


Abb. 7a: CFK-Trockenfasergelege bei Beobachtung mit Tageslicht.



Abb. 7b: CFK-Trockenfasergelege bei Beobachtung mit optimierter schmalbandiger LED-Beleuchtungsanordnung.

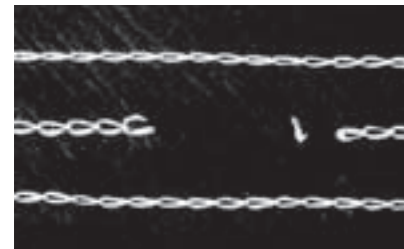


Abb. 8a: CFK Trockenfasergelege nach Bereichbinarisierung und Kontrastoptimierung.

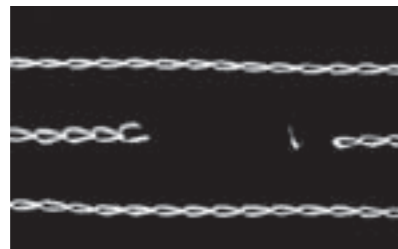


Abb. 8b: CFK Trockenfasergelege nach zusätzlicher Filterung der störenden Spitzlichtanteile aus Abb. 8a.

Bei der Defektanalyse werden statistische Methoden sowie das Scannen geeigneter Prüfmerkmale verwendet. Die am häufigsten vorkommenden Fehler sind Nahtbrüche, Abrisse, Verwerfungen und Verformungen. Für jeden wurden entsprechende Bewertungsstrategien ermittelt, die beim Scannen der Messbilder vorgenommen werden. Zunächst werden Lage und Orientierung der Nahtverläufe gemessen, danach wird entlang dieser Vorzugsrichtung gescannt und eine Detailprüfung findet statt. Die Herausforderung dabei ist es, die Standardbibliotheken aus der Objektvermessung mit überwiegend geraden und klaren Kantenverläufen auf die Besonderheiten von Naht- und textilen Gewebestrukturen



Abb. 9a: Analyse der Nahtverläufe auf CFK-Trockenfasergelegen: Bestimmung der Vorzugsrichtung und Nahtabstände.

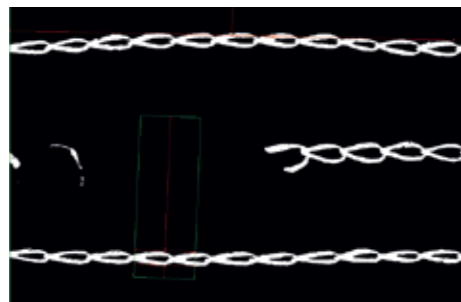


Abb. 9b: Analyse der Nahtverläufe auf CFK-Trockenfasergelegen: Erkennung eines Nahtabrisses.

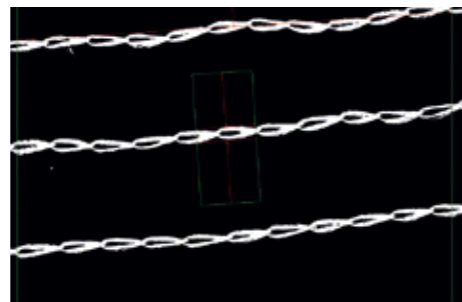


Abb. 9c: Analyse der Nahtverläufe auf CFK-Trockenfasergelegen: Bestimmung der Parallelität und Abstände der Nahtverläufe zur Detektion von Verwerfungen.

anzupassen. Zwei relevante Analysebilder vom Scanning sind in Abb. 9 dargestellt.

### 2.4 LASERPRÄZISIONSENSOREN UND SCANNEREINSATZ WÄHREND DES FERTIGUNGSABLAUFS

Optische Messsysteme, Laser-Triangulationssensoren und Laserlinienscanner zählen heute bei der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung und in der Inline Messtechnik (produktionsbegleitenden Prozesskontrolle und Qualitätssicherung) zu berührungslosen Standardmessverfahren. Sie finden in der Industrie zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten, etwa in Produktionslinien, Mess-, Prüf- und Inspektionssystemen, bei der Maschinenüberwachung oder in der Forschung und Entwicklung. Sie wurden daher als moderne Sensorsysteme in den Laborbereich „Technische Optik“ integriert. Abb. 10 zeigt ein derartiges Messsystem (links) und einen in der Folge näher beschriebenen Anwendungsfall (rechts) aus der Produktion mikroelektronischer Leistungsbau-elemente für die Luftfahrtindustrie.

Während des Messens auf den Transportbändern trocknet die Vergussmasse und ändert ihre Oberflächenbeschaffenheit. Diese Veränderung muss kontrolliert und zur Anlagenregelung aufbereitet werden. Diese hohen Anforderungen an die mikrometergenaue Auflösung der Höhenmessung bei hoher Wiederholrate konnten nur mit einem optischen Inspektionssystem unter Verwendung des Triangulationsverfahrens erfüllt werden.

Eine Laserdiode emittiert dabei einen Laserstrahl und projiziert eine Linie, die senkrecht auf das Messobjekt fokussiert ist. Die dort reflektierte Strahlung wird mit einer in einem spitzen Winkel daneben angeordneten Kamera, einer ortsauflösenden Fotodiode oder einer CMOS-Zeile beobachtet. Mittels einfacher

trigonometrischer Berechnungen lässt sich damit der Abstand sehr genau bestimmen. Lasertriangulationssensoren messen Abstände gegen ein breites Spektrum von Materialoberflächen mit hoher Wiederholpräzision. Um die Fremdlichtempfindlichkeit und den Einfluss inhomogen reflektierender Oberflächen zu senken, wird im Impulsbetrieb (Lock-In-Prinzip) gearbeitet.

Das Messsystem erlaubt Messungen bei hoher Datenrate (2,5-20 kHz). Dadurch eignet es sich gut zur Abstandsmessung und Höhenkontrolle an bewegten Objekten, die z. B. auf Förderanlagen transportiert werden.

Zusammen mit der Information über die Distanz (z-Achse), berechnet der Controller ebenfalls die Position der Messpunkte entlang der Laserlinie (x-Achse) und gibt beide Werte als 2D-Koordinate aus. Ein bewegtes Messobjekt oder ein bewegter Sensor erzeugen ein 3D-Abbild des Messobjektes, durch eine ebenfalls zugeordnete y-Koordinate (vgl. nachfolgende Abbildungen).

### 3. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Mit der Einrichtung eines neuen Anwender- und Lehr-labors für industrielle Bildverarbeitung und technische Optik wurde das bisherige Fehlen entsprechender Praxisangebote an der Hochschule durch das Technologie Centrum Westbayern – ein An-Institut der Hochschule in Nördlingen – ausgeglichen. Die neuen Laboreinrichtungen sind mittlerweile aktiv in den Lehrbetrieb an der Hochschule Augsburg und an der Fritz-Hopf-Technikerschule in Nördlingen eingebunden. Dabei sind völlig neue Lehrformen – extrem praxisnah – entstanden: Blockunterrichte mit Theorie & Praxis in einem Raum,

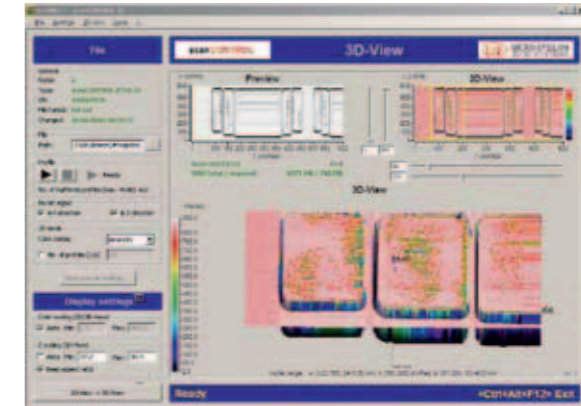
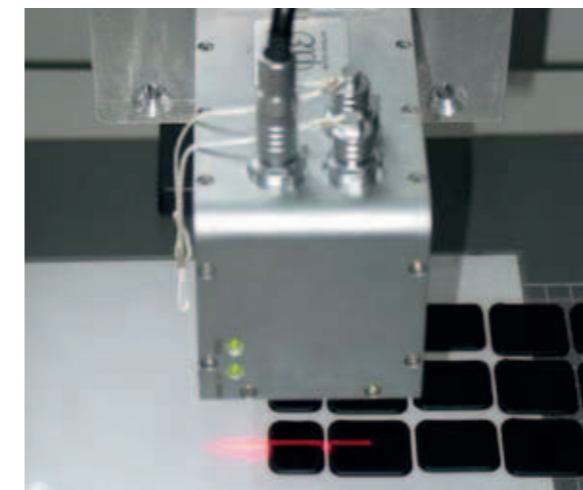


Abb. 11a: 3D-Profil und Analyse in farblicher Fehlfarbendarstellung.

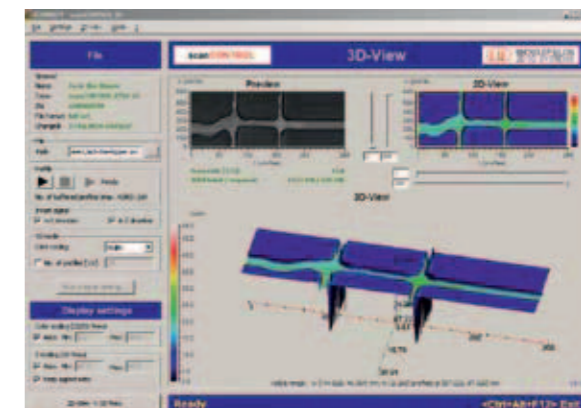


Abb. 11b: 3D-Profil und Bildanalyse in anderer Fehlfarbendarstellung.

Kleingruppenunterrichte und vor allem FuE-Projekte an konkreten Fragestellungen regionaler Firmen. Konsequenter wird damit der Ausbau zu einem schlagkräftigen Technologietransferinstitut und einem Studienschwerpunkt der Hochschule Augsburg in Nordschwaben vorangetrieben.

Abb. 10: Laserlinienscanner für die hochgenaue und berührungslose Höhenprofilvermessung beim Verguss von elektronischen Bauelementen und Schaltkreisen für Luftfahrtanwendungen.



In den neu eingerichteten Bildverarbeitungslabors wird eine Vielzahl an konkreten Lösungen für sich klar abzeichnende Bedarfslösungen zur Unterstützung der regionalen Unternehmen entwickelt und anschaulich demonstriert. Die Infrastruktur wird für Lehre und Forschung in einem eng verzahnten Miteinander eingesetzt. Eine weitere Verzahnung des Tätigkeitsumfelds mit Anwendungen der Mechatronik, der Automatisierungstechnik, der angewandten Sensorik und Robotik (z. B. zur bildgeführten Robotik) ist in Arbeit. Damit ist das neue Bildverarbeitungslabor in kürzester Zeit attraktiver Ort für Praktika bzw. zur Anfertigung von Fach- und Abschlussarbeiten geworden. Studierende aus Nordschwaben haben damit erstmals die Gelegenheit, wichtige Teile ihres Studienprogramms vor Ort in ihrer Heimat abzulegen. Dies in erstklassigen Labors und in enger Kooperation mit renommierten Firmen.

#### DANKSAGUNG

Herzlichen Dank für die Unterstützung durch meine Institutsmitarbeiter Josef Wolf und Bernd Lechner. Gemeinsam bedanken wir uns sehr herzlich bei allen nicht namentlich genannten Mitarbeitern unserer Partnerfirmen, die zur Entwicklung und experimentellen Charakterisierung der Bildverarbeitungs- und Auswerterroutinen beigetragen haben. Die Forschungs- und Technologietransferaktivitäten des Technologie Centrum Westbayern – einem An-Institut der Hochschule Augsburg in Nordschwaben – werden gefördert aus Mitteln des Freistaats Bayern (Hightech Offensive) und der Europäischen Union (EFRE, ESF).

Die Einrichtung einer Stiftungsprofessur der Hochschule Augsburg im Umfeld des Technologie Centrum Westbayern wurde möglich durch das beherzte Zupacken der Fritz und Liselotte Hopf-Stiftung (Nördlingen) sowie der Firmen GEDA-Dechentreiter (Asbach-Bäumenheim), Grenzbach Maschinenbau (Hamlar), HARTING (Espelkamp, Nordrhein-Westfalen), Kathrein (Rosenheim und Nördlingen), Märker Zement (Harburg), Ohnhäuser (Wallerstein), Tigra (Oberndorf), Valeo (Wemding) und Zott (Mertingen). Hierfür herzlichen Dank!

#### QUELLENHINWEISE UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

[1] M. Glück, „MEMS in der Mikrosystemtechnik – Aufbau, Wirkprinzipien, Herstellung und Praxiseinsatz

mikroelektromechanischer Sensorsysteme“, Teuner Verlag, 2009.

- [2] A. Donges, „Physikalische Grundlagen der Lasertechnik“, Shaker Verlag, 2007.  
 [3] G. Schröder, „Technische Optik“, Vogel Verlag, 2007.  
 [4] W. Burger, M.J. Burge, Digitale Bildverarbeitung, Springer-Verlag, 2006.  
 [5] Jähne, Digitale Bildverarbeitung, Springer-Verlag, 2001.  
 [6] P. Soille, Morphologische Bildverarbeitung, Springer-Verlag, 1998.  
 [7] Produktbeschreibungen der Firmen Micro-Epsilon, NET, Balluff, etc. (Internetquellen).

#### VORTRÄGE UND TAGUNGSBEITRÄGE

- [1] „Kameraeinsatz und Lasersensorik in der Roboter unterstützten Montage“. Prof. Dr. Markus Glück, Josef Wolf, Bernd Lechner, Prof. Dr. Eberhard Roos, Christian Oblinger, Dr. Thomas Bongardt, Robert Wagner, Florian Martin, Vortrag im Rahmen des 6. Technologieforums Robotik (31.03.2009, Technologie Centrum Westbayern).  
 [2] „Robotereinsatz und Inline Messtechnik in der fertigungstechnischen Praxis – aktuelle Trends, Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur Prozesskontrolle, Prozessführung in schwieriger Umgebung“. Prof. Dr. Markus Glück, Josef Wolf, Bernd Lechner, Prof. Dr. Eberhard Roos, Dr. Thomas Bongardt. Vortrag von Prof. Dr. Markus Glück im Rahmen eines Anwenderforums „Robotik“ der Fa. Rockwell Automation am 09.12.2009 in Karlsruhe.  
 [3] „Traceability in der Automobil- und in der Elektronikindustrie – Kostensenkung durch Rückverfolgung“. Vortrag von Prof. Dr. Markus Glück im Rahmen eines Fachforums „Traceability“ auf der Fachtagung „Böblinger Automatisierungstreff“ am 25.03.2010 in Böblingen.  
 [4] „Demo & Research Center – eine neue Form des Innovationsmanagements, ein neues Serviceangebot und erste Ergebnisse im Umfeld der Hochschule Augsburg“. Vortrag von Prof. Dr. Markus Glück im Rahmen des Fachforums „Gemeinsam Wettbewerbsvorteile schaffen! Hochschule und Wirtschaft in Schwaben-Allgäu – Wachstum durch Innovation!“ in Zusammenarbeit mit BayME und vbm am 29.06.2010 in Augsburg.

## Aktivitäten am c<sup>2</sup>m Kompetenzzentrum Mechatronik auf dem Gebiet der angewandten Forschung

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Villain, Hochschule Augsburg, c<sup>2</sup>m Kompetenzzentrum Mechatronik

### 1. PROJEKT NANOHÄRTE – PIW

Projekt Nanohärte: Entwicklung und Erprobung einer Nanoprüfvorrichtung mit korrigierbarer Einsinkwegmessung zur Bestimmung der realen mechanischen Eigenschaften von Phasen in weichen metallischen Werkstoffen und in gefüllten Kautschuken. Laufzeit des Vorhabens: 4/2007 – 3/2010, kostenneutrale Verlängerung bis 12/2010.

Projektpartner: Fa. Siemens AG, Berlin; FhG/IZM Berlin; Fa. Kamrath & Weiss; Fa. Vides Eventum.

Die Nanoprüfvorrichtung mit zwei Prüfköpfen (zylindrischer Flachkopf, Durchmesser 8 µm; Vickers-Diamant) wurde hardwareseitig optimiert und erfüllt jetzt die Anforderungen, die im Pflichtenheft des Projekts definiert waren. Damit liegt ein funktionsfähiger Prototyp vor, der von der Fa. Kamrath & Weiss vertrieben werden kann. Ein Schwerpunkt der Optimierung in diesem Jahr war die Prüfung der Reproduzierbarkeit der örtlichen Positionierung der Prüfköpfe relativ zum Messpunkt. Die Prüfvorrichtung besitzt ein sog. Long-Distance-Objektiv mit einer Vergrößerung von 1000. Die messtechnisch nachgewiesene örtliche Reproduzierbarkeit liegt zur Zeit bei 50 nm. Das heißt, es können Phasen mit einem minimalen Durchmesser von 1 µm ohne Probleme angefahren und deren mechanische Parameter wie Härte, Elastizitätsmodul und Streckgrenze bestimmt werden.

Ein zweiter, stumpfer Indenter wird benötigt, damit die mechanischen Parameter von harten Phasen in weichen Matrizen exakt ermittelt werden können (Abb. 1). Zur Bestimmung dieser Werte werden aus den Kraft-Weg-Kurven die Härte, das Elastizitätsmodul

und die Streckgrenze bestimmt. Im Berichtszeitraum wurde die Software deutlich verbessert, so dass erste reale Messungen durchgeführt werden konnten. Hier zeigt sich tendenziell, dass die Werkstoffparameter zu höheren Werten verschoben werden. Dieser Effekt muss im letzten Projektjahr an verschiedenen Proben verifiziert werden.

Die Eindringtiefe der Vickers-Indenter wurde mit AFM-Messungen an der Universität Augsburg, Fakultät Physik, nachgemessen (Abb. 2). Deutlich ist der Aufwurf durch plastische Verformung am Rand des Eindruckes zu sehen, was besonders für weiche Werkstoffe typisch ist. Dieses Verhalten wird bei der Berechnung der Werkstoffparameter durch Korrekturfaktoren berücksichtigt. Hierzu sind weitere Untersuchungen mit dem Ziel der statistischen Absicherung der Messergebnisse durchzuführen.

Als ein wichtiger Werkstoffparameter zur Beschreibung eines Werkstoffes ist die Streckgrenze zu nennen, die mittels Nanohärtemessung ermittelt werden kann. Ein Ziel des Projekts ist, diese Werte mit denen aus Zugversuchen zu vergleichen. Die ersten Ergebnisse

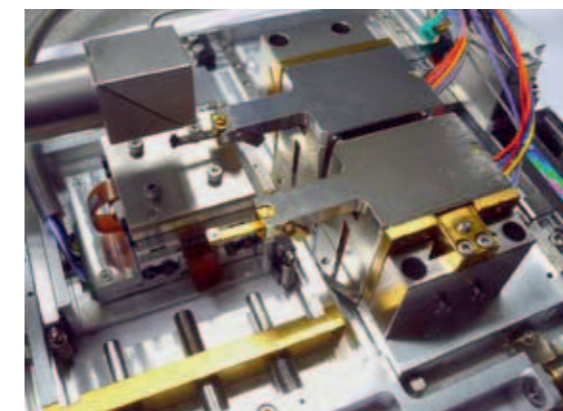
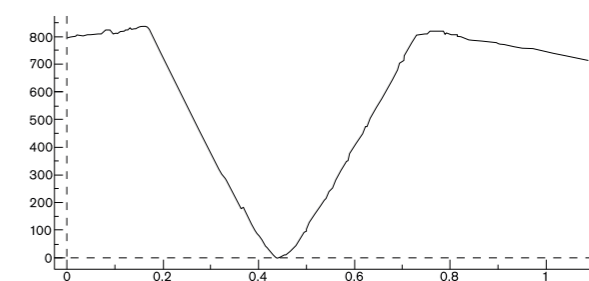


Abb. 1: Indenter mit chromatischem Sensor (hinten: Stumpfer Indenter, vorne: Vickers-Indenter) (M: 1:1).

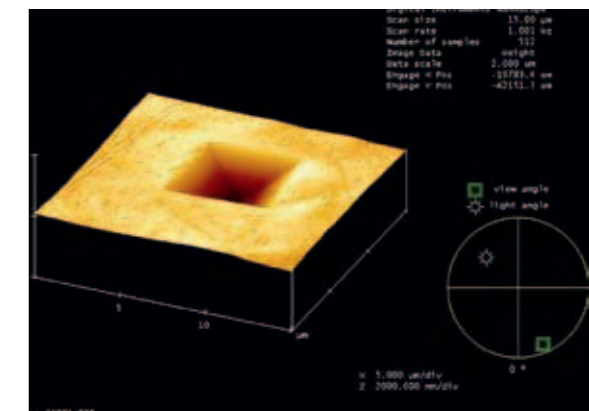


Abb. 2: AFM-Messung eines Vickers-Eindrucks (Quelle: Universität Augsburg, Fakultät Physik).



**Ansprechpartner:**

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Villain**

**Hochschule Augsburg**

Fakultät für Elektrotechnik

c<sup>2</sup>m Kompetenzzentrum

Mechatronik

An der Fachhochschule 1

86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3386

Telefax: (+49) 821 5586-3360

juergen.villain@hs-augsburg.de

www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**

Werkstoffe der Elektrotechnik

und Elektronik, Packaging

(Master), Fertigungstechnik,

Mikrosystemtechnik,

Konstruktion und

Festigkeitslehre

**Mitgliedschaft (neu 2009):**

Arbeitskreis

„Mikrountersuchungen im

Rasterelektronenmikroskop“

der Deutschen Gesellschaft

für Materialkunde (DGM) und

des deutschen Verbandes für

Materialforschung und -prüfung

(DVM)

sind in Tab. 1 zusammengefasst. Die Abweichungen basieren auf dem Vergleich von Kornmessungen (Nanohärtemessungen), die eine bestimmte Orientierung besitzen, mit polykristallinen Zugproben. Hier werden in Zukunft Orientierungsmessungen zusätzlich durchgeführt, um eine exaktere Übereinstimmung zu erreichen. Die Ergebnisse zeigen aber deutlich, dass an den geprüften Werkstoffen die Streckgrenzen durch die Nanohärtemessungen mit guter Genauigkeit ermittelt werden können.

**2. SnZn-UMSCHMELZVERSUCHE**

Im Rahmen der Promotion von Frau Klima wurden die experimentellen Arbeiten zur Erstarrung und zum Gefügeaufbau von SnZn9 und SnZnAl-Lotlegierungen auf Cu bzw. Cu/Ni/Au weitergeführt. Hierzu wurden an Testleiterplatten mit unterschiedlichen Lotvolumina Umschmelzversuche durchgeführt. Zur Erzeugung dieser unterschiedlichen Lotvolumina wurden unterschiedliche Pads mit 10 mm, 2 mm und 0,4 mm Durchmesser mit entsprechenden Lotfolien mit 400 µm Dicke belegt und umgeschmolzen. Abb. 3 zeigt die unter einem Lichtmikroskop betriebsfähige Umschmelzvorrichtung mit einer Testleiterplatte.

Die Schwerpunkte der Untersuchungen sind die Analyse des Erstarrungsverhaltens und die Beschreibung der intermetallischen Phasen an den Grenzflächen. Dazu werden die erzeugten Lotvolumina mittels REM, EDX, EBSD und Nanohärtemessungen orientierungsabhängig nach Herstellung und nach Alterungstests analysiert. Diese Ergebnisse werden dann mit realen Lötverbindungen dieser Lotlegierungen verglichen, um Hinweise zur Steigerung der Zuverlässigkeit dieser Lotgruppe zu gewinnen. Numerische Berechnungen zur Phasenbildung in SnZn-Systemen werden zukünftig von der Universität in Brünn, Tschechien, im Rahmen der COST-Aktivitäten durchgeführt. Diese numerischen

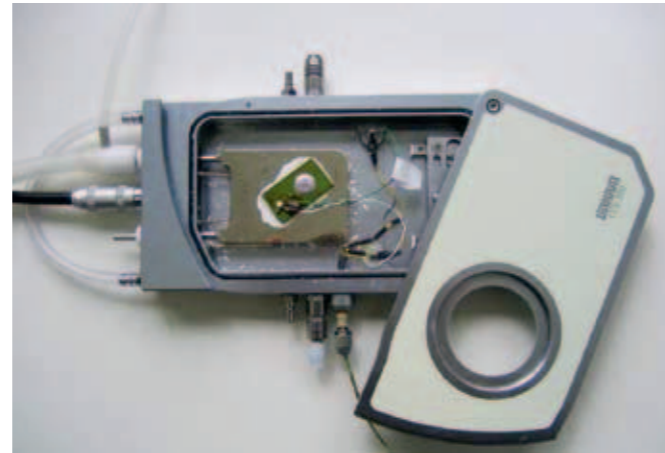


Abb. 3: Umschmelzeinrichtung mit Testleiterplatte (Länge ca. 15 cm).

Ergebnisse werden mit den experimentellen verglichen, um die Modellbildung zu optimieren.

**3. EBSD AKTIVITÄTEN**

Auch in 2009 und 2010 hat sich der Einsatz der EBSD-Technik zur Bestimmung der Korngröße, der Subkorngröße, der Kornorientierung, der Textur und der Phasenanalyse in metallischen Werkstoffen weiter durchgesetzt und ist ein weiterer Schwerpunkt im c<sup>2</sup>m geworden, der auch international anerkannt ist. Die o. g. Analysen werden in Form von Auftragsforschungen für externe Firmen durchgeführt, z. B. Fa. Plansse, Österreich; Fa. Bosch, Fa. Siemens.

Die HSA ist als einzige Fachhochschule bei den EBSD-Workshops der D-A-CH-Länder vertreten. So wurden die Ergebnisse der Diplomarbeit von Frau Luan Zhang beim Workshop 2009 in Chemnitz vorgestellt (Ermittlung optimaler Präparationsparameter für EBSD Messungen; L. Zhang, U. Corradi, Ch. Weippert). Als erste Hochschule für angewandte Wissenschaften im deutschsprachigen Raum war die Hochschule

Augsburg am 27. und 28. April 2010 Ausrichter des „EBSD Workshops“ des Arbeitskreises „Mikrostrukturuntersuchungen im Rasterelektronenmikroskop“ der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) und des Deutschen Verbandes für Materialforschung und -prüfung (DVM). Insgesamt 22 Referate boten den 85 Teilnehmern aus Industrie, Instituten und Hochschulen/Universitäten aus Deutschland, Österreich, Tschechien, Holland und der Schweiz Gelegenheit, sich über die neuesten Entwicklungen im Bereich der Methode EBSD-„Electron Backscatter Diffraction“ zu informieren.

**4. SONSTIGES**

Im Rahmen einer SHORT-TERM SCIENTIFIC MISSIONS (STSM) der EU COST-Action MP0602 besuchten Herr Prof. P. Svasta und Herr I. Plotog von der University POLITEHNICA of Bukarest, Rumänien, Prof. Dr. J. Villain vom 30.3.–5.4.2009. Der Zweck des Besuches war die Erarbeitung eines Projekts zur Erstellung, Verarbeitung und Qualifizierung hochschmelzender Lote, die mit Nanopartikeln vermischt werden sollen. Hierzu wurden Einführungen in spezielle Zuverlässigkeitstests und REM-Analysen durchgeführt. Ein weiterer Schwerpunkt war die Einarbeitung und weitere Abstimmung zur Nanohärtemessung von intermetallischen Phasen. Mit der Universität Bukarest ist die Einreichung eines FR7-Projektes auf den o. g. Gebieten, auch im Rahmen der COST-Aktion, geplant.

Ein COST- und gleichzeitiges WG2 Treffen wurde vom 27.–28.9.2009 in Sibiu, Rumänien, durchgeführt. Frau Klima stellte dort in diesem Zusammenhang erste Ergebnisse ihrer SnZn-Umschmelzuntersuchungen und der Phasenidentifikation mittels EBSD vor.

**VERÖFFENTLICHUNGEN 2009**

[1] Villain, J., Klima, S., Schmitz, G.: Structure simulation and experimental verification of a solidified lead free SnAgCu-solder alloy – First results, COST ACTION MP0602, 15.–17.4.2009, Bochum.  
 [2] Villain, J., Mueller, W., Saeed, U., Weippert, Chr., Corradi, U., Svetly, A.: Mechanical Behaviour of SAC-Lead Free Solder Alloys with Regard to the Size Effect and the Crystal Orientation, EMPC 2009, 15.–18.6.2009, Rimini, Italien.

[3] Zhang, L., Corradi, U., Weippert, Ch.: Ermittlung optimaler Präparationsparameter für EBSD Messungen; DGM-DVM AK-Treffen 2009 „Mikrostrukturuntersuchungen im REM“, EBSD-Workshop der D-A-CH-Länder, 18.–19.5.2009, Chemnitz.  
 [4] Villain, J., Saeed, U., Weippert, Chr., Corradi, U.: Mechanische Charakterisierung miniaturisierter Lötverbindungen, Deutsche IMAPS-Konferenz 2009, 27.–28.10.2009, München.  
 [5] Schmitz, G., Villain, J.: Preliminary Results on Phase-field Modelling of Solidification in Ternary Sn-Ag-Cu Coupled to Thermodynamic Databases and Comparison to Experimental Findings; CSSC 2010, The 2nd Int. Symp. of Cutting Edge of Computer Simulation of Solidification and Casting, Hokkaida University, 3.–5.2.2010, Sapporo, Japan.

**DISSERTATION**

Taufiq Hannach: Ermittlung von Lebensdauergleichungen von Coffin-Manson- und Morrowtyp für bleihaltige und bleifreie Weichlote durch Kombination von FE und Experiment; TU Berlin, 27.8.2009.

| Probe       | Streckgrenze [MPa] |            |
|-------------|--------------------|------------|
|             | Nanoindentation    | Zugversuch |
| β-Sn        | 17.84±1.5          | 9-14       |
| Sn-3Ag0.5Cu | 37.53±3            | 30.8±6.1   |
| Sn-3Ag0.9Cu | 43.66±6            | 30.2±8.8   |
| Sn-3Ag1.2Cu | 52.54±8            | 42.4±11.5  |

Tab. 1: Vergleich von Streckgrenzenmessungen an Zinn und SAC-Loten.

## „Programmiermodell eines Mikroprozessors“: Beitrag zum Taschenbuch Mikroprozessortechnik

Prof. Dipl.-Ing. Franz Haunstetter, Thorsten Höhnke, Hochschule Augsburg, Fakultät für Elektrotechnik



**Ansprechpartner:**

Prof. Dipl.-Ing.  
Franz Haunstetter

**Hochschule Augsburg**

Fakultät für Elektrotechnik  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

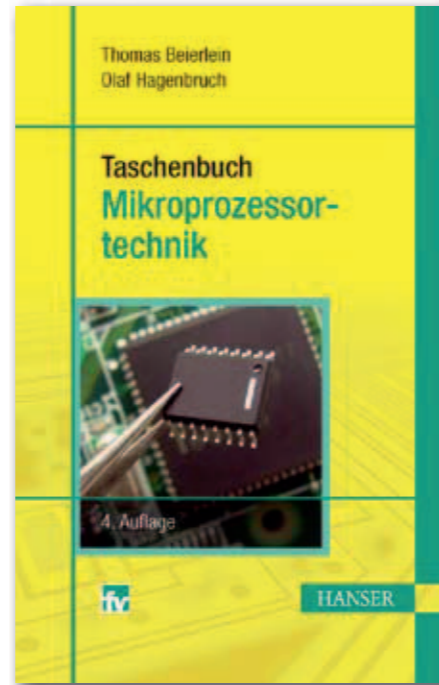
Telefon: (+49) 821 5586-3367  
Telefax: (+49) 821 5586-3360

franz.haunstetter@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**

Programmieren,  
Ingenieurinformatik,  
Digitaltechnik,  
Mikrocomputertechnik,  
Datentechnik

Für die vierte Auflage seines Taschenbuchs „Mikroprozessortechnik“ lässt der Fachbuchverlag Leipzig eine komplette inhaltliche Überarbeitung vornehmen, um der aktuellen technischen Entwicklung Rechnung zu tragen. Prof. Dipl.-Ing. Franz Haunstetter und Thorsten Höhnke, Mitglieder der Fakultät für Elektrotechnik an der Hochschule Augsburg, überarbeiten komplett das Kapitel vier, „Programmiermodell eines Mikroprozessors“. Insbesondere wird der Einfluss superskalärer RISC-Technologien auf die Programmierung stärker berücksichtigt, denn zwischenzeitlich wird der Markt bis in die unteren Leistungsklassen davon dominiert. An technischen Neuerungen wurden „Mixed Endian Support“ und die automatische Befehlsatzanpassung zur Speicherreduzierung und damit zur Verringerung der Leistungsaufnahme aufgenommen. Auf weitere interessante Entwicklungen mit hohem Potenzial wie „System on a Programmable Chip“ und die Multi-core Architekturen wird – aus drucktechnischen Gründen – in Form platzierter Hinweise eingegangen.



Taschenbuch Mikroprozessortechnik,  
Hanser Verlag, 4. Auflage, 2010.

## Internationale Messtätigkeiten 2009/2010

Prof. Dr.-Ing. Elmar Wagner, Hochschule Augsburg, Fakultät für Elektrotechnik

### A.) ARBEITSKREIS „GEMEINSAMER MESSESTAND“

Der Arbeitskreis hat folgende Aufgaben:

#### 1.) Festlegung der Messen, an denen der „Gemeinsame Messestand“ teilnimmt

Es sind dies ca. 12–14 Messen, wie z. B. 2009 die

#### CeBIT 2009

03.03. – 08.03.2009, Hannover

Trotz der Wirtschaftskrise fällt die Beurteilung der Aussteller auf dem Gemeinschaftsstand Bayern Innovativ auf der CeBIT 2009 ähnlich aus wie im Vorjahr. Das „konkrete Interesse für Ihr Exponat“ wird mit 2,64 sogar etwas besser beurteilt als 2008 (2,70). Die „Zukunftsträchtigen Kontakte“ werden mit 2,73 erstaunlicherweise auch etwas besser eingestuft als 2008 (2,86). Ebenso wird die „Qualität der Besucher“ deutlich besser beurteilt als im Vorjahr, dafür hat aber der „Allgemeine Besuch am Standplatz“ abgenommen, was für die Schlussfolgerung spricht, dass Firmen weniger Mitarbeiter für Messebesuche freistellen bzw. diesen weniger Zeit zur Verfügung steht, diese sich dafür aber besser vorbereiten. Die Schlussfolgerungen korrespondieren auch mit den Befragungen der FKM.

#### HANNOVER MESSE 2009

20.04. – 24.04.2009, Hannover

Insgesamt positiver Verlauf der Messe. Die meisten Aussteller haben sich über die erzielten Kontakte auf der Messe verhalten positiv geäußert. In Halle 4 hat der Besucherzulauf erwartungsgemäß dieses Jahr nachgelassen.

#### transport logistic 2009

#### SENSOR + TEST 2009

#### Intersolar 2009

#### IAA 2009

#### RENEXPO 2009 in Augsburg

#### BioTechnica 2009

06.10. – 08.10.2008, Hannover

15 Aussteller (2 Infotheken, 3 x STARTER, 8 x BUSINESS, 3 x PREMIUM), 120 m<sup>2</sup> Standfläche. Gemeinschaftsstand Logos auf Wunsch des StMWIVT

2 x Bayern Innovativ und 2 x Cluster Biotechnologie Bayern. Insgesamt positiver Messeverlauf. Allerdings würden die Aussteller fast ausnahmslos eine Rückkehr zum zweijährigen Turnus befürworten.

#### MATERIALICA 2009

13.10. – 15.10.2009, München

13 Aussteller (1 Infotheke, 3 x STARTER, 5 x BUSINESS, 4 x PREMIUM), 180 m<sup>2</sup> Standfläche.

Erste Resonanz der Aussteller sehr positiv. Die erstmals parallel durchgeführte eCarTec in der Nachbarhalle war sehr gut besucht und hat sich auch positiv auf die MATERIALICA ausgewirkt. Im Jahr 2010 kann durch die geänderte Hallensituation (Halle B6 – MATERIALICA und Halle B5 – eCarTec) die eCarTec mit beworben werden, da alle Besucher der eCarTec am Gemeinschaftsstand Bayern Innovativ vorbei gehen müssen.

#### Productronica 2009

10.11. – 13.11.2009, München

9 Aussteller (1 Infotheke, 1 x STARTER, 5 x BUSINESS, 2 x PREMIUM), 125 m<sup>2</sup> Standfläche.

#### MEDICA 2009

18.11. – 21.11.2009, Düsseldorf

32 Aussteller (1 Infotheke, 5 x STARTER, 8 x BUSINESS, 9 x PREMIUM), 198 m<sup>2</sup> Standfläche.

Gleiche Fläche in Halle 3 wie in den vergangenen Jahren. Diagonal gegenüber hat das Forum MedTech Pharma e.V. einen weiteren Gemeinschaftsstand organisiert.

#### SPS/IPC/DRIVES 2009

24.11. – 26.11.2009, Nürnberg

12 Aussteller (1 Infotheke, 5 x STARTER, 5 x BUSINESS, 2 x PREMIUM), 100 m<sup>2</sup> Standfläche.

#### CeBIT 2010

02.03. – 06.03.2010

Gleiche Fläche wie 2009 (255 m<sup>2</sup>). Die CeBIT ist auf 5 Tage gekürzt worden. Herr Perwitzschky legt 9 Bewerbungen vor. Herr Kern weitere 11 von Hochschulen, davon 3 Ausgründungen. Erstmals wird sich der neu eingerichtete CIO Bayern beteiligen. Damit ist Bayern auch im Bereich eGovernment vertreten. Der Messekreis beschließt, die Teilnehmer zuzulassen.



**Ansprechpartner:**

Prof. Dr.-Ing. Elmar Wagner

**Hochschule Augsburg**

Fakultät für Elektrotechnik  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3370  
Telefax: (+49) 821 5586-3360

elmar.wagner@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**

Elektrische Messtechnik,  
Entwurf und Konstruktion,  
Systems-Engineering,  
Grundlagen der Elektrotechnik

KLAUS GmbH & Co. KG · Schwangastr. 29 · 86163 Augsburg

# „Bauen ist unser Handwerk ...“

## HOCHBAU · TIEFBAU · BAUTRÄGER

Tel. 0821 / 2617 - 01 · www.klaus-gruppe.de · Weiss.Christiane@klaus-gruppe.de

**ANALYTICA 2010**

23.03. – 26.03.2010, München

26 Aussteller (2 Infotheken, 11 x STARTER, 8 x BUSINESS, 4 x PREMIUM), 195 m<sup>2</sup> Standfläche.

**HANNOVER MESSE 2010**

19.04. – 23.04.2010, Hannover

27 Aussteller (1 Infotheke, 4 x STARTER, 9 x BUSINESS, 11 x PREMIUM; 1 Sonderkonzept), 310 m<sup>2</sup> Standfläche.

Gleiche Fläche wie 2010. Staatsminister Herr Martin Zeil hat seinen Besuch für den 21. April 2010 zugesagt. Der Bayerntag wird auf diesen Termin gelegt.

Auch die Hannover Messe erfährt einen sehr guten Ausstellerzuspruch. Herr Perwitzschky legt 12 Bewerbungen vor und Herr Kern weitere 12 Bewerbungen von Hochschulen. Davon benötigt allein das Projekt LOLA (ein humanoider Roboter) bereits gut 50 m<sup>2</sup>. Grundsätzlich soll allen Ausstellern die Zusage erteilt werden, allerdings ist vor einer Zusage die Flächensituation durch Herrn Perwitzschky zu klären.

**SENSOR + TEST 2010**

18.05. – 20.05.2010, Nürnberg

12 Aussteller (1 Infotheke, 3 x STARTER, 4 x BUSINESS, 4 x PREMIUM), 96 m<sup>2</sup> Standfläche. Gleiche Fläche in Halle 12 wie in den vergangenen Jahren.

**2.) Planung und Festlegung der Teilnehmer aus Hochschulen, Universitäten und Wirtschaft in drei Standkategorien: Starter, Business und Premium.**

**3.) Festlegung eines neuen Standkonzeptes nach Vorlage mehrerer Angebote von Messebauern.**

**4.) Bekanntgabe des Finanzierungsrahmens durch das StMWIVT**

Die Mitglieder dieses Messekreises sind:

- Herr Dr. Sabathil, StMWIVT
- Herr Doenecke, StMWIVT
- Frau Eisvogel, StMWIVT
- Frau Nörr, IHK München
- Herr Harmsen, IHK Nürnberg
- Herr Dr. von Bülow, Handwerkskammer

- Herr Scheuermann, Reg. v. Mittelfranken
- Herr Prof. Dr. Wagner, Hochschule Augsburg
- Herr Kern, TUM
- Herr Perwitzschky, Bayern Innovativ
- Herr Friedrich, Plan 3 GmbH

**B) BETEILIGUNG DER FAKULTÄT FÜR ELEKTROTECHNIK DER HOCHSCHULE AUGSBURG AN DER IENA2009**

Traditionell nimmt unsere Hochschule seit vielen Jahren mit sehr großem Erfolg an dieser Messe teil. Die Fakultät für Elektrotechnik der Hochschule Augsburg zeigte im Jahr 2009 insgesamt fünf Exponate, die alle im Rahmen der Vorlesung „Systems Engineering 2 /EKON2“ entwickelt wurden.

In dieser Vorlesung wird versucht, alle Tätigkeitsfelder eines Ingenieurs schon in der Hochschule kennen zu lernen. So sollen die Studierenden den ganzen Parcours, beginnend mit einer Idee, bis hin zum fertig verpackten Produkt, einschließlich Marketing- und Werbekonzept, durchlaufen. Projektstufen sind zu erarbeiten, die im späteren Berufsleben zum Alltag eines Ingenieurs gehören.

Die ausgestellten Exponate im Einzelnen:

- 1.) Digitaler Wasserzähler für die Küche
- 2.) Überholassistent für Automobile „ÜAss“
- 3.) Lautstärkeregelung im Fahrzeuginnenraum „DLR09“
- 4.) Text-Audio-Konverter
- 5.) Hausnetz-Stromaus

Die Exponate „Überholassistent“ und „Lautstärkeregelung im Fahrzeuginnenraum“ wurden von einer internationalen Jury für hervorragende Leistung ausgezeichnet und die Goldmedaille den Studenten bei der Abschluss-gala überreicht.

Die Bilder 1–5 zeigen Szenen auf der Internationalen Erfindermesse IENA2009.

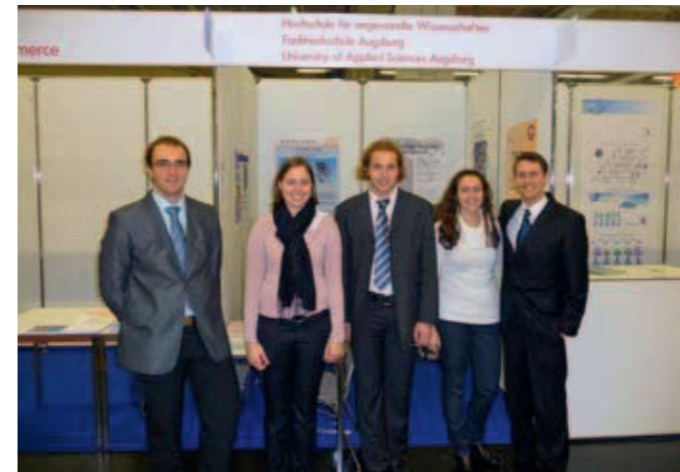


Abb 1: Team 2 repräsentiert die 5 Exponate von unserem Messestand.

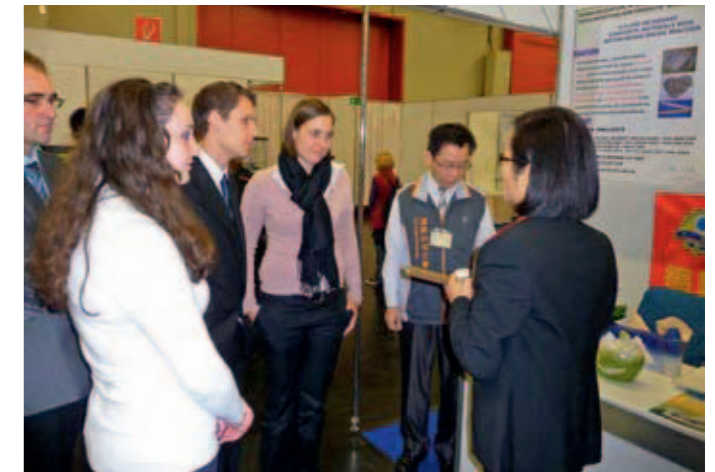


Abb 2: Augsburger Studenten/Studentinnen beim Messerundgang.



Abb 3: Die Spannung vor der Preisverleihung.



Abb 4: Die Verleihung der Goldmedaille.



Abb 5: Die Sieger mit den Goldmedaillen für unsere Hochschule.

**Die Exponate im Einzelnen:**

**Eine Silbermedaille erhielt das Exponat:**

**Digitaler Wasserzähler für die Küche**

Teammitglieder: Endres Christopher; Renger Fabian; Schuder Robert; Stempel Andreas.

Entworfen wurde ein digitaler Wasserzähler, der neben dem täglichen Wasserverbrauch auch als Dosiereinheit verwendet werden kann. Das netzunabhängige Gerät kann an jeden handelsüblichen Wasserhahn angeschlossen werden und gibt ein optisches Signal ab, wenn die voreingestellte Wassermenge abgegeben wurde. Die gewünschte Wassermenge wird dem Gerät über eine Eingabetaste in Schritten von 50 ml mitgeteilt.

**Vorteile des digitalen Wasserzählers:**

- Einfaches und genaues Abmessen der gewünschten Wassermenge
- Kein umständliches Hantieren mit Messbechern oder Ähnlichem
- Detaillierte Auskunft über den Wasserverbrauch an jedem einzelnen Wasserhahn

**Eine Goldmedaille erhielt das Exponat:**

**Überholassistent für Automobile: „ÜAss“**

Teammitglieder: Lübbers Felix; Mayr Josef; Ruf Jürgen; Ziebert Elisabeth.

Die Idee war, einen Überholassistenten als passives Fahrerassistenzsystem zu entwerfen, der dazu beitragen soll, die Zahl gefährlicher Frontalzusammenstöße zu verringern. Frontalzusammenstöße zwischen Fahrzeugen enden für die Insassen, von materiellen Schäden abgesehen, meist mit schweren gesundheitlichen Folgen oder im schlimmsten Falle, mit dem Tode. Die Ursache für einen Frontalzusammenstoß liegt oft darin, dass gerade beim Überholvorgang die Situation vom Fahrer falsch eingeschätzt wird. Besonders bei schlechten Sichtverhältnissen, wie etwa bei einbrechender Dämmerung, starkem Regen oder Nebel, werden oft riskante Überholmanöver gewagt.

Die beim Überholvorgang relevanten Parameter, die über den Erfolg des Überholmanövers entscheiden, sind die fahrzeugeigene verfügbare Beschleunigung, der Abstand zum entgegenkommenden Fahrzeug sowie dessen Geschwindigkeit und die Relativgeschwindigkeit zum zu überholenden Fahrzeug und dessen Länge. Der Überholassistent „ÜAss“ soll diese Parameter über Sensoren

erfassen und ein dynamisches Zeit-Wege-Modell erstellen. Anhand dieses Modells soll der Fahrer akustisch und visuell über sein Überholvorhaben informiert werden und im ungünstigsten Fall auch gewarnt werden, um einen Überholvorgang noch rechtzeitig abbrechen zu können, falls eine Kollisionsgefahr besteht.

Zur Abstands- und Geschwindigkeitsmessung sind Lasersensoren installiert. Die eigene Geschwindigkeit und die noch verfügbare Beschleunigung können aus dem Kennlinienfeld über das fahrzeugeigene Bussystem abgegriffen werden. Anhand permanenter Messungen und Online-Berechnungen können der Abstand und damit die Geschwindigkeit des entgegenkommenden Fahrzeugs ermittelt werden.

Das Team weist aber trotz der unterstützenden Elektronik darauf hin, dass auch weiterhin auf die Vernunft des Fahrers gebaut werden muss, um in Grenzsituationen Unfälle beim Überholen zu verhindern.

Als weiteres Feature soll der ÜAss auch bei Überholmanövern den toten Winkel über einen Radarsensor abdecken und über LEDs am linken Außenspiegel den Eintritt eines Fahrzeugs in den toten Winkel signalisieren. Weitere Entwicklungsstufen könnten zusätzlich GPS-Daten und die Car-to-Car-Kommunikation einbinden, um an kurvigen Streckenabschnitten nötige Daten zur Verfügung zu stellen.

**Eine weitere Goldmedaille erhielt das Exponat:**

**Lautstärkeregelung im Fahrzeuginneren: „DLR09“**

Teammitglieder: Fischer Maximilian; Kinlinger Stefan; Klein Alexander; Kusch Benjamin; Neufeld Alex.

Die Situation kennt jeder, sobald die hinteren Fahrzeugsitze besetzt sind, kommt sofort die Aufforderung: „Bitte das Radio leiser stellen“. Die Idee und das Projekt: „DLR09“ ist eine dynamische Lautstärkeregelung für den Fahrzeuginnenraum. Es wird die Lautstärke der hinteren Lautsprecher gesenkt, sobald sich Mitfahrer auf den hinteren Beifahrersitzen niedersetzen. Mit Hilfe von Drucksensoren, welche in die Sitze der Rückbänke integriert werden oder dort bereits eingebaut sind, wird ein Signal über den Fahrzeugbus (MOST-BUS) an das entwickelte Kommunikationssteuergerät gesendet. Dort wird entschieden, ob es sich um Erwachsene oder um Kinder handelt und entsprechend der Vorgaben die Lautstärke reduziert oder die hinteren Lautsprecher ganz abgeschaltet. Wenn sich keine Mitfahrer auf den

hinteren Fahrzeugsitzen befinden, kann der Fahrer, ohne irgendeine Einstellung zu verändern, weiter den gewünschten optimalen Surround-Sound genießen.

**Eine Silbermedaille erhielt das Exponat:**

**Text-Audio\_Konverter „TAK“**

Teammitglieder: Metzger Kris; Fendt Elias; Mädler Michael; Nkopchieu George.

Bei dem Projekt Text-Audio-Konverter „TAK“ handelt es sich um ein kompaktes, handliches Gerät, ähnlich einem MP3-Player. Zusätzlich zur normalen MP3-Wiedergabe können PDF- und Textdokumente gespeichert und im Audio Format wiedergegeben werden.

Anwendung findet dieses Gerät bei sehgeschwächten Menschen, die somit die Möglichkeit haben, z. B. Bücher, E-Mails, Zeitungen eigentlich alle Textdateien an jedem beliebigen Ort vorgesprochen zu bekommen. Mit einer einfachen Bedienung über eine Start/Stopptaste, einen Rückwärts/Vorwärts-Kippschalter, eine Hold-Funktions-Taste und einem Lautstärkeregel am Kopfhörerkabel wird dem angesprochenen Menschenkreis die Möglichkeit geboten auf einfachste Weise an der aktuellen, wortgebundenen Kommunikation teilzuhaben. Die Speicherung der Daten wird über eine austauschbare SD-Karte realisiert. Über einen Mini-USB-Anschluss können jegliche Arten von Firmware Updates aufgespielt werden.

**Hausnetz-Stromaus**

Teammitglieder: Kamwa Andre; Geiger Joachim; Sattler Peter; Sikora Mattias; Sterk Peter.

Das Team hatte die Idee zu einem Projekt, in dem man sich folgende Szene vorstellt. Ich gehe aus dem Haus und frage mich nach der nächsten Kreuzung: „Habe ich alle Geräte ausgeschaltet, habe ich den „Strom“ abgeschaltet?“

Die hierzu entwickelte Steuerung ist in der Nähe des Hauseinganges angebracht und meldet nach dem Schließen der Haustüre über Funk an alle ausgewählten Steckdosen „Strom aus“. Das System arbeitet ähnlich wie die bekannten fernsteuerbaren Steckdosenadapter, nur mit dem Unterschied, dass das Abschalten der Steckdosen mit dem Schließen der Haustüre verknüpft ist. Neben dem reinen Sicherheitsaspekt bringt auch das Stromsparen einen Vorteil. Aufgrund einer Marktanalyse soll ein Basispaket mit drei Steckdosenadaptern und einer Haustürsteuerung zu einem optimalen Verkaufserfolg führen.



**Und jetzt zur Praxis -  
in einem Unternehmen des  
Bayerischen Baugewerbes.**

**In Schwaben in einem unserer  
600 Mitgliedsbetriebe.**



Das Bayerische Baugewerbe  
Geschäftsstelle Schwaben  
Stätzlinger Str. 111/ Toblacher Str. 3  
86165 Augsburg

Tel.: 0821/3 46 94-0  
Fax: 0821/3 46 94-30  
E-Mail: info@lbb-schwaben.de  
www.lbb-schwaben.de

www.lbb-schwaben.de



**Passivhaus-zertifizierte Fassaden.**

Als **erster Systemanbieter** überhaupt wurde RAICO mit dem Passivhaus-Zertifikat in den Fassadenvarianten Aluminium, Holz und Stahl ausgezeichnet.

Damit erfüllt das Systemhaus das **Passivhaus-Behaglichkeitskriterium** von  $U_{cw} = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Weitere Informationen erhalten Sie auf unserer Internetseite.



**RAICO**  
Wir zeigen Profil.

www.raico.de

## Fachgebiet Energie Effizienz Design und Bauklimatik: Forschungsprojekte in den Themenbereichen Belüftung und Behaglichkeit in Klassenräumen und Arbeitsschutz und Raumklima am Arbeitsplatz

Prof. Dr.-Ing. Runa Tabea Hellwig, Hochschule Augsburg, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen



**Ansprechpartnerin:**  
Prof. Dr.-Ing.  
Runa Tabea Hellwig

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät Architektur und  
Bauingenieurwesen  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3611  
Telefax: (+49) 821 5586-3110  
runa.hellwig@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
Energie Effizienz Design,  
Bauklimatik

**Mitarbeit in Ausschüssen  
und Arbeitsgruppen:**

Vorsitzende der Arbeitsgruppe  
„Raumklima und Behaglichkeit“  
des Fachinstitutes Gebäude-  
Klima e.V.

Sachverständige in der  
Arbeitsgruppe Lüftung/  
Raumtemperatur des Aus-  
schusses für Arbeitsstätten

### 1. FORSCHUNGSPROJEKTE IM THEMENBEREICH BELÜFTUNG UND BEHAGLICHKEIT IN KLASSENÄUMEN

Bei der Sanierung von Schulen besteht nicht nur die Chance die Energieeffizienz der Schulgebäude zu erhöhen, sondern gleichzeitig auch das Raumklima in Klassenräumen im Vergleich zur derzeitigen Situation zu verbessern. Klassenräume weisen im Vergleich zu anderen Innenräumen oft eine sehr schlechte Luftqualität auf. Jeder hat die Erfahrung gemacht, dass die Luft einen abgestandenen Eindruck macht, wenn der Klassenraum nach einer Pause oder morgens von draußen kommend betreten wird. Es wird in der Regel kurz gelüftet, um danach mit dem Unterricht zu beginnen. Bei höheren Außentemperaturen bleibt das Fenster dabei geöffnet, bei tieferen Außentemperaturen wird das Fenster wieder geschlossen. Da sich in einem Klassenraum sehr viele Personen in einem Raum aufhalten, wird die Luftqualität dann schnell wieder schlecht. Diese Verschlechterung wird durch die sogenannte Adaptation des Geruchssinns von den sich im Raum aufhaltenden Personen nicht wahrgenommen. Die Verschlechterung der Raumluftqualität kann jedoch messtechnisch erfasst werden, indem die Konzentration von Kohlendioxid als Indikator für die Raumluftqualität im Raum gemessen wird. Je schlechter die Luftqualität desto höher ist die Kohlendioxidkonzentration im Raum. Forschungsprojekte im Bereich Bauklimatik sollen klären, welche Lüftungsmaßnahmen sich für die Anwendung in Klassenräumen eignen.

#### 1.1 HEIZENERGIEEINSPARUNG, THERMISCHE BEHAGLICHKEIT UND GUTE LUFTQUALITÄT IN SCHUL- GEBÄUDEN DURCH HYBRIDE LÜFTUNGSTECHNIK

Im Auftrag des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik: Arbeiten zur Verbundprojektkoordinierung, Auswertung und zum Wissenstransfer im Rahmen des Verbundvorhabens gefördert am Fraunhofer-Institut für Bauphysik durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie/ Projektträger Jülich unter dem Aktenzeichen 0327387A.

#### Projektbeschreibung

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie fördert ein Verbundvorhaben am Fraunhofer-Institut für Bauphysik, in dem hybride Lüftungstechnik und ihr Potential zur Verbesserung der Luftqualität bei guter

thermischer Behaglichkeit und geringem Energieverbrauch untersucht wird. In einer Freilandversuchseinrichtung am Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Bild 1) wird automatisch unterstützte Fensterlüftung untersucht. Bisherige Untersuchungen zeigen, dass hybride Lüftung mit einer automatischen Unterstützung der Fensterlüftung die Häufigkeit von schlechter Innenluftqualität in Schulen minimieren kann. Hierbei ist



Bild 1: Außen- und Innenansicht des Freilandversuchsstandes „Schulhaus“ am Fraunhofer-Institut für Bauphysik. © Hellwig/ Fraunhofer IBP

die Anordnung der dezentralen Zuluftöffnungen in der Fassade eine der kritischsten Systemeigenschaften.

Die geringste Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen wie Außentemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit zeigen Schwingflügel, aber auch bei Kippflügeln ist die Abhängigkeit von der Witterung gering, wenn zwei Fensterreihen übereinander geöffnet werden. Bei beiden Gruppen ist der Einfluss der Variante – also welche Kippflügel geöffnet werden oder wie weit ein Fensterflügel geöffnet wird – dominanter als der Einfluss der Witterung. Werden dagegen Kippflügel nur in einer Fensterreihe geöffnet, zeigen sowohl die Luftqualität als auch die Raumlufttemperatur eine größere Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit als von der Öffnungsweite oder Öffnungshöhe. Dies ist für automatisch geregelte Fensterlüftung ungünstig, da in einem solchen Fall mit der Öffnungsweite als Stellglied nur noch begrenzt das Raumklima beeinflusst werden kann. Zwei getrennte Öffnungen für Zu- und Abluft in der Fassade erzeugen also einen stabileren weniger schwankenden Luftvolumenstrom.

Zusätzlich wird ein Regelungskonzept erarbeitet, das die Fensterstellung in Abhängigkeit von den Außenwitterungsparametern so beeinflusst, dass sowohl die thermische Behaglichkeit als auch eine ausreichende Luftqualität gewährleistet sind. Die Ergebnisse der Untersuchungen mit einem Fuzzy-Regler im Freilandversuchsstand am Fraunhofer Institut für Bauphysik zeigen, dass Fuzzy-Logik eine Möglichkeit für die Automatisierung bietet. Die Zielgrößen Luftqualität und Raumtemperatur konnten ausreichend und stabil geregelt werden.

#### 1.2 VERGLEICH VON LÜFTUNGSKONZEPTEN FÜR KLASSENÄUME MITTELS THERMISCHER GEBÄUDE- SIMULATION

Im Auftrag des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik: Arbeiten zur Projektkoordinierung, Konzeption des Gutachtens und zur Auswertung im Rahmen eines von der Stadt München am Fraunhofer-Institut für Bauphysik beauftragten Gutachtens.

#### Projektbeschreibung

Derzeit wird eine Reihe von Schulen mit Anlagen zur maschinellen Lüftung ausgestattet. Da dies mit hohen Investitionskosten verbunden ist, stellt sich die Frage, wie sich die energetischen Vorteile und Vorteile

hinsichtlich der Behaglichkeit darstellen lassen. Bisher werden Bewertungen solcher Art mittels Berechnung nach DIN V 18599 durchgeführt. Um jedoch Einflüssen schneller Lastwechsel und der Kumulation von äußeren und inneren Lasten bei der Klassenraumnutzung besser Rechnung tragen zu können, soll mit Hilfe der thermischen Gebäudesimulation die Frage geklärt werden, welche Lüftungskonzepte sich für Klassenräume eignen, zu einer guten Luftqualität (CO<sub>2</sub>-Konzentration) und einer hohen Energieeffizienz führen. Aus den Untersuchungen sollen Hinweise für die Belüftung von Schulen im Neu- und Altbau abgeleitet werden.

#### 1.3 MESSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG EINES SCHACHTLÜFTUNGSSYSTEMS IN EINER GRUNDSCHULE

Im Auftrag der Stadt München

#### Projektbeschreibung

Heute werden Klassenräume hauptsächlich über Fenster gelüftet. Um 1900 jedoch wurden sogenannte Schachtlüftungssysteme in Schulgebäude eingebaut. Dabei wird ohne Ventilatoren, die natürlichen Auftriebskräfte nutzend, ein Luftaustausch im Klassenraum realisiert. Dazu erhielt jeder Klassenraum eine Zuluftöffnung im unteren Wandbereich, durch die frische Luft von außen in den Klassenraum gelangt. Die verbrauchte Luft strömt im oberen Bereich des Klassenraums wieder durch eine Abluftöffnung hinaus und wird im Schacht bis ins Dachgeschoss geführt. Es gibt auch Varianten, die nur einen Abluftschacht besitzen, wobei die frische Luft durch die Ritzen und Fugen in den Fenstern nachströmt.

Die Stadt München möchte wissen, ob die historischen natürlichen Lüftungssysteme ein Potential für die Verbesserung der Luftqualität in Klassenräumen bieten. Darum hat die Stadt München in einer Grundschule (Bild 2) in zwei Klassenräumen solch ein historisches System mit Zuluftöffnung und Abluftöffnung wiederhergestellt. Die frische Luft gelangt vom Schulhof über neu installierte Lüftungskanäle in die Klassenräume. Ein weiterer Klassenraum, der untersucht wird, ist nur mit einem Abluftschacht ausgestattet. Diese Situation findet sich in einigen Klassenräumen der Schule. Das Fachgebiet Energie Effizienz Design und Bauklimatik der Hochschule Augsburg untersucht für die Stadt München die Lüftungssituation in diesen Klassenräumen messtechnisch. Um einen Vergleich zur



Bild 2: Untersuchte Schule (Baujahr 1897) und historische Abluftschächte im Dachraum der Schule. (© Sedlmeier/ Hellwig/ Hochschule Augsburg)

Luftqualität in ausschließlich über Fenster belüfteten Räumen zu haben, werden auch in einem fensterge-  
lüfteten Raum Messungen durchgeführt. Ein weiterer  
Raum dient ebenfalls als Vergleichszimmer für den Fall  
mit nur einem Abluftschacht.

## 2. FORSCHUNGSPROJEKTE IM THEMENBEREICH ARBEITSSCHUTZ UND RAUMKLIMA AM ARBEITSPLATZ

### 2.1 BEWERTUNG DER HITZEBEANSPRUCHUNG BEI ERHÖHTEN AUSSENTEMPERATUREN IN ARBEITSRÄUMEN

Im Auftrag des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik:  
Arbeiten zur Projektkoordinierung, zum Versuchsdesign  
und zur Versuchsauswertung im Rahmen des von der  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
am Fraunhofer-Institut für Bauphysik beauftragten  
Projektes.

#### Projektbeschreibung

Infolge der globalen Erwärmung ist zukünftig auch in  
Deutschland an Arbeitsplätzen, die bisher keiner Hitze  
ausgesetzt waren, mit einer erhöhten Hitzebelastung  
zu rechnen. Aus der Sicht des Arbeitsschutzes muss  
frühzeitig auf derartige Veränderungen reagiert werden

und es sind Maßnahmen anzubieten. Die Arbeitsstätten-  
verordnung fordert während der Arbeitszeit unter Be-  
rücksichtigung der Arbeitsverfahren, der körperlichen  
Beanspruchung der Beschäftigten und des spezifischen  
Nutzungszwecks des Raumes eine „gesundheitlich  
zuträgliche Raumtemperatur“. Bei einer sommerlichen  
Hitzeperiode kann in nichtklimatisierten Räumen eine  
behagliche Innentemperatur nicht immer gewährlei-  
stet werden. In der Folge müssen auch Einbußen bei  
der Leistungsfähigkeit bedingt durch das verminderte  
Wohlbefinden und die erhöhte Beanspruchung berück-  
sichtigt werden.

Ziel des Projektes ist die Konkretisierung von  
Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Beschäf-  
tigten in Arbeitsräumen mit geringem betriebstechnisch  
bedingtem Wärmeeinfluss wie z. B. Büros bei erhöhten  
Außentemperaturen. Am Beispiel des Büroarbeitsplatzes  
sollen die mit hohen Raumtemperaturen zu erwartenden  
Leistungseinbußen quantifiziert werden. Die Leistungs-  
fähigkeit wird unter den Bedingungen eines möglichst  
realen Büroarbeitsplatzes untersucht. Die abgeleiteten  
Maßnahmen sollen in einer betrieblichen praxisorien-  
tierten Handlungshilfe dokumentiert werden.

### 2.2 GUTACHTEN ZUR BEWERTUNG VON ZUGERSCHEINUNGEN IM ATRIUM EINES HOCHHAUSES

Im Auftrag des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik:  
Arbeiten zur messtechnischen Konzipierung und Ergeb-  
nisbewertung im Rahmen eines am Fraunhofer-Institut  
für Bauphysik beauftragten Gutachtens.

#### Projektbeschreibung

Im Bereich des Atriums des Neubaus eines Bürohoch-  
hauses wird über Zugerscheinungen an Arbeitsplätzen  
des Empfangs berichtet. Diese scheinen überwie-  
gend dann aufzutreten, wenn der Haupteingang des  
Gebäudes geöffnet ist. Für diesen Fall werden auch  
an anderen Stellen innerhalb des Gebäudes Zugluft-  
erscheinungen beobachtet. Durch messtechnische  
Untersuchungen werden die Ursachen und die Aus-  
wirkungen der Zuglufterscheinungen auf die Behag-  
lichkeit und die Nutzbarkeit des Atriums geklärt und  
Maßnahmen zur Verminderung der Zuglufterschei-  
nungen erarbeitet.

#### Veröffentlichungen

- [1] Olesen, B.W.; Hellwig, R.T. (2009): Hygienische  
Grundlagen. Ergänzungen. In: Recknagel/ Spre-  
nger/ Schramek: Taschenbuch für Heizung + Klima-  
technik 2009/ 2010. München, Oldenbourg.
- [2] Hellwig, R.T.(2009): Wechselwirkungen anderer  
Größen mit der thermischen Behaglichkeit. Neube-  
arbeitung. In: Recknagel/Sprenger/Schramek: Ta-  
schenbuch für Heizung + Klimatechnik 2009/2010.  
München, Oldenbourg.
- [3] Hellwig, R. T.; Müller, D.; Steiger, S.; Eggers, I.;  
Matthes, P.; Wildeboer, J. (2009): Innovative Belüf-  
tung von Klassenräumen – Hybride Lüftungstech-  
nik. In: Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Hrsg.):  
Tagungsband zum Kongress Zukunftsraum Schule  
Schulgebäude nachhaltig gestalten und Vortragsfoli-  
en, Stuttgart, 3.–4. November 2009.
- [4] Hellwig, R.T., Antretter, F., Holm, A., Sedlbauer, K.  
(2009): Die raumklimatische Situation in Schulen –  
Anforderungen und Realität. In: Fraunhofer-Institut  
für Bauphysik (Hrsg.): Tagungsband zum Kongress  
Zukunftsraum Schule Schulgebäude nachhaltig  
gestalten und Vortragsfolien, Stuttgart, 3.–4. No-  
vember 2009.
- [5] Steiger, S.; Hellwig, R.T. (2009): Hybride Lüftung

für Schulräume – Automatisierte Fensterlüftung.  
Tagungsband Deutsche Kälte-Klima-Tagung 2009,  
Berlin, 18.–20. November 2009, Beitrag IV.10.

- [6] Hellwig, R.T. (2010): Klasse(n)-Raumklima ist plan-  
bar – Verbesserung von Luftqualität, thermischem,  
visuellem und akustischem Raumklima in Schulen.  
Ernst und Sohn-Special, Schulen und Kindertages-  
stätten, April 2010, S. 113–118.
- [7] Hellwig, R.T. (2010): How to improve the indoor  
climate in classrooms? Proceedings of Conference:  
Adapting to Change: New Thinking on Comfort  
Cumberland Lodge, Windsor, UK, 9.–11. April  
2010. London: Network for Comfort and Energy  
Use in Buildings, <http://nceub.org.uk>.
- [8] Hellwig, R.T.; Steiger, S. (2010): Improving Indoor  
Air Quality in Schools Using Automated Window  
Ventilation. Proceedings of Clima 2010 Conference,  
Antalya, 9.–12. Mai 2010, paper 559.
- [9] Hellwig, R.T. (2010): Hygiene und Komfort in Un-  
terrichtsräumen – Wie sollen wir lüften? Regierung  
Oberbayern/ TU München (Hrsg.): Tagungsband  
„Zukunft Schule – Rolle der Technik bei Neubau  
und Sanierung“, München 16. Juni 2010.
- [10] Steiger, S.; Wellisch, U.; Hellwig, R.T. (2010):  
Untersuchung der Eignung verschiedener Fassaden  
für automatisierte Fensterlüftung in Schulen mit  
einem Entscheidungsbaumverfahren. Bauphysik 32,  
Heft 4. August 2010.
- [11] Hellwig, R.T. (2010): Raumklimatische Planungs-  
grundlagen für Klassenräume. Bauphysik 32, Heft  
4. August 2010.
- [12] Urlaub, S.; Hellwig, R.T.; Treeck, C.v.; Sedlbauer,  
K.(2010): Möglichkeiten und Grenzen bei der  
Modellierung von Einflussfaktoren auf die mensch-  
liche Leistungsfähigkeit. Wien, BAUSIM 2010,  
22.–24.September 2010, Paper angenommen.

#### Vorträge

- [1] Hellwig, R.T.: Innovative Belüftung von Klas-  
senräumen – Hybride Lüftungstechnik. Kongress  
Zukunftsraum Schule Schulgebäude nachhaltig  
gestalten, Stuttgart, 3.–4. November 2009.
- [2] Hellwig, R.T.: Die raumklimatische Situation in  
Schulen – Anforderungen und Realität. Kongress  
Zukunftsraum Schule Schulgebäude nachhaltig  
gestalten, Stuttgart, 3.–4. November 2009.

- [3] Hellwig, R.T.: How to improve the indoor climate in classrooms? Windsor Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort Cumberland Lodge, Windsor, UK, 11. April 2010.
- [4] Hellwig, R.T.: Improving Indoor Air Quality in Schools Using Automated Window Ventilation. Clima 2010 Conference, Antalya, 10. Mai 2010.
- [5] Hellwig, R.T.: Das Verbundprojekt Hybride Lüftung in Schulen: Ziele und besondere Randbedingungen in Schulen. Holzkirchen, „Symposium Innovative Lüftungstechnik in Schulen“ am Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 17. Mai 2010.

- [6] Hellwig, R.T.: Hygiene und Komfort in Unterrichtsräumen – Wie sollen wir lüften? Tagung der Regierung Oberbayern/ TU München „Zukunft Schule – Rolle der Technik bei Neubau und Sanierung“, München 16. Juni 2010.

## Aus der Holzbaunormung: „Neue“ DIN 1052 und EUROCODE 5

Prof. Dr.-Ing. François Colling, Hochschule Augsburg, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen

Die „neue“ Holzbaunorm DIN 1052:2004-08 ist eigentlich gar nicht mehr so neu: Bereits seit über vier Jahren darf man nach dieser Norm rechnen! Die Koexistenzphase mit der „alten“ DIN 1052:1988-04 wurde (hoffentlich) zum letzten Mal bis zum 30. Juni 2009 verlängert, ab dann muss man mit der „neuen“ DIN 1052 rechnen. Doch damit nicht genug. Der neue EUROCODE 5 (DIN EN 1995-1-1:2008-09) wurde kürzlich verabschiedet und veröffentlicht, der zugehörige Nationale Anhang wird zurzeit fertig gestellt. Derzeit ist anvisiert, dass der EUROCODE 5 (kurz: EC 5) die „neue“ DIN 1052 im Jahre 2010 ablösen soll: Die Nationalen Normen müssen dann zurückgezogen werden! Höchste Zeit also, sich mit den neuen Normenwerken auseinanderzusetzen.

### 1. DIN 1052:2008-12

Die erste Fassung der „neuen“ Holzbaunorm DIN 1052:2004-08 erschien im August 2004. Zwischenzeitlich wurden einige Änderungen erforderlich, die im Rahmen des sog. „A1-Papiers“ (DIN 1052/A1:2004-08) festgelegt wurden. Diese wurden in den Normtext eingearbeitet, so dass eine „konsolidierte“ und somit lesbare Fassung der Norm als DIN 1052:2008-12 veröffentlicht wurde.

In Abschnitt 5 werden einige markante Neuerungen der „neuen“ DIN 1052 beschrieben.

Nachfolgend soll kurz auf einige Punkte eingegangen werden, die im Zusammenhang mit der neuen DIN immer wieder zu hören sind.

#### 1.1 WARUM ÜBERHAUPT EINE NEUE DIN 1052?

Das Konzept der zulässigen Spannungen gilt als veraltet. Nicht nur die Europäischen Bemessungsnormen (EUROCODEs) basieren auf einem neuen Sicherheitskonzept, sondern auch die deutschen Bemessungsnormen für Stahlbau und Stahlbetonbau.

Der Holzbau lief somit Gefahr, in eine Außenseiterrolle gedrängt zu werden (von der Verwirrung bei den Anwendern ganz zu schweigen). Eine Anpassung an die anderen Baustoffe und die EUROCODEs und damit auch eine Vereinheitlichung der Bemessung war daher unvermeidbar und überfällig.

#### 1.2 DIE „NEUE“ DIN 1052 ...

##### ... ist aktuell und vollständig

In die „neue“ DIN 1052 haben neueste Forschungsergebnisse Eingang gefunden, so dass die neue Holz-

baunorm den aktuellen Stand der Technik umfassend beschreibt.

In der „alten“ DIN 1052 war eine Vielzahl von Themen nicht geregelt, so dass man sich nicht selten mit Artikeln aus Fachzeitschriften behelfen musste, um Hinweise auf eine mögliche Bemessung zu erhalten. Danach musste man hoffen, dass der Prüfenieur diese Fachartikel dann auch akzeptierte.

##### ... ist innovativ

In der „neuen“ DIN 1052 wurden neue Baustoffe verankert, wie z. B. OSB-Platten, Gipskartonplatten oder Brettsperthölzer.

Darüber hinaus wurden Regelungen aufgenommen, die dazu beitragen können, neue Einsatzbereiche zu erschließen. Als Beispiele hierzu seien Querschnittsverstärkungen oder Vollgewindeschrauben genannt.

##### ... ist realitätsnäher

Manchen Nachweisen wurden neue Rechenmodelle zugrunde gelegt, die das Tragverhalten von Bauteilen und Verbindungen realistischer beschreiben, als dies bisher der Fall war.

Als Beispiel hierzu sei eine Nagelverbindung aufgeführt: Nach „alter“ Norm trägt ein Nagel immer gleich viel, egal welche Stahlgüte für den Nagel verwendet oder in welches Holz er eingeschlagen wird.

In der „neuen“ DIN 1052 wurde ein mechanisches Modell verankert, welches diese Unlogik beseitigt: Die Tragfähigkeit eines stiftförmigen Verbindungsmittels ist nun abhängig von der Stahlgüte des Stiftes und der Rohdichte des Holzes.

Dass dies zu Lasten der Einfachheit geht, dürfte wohl jedem einleuchten.

##### ... ist rechenaufwendiger

Die Bemessung nach „neuer“ DIN 1052 ist ohne Zweifel deutlich rechenintensiver als nach „alter“ Norm.

Dies ist aber nur zum Teil durch die angesprochenen realistischeren Rechenmodelle bedingt, denn einen nicht unwesentlichen Anteil daran hat auch die Lastseite mit der Berechnung der maßgebenden Einwirkungen. Diese ist aber für alle Baustoffe gleich.

Es ist aber abzusehen, dass mit den neuen Bemessungsnormen eine Bemessung „per Hand“ die Ausnahme darstellen wird.



**Ansprechpartner:**

**Prof. Dr.-Ing.  
François Colling**

**Hochschule Augsburg**

Fakultät für Architektur und  
Bauingenieurwesen  
Kompetenzzentrum  
Konstruktiver Ingenieurbau  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3109  
Telefax: (+49) 821 5586-3136  
colling@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de


**Fachgebiete:**

Holzbau, Baustatik

**Mitgliedschaft:**

Sachverständigen-Ausschuss  
„Holzbau“ des Deutschen Insti-  
tuts für Bautechnik (DIBt)

**Spezialtiefbau mit Begeisterung**  
Eines der führenden Spezialtiefbauunternehmen Deutschlands seit 25 Jahren am Markt.

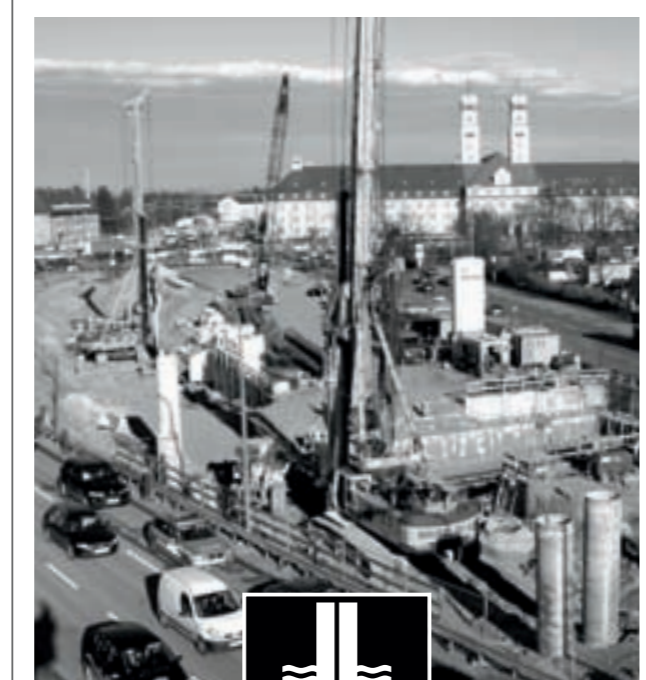


**PST**  
SPEZIALTIEFBAU SÜD

www.pst-sued.de

PST Spezialtiefbau Süd GmbH  
Affinger Straße 1  
86167 Augsburg  
Telefon 0821 70016-0  
Telefax 0821 70016-14  
info.augsburg@pst-sued.de

**Begeistert für Fortschritt**



**BAUER**

BAUER Aktiengesellschaft • 86529 Schrobenhausen • www.bauer.de  
Telefon 08252 97-0 • Telefax 08252 97-1359



### ... bringt nichts?

Es wird immer wieder beklagt, dass die „neue“ Norm keinen wirtschaftlichen Vorteil bringt. Für den zimmermannsmäßigen Holzbau wird sich in der Tat nicht viel ändern. Für den Bereich des Ingenieurholzbaus sieht es allerdings günstiger aus: Dieser kann von vielen der neuen Regelungen profitieren.

### 1.3 VORBEREITUNG AUF DEN EC 5

Ein weiterer Nutzen, dem viel zu wenig Beachtung geschenkt wird, liegt darin, dass mit den intensiven Arbeiten zur „neuen“ DIN 1052 wichtige Grundlagen dafür geschaffen wurden, dass der Holzbau in Deutschland vom EC 5 nicht einfach „überrollt“ wird.

So konnten zum einen die Inhalte des EC 5 beeinflusst werden, zum andern konnten Bemessungsregeln festgelegt werden, die über die des EC 5 hinausgehen (siehe hierzu auch Abschnitt 3.3 zum Thema Nationale Anhänge).

Ohne die „neue“ DIN 1052 hätte es somit keinen „akzeptablen“ EC 5 gegeben.

### 2. EUROCODE 5 (EC 5)

Mit DIN EN 1995-1-1:2008-09 wurde die vorerst letzte Fassung des EUROCODE 5 (EC 5) veröffentlicht. Diese basiert auf dem EC aus dem Jahre 2004 mit den zwischenzeitlich vorgenommenen Änderungen (EC 5/A1:2008).

### 2.1 WARUM ÜBERHAUPT EIN EC 5?

Ein erklärtes Ziel der Europäischen Union (EU) besteht darin, einen freien Personen- und Warenverkehr innerhalb der Mitgliedsstaaten zu ermöglichen. Dieses Ziel wird behindert, solange in den Mitgliedsstaaten (Bau-)Produkte unterschiedlich geregelt und – wenn auch nur indirekt – unterschiedlich bemessen werden.

Daher wird in zahlreichen Normungsausschüssen eine Vielzahl von Europäischen Produktnormen erarbeitet, die gewährleisten sollen, dass (Bau-)Produkte künftig einheitlich geregelt werden.

Gleichzeitig werden die sog. EUROCODEs erarbeitet, mit denen eine einheitliche Bemessung in allen Mitgliedsstaaten erreicht werden soll. Folgende EUROCODEs gibt es:

- EC 0: Grundlagen
- EC 1: Einwirkungen
- EC 2: Betonbau
- EC 3: Stahlbau
- EC 4: Verbundbau
- EC 5: Holzbau
- EC 6: Mauerwerksbau
- EC 7: Grundbau
- EC 8: Erdbeben
- EC 9: Aluminiumbau

Sind alle ECs abgeschlossen und eingeführt, so besteht für die Mitgliedsstaaten die Verpflichtung, die nationalen Normen zurückzuziehen. Vom Europäischen Normungskomitee (CEN) war als spätestes Zurückziehungsdatum der nationalen Bemessungsnormen der 31.03.2010 vorgesehen. Seitdem darf nur noch nach den ECs bemessen werden.

### 2.2 EC 5 IST NUR EINE „RUMPFNORM“

Der EC 5 stellt nur ein Grundgerüst mit einer gewissen Anzahl an behandelten Themen dar. Im Vergleich zur „neuen“ DIN 1052 werden im EC 5 u. a. für die nachfolgend aufgeführten Bereiche *keine* Bemessungsregeln angegeben:

- Flächentragwerke (z.B. Brettsperrholz),
- unverstärkte Durchbrüche,
- Querkzugverstärkungen bei Queranschlüssen, Ausklinkungen, Durchbrüchen und gekrümmten Trägern,
- einseitig beanspruchte Zugstäbe (siehe Abschnitt 4.2.2),
- vereinfachte Bemessungsregeln für stiftförmige Verbindungsmittel,
- Fehlflächen  $\Delta A$  von Dübeln besonderer Bauart,
- Hirnholzanschlüsse mit Dübeln besonderer Bauart,
- Blockverklebungen,
- geklebte Verbindungen, wie z.B. Schraubenpressklebung, eingeklebte Stahlstäbe, geklebte Tafелеlemente, Universalkleimverbindungen,
- zimmermannsmäßige Verbindungen, wie z.B. Versätze, Zapfen- und Holznagelverbindungen,
- Beispiele für Knicklängenbeiwerte und Kippbeiwerte.

Der EC 5 ist in dieser Form somit kein gleichwertiger Ersatz für unsere „neue“ DIN 1052.

### 2.3 NATIONALER ANHANG (NA)

Den Mitgliedsstaaten der EU wird zugestanden, wichtige sicherheitsrelevante Parameter selbst festzulegen. Dies wird in den sog. Nationalen Anhängen (NA) erfolgen.

Als Beispiele für diese nationalen Parameter seien die Material-Sicherheitsbeiwerte  $\gamma_M$ , Grenzwerte für Durchbiegungen oder die Einteilung von Einwirkungen in Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) oder von Bauteilen in Nutzungsklassen (NKL) genannt.

Da – wie bereits beschrieben – der EC 5 nur eine „Rumpfnorm“ darstellt und dort im Vergleich zur „neuen“ DIN 1052 einige wichtige Bereiche nicht geregelt sind, ist es den Mitgliedsstaaten erlaubt, im Rahmen ihrer NA ergänzende Regelungen aufzunehmen. Die Betonung liegt hierbei auf „ergänzend“, denn diese Regelungen dürfen den Regelungen des EC 5 nicht widersprechen.

Die im Vergleich zur „neuen“ DIN 1052 bestehenden Lücken werden in Deutschland somit über den NA geschlossen. Erst mit den ergänzenden Regelungen des deutschen NA stellt der EC 5 einen gleichwertigen Ersatz für die „neue“ DIN 1052 dar.

### 2.4 KEINE EINHEITLICHE BEMESSUNG DURCH UNTERSCHIEDLICHE NAs

Die Inhalte der NA liegen im Zuständigkeitsbereich der Mitgliedsstaaten. Somit ist es nicht verwunderlich, dass die NA z.T. sehr unterschiedlich ausfallen.

In Österreich sind z. B. im derzeitigen NA keinerlei Angaben zu den in Abschnitt 2.2 aufgeführten Bemessungs-„Lücken“ zu finden. Somit stellt sich die Frage, wie dort künftig z. B. Querkzugverstärkungen bemessen werden sollen?

Noch schwieriger wird es, wenn zwei Länder ergänzende Regelungen in ihren Nationalen Anhängen festlegen, die sich unterscheiden oder gar widersprechen.

Will man im Ausland bauen, so braucht man auch nach Einführung der ECs in jedem Fall die Regelwerke (NA) dieser Länder. Eine wirklich einheitliche Bemessung in Europa hat man damit leider immer noch nicht erreicht.

Ziel für die zukünftige Überarbeitung der ECs muss daher sein, ein vollständiges Regelwerk zu erstellen, das keine Notwendigkeiten für ergänzende Regelungen mehr übrig lässt. Die „neue“ DIN 1052 wäre hierfür eine geeignete Vorlage.

### 3. DIN 1052 vs EC 5+NA

Beide Normenwerke basieren auf dem Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte. Dies gilt sowohl für die Berechnung der Einwirkungen als auch für die Nachweisführung mit Bemessungswerten. Die Bemessung ist daher prinzipiell gleich.

Die verwendeten Begriffe sind weitgehend ähnlich, aber leider nicht immer gleich.

Viele Regelungen sind gleich oder zumindest ähnlich, es gibt aber immer wieder (kleine) Abweichungen „im Detail“, die einen übersichtlichen Vergleich bzw. eine einfache Gegenüberstellung unmöglich machen.

Daher werden nachfolgend einige wesentliche Neuerungen, die durch die neuen Regelwerke auf uns zukommen, nur prinzipiell und am Beispiel der „neuen“ DIN 1052 aufgeführt. Dies erscheint nicht zuletzt deshalb sinnvoll, weil dieses Regelwerk auch früher in Kraft tritt.

Für weitergehende Erläuterungen muss auf die Literatur verwiesen werden.

### 4. NEUERUNGEN DER „NEUEN“ DIN 1052

#### 4.1 NEUES SICHERHEITSKONZEPT

Das Sicherheitskonzept der DIN 1052 wurde vom System der zulässigen Spannungen auf das der sog. „Teilsicherheitsbeiwerte“ umgestellt. Hierdurch wird eine durchgängige und baustoffübergreifende Bemessung ermöglicht.

#### 4.1.1 LASTSEITE

Der Bemessungswert der Beanspruchung wird baustoffunabhängig mit den Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma_G$  und  $\gamma_Q$  sowie den Kombinationswerten  $\psi_0$  wie folgt berechnet:

$$E_d = \gamma_G \cdot G_K + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{K,1} + \sum_{i=2} \psi_{0,i} \cdot \gamma_{Q,i} \cdot Q_{K,i}$$

Da das Tragverhalten von Holz von der Dauer der Lasteinwirkung beeinflusst wird, werden die Einwirkungen in sog. „Klassen der Lasteinwirkung (KLED)“ eingeteilt. In der nachfolgenden Tabelle sind einige angegeben.

| Einwirkung                                      | KLED           |
|---|----------------|
| Eigenlasten nach DIN 1055-1                     | ständig        |
| Lotrechte Nutzlasten für Decken nach DIN 1055-3 |                |
| A Wohn- und Aufenthaltsräume, Spitzböden        | mittel         |
| B Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure            |                |
| Schneelast und Eislast nach DIN 1055-5          |                |
| -Standort Höhe ≤ 1000 m ü. NN                   | kurz<br>mittel |
| -Standort Höhe > 1000 m ü. NN                   |                |
| Windlasten nach DIN 1055-4                      | kurz           |

Tab. 1: Klassen der Lasteinwirkungsdauer KLED (Auswahl).

Bei Zusammenwirken mehrerer Lasten geht es um die Dauer, während der diese Lasten *gemeinsam* wirken. Daher wird die kürzeste KLED angesetzt:

| Einwirkung                   |                   | KLED    |
|------------------------------|-------------------|---------|
| Eigengewicht                 | $g_d$             | ständig |
| Eigengewicht + Schnee        | $g_d + s_d$       | mittel  |
| Eigengewicht + Wind          | $g_d + w_d$       | kurz    |
| Eigengewicht + Schnee + Wind | $g_d + s_d + w_d$ | kurz    |

Tab. 2: Beispiel: Gebäude H > 1000 m ü.NN.

#### 4.1.2 MATERIALESEITE

In DIN 1052 werden Festigkeitsklassen definiert. In der nachfolgenden Tabelle sind die Zuordnungen der „alten“ Klassen zu den „neuen“ Festigkeitsklassen zusammengestellt.

| „alt“ | S10 | S13 | BS11 | BS14 | BS16 | BS18 |
|-------|-----|-----|------|------|------|------|
| „neu“ | C24 | C30 | GL24 | GL28 | GL32 | GL36 |

Tab. 3: Zuordnung Sortierklassen – Festigkeitsklassen.

In der nachfolgenden Tabelle sind für Vollholz C 24 einige charakteristische Werte für die Bemessung angegeben.

|                         | C 24                |
|-------------------------|---------------------|
| Biegefestigkeit         | $f_{m,k}$ 24,0      |
| Schubfestigkeit         | $f_{v,k}$ 2,0       |
| Druckfestigkeit ⊥ Faser | $f_{c,90,k}$ 2,5    |
| Elastizitätsmodul       | $E_{0,mean}$ 11.000 |

Tab. 4: Charakteristische Werte für die Bemessung in [N/mm²].

Das Tragverhalten von Holz wird auch vom Umgebungsklima beeinflusst, in dem das Holz eingesetzt wird. Zur Berücksichtigung dieses Einflusses werden sog. Nutzungsklassen (NKL) definiert.

| NKL | Gleichgewichtsfeuchte $u_{gl}$ [%] | Einsatzbereich (Beispiele)              |
|-----|------------------------------------|---|
| 1   | 10 ± 5                             | beheizte Innenräume                     |
| 2   | 15 ± 5                             | überdachte, offene Tragwerke            |
| 3   | 18 ± 6                             | frei der Witterung ausgesetzte Bauteile |

Tab. 5: Nutzungsklassen NKL.

Der kombinierte Einfluss der Lasteinwirkungsdauer (KLED) und des Umgebungsklimas (NKL) wird über einen  $k_{mod}$ -Wert berücksichtigt, mit dem die Festigkeitswerte zu multiplizieren (modifizieren) sind.

| KLED    | NKL 1 | NKL 2 | NKL 3 |
|---------|-------|-------|-------|
| ständig | 0,6   |       | 0,5   |
| lang    | 0,7   |       | 0,55  |
| mittel  | 0,8   |       | 0,65  |
| kurz    | 0,9   |       | 0,7   |

Tab. 6:  $k_{mod}$ -Werte.

Als weiterer Bestandteil der globalen Sicherheit wird der Material Sicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  definiert. Für Bauprodukte aus Holz und Holzwerkstoffen ist dieser wie folgt definiert:

$$\gamma_M = 1,3$$

Der Bemessungswert einer Festigkeitseigenschaft  $f_d$  wird dann auf der Grundlage der charakteristischen Festigkeit  $f_k$  wie folgt berechnet:

$$f_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot f_k$$

#### 4.1.3 VORGEHEN BEI NACHWEISEN DER TRAGFÄHIGKEIT

Das Vorgehen bei Nachweisen der Tragfähigkeit ist im nebenstehenden Diagramm schematisch dargestellt.

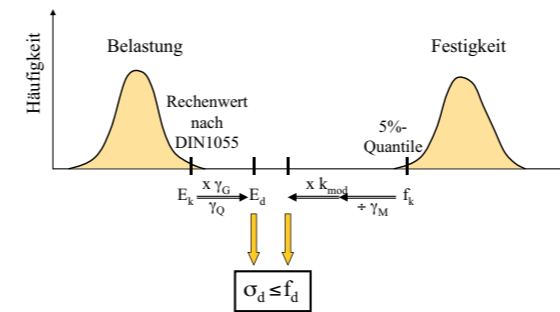


Abb. 1: Vorgehen bei der Bemessung bei Nachweisen der Tragfähigkeit.

Holzbauspezifisch ist dabei die Tatsache, dass die Lastseite über die KLED und damit über den  $k_{mod}$ -Wert mit der Widerstandsseite verknüpft wird: Die Tragfähigkeit von Holzbauteilen ist somit nicht unabhängig von den Einwirkungen.

So kann z. B. eine Lastkombination maßgebend werden, die nicht die höchste Beanspruchung liefert, bei der aber wegen der längeren Lasteinwirkungsdauer mit geringeren Festigkeiten gerechnet werden muss.

Daher sind alle Lastkombinationen zu überprüfen, was zunächst einen erhöhten Rechenaufwand bedeutet. Mit etwas Erfahrung wird sich aber auch hier der Aufwand reduzieren lassen.

Die automatische Ermittlung der maßgebenden Lastkombination stellt ein „Muss“ für Bemessungs-Software dar.

#### 4.2 NACHWEISE

##### 4.2.1 ALLGEMEINE NACHWEISE

Eigentlich hat sich bei der Nachweisführung nicht viel geändert: Nach wie vor muss eine auftretende Beanspruchung kleiner sein als ein zugehöriger Grenzwert. Dies ist nachfolgend vergleichend dargestellt:

„Früher“: *vorb.*  $\sigma \leq \text{zul. } \sigma$

„Jetzt“: *Bemessungswert der Spannung*  $\leq$  *Bemessungswert der Festigkeit*

Der größte Rechenaufwand liegt dabei in der Ermittlung der maßgebenden Lastkombinationen.

Bei den „üblichen“ Spannungsnachweisen hat es keine großen Neuerungen gegeben, d.h. die Nachweise

bei Zug-, Druck-, Schub- und Biegespannungen sowie Knicken und Kippen sind nach bekanntem „Muster“ zu führen.

Neuerungen/Besonderheiten der neuen DIN werden im nachfolgenden Kapitel kurz zusammengefasst.

#### 4.2.2 NEUERUNGEN/BESONDERHEITEN

##### Exzentrischer Zug

Bei einseitig beanspruchten Bauteilen ist das auftretende Biegemoment  $M_e$  über eine pauschale Abminderung der Zugfestigkeit durch Multiplikation mit dem Beiwert  $k_{t,e}$  zu berücksichtigen:

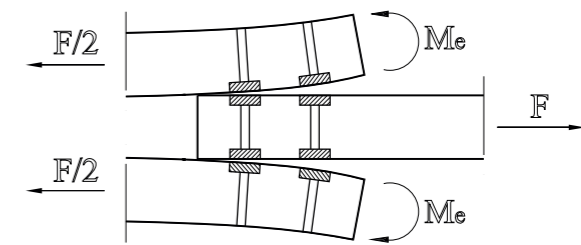


Abb. 2: Exzentrischer Zug.

Dieser Beiwert beträgt:

$k_{t,e} = 0,67$  bei ausziehfesten Verbindungsmitteln, bei denen die Verkrümmung verhindert wird  
 $k_{t,e} = 0,4$  bei nicht ausziehfesten Verbindungsmitteln, bei denen die Verkrümmung *nicht* verhindert wird

##### Schiefe Biegung (Doppelbiegung)

Bei zweiachsiger Biegung tritt die größte Biegespannung nur an einem Eckpunkt des Querschnittes auf:

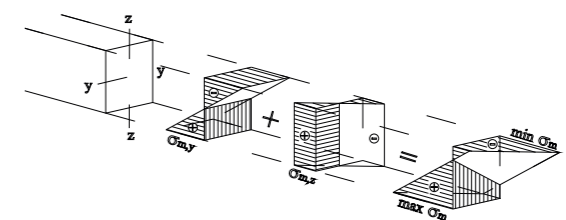


Abb. 3: Schiefe Biegung.

Da es unwahrscheinlich ist, dass der festigkeitsbestimmende Ast gerade an dieser Ecke auftritt, müssen nicht beide Spannungsanteile voll aufaddiert werden. Folgende Nachweise sind zu führen:

$$\frac{M_{y,d}/W_{y,n}}{f_{m,y,d}} + k_{red} \cdot \frac{M_{z,d}/W_{z,n}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

und

$$k_{red} \cdot \frac{M_{y,d}/W_{y,n}}{f_{m,y,d}} + \frac{M_{z,d}/W_{z,n}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

mit

$$k_{red} = \text{Reduktionsbeiwert} \\ = 0,7 \text{ bei Rechteckquerschnitten mit } h/b \leq 4$$

#### Konstruktive Querkzugverstärkung

Werden bei gekrümmten Trägern und Satteldachträgern die Querkzugspannungen zu mehr als 60 % ausgenutzt, so ist eine konstruktive Querkzugverstärkung anzuordnen, die für 1/4 der auftretenden Querkzugkräfte zu dimensionieren ist.

Diese konstruktive Querkzugverstärkung soll die Aufnahme von zusätzlichen, klimabedingten Querkzugspannungen sicherstellen.

#### Nachweise der Gebrauchstauglichkeit

Nach „neuer“ DIN 1052 sind insgesamt drei verschiedene Durchbiegungsnachweise zu führen. Kriechen ist dabei immer zu berücksichtigen.

Bei Wohnungsdecken wird zusätzlich noch ein Schwingungsnachweis empfohlen. Ist ein Schwingungsnachweis zu führen, so wird er in aller Regel querschnittsbestimmend.

#### Stiftförmige Verbindungsmittel

Bei der Bemessung von stiftförmigen Verbindungsmitteln wurde ein neues Rechenmodell (sog. Johansen-Theorie) zugrunde gelegt, mit dem es möglich ist, die unterschiedlichen auftretenden Versagensarten (z. B. Lochleibungsversagen im Holz, Fließmomente im Stift) rechnerisch zu beschreiben.

Auf der Grundlage dieses Rechenmodells wird die Tragfähigkeit eines stiftförmigen Verbindungsmittels in Abhängigkeit von der Rohdichte des Holzes und der Stahlgüte des Verbindungsmittels bestimmt.

#### Spaltgefahr bei hintereinander liegenden Verbindungsmitteln

Bei mehreren in Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungsmitteln besteht die Gefahr eines Aufspaltens

der Verbindung, bevor die eigentliche Tragfähigkeit der Verbindungsmittel erreicht ist. Dies ist im nachfolgenden Bild schematisch dargestellt.

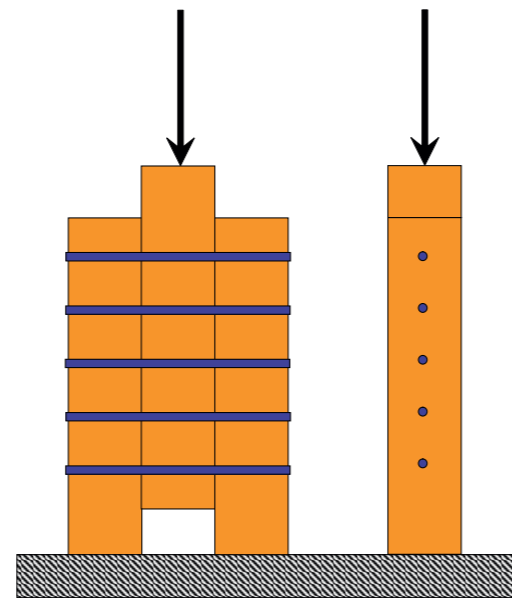


Abb. 4 und 5: Aufspalten des Holzes bei in Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungsmitteln.

Das vorzeitige Versagen einer Verbindung ist am Beispiel einer Verbindung mit fünf hintereinander liegenden Stabdübeln dargestellt: Hier tritt bei einer Last, die der 3,6-fachen Tragfähigkeit eines Stabdübels entspricht, ein Aufspalten des Holzes auf, so dass die Tragfähigkeit der Verbindungsmittel (5-fache Last) nicht voll ausgenutzt werden kann.

Die Spaltgefahr wird in DIN 1052 über eine wirkungsvolle Anzahl von Verbindungsmitteln erfasst. Im obigen Beispiel beträgt bei fünf hintereinander liegenden Stabdübeln die wirksame Anzahl nur  $n_{ef} = 3,6$ .

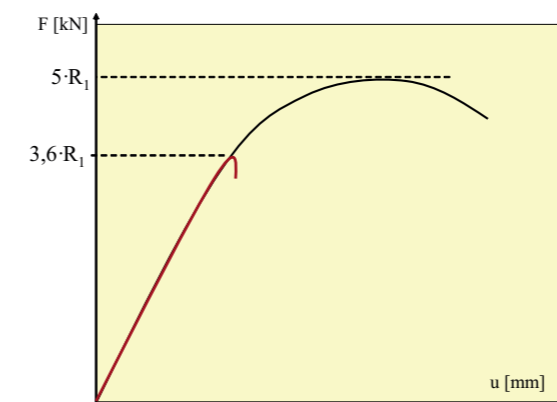


Abb. 6: Last-Verformungs-Diagramm einer Verbindung mit vorzeitigem Aufspalten des Holzes.

Die wirksame Anzahl von Verbindungsmitteln ist dabei von folgenden Faktoren abhängig:

- Dem Abstand der Verbindungsmittel in Faserrichtung: Bei größeren Abständen sinkt die Spaltgefahr, so dass mit einem größeren  $n_{ef}$  gerechnet werden kann.
- Dem Durchmesser der Stifte: Größere Stiftdurchmesser erhöhen die Spaltgefahr.

Kann das Aufspalten des Holzes verhindert werden, z. B. durch eingedrehte Vollgewindeschrauben, so darf die volle Tragfähigkeit der Verbindungsmittel angesetzt werden. Die Wirksamkeit dieser Vollgewindeschrauben ist jedoch nachzuweisen. In DIN 1052 werden Angaben hierzu gemacht.

#### Dübel besonderer Bauart

In DIN 1052 werden folgende Dübeltypen definiert:

| Dübeltyp  | zweiseitiger Dübel | einseitiger Dübel |
|-----------|--------------------|-------------------|
| „Appel“   | A1                 | B1                |
| „Bulldog“ | C1                 | C2                |
| „Geka“    | C 10               | C 11              |

Bei Bulldog- und Geka-Dübeln darf der Bolzen rechnerisch mit angesetzt werden. Dies führt dazu, dass die Tragfähigkeit dieser Dübel in der gleichen Größenordnung liegt wie die von Appel-Dübeln.

#### Einhängeeffekt

Bei Sondernägeln, Schrauben, Passbolzen und Bolzen darf ein „Einhängeeffekt“ berücksichtigt werden, der dazu führt, dass die Tragfähigkeit auf Abscheren  $R_k$  um einen Beitrag  $\Delta R_k$  erhöht werden darf:

$$R_k + \Delta R_k$$

Diese zusätzlich anrechenbare Tragfähigkeit  $\Delta R_k$  kann dabei je nach Verbindungsmittel bis zu 100 % betragen!

#### Vollgewindeschrauben

Die Verwendung von Vollgewindeschrauben mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung wird in DIN 1052 ausdrücklich erlaubt. Sie können dabei wie folgt eingesetzt werden:

- als Querkzug- und Querkdruckverstärkungen,
- in Verbindungen, bei denen die axialen Schraubenbeanspruchungen nach dem Fachwerkprinzip berechnet werden können.

Für nähere Informationen hierzu siehe IFO Vollgewindeschrauben.

#### LITERATUR

- [1] DIN 1052: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau (Ausgabe 2008).
- [2] Kommentar zur DIN 1052: 2004. DGfH Innovations- und Service GmbH, München.
- [3] Colling, F. 2008: Holzbau – Grundlagen, Bemessungshilfen. 2. Auflage, Vieweg Verlag, Wiesbaden.
- [4] Colling, F. 2008: Holzbau – Beispiele. 2. Auflage, Vieweg Verlag, Wiesbaden.

## Effizienz technischer Sicherungsmaßnahmen bei Einsatz von RC-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten im Erdbau – Freilandversuchsanlage Augsburg

Dipl.-Ing. Tanja Marks<sup>1</sup>, Dr. Birgit Kocher<sup>1</sup>, Dipl.-Geol. Michael Bürger<sup>1</sup>, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schulz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), <sup>2</sup> Hochschule Augsburg, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen

- [5] Schneider, K.J.: Bautabellen. 18. Auflage. Düsseldorf: Werner-Verlag.
- [6] Einführung in die Bemessung nach DIN 1052:2004. INFORMATIONSDIENST HOLZ, Reihe 2, Teil 1, Folge 10.
- [7] Verbindungen nach DIN 1052:2004. INFORMATIONSDIENST HOLZ, holzbau handbuch Reihe 2, Teil 2, Folge 3, 2009.
- [8] Vollgewindeschrauben – Einsatzmöglichkeiten und Bemessung. INFORMATIONSDIENST HOLZ, holzbau handbuch Reihe 2, Teil 2, Folge 4. 2008.
- [9] Wendehorst/Muth: Bautechnische Zahlentafeln. Aktuelle Auflage. Teubner-Verlag, Stuttgart.
- [10] Steck, G.; Nebgen, N. 2007: Holzbau kompakt, nach DIN 1052 neu. Bauwerk Verlag.
- [11] Becker, K.; Blass, H.J. 2006: Ingenieurholzbau nach DIN 1052. Ernst & Sohn.
- [12] DIN 1052 – Praxishandbuch Holzbau. 2004. BDZ/DIN/Beuth/WEKA.
- [13] Scheer, C.; Peter, M.; Stöhr, S. 2004: Holzbau-Taschenbuch: Bemessungsbeispiele nach DIN 1052 Ausgabe 2004. Ernst & Sohn.
- [14] Steck, G. 2005: 100 Holzbau-Beispiele nach DIN 1052:2004. Werner Verlag.
- [15] Werner, G.; Zimmer, K.: 2004: Holzbau 1 – Grundlagen nach DIN 1052 (neu 2004) und Eurocode 5. Springer Verlag.
- [16] Werner, G.; Zimmer, K.: 2005: Holzbau 2 – Dach- und Hallentragwerke nach DIN 1052 (neu 2004) und Eurocode 5. Springer Verlag.

Im Forschungsbericht 2008 der Hochschule Augsburg wurde die unten beschriebene Freilandversuchsanlage vorgestellt sowie die geplante Nutzung durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) beschrieben. Um die Anlage für das Projekt „Effizienz technischer Sicherungsmaßnahmen bei Einsatz von RC-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten im Erdbau“ zu nutzen, wurde 2009 von Seiten der BASt damit begonnen, die Anlage dem neuen Nutzungszweck anzupassen. Mitte 2010 konnten die vorbereitenden Arbeiten erfolgreich beendet werden. Wir freuen uns über den Versuchsbeginn und über die im September 2010 stattfindende Einweihung der Anlage.

Geplant wurde der Bau von acht Varianten einer Straßenböschung, an denen die Menge an Oberflächenabfluss und die Menge und Qualität des anfallenden Sickerwassers untersucht werden sollten. Hierzu war zunächst der Umbau der Anlage erforderlich. An den Becken der Anlage musste ein zweiter Abfluss realisiert werden, um Sickerwasser und Oberflächenabfluss getrennt voneinander erfassen zu können. Dieser Umbau erfolgte 2009.

Die acht Varianten der Straßenböschung unterscheiden sich hinsichtlich des Böschungskernes. Bei vier Varianten wurde ein durchlässiges Material, bei den anderen ein gering durchlässiges Material eingesetzt. Die einzusetzenden Baustoffe sollen definierte Gehalte an Schadstoffen aufweisen, da der Austrag der Schadstoffe mit dem Sickerwasser bewertet werden soll. Da keine ge-

eigneten Baustoffe zu ermitteln waren, wurden natürliche Böden mit Cyanid, Kupfer und Cadmium dotiert. Die acht Varianten der Straßenböschung unterscheiden sich zusätzlich durch die gewählten technischen Sicherungsmaßnahmen, deren Aufgabe es ist, einen größeren Teil des anfallenden Niederschlages und Straßenabflusses oberflächlich abzuleiten, so dass die Menge an anfallendem Sickerwasser minimiert wird. Hierfür wurden zwei Varianten einer Sickerschicht, die Anspritzung mit Bitumenemulsion und eine modifizierte



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Schulz

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Architektur und  
Bauingenieurwesen  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg  
Telefon: (+49) 821 5586-3114  
Telefax: (+49) 821 5586-3110  
wolfgang.schulz@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
Siedlungswasserwirtschaft,  
Umwelttechnik



Abb. 1: Realisierung des zweiten Beckenanschlusses durch die Fa. KLAUS (Foto: BASt, Oktober 2009).

| Variante | Technische Sicherungsmaßnahme         | Böschungskern      | Andeckung mit Oberboden [cm] |
|----------|---------------------------------------|--------------------|------------------------------|
| 1        | keine                                 | gering durchlässig | 10                           |
| 2        | Sickerschicht aus Dränagematte        | gering durchlässig | 10                           |
| 3        | Sickerschicht aus Kies (siehe Bild 3) | gering durchlässig | 10                           |
| 4        | Bitumenanspritzung                    | gering durchlässig | 20                           |
| 5        | Bitumenanspritzung                    | durchlässig        | 20                           |
| 6        | modifizierte mineralische Abdichtung  | durchlässig        | 20                           |
| 7        | keine                                 | durchlässig        | 10                           |
| 8        | keine                                 | durchlässig        | 20                           |

Tab. 1: Varianten der Straßenböschung.

mineralische Abdichtung (polymervergütete Sand-Bentonit-Mischung) gewählt. Im Juni 2010 wurden die in Tabelle 1 dargestellten Kombinationen eingebaut. Zusätzlich wird auch der Straßenabfluss direkt mit Hilfe einer Sammelrinne, die den Straßenabfluss aus derselben Länge eines Straßenabschnittes erfasst wie die Lysimeter, hinsichtlich Menge und Qualität beprobt.

Bei allen Böschungsvarianten wurde ein ca. 1 m breiter Streifen Bankett an der Böschung realisiert. In jeder Böschung wurden zwei Messsonden eingebaut, die Feuchtegehalt, Salinität und Temperatur aufnehmen. Der Einbau der Böschungen hat 2010 begonnen und soll im Juli 2010 beendet werden.

Die chemischen Analysen des Sickerwassers und Straßenabflusses sowie die Auswertung der Ergebnisse erfolgt durch die Hochschule Augsburg in Kooperation mit der BAST.

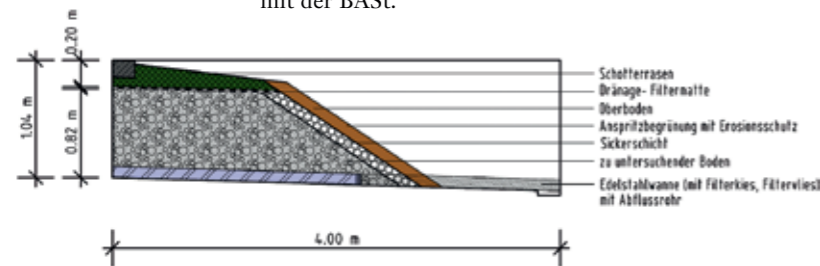


Abb. 3: Böschungsaufbau Variante 3.



Abb. 2: Lysimeteranlage mit frisch angelegten Böschungen, hier noch ohne Andeckung mit Oberboden und Bewuchs (Foto: BAST, Juni 2010).

## Bericht der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Holzbau (PÜZ-Stelle)

Prof. Dr.-Ing. François Colling, Hochschule Augsburg, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen, Kompetenzzentrum Konstruktiver Ingenieurbau

Die Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Holzbau (PÜZ-Stelle) führte im Rahmen ihrer bauaufsichtlich akkreditierten Aufgaben u. a. folgende Arbeiten durch:

- Überwachung der Produktion von Nagelplattenbindern im Hinblick auf die Erteilung des Übereinstimmungsnachweises (Ü-Zeichen),
- Überwachung von mehreren Holzbaubetrieben (Holzhausbau) im Hinblick auf die Erteilung des Übereinstimmungsnachweises (Ü-Zeichen) und von RAL-Gütezeichen („Holzhausbau-Herstellung“ und „Holzhausbau-Montage“),
- Überwachung zweier Holzbaubetriebe im Hinblick auf die Erteilung des RAL-Gütezeichens „Ingenieurholzbau/Errichtung“. Derzeit gibt es bundesweit nur vier Betriebe mit einem solchen Gütezeichen,
- Versuche an Biegeträgern aus Brettspertholz im Hinblick auf die Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBT), Berlin,

- Scherversuche im Rahmen der Eigenüberwachung für Klebverbindungen sowie Bauteilsanierungen mittels Rissverpressung. In den Abbildungen 1a und 1b sind ein eingebauter Probekörper und die Scherfläche nach der Prüfung dargestellt.

### PROJEKT

#### 1. ÜBERDACHUNG MARKTPLATZ SEVILLA

Für die Überdachung des historischen Marktplatzes von Sevilla/Spanien wird eine riesige Holzkonstruktion gebaut, bei deren Tragwerksfindung die Abteilung Holzbau mit einigen Versuchsreihen beauftragt wurde.

In Anschluss an die Versuchsreihen zur Tragwerksfindung wurde die Abteilung Holzbau damit beauftragt, die zum Einsatz kommenden Klebeverbindungen sowie die Stahl-Holzverbindungen auf ihre Tragfähigkeit hin zu untersuchen.



**Ansprechpartner:**

Prof. Dr.-Ing.  
François Colling

**Hochschule Augsburg**

Fakultät für Architektur und  
Bauingenieurwesen  
Kompetenzzentrum  
Konstruktiver Ingenieurbau  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3109

Telefax: (+49) 821 5586-3136

colling@hs-augsburg.de

www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**

Holzbau, Baustatik

**Mitgliedschaft:**

Sachverständigen-Ausschuss  
„Holzbau“ des Deutschen Insti-  
tuts für Bautechnik (DIBT)



Abb. 1a: Eingebauter Probekörper.



Abb. 1b: Scherfläche nach der Prüfung.

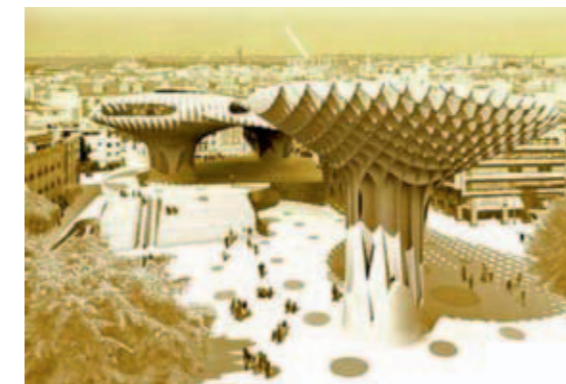


Abb. 2: Animation der fertigen Marktplatzüberdachung.



Abb. 3: Prüfrahmen mit eingebautem Probekörper.



Abb. 4a: Klimatisierter Probekörper während der Prüfung.



Abb. 4b: Versagen der Klebeverbindung.

### 1.1 ERMITTLUNG DER TRAGFÄHIGKEIT VON EINGEKLEBTEN GEWINDESTANGEN

Da die klimatischen Bedingungen in Sevilla durchaus extreme Bauteilerwärmungen bis zu 80°C erwarten lassen, musste sichergestellt werden, dass die Klebeverbindungen dieser zusätzlichen Beanspruchung dauerhaft standhalten. Da solch hohe Temperaturen von der Zulassung des Klebstoffes nicht abgedeckt wurden, musste ein Versuchsprogramm entwickelt werden, um die Prüfkörper mit den am Einbauort vorherrschenden klimatischen Bedingungen zu beaufschlagen.

In diesem klimatisierten Zustand wurde dann die Tragfähigkeit der Klebeverbindung ermittelt (Abb. 4a und 4b).

### 1.2 ERMITTLUNG DER TRAGFÄHIGKEIT VON GEWINDESTANGENPAKETEN AM FERTIGEN BAUTEIL

Da nun die Verwendbarkeit der Klebeverbindung der Gewindestangen sichergestellt war, musste im nächsten Schritt das Zusammenwirken mehrerer eingeklebter Gewindestangen sowie die Kraftverteilung und Weiterleitung des Stahlanschlussknotens untersucht werden. Hierfür wurde extra ein Stahlrahmen konstruiert, der den sehr hohen Kräften (bis 1000[kN]) standhielt.

In den Abbildungen 5a und 5b ist ein Stahlanschluss mit zwölf eingeklebten Gewindestangen vor und nach der Prüfung dargestellt.



Abb. 5a: Gewindestangenpaket mit Stahlanschluss.



Abb. 5b: Versagensform des Anschlusses.

## „REFRESH – Lebensdauererlängerung bestehender und neuer geschweißter Stahlkonstruktionen“ – Kooperation mit den Universitäten Braunschweig und Karlsruhe

Prof. Dr.-Ing. Peter Knödel, Hochschule Augsburg, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen

Prof. Dr.-Ing. T. Ummenhofer (Stiftungsprofessur für Bauwerkserhaltung und Tragwerk an der Universität Braunschweig) initiierte 2005 das Forschungsvorhaben „REFRESH – Lebensdauererlängerung bestehender und neuer geschweißter Stahlkonstruktionen“ mit dreieinhalbjähriger Laufzeit und einem Jahresetat von ca. einer Million Euro (Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF).



Schweißnaht nach dem Hämmern; beidseits der Nahtoberfläche ist die Vertiefung zu erkennen, die durch das Hämmern entstanden ist (Foto: Weich).

Inhalt des Forschungsvorhabens war die Verbesserung ermüdungsbeanspruchter Schweißnähte durch höherfrequentes Hämmern. Die erzielten Verbesserungen beruhen dabei zum einen auf einer Veränderung der geometrischen Kerben, zum anderen auf dem Erzeugen von oberflächennahen Druckeigenstress. Teilziele waren daher auch unterschiedliche Verfahren der zerstörungsfreien Messung von Eigenstress. Forschende Stellen waren das Institut für Bauwerkserhaltung und Tragwerk, das Institut für Füge- und Schweißtechnik (jeweils TU Braunschweig) sowie die Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine (Universität Karlsruhe) und verschiedene Projektpartner aus der Industrie. Prof. Dr.-Ing. P. Knödel, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen, Hochschule Augsburg, wurde aufgrund der fachlichen und persönlichen Kontakte zu beiden forschenden Stellen schon in der Antragsphase 2005 in das Lenkungsgremium berufen.

Zwischenzeitlich ist viel passiert: Das Forschungsprojekt ist abgeschlossen, die Kurzfassung des Abschlussberichtes liegt bereits gedruckt vor, die Langfassung ist

gerade im Korrekturlauf, und Prof. Ummenhofer ist seit April 2009 Ordinarius für Stahlbau an der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine (Universität Karlsruhe). Ergebnisse des Forschungsvorhabens konnten bereits lebensdauererlängernd an der Rhein-Straßenbrücke in Karlsruhe angewandt werden. Die erfolgreiche Zusammenarbeit von Prof. Knödel mit dem Team von Prof. Ummenhofer wird durch eine gemeinsame Veröffentlichung dokumentiert.



Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing.  
Peter Knödel

Hochschule Augsburg

Fakultät für Architektur und  
Bauingenieurwesen  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: +49(0) 821 5586 3171  
Telefax: +49(0) 821 5586 3110

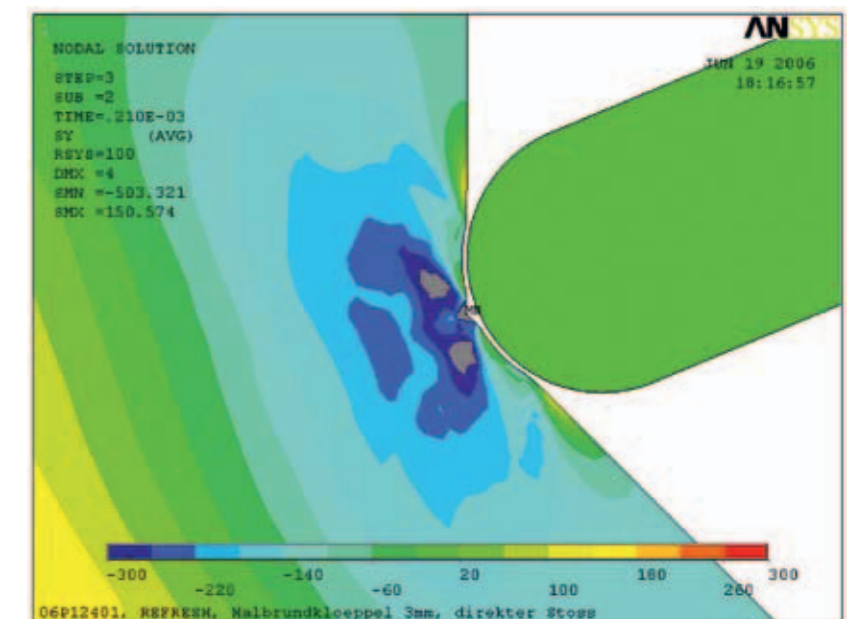
peter.knoedel@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Stahlbau, Schweißtechnik

### QUELLENANGABEN UND LITERATUR:

- [1] www.refresh-steel.de (Stand: 3. August 2010).
- [2] Ummenhofer, T. et al. (2009); REFRESH – Lebensdauererlängerung bestehender und neuer geschweißter Stahlkonstruktionen, Kurzfassung des Abschlussberichtes. Forschungsvereinigung Stahlanwendung (Hrsg.), Verlags und Vertriebsgesellschaft, Düsseldorf.
- [3] Weich, I., Ummenhofer, Th., Knoedel, P.: Rehabilitation of fatigue loaded steel structures by high frequency hammer peening. International Symposium “Steel Structures: Culture & Sustainability 2010” (ECCS/TUCSA), 21.–23. September 2010, Istanbul, Turkey, Paper No. 24.



Mittels numerischer Simulation wurden die Geometrie- und Werkstoffveränderungen während des Hämmerns untersucht (Quelle: Telljohann, www.dynatec.de).

## Schadensträchtig – gerichtsverdächtig? – Erfahrungen anhand von Schadensbeispielen

Prof. Dipl.-Ing. Manfred Schnell VDI, Hochschule Augsburg, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dipl.-Ing.  
Manfred Schnell

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Architektur und  
Bauingenieurwesen  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3129  
Telefax: (+49) 821 5586-3126

manfred.schnell@  
hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
Baustoffkunde,  
Bauschäden

Bauschäden oder Baumängel sind manchmal nur Schönheitsfehler. Sie können die Funktion und Eigenschaften eines Bauwerks aber auch stark beeinträchtigen. Der auf Bauschäden zurück gehende Instandsetzungsbedarf wird bei deutschen Wohnbauten auf über 50 Mrd. Euro geschätzt. Die Ursachen von Bauschäden liegen sowohl in der Planung, als auch in der Ausführung und Überwachung von Bauleistungen.

In einer Analyse von Beweisverfahren an verschiedenen Gerichten wurden eine Reihe von Schäden mit ihren Ursachen sowie Möglichkeiten zu deren Vermeidung untersucht. Dabei wurde deutlich, dass manche Streitigkeiten am Bau schlichtweg unnötig sind und durch Kosten eines Rechtsstreits nur die Baukosten erhöht werden, dass aber andererseits getreu nach dem biblischen Prinzip: „Du siehst den Splitter im Auge des anderen, aber den Balken im eigenen Auge siehst Du nicht“ kleinliche Mängel in den Vordergrund gestellt werden, während die Ursachen für evtl. nachfolgende große Mängel gerne übersehen werden.

Zusätzlich zeigte sich, wie bei Kenntnis der wesentlichen Zusammenhänge in Bauphysik und Baustofftechnologie Ursachen erkannt und Schäden vermieden werden können.

Als Fazit kann aus technischer Sicht festgehalten werden, dass in den meisten Fällen gut ausgebildete und von Erfahrung geprägte Bauleiter und/oder Architekten, die sich am Horizont abzeichnenden Probleme frühzeitig erkennen und entschärfen können. Je mehr Erfahrung und Wissen bei den Bauschaffenden vorhanden ist, desto weniger Probleme in Form von rechtlichen Auseinandersetzungen oder Schäden treten auf. Im vorliegenden Beitrag wurden beispielhaft nachfolgende Themen aufbereitet:

- Natursteinbeläge auf beheiztem Anhydrit-Fließestrich
- Fliesenarbeiten im Trockenbau
- Beispiel zur Anwendung von Glasmosaik

### 1. NATURSTEINBELÄGE AUF BEHEIZTEM ANHYDRIT-FLIESESTRICH

Es kommt relativ häufig vor, dass Natursteinbeläge mit Rissen auf beheizten Anhydrit-Estrichen zu beurteilen sind. Um hier korrekt recherchieren zu können, entstehen in aller Regel hohe Kosten aufgrund der Probenahme, der Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands

nach der Probenahme und den Laboruntersuchungen. Insbesondere sind in aller Regel folgende Punkte zu prüfen:

- korrekte Ausbildung der Randanschlussfugen und der Dehnfugen
- Vorliegen evtl. Querschnittsschwächungen im Estrich im Bereich der Risse
- Biegezug- und Druckfestigkeit des Estrichs
- Temperaturbegrenzung der Heizungsanlage
- gleichmäßige Dicke des Estrichs
- Einbaudatum des Estrichs
- Aufheizprotokoll und Liegezeit des Estrichs
- Restfeuchte des Estrichs zum Zeitpunkt der Belagsverlegung
- Zeitpunkt der Belagsverlegung
- evtl. sogar Mineralogie und Kristallographie des Estrichs
- Qualität des Verlegemörtels
- Temperatur-Dehnkoeffizienten des Estrichs und des Belagsmaterials

In einem konkreten Fall sollte eine Situation vor Ort beurteilt werden, die bereits seit über sechs Jahren bei Gericht anhängig war. Das betreffende Wohnhaus (sehr großzügige Architektur; betroffene Fläche ca. 250 m<sup>2</sup> Natursteinbelag) war bereits von den Erben des Bauherrn verkauft. Den jetzigen Besitzer störten die feinen Risse im Belag nicht. Er hat den Kaufpreis geringfügig gemindert und Teppiche auf den hochwertigen Natursteinbelag gelegt.

### 2. FLIESENARBEITEN IM TROCKENBAU

Häufig werden in keramischen Belägen rissige oder fleckige Fugen bzw. Haarrisse in der Glasur bemängelt. Eine viel größere Bedeutung kommt allerdings einer korrekten Abdichtung hinter dem keramischen Belag bei, insbesondere wenn feuchtigkeitsempfindliche Untergründe vorhanden sind.

In einem Fall fehlte die Abdichtung hinter dem keramischen Belag in einer Dusche komplett. Es konnte bereits im ersten Jahr so viel Wasser durch die Fugen in die Wand eindringen, dass auf der gegenüberliegenden Wandseite der dort vorhandene Gipsputz – in der Dusche selbst war ein Kalk-/Zementputz eingebaut – aufweichte und dort Feuchtigkeitsschäden zeigte. Problematisch wirken sich in diesen Bereichen auch fehlende Detailplanungen mit Gipskarton-Wandbekleidungen aus.

### 3. BEISPIEL ZUR ANWENDUNG VON „GLASMOSAIK“

Der Bauherr beauftragt einen Stararchitekten mit dem Umbau seines Wohnhauses in der Altstadt seines Wohnortes. Zum Gestaltungskonzept des Architekten gehört, dass in den Bädern weiße Wandfliesen eingebaut werden, die von erdfarbenem Putz umrahmt werden sollten. Besonders die Licht- und Schattenwirkung dieser Materialkombination sollte den mediterranen Charakter des gesamten Wohnambientes untermalen und verstärken. Der Bauherr bestellte zusammen mit seiner Gattin aus dem Katalog des Keramikhändlers anhand von Kleinmustern und einer Mustermappe im DIN A4-Format nach Absprache mit seinem Architekten das ausgewählte Glasmosaik in weißem Farbton.

Die Bauherrschaft wünschte die Verlegung durch einen ortsansässigen Fliesenleger, der vom Fliesenhändler dem Bauherrn empfohlen wurde, aber bisher für den Architekten noch keine Arbeiten ausgeführt hatte. Die

ausgewählten Fliesen wurden auf die Baustelle geliefert. Der Fliesenleger überprüfte den Eingang des Glasmosaiks und begann mit den Verlegearbeiten.

Die Qualität des verlegten Mosaiks konnte während der Verlegearbeiten wegen der vorderseitigen Papierverklebung nicht kontrolliert werden. Der Architekt konnte das Gesamtwerk erst prüfen nach Ablösen des Papiers und Verfugen der Beläge. Beim ersten Ansehen war der Architekt entsetzt: zum einen über die Farbe des Mosaiks, die er nicht als rein weiß bezeichnete, sondern als grün- bis grauschimmernd, und zum zweiten über die Unebenheiten des Belags. Zum Teil waren Mosaiksteinchen erhaben verlegt und zeigten wegen der scharfen Schnittkanten Verletzungsgefahr.

Aufgrund dieser Reaktion des Architekten hat der Fliesenleger von sich aus einen Privatsachverständigen eingeschaltet, einen erfahrenen Fliesenlegermeister, der seine Leistung beurteilen sollte. Der Sachverständige



Abb.1: Ungelöstes Detail an einer Behindertendusche.

kam zu dem Ergebnis, dass es sich bei dem Mosaik um eine Fehllieferung handeln musste. Es sei kein weißes Mosaik geliefert worden. Dies sei dem Fliesenhändler bzw. der Herstellerfirma des Glasmosaiks anzulasten. Evtl. Verlegemängel seien zweitrangig. Für das Problem der Baustelle sei die falsche Lieferung die Hauptursache.

Um einem Streit mit dem Bauherrn und dem Architekten aus dem Weg zu gehen und seinen Ruf nicht zu verlieren, entfernte der Fliesenleger das Glasmosaik bzw. überarbeitete die verlegten Flächen mit einheitlich weiß glasierten Fliesen in Absprache mit Architekten und Bauherrn. Die hierfür anfallenden Mehrkosten glich der Fliesenleger dadurch aus, dass er andere Lieferungen, die nicht das Objekt betrafen, dem Fliesenhändler nicht bezahlte und somit aufrechnete.

Der Händler hatte sich zwischenzeitlich mit der Herstellerfirma in Verbindung gesetzt und sichergestellte Glasmosaikreste von der Baustelle von dieser überprüfen lassen. Die Herstellerfirma kam zu dem Ergebnis, dass es sich nicht um eine Falschlieferei handelte, vielmehr wäre die Glasmosaiklieferung wie bestellt ausgeführt worden. Mit dieser Information verklagte er den Fliesenleger auf Zahlung der aufgerechneten Summe in Höhe von 3.800 Euro.

In diesem Rechtsstreit sollte der Autor als Berater des Richters zum Sachverhalt Stellung beziehen. Der original verlegte Belag konnte nicht mehr begutachtet werden. Es war lediglich ein etwa 5 x 10 cm großes Bruchstück mit Dünnbettmörtel und Putz verfügbar, zudem nicht verlegte Glasmosaikfliesen von der Baustelle sowie die bei der Auswahl des Mosaiks im Schauraum des Fliesenhändlers zu Grunde liegenden Musterkartons.

In der Gerichtsverhandlung wurden von der Bauherrschaft und anderen Zeugen die verlegten Fliesen vor Ort unterschiedlich beschrieben, z. T. als grünlich schimmernd, z. T. als uneinheitlich grau-weiß bis hellgrau, z. T. als bläulich-perlmutterartig schillernd. Einheitlich wurde der Belag von allen Zeugen als uneben mit teilweise vorhandenen gefährlichen Schnittkanten aufgrund unsauberer – da unebener – Verlegung geschildert.

Durch eine einfache Demonstration vor Gericht konnte eine optische Täuschung aufgedeckt werden. Die einzelnen Mosaiksteinchen aus der an der Baustelle vorhandenen Lieferung wurden auf den Musterkarton gelegt und die tatsächlich gelieferten Steinchen ungleichmäßig um die auf dem Karton aufgeklebten Steinchen grup-

piert. Es zeigten sich keine Farbunterschiede zwischen dem Glasmosaik der Lieferung und dem Musterkarton selbst, der eine rein weiße Oberfläche aufwies.

Betrachtete man das von der Baustelle vorhandene Bruchstück des verlegten Glasmosaiks im Sonnenlicht, erschienen die Mosaikplättchen tatsächlich leicht grünlich schimmernd, jedenfalls nicht weiß. Aus diesem Bruchstück wurde ein Glasmosaikplättchen herausgelöst und auf den Musterkarton neben den anderen als weiß bezeichneten Fliesen gelegt. Dieses Plättchen war nicht von den anderen zu unterscheiden. Umgekehrt wurde ein nicht verlegtes Plättchen an die Stelle des herausgelösten auf dem Bruchstück eingepasst (ohne Verklebung mit Dünnbettmörtel!). In diesem Umfeld erschien das Mosaikplättchen ebenfalls grünlich schimmernd, jedenfalls nicht weiß, z. T. auch bedingt durch die weiße Verfugung.

Bei Glasmosaik handelt es sich um Mosaiksteinchen im Format 15 x 15 bis 30 x 30 mm aus transluzenten kristallartigen Steinchen in nahezu allen Farbtönen, die zur rationelleren Verlegung entweder auf der Vorderseite mit Papier zusammen geklebt sind oder rückseitig mit einem Kunststoffnetz. Ursprünglich wurden industrielle Mosaik- und Glasmosaik meist nur rückseitig verklebt, da die einzelnen Mosaiksteine eine nahezu gleiche Dicke aufweisen. Nur unterschiedlich dicke Mosaik- und Glasmosaik, z. B. Natursteinmosaik, waren ursprünglich meist von der Vorderseite mit einem Papier beklebt, um bei den unterschiedlichen Dicken der einzelnen Mosaiksteine diese einfach im Dickbettmörtel ausgleichen zu können, so dass eine ebene Oberfläche des Belags entsteht.

Da die rückseitige Netzverklebung von Glasmosaik im Schwimmbecken und Unterwasserbereich zu Haftungsstörungen führt, wurde mehr und mehr dazu übergegangen, grundsätzlich vorderseitig papierverklebtes Mosaik anzubieten. Das Papier ist mit einem wasserempfindlichen Leim aufgebracht, so dass nach der Verlegung und vor der Verfugung das Papier leicht abgelöst werden kann.

Der Leim kann manchmal zu organischen Verunreinigungen auf dem Belag mit Schimmelbildung – besonders in Reaktionsharzfugen – führen. Auf dieses Thema wird hier nicht weiter eingegangen.

Es gibt zahlreiche Beispiele für dekorative und künstlerisch gestaltete Wand- oder Bodenbeläge. Neben vielfältigen gestalterischen Möglichkeiten mit Glasmosaik bietet dieses auch viele technische Vorzüge: Es

können gerundete Formen bekleidet werden. Außerdem zeigt der Belag wegen des hohen Fugenanteils erhöhte Rutschsicherheit.

Die Verlegung von kleinformatigem Glasmosaik erfordert Erfahrung und Können. Die fast immer vorgefundenen unebenen Untergründe müssen exakt abgspachtelt werden, da zur Verlegung der kleinformatigen Mosaiksteinchen nur eine dünne Dünnbettmörtelschicht aufgekämmt werden kann und sich dadurch kaum Unebenheiten ausgleichen lassen. Durch das Vorspachteln werden übliche und erlaubte Unebenheiten im Untergrund minimiert.

Das transluzente Material des Glasmosaiks lässt den Untergrund durchscheinen, weshalb in aller Regel weißer Dünnbettmörtel zur Verlegung eingesetzt wird. Um ausreichende Haftung zu erzielen, wird dem Anmachwasser dieses Dünnbettmörtels eine Kunststoffdispersion beigegeben. Kunststoffgehalte bis zu 10 % sind hierbei durchaus üblich.

Der Versuch – im Gerichtssaal den Parteien vorgeführt – machte die optische Täuschung deutlich und zeigte auch, dass der Gesamteindruck von Glasmosaik sich nach dem jeweiligen Umfeld richtet. Bei einem weißen Umfeld und verlegt auf einem weißen Karton, erscheinen die Glasmosaikplättchen weiß.

Bei Verfugung mit einem weißen Feinfugmaterial zeigen sich – bedingt auch durch den Einfallswinkel des Lichts – dunklere Färbungen. Wenn die einzelnen Mosaiksteinchen zudem noch in unterschiedlichen Winkeln und uneben verlegt sind, zeigen sich ungleichmäßige Färbungen – allein schon durch den unterschiedlichen Lichteinfall – selbst bei gleichmäßigem Oberflächenfarbton.

Die hier geschilderten Probleme lassen sich vermeiden, wenn alle Beteiligten (Fliesenhändler, Architekt, Fliesenleger) sich bei der Verwendung neuer oder nicht alltäglicher Materialien ausreichend informieren. Nicht umsonst werben Fachverbände des Handwerks seit Jahren für die von ihnen zahlreich angebotenen Fachinformationen und Fortbildungsveranstaltungen, die häufig besser besucht sein könnten.

Der Wegfall der Meisterpflicht in vielen Handwerksbereichen führte inzwischen zu einer Vielzahl von Ein-Mann-Betrieben, die schon prinzipiell für Schulungsveranstaltungen nicht erreicht werden und sich nur ungenügend fortbilden. Umso wichtiger wird hier die Rolle des Architekten als Berater des Bauherrn

und Spezialist für das Lösen von Problemen rund um den Bau. Nur schade, dass immer mehr Bauherrn aus Kostengründen auf einen solchen Berater beim Bauen verzichten, sich

allein auf den Handwerker verlassen und dabei nicht selten auch verlassen sind.

Konkret hätte der gerügte Mangel der fehlenden „Weißheit“ vermutlich durch Erläuterung des Sachverhalts durch einen kompetenten Sachverständigen akzeptiert werden können, wenn nicht gleichzeitig Verlegemängel vorhanden gewesen wären und diese nicht vom Privatsachverständigen aus Gefälligkeit für den Fliesenleger verschwiegen worden wären.

Die Unebenheit des Belags hätte sich durch gewissenhaftere Verlegung und vorheriges mehrmaliges Abspachteln des Untergrunds vermeiden lassen.



## Das Baptisterium in Aquileia. Bauforschung und kunsthistorische Neubewertung

Prof. Dr.-Ing. Klaus Tragbar, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr.-Ing.  
Klaus Tragbar

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Architektur  
und Bauingenieurwesen  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg  
Telefon: (+49) 821 5586-3111  
Telefax: (+49) 821 5586-3110  
klaus.tragbar@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
Baugeschichte,  
Architekturtheorie,  
Bauaufnahme

Dem Baptisterium in Aquileia (Abb. 1) kommt in der Geschichte frühchristlicher Baptisterien eine erstrangige Bedeutung zu.<sup>1</sup> Parallel zu den drei Bauphasen der bischöflichen Doppelkirchen wurden in Aquileia schon im 4. Jahrhundert in kurzer Zeit auch drei Baptisterien errichtet: Ausgehend von den unter Theodorus (307–320) und Fortunatianus (342/343–369) errichteten Vorgängerbauten sollte aber erst das dritte, zur Zeit des Chromatius (388–407) erbaute Baptisterium seinen endgültigen Standort erhalten.

Leider entspricht der Forschungsstand nicht dem hohen Rang des Bauwerks. Hauptsächlich aufgrund einer fehlenden exakten Bauaufnahme werden bis heute strukturelle Widersprüche tradiert, die auf eine ausschließlich auf historischen und kirchenpolitischen Überlegungen beruhende Datierung und nicht das Bauwerk selbst befragende Untersuchung zurückgehen. Seit 2009 wird am Baptisterium daher eine umfassende analytische Bauaufnahme durchgeführt, die allein zur Klärung der bis heute ungelösten Problematik beitragen kann.<sup>2</sup>



Abb. 1: Aquileia, Baptisterium und Chiesa dei Pagani von Norden.

<sup>1</sup> Zum Bautyp Baptisterium vgl. s.v. Baptisterium, in: Lexikon des Mittelalters I (1980), Sp. 1425 f., in: Reallexikon für Antike und Christentum I (1950), Sp. 1157–1167, in: Lexikon für Theologie und Kirche I (1986), Sp. 1232, und in: Die Religion in Geschichte und Gegenwart I (1998), Sp. 867 ff., sowie Khatchatrian, Armand: Les Baptistères Paléochrétiens. Plans, notices et bibliographie. Paris 1962, und Krautheimer, Richard: Introduction to an Iconography of Mediaeval Architecture, in: Journal of the Warburg and Courtauld Institutes 5.1942, S. 1–33.

<sup>2</sup> Das Forschungsprojekt wird vom Verf. geleitet und in Kooperation mit Dr. Barbara Bruderer-Eichberg, Rom, und Prof. Dr. Gianpaolo Trevisan, Università di Udine, durchgeführt. Die Finanzierung erfolgt durch die Gerda Henkel Stiftung. Seitens der HS Augsburg haben mitgewirkt die Architekturstudenten Daniel Eggeling, Johannes Hiller, Norbert Kienle, Daniel Pflaum, Michael Pichler und Roland Zimmerer sowie im Rahmen einer durch Prof. Dr. Reinhold Weber betreuten Bachelorarbeit die Bauingenieurstudenten Tim Brosch, Angela Ellmer und Manuel Döhler.

### BAUFORSCHUNG – DIE KLASSISCHE METHODE

Das Bauwerk selbst befragen, das Bauwerk als Archivalie: Für die Bauforschung ist das historische Bauwerk selbst die wichtigste Quelle seiner Geschichte, sie gilt es auszuschöpfen und zum Sprechen zu bringen, zum Berichten über die Bedingungen und Schritte seiner Entstehung und über sein weiteres Schicksal. Beobachten, Messen, Zeichnen und Beschreiben sind die Schritte, mit denen sich die Bauforschung dem Bauwerk nähert, Schritte, bei denen Spuren gesucht und jede auch zunächst unbedeutend erscheinende Einzelheit erfasst wird: steingerecht, verformungsgetreu, analytisch. Über diese Schritte, die sich zur Bauaufnahme vereinigen und zusammengefügt werden mit den Aussagen etwaig vorhandener anderer, z. B. schriftlicher Quellen, kann es gelingen, Einblick zu gewinnen in die Entstehungs- und Lebensgeschichte eines Bauwerkes – und auch vorzudringen zu den Planungsvorstellungen und dem Konstruktionsverständnis von Bauherr und Baumeister. Das präzise zeichnerische Erfassen des Bauwerks ist keineswegs Selbstzweck, sondern essentieller Bestandteil der Bauforschung selbst.<sup>3</sup>

### DAS BEISPIEL AQUILEIA

Aquileia, heute eine Kleinstadt mit rund 3.500 Einwohnern in Friaul-Julisch Venetien, etwas westlich von Triest, war in der Antike eine der größten Städte des Imperium Romanum. Die 181 v. Chr. gegründete Stadt war Hauptstadt der Region Venetien und Istrien und eine bedeutende Handelsmetropole. Durch das Christentum, das hier früh Wurzeln schlug, erlebte Aquileia in der Spätantike eine neue geistige Blüte.

Das heutige Baptisterium in Aquileia liegt westlich der Basilika S. Maria, Fortunatus und Hermagoras. Unmittelbar östlich an das Baptisterium schließt die so genannte Chiesa dei Pagani an, die ihrerseits an eine westlich der Basilika befindliche Vorhalle stößt, so dass sich insgesamt ein West-Ost orientierter, aus mehreren Bauten bestehender zusammenhängender Komplex ergibt.

<sup>3</sup> Vgl. von Gerkan, Armin: Die gegenwärtige Lage der archäologischen Bauforschung in Deutschland, in: Zentralblatt der Bauverwaltung 44.1924, Nr. 44, S. 375 ff. (dort ohne Nachtrag), sowie in: ders.: Von antiker Architektur und Topographie. Gesammelte Aufsätze (hg. von Erich Boehringer). Stuttgart 1959, S. 9–13; Gruben, Gottfried: Klassische Bauforschung, in: Borbein, Adolf Heinrich, Hölcher, Tonio und Zanker, Paul (Hg.): Klassische Archäologie. Eine Einführung. Berlin 2000, S. 251–279; Meckseper, Cord: Zum Selbstverständnis der Baugeschichtsforschung, in: Baugeschichte und europäische Kultur I (Forschung und Information 37). Berlin 1985, S. 9–18.

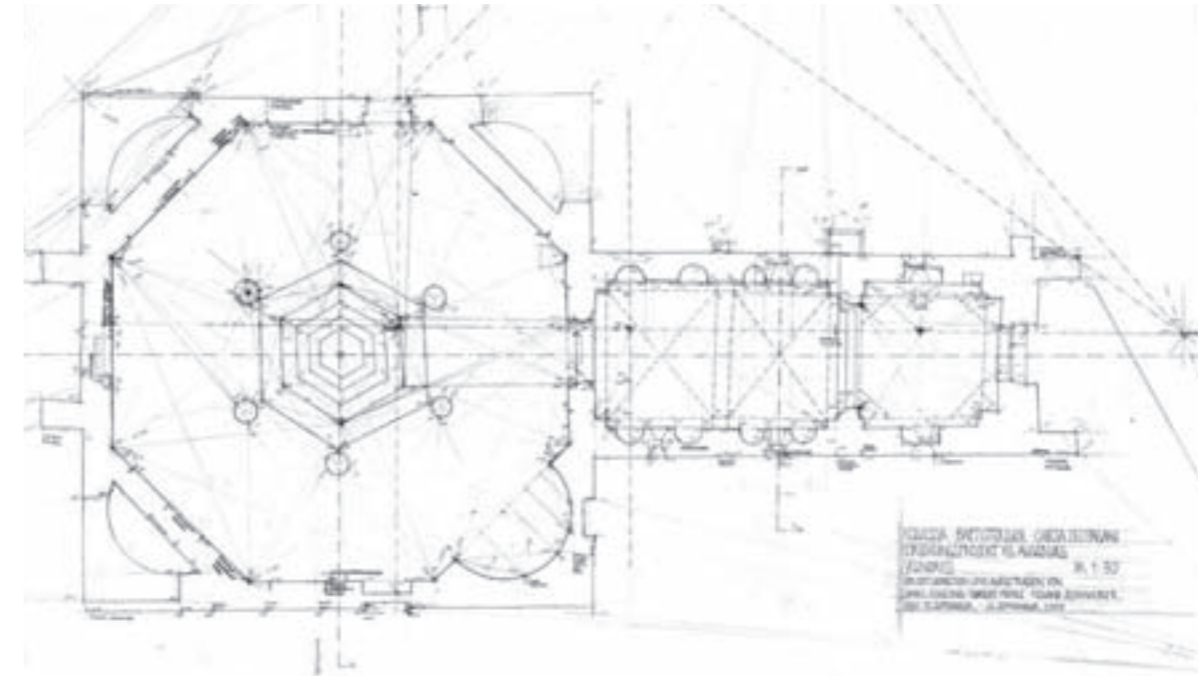


Abb. 2: Aquileia, Baptisterium und Chiesa dei Pagani, Grundriss Erdgeschoss, Bauaufnahme, HS Augsburg 2009/10, Originalmaßstab M 1:50.

Das Baptisterium ist ein Zentralbau mit oktagonalem Grundriss und einem Durchmesser von knapp 14 m (Abb. 2). Die Südostseite wird durch eine halbkreisförmige, rund 2 m tiefe Nische akzentuiert, die durch eine Halbkuppel überwölbt ist. Die Wände im Südwesten, Nordwesten und Nordosten zeigen keine Nischen, weisen aber in derselben Höhe gleichartige Rundbogen auf, so dass hier ebenfalls gewölbte Nischen vermutet werden können. In den Vermauerungen sind Fenster angeordnet, die heute ebenfalls vermauert sind. Unmittelbar über dem Fußboden sitzen flache, auffallend unregelmäßige Segmentbögen. Dazu sind an den Innenwänden sechs z. T. stark abgearbeitete Ansätze von Rundbogen erkennbar, ihnen entsprechen sechs Spoliensäulen, die um das hexagonale Taufbecken herum angeordnet sind.

Die Chiesa dei Pagani ist ein dreijochiger, West-Ost orientierter und vollständig gewölbter Längsbau zwischen dem Baptisterium und der Vorhalle der Basilika (Abb. 2). Die beiden westlichen Joche weisen auf Rundbogen sitzende Kreuzgratgewölbe auf, die Wände sind durch paarweise angeordnete, hohe und schmale rundbogige Nischen gegliedert. Das östliche Joch hat ein durch drei Stufen erschlossenes, 61,5 cm höher liegendes Niveau, es zeichnet sich durch eine auf Rundbogen sitzende und durch Trompen vorbereitete Hängekuppel aus, in den Wänden befindet sich jeweils eine rechteckige Nische.

Bei der Bauaufnahme wird zunächst ein gebäudeunabhängiges Messsystem eingerichtet und eingemessen, auf das während der Vermessung alle einzelnen Maße bezogen werden. Das Messsystem funktioniert im

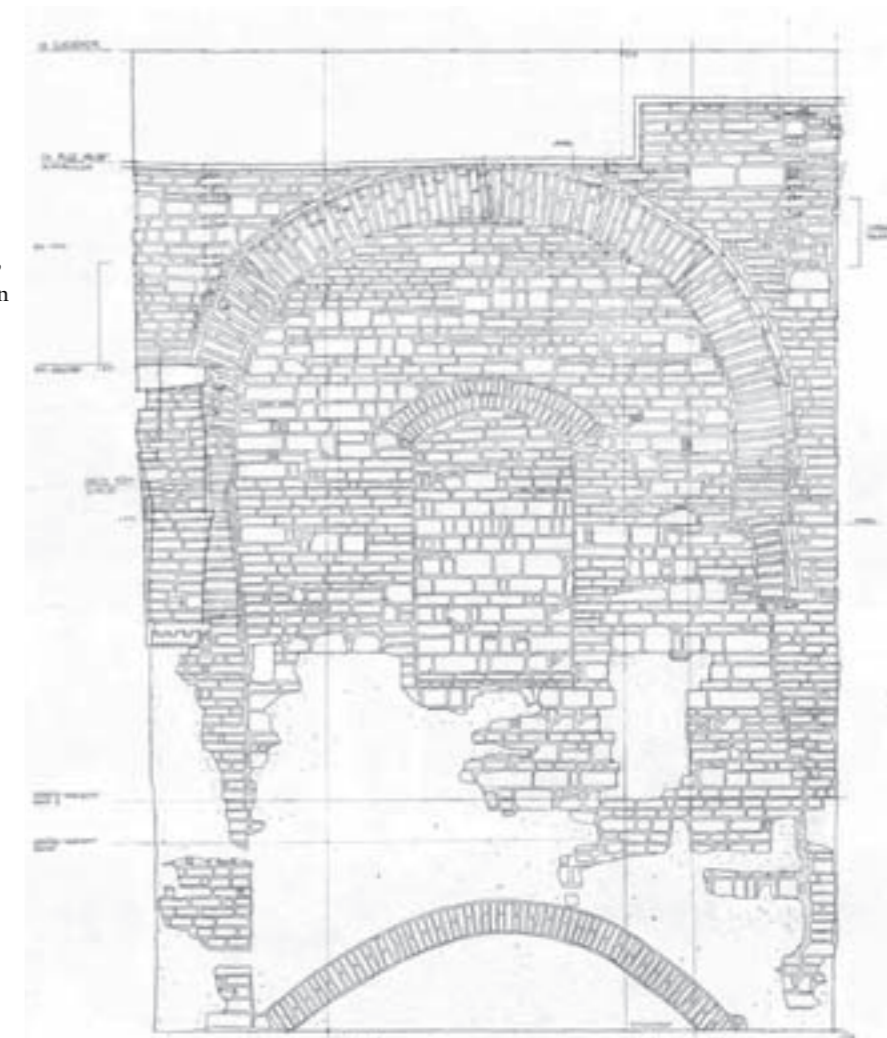


Abb. 3: Aquileia, Baptisterium, innere Nordwestwand, Bauaufnahme HS Augsburg 2009/10, Originalmaßstab 1:20.

Prinzip wie ein Koordinatensystem: Jeder Punkt auf der Wand, beispielsweise die linke obere Ecke eines Ziegelsteins, ist durch eine Höhen- und eine Breitenkoordinate präzise bestimmbar. Die Bauaufnahme der inneren Nordwestwand zeigt beispielhaft das Ergebnis dieser analytischen Bauaufnahme (Abb. 3). Die einzelnen Befunde sind genau beobachtet, präzise vermessen und gezeichnet worden und damit auch in ihrer Lage zueinander dokumentiert. Der zeitliche Aufwand lohnt sich, ist doch, wie schon erwähnt, die Bauaufnahme Teil der Bauforschung: Die essentielle Forderung, jeden Punkt zu vermessen, zwingt zum genauen Hinsehen und damit zum Erkenntnisgewinn, dem Ziel jeglicher Forschung.

Im Einzelnen konnte durch die analytische Bauaufnahme nachgewiesen werden, dass die heutigen

abschließenden Rundbogen ursprünglich rund 1,20 m niedriger ansetzen sollten (Abb. 4). Die Vermauerungen der Nischen werden durch die unregelmäßigen Segmentbogen abgetragen, die seitlich auf den Fundamentoberkanten aufsitzen. Die abgearbeiteten Bogenansätze wurden ausweislich der sie begleitenden Baunähte und Flickstellen nachträglich in die Innenwände eingebrochen (Abb. 5). Aus diesen und anderen Befunden eine schlüssige Vorstellung von der Entstehungs- und Lebensgeschichte des Baptisteriums in Aquileia zu entwickeln ist der nächste Schritt im Rahmen dieses Forschungsvorhabens.

Abbildungsnachweis: Alle Abb. HS Augsburg, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen.



Abb. 4: Aquileia, Baptisterium, innere Nordwestwand, ursprünglicher und heutiger Bogenansatz. Detail aus Abb. 3.

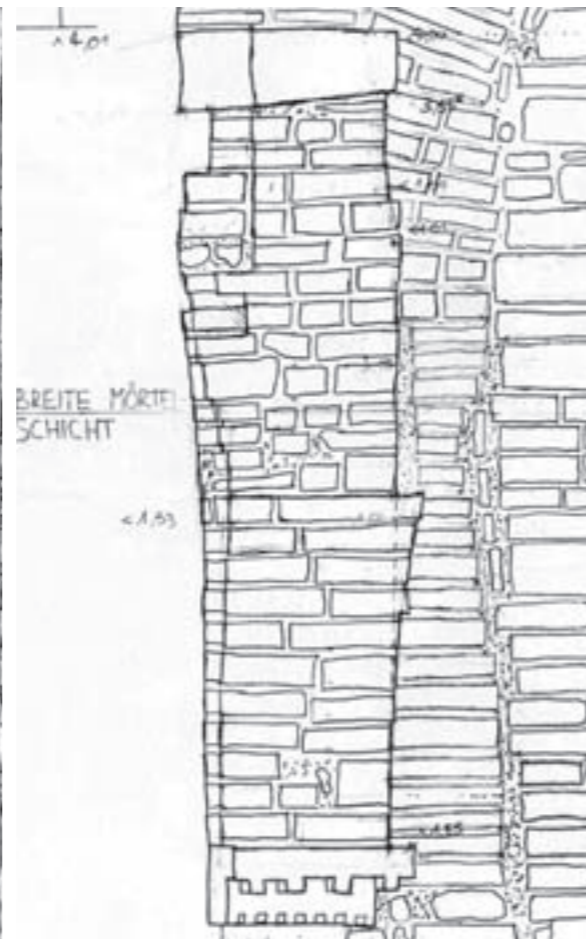


Abb. 5: Aquileia, Baptisterium, innere Nordwestwand, abgearbeiteter Bogenansatz. Detail aus Abb. 3.

## Moderne Vermessungsmethoden in der Bauforschung am Beispiel des Baptisteriums und der Chiesa dei Pagani in Aquileia

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Weber, Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen

Eigentlich ist die historische Bauforschung – über die mein Kollege Professor Dr. Klaus Tragbar oben am Beispiel des Baptisteriums und der Chiesa dei Pagani in Aquileia<sup>1</sup> berichtet hat – ein „typischer Fall für Architekten“, so könnte man meinen. Beschäftigt sich die Bauforschung nicht mit der Dokumentation der konstruktiven Baugeschichte historischer Bauwerke, um z.B. genaue Informationen über den Zeitpunkt der Erstellung eines Gebäudes oder über seine Nutzungsgeschichte zu erlangen? Was also hatten im Oktober 2009 die angehenden Bauingenieure Angela Ellmer und Tim Brosch (Abb. 1) beim 5-köpfigen Team aus Architekturstudenten um Dr. Tragbar im norditalienischen Städtchen Aquileia unweit von Grado an der Adria zu suchen?



Abb. 1: Aquileia, Bauingenieurstudenten vor dem Baptisterium.

<sup>1</sup> Vgl. Angela Ellmer und Tim Brosch: Das Baptisterium der Basilika Santa Maria Assunta in Aquileia – Photogrammetrische und berührungslos tachymetrische Vermessung eines Bauwerks aus dem vierten Jahrhundert, Bachelorarbeit im WS 09/10, und Weber, Reinhold: Das digitale Aufmaß von Fassaden, Vortrag bei der Tagung Fassade08 an der HSA am 12.02.2008.

### INGENIEURTECHNISCHE BAUFORSCHUNG

Die Antwort der letzten Fragestellung findet sich – bildlich gesprochen – im ‚Fundament‘ einer jeden historischen Bauforschung, das aus dem Ergebnis einer genauen Vermessung des Gebäudebestandes besteht. An der Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen der Hochschule Augsburg werden sowohl die künftigen Architekten wie auch die Bauingenieure im Fach Vermessungskunde ausgebildet. Für die Studierenden der Architektur findet dabei ein „klassischer/architektonischer“ Ansatz Anwendung. Er zielt darauf ab, den künftigen Baumeistern die Architektur eines Bauwerks über die formgetreue zeichnerische Darstellung eines Gebäudeteils mit all seinen gestalterischen und konstruktiven Details – quasi durch ein „Er-Messen“ und „Er-Zeichnen“ – zu erschließen. Die Ausbildung der Studierenden des Bauingenieurwesens dagegen fußt auf dem „modernen/ingenieurtechnischen“ Ansatz. Dessen Zielrichtung ist es unter anderem, über die Bestimmung von 3D-Koordinaten mit elektronischen Geräten die Struktur von Bauwerken nach Lage und Höhe in cm-Genauigkeit zu erfassen und die Ergebnisse zur Weiterbearbeitung in einem CAD-System zur Verfügung zu stellen.

Die in der historischen Bauforschung vermessenden Bauingenieurstudenten sind also in der Lage, mit den modernen Möglichkeiten der berührungslosen Aufnahme von Gebäudestrukturen durch Tachymetrie und Photogrammetrie die zeitaufwendigeren Handaufmaße der Architekturkollegen im Bedarfsfall zu beschleunigen oder diese sehr präzise in einem (geometrisch) größeren Zusammenhang darzustellen.

Über die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Bachelorarbeit „Das Baptisterium der Basilika Santa Maria Assunta in Aquileia – Photogrammetrische und berührungslos tachymetrische Vermessung eines Bauwerks aus dem vierten Jahrhundert“ von Angela Ellmer und Tim Brosch (Wintersemester 2009/10) wird im Folgenden berichtet.

### TACHYMETRISCHE VERMESSUNG

#### Messungsliniennetz

Die Bestimmung dreidimensionaler Koordinaten mit einem Ingenieurtachymeter erforderte die Festlegung eines Koordinatensystems, dessen Ursprung auf den Startpunkt eines im Umfeld der Basilika Santa Maria Assunta neu erstellten Ringpolygons gelegt wurde (Abb. 2). Nach der Messung des Ringpolygons in Lage



Ansprechpartner:  
Prof. Dr.-Ing. Reinhold Weber

Hochschule Augsburg  
Fakultät für Architektur und  
Bauingenieurwesen  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg  
Telefon: +49 (0)821 5586-3105  
Telefax: +49 (0)821 5586-3110  
reinhold.weber@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:  
Vermessungskunde,  
Verkehrswegebau

Projektmitarbeiter:  
Prof. Dr.-Ing. Klaus Tragbar,  
Angela Ellmer,  
Tim Brosch

und Höhe standen die Koordinaten der Polygonpunkte für die freie Stationierung des Tachymeters auf nahezu beliebigen und für die Bauaufnahme günstig gelegenen Standpunkten zur Verfügung. Abb. 2 zeigt außerdem, dass zusätzlich zu dem die Chiesa dei Pagani und das Baptisterium umschließenden Ringpolygon ein weiterer, offener Polygonzug durch die Gebäude hindurch angelegt wurde, um auch dort Gerätestandorte bestimmen zu können, die unmittelbar in das lokale Koordinatensystem eingebunden sind. Die so gewonnen internen Festpunkte spielen u.a. bei der genauen Bestimmung der Mauerdicken eine große Rolle.

#### Grundrissaufnahme

Für die Erstellung eines präzisen Grundrissplans der Chiesa dei Pagani und des Baptisteriums wurde zunächst über ein geometrisches Nivellement die horizontale Schnittebene durch die Baukörper sowohl innen als auch außen mit Klebepunkten in geringen Abständen markiert. Danach konnten die Begrenzungen der Schnittebene vermessen und im CAD-System zu einem Grundrissplan vereinigt werden (Abb. 3). Die Auswertung der Messergebnisse ergibt die Einstufung des Grundrisses in die Genauigkeitsklasse L3 der DIN 18710-2 mit einer Standardabweichung  $\rho_L$  der Lagevermessungen von  $5 \text{ mm} \leq \rho_L \leq 15 \text{ mm}$ . Diese Messgenauigkeit entspricht damit den Anforderungen der DIN an eine Kartierung für den Denkmalschutz.

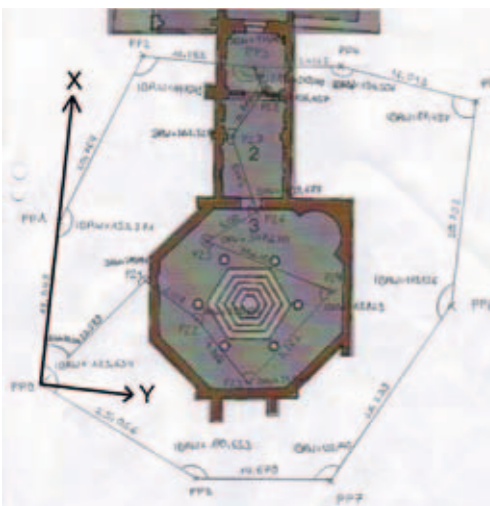


Abb. 2: Aquileia, Baptisterium, Koordinatensystem und Messungsliniennetz.

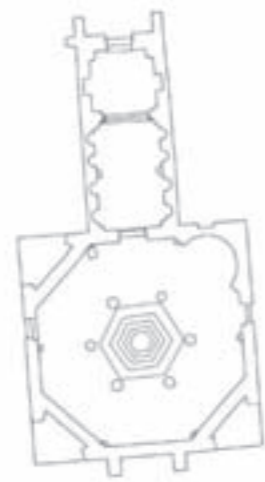


Abb. 3: Aquileia, Baptisterium und Chiesa dei Pagani, Grundriss Erdgeschoss, Tachymeteraufmaß HS Augsburg 2009.



Abb. 4: Aquileia, Abweichung zwischen Handaufmaß und Tachymeteraufmaß im östlichen Eingangsbereich der Chiesa dei Pagani.

Abb. 4 zeigt am Beispiel des nördlichen Eingangsbereichs der Chiesa dei Pagani die Abweichungen der tachymetergestützten Aufnahme (dicke schwarze Linien) zum Handaufmaß (dünne Bleistiftlinien), das als Folge der verwendeten einfachen Vermessungsgeräte und -methoden bei der gegebenen lokalen Situation an seine Grenzen stößt.

#### PHOTOGRAMMETRIE

##### Allgemeines und Prinzip

Neben der Tachymetrie stellt die Photogrammetrie ein weiteres berührungsloses Messverfahren für die Bauaufnahme mit modernen Mitteln dar. Bei der Methode der Mehrbildentzerrung z. B. werden die digitalen Aufnahmen eines Gebäudes, die mit einer hochauflösenden Spiegelreflexkamera von frei wählbaren Standorten aus angefertigt wurden, im Rechner so orientiert, dass Bildmessungen ermöglicht werden, deren Ergebnis dreidimensionale Koordinaten sind. Für die Aufnahme von Fassaden ist besonders die Methode der Einbildentzerrung geeignet, bei der aus einem einzigen Fassadenbild über die Auswertung von Passpunktkoordinaten auf der Gebäudehülle ein sogenanntes Orthofoto erstellt wird. Das Orthofoto bezeichnet ein Bild, dessen Aufnahmeebene im Rechner parallel zur Bildschirmenebene gedreht wird, so dass die Bildstrukturen direkt und maßstabsgetreu mit CAD nachgezeichnet werden können.

##### Photogrammetrisches Aufmaß in Aquileia

Entsprechend den Ausführungen im vorangegangenen Punkt ist die Einbildentzerrung sehr gut für die in der historischen Bauforschung wichtige, steingerechte Darstellung von Gebäudewänden geeignet und kam bei

insgesamt sechs Wänden des Baptisteriums, aber auch bei der kompletten südlichen Außenwand der Chiesa dei Pagani zum Einsatz. Abb. 5 zeigt die Auswertung eines Orthofotos für einen Ausschnitt der Nordwestwand des Baptisteriums. Der Arbeitsaufwand für die Erstellung der o. g. maßstabsgetreuen steingerechten Aufmaße über die Auswertung photogrammetrischer Aufnahmen wurde im Rahmen der Bachelorarbeit mit rund 1/3 der Arbeitszeit für das klassische händische Aufmaß ermittelt.

#### Fazit und Ausblick

Die Zusammenarbeit von Architektur- und Bauingenieurstudenten am Baptisterium und an der Chiesa dei Pagani im Rahmen eines Projekts der historischen Bauforschung hat die enge Verflechtung und die daraus resultierenden Synergie-Effekte der beiden klassischen Disziplinen des Bauwesens aufgezeigt:

Die klassische Bauaufnahme stößt dann an ihre Grenzen, wenn Bereiche nicht oder nur eingeschränkt zugänglich sind, wie es beispielsweise bei der Nordwest-, der Nordost- und der Südwestfassade des Baptisteriums in Aquileia der Fall ist. Hier wären die Fassaden aufgrund der freigelegten und nachträglich teilweise aufgemauerten Fundamente der halbrunden Nischen nur mittels aufwändiger Gerüstkonstruktionen zugänglich, so dass die durch elektronische Messverfahren erstellte, entzerrte Photogrammetrie der Fassade hier das besser geeignete Messverfahren darstellt. Mit den Möglichkeiten der modernen Ingenieurvermessung können die Bauingenieure ihren Architekturkollegen in vergleichsweise kurzer Zeit präzise Planunterlagen bis hin zu steingerechten Wanddarstellungen zur Verfügung stellen. Sie schaffen damit Freiräume, die für die eigentlichen Fragen und Ziele der Bauforschung genutzt werden können.

Die derzeitige Einsatzgrenze der photogrammetrischen Einbildentzerrung hat sich im Projekt Aquileia bei der Aufnahme von hohen Wänden gezeigt, an denen keine Passpunktsignalisierung mehr möglich war (vgl. Abb. 6). Um diesem Nachteil bei künftigen Anwendungen zu begegnen, wird derzeit an der Hochschule Augsburg der Prototyp eines Mehrfachlasers entwickelt, der in der Lage sein soll, unzugängliche Punkte einer Fassade vom Boden aus zu signalisieren, damit diese fotografiert und angemessen werden können. Ein weiteres Problem bestand beim Zusammenführen



Abb. 5: Aquileia, Baptisterium, vom Orthofoto zur steingerechten Darstellung.

der aus dem Baptisterium und der Chiesa dei Pagani herausgelegten Messachsen, was ohne elektronische Messverfahren kaum mit der erforderlichen Präzision möglich ist. Die Überlagerung des klassisch vermessenen Grundrisses mit dem elektronisch vermessenen (Abb. 4) zeigt sowohl Abweichungen in der Ausrichtung der Mauerzüge, aber in deren Detaillierung auch gute Übereinstimmungen.

Vor dem Hintergrund der positiven Erfahrungen in Aquileia soll bei der Bauforschung an der Kirche der Erzabtei St. Peter in Salzburg noch in diesem Jahr die Zusammenarbeit zwischen den Architekten und Bauingenieuren der Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen der Hochschule Augsburg ausgeweitet werden.



Abb. 6: Aquileia, Chiesa dei Pagani, Klaffung entzerrter Bilder außerhalb der signalisierten Bereiche.

Abbildungsnachweis:  
Alle Abb. HS Augsburg,  
Fakultät für Architektur  
und Bauingenieurwesen.

## CBT-gestütztes Erlernen ABAP®-basierter SAP®-Programmierung

Prof. Dr. Rainer Kelch, Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr. Rainer Kelch

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Informatik  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3476  
Telefax: (+49) 821 5586-3499  
rainer.kelch@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
SAP-R/3-Programmierung,  
webbasierte betriebliche  
Anwendungsprogrammierung,  
Software- und Geschäfts-  
prozessmodellierung

Zur Unterstützung des praktischen und theoretischen Lernprozesses, speziell im 3. und 4. Semester des Bachelor-Studiengangs Wirtschaftsinformatik der Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik, aber auch für den geplanten Master in Wirtschaftsinformatik (mit Hauptunterrichtssprache Englisch), soll spezielle Software helfen. Deren Kern stellt eine simulierte und vereinfachte Entwicklungsumgebung zum Programmieren von SAP-Anwendungen dar. Dieser Übungseditor liefert für die Studierenden wertvolle semantische Prüfungen, damit das entworfene Programm nicht nur syntaktisch korrekt wird, sondern auch das tut, was in der Anforderung steht. Erste Prototypen laufen bereits und können vorgeführt sowie getestet werden.

### 1. ANFORDERUNGEN AN CBT-PROGRAMME

Neben der Visualisierung der wichtigen Zusammenhänge und Funktionsweisen in den verschiedenen Typen von SAP-Anwendungsprogrammen sollen CBTs hauptsächlich dazu dienen, den Prozess des Erlernens der richtigen Programmieretechnik zu beschleunigen. Das Erstellen eines CBT-Programms lässt sich gemäß Abb. 1 in die folgenden vier Schritte aufteilen.

- Im ersten Schritt werden die Aspekte identifiziert, die bei der Realisierung einer Anforderung – sprich: beim korrekten Ausprogrammieren einer Aufgabe – in der Regel für die Einsteiger Probleme bereiten.
- Im zweiten Schritt werden Ansätze gesucht, die

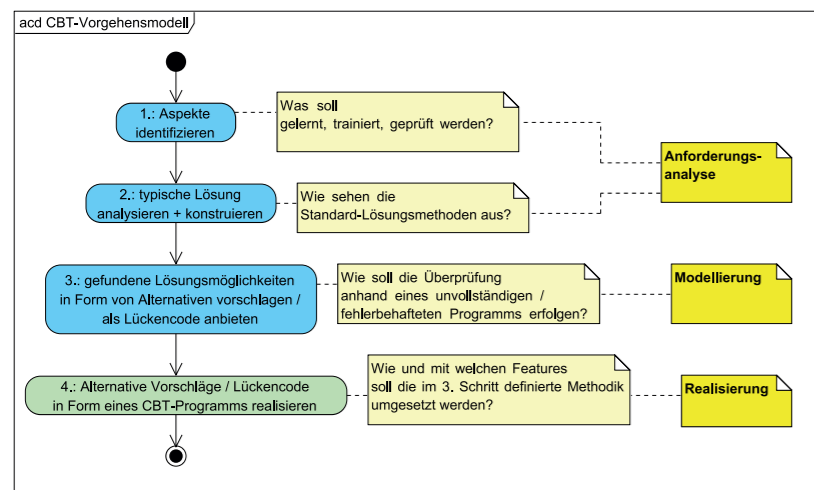


Abb. 1: Vorgehensmodell zum Erstellen von CBT-Programmen.

Lösung der typischen Anforderungen systematisch analytisch und konstruktiv zu beschreiben und damit einen methodischen Ansatz zur Lösung dieser Aufgabentypen zu finden.

- Im dritten Schritt werden entweder die im zweiten Schritt gefundenen korrekten Ansätze mit empirisch gesammelten bzw. prognostizierten häufigen Fehlansätzen als mögliche Lösungen vorgeschlagen, so dass der CBT-Nutzer sich für einen der Vorschläge entscheiden muss – oder er hat die Möglichkeit, Freitext einzugeben, der dann vom Programm auf Korrektheit geprüft wird. In beiden Fällen bekommt der Nutzer ein Feedback in Form von „richtig“ oder „falsch“ und zusätzliche Hilfestellung bei „falsch“, warum es falsch sein könnte, bzw. was für eine richtige Lösung erforderlich ist. Im Notfall kann auch die korrekte Musterlösung vom System erfragt werden. Eine Einschränkung der Möglichkeiten für die Freitexteingabe entweder durch Benutzerführung oder durch Hilfetexte kann methodisch sinnvoll sein. Meistens handelt es sich um eine Kombination von unvollständigem Programmcode, bei dem die Lücken gefüllt werden müssen – und dies eben entweder durch Auswahl aus vorgeschlagenen Alternativen oder durch Freitexteingabe oder durch Kombination beider Möglichkeiten.
- Im vierten Schritt wird das Konzept des dritten Schritts in ein Softwareprodukt umgesetzt. Dieses CBT-Programm ersetzt quasi den oben angesprochenen Tutor und kann damit zeitlich und örtlich unabhängig genutzt werden.

Dies ist eine knappe Schilderung sowohl des Entstehungsprozesses eines CBT-Programms als auch der Zielsetzung und der Methodik, die dahinter steckt.

Hinweis: Der dritte Schritt muss dabei nicht zwingend in einem vierten Schritt durch ein E-Learning-Produkt realisiert werden. Eine tutorielle (d. h. menschliche) Durchführung ist genauso denkbar: ein studentischer Tutor stellt eine Aufgabe sowie ein unvollständiges Beispielprogramm vor, bei dem die Studierenden versuchen, die Lücken zu füllen und ihre Vorschläge mit dem Tutor diskutieren. Anschließend werden die verschiedenen Vorschläge in der realen Entwicklungsumgebung getestet: auf Syntax-bzw. Laufzeitfehler sowie auf korrekte Realisierung der Anforderungen.

### 2. REALISIERUNGSANSÄTZE

Die derzeit durch Prototypen verfolgten Anforderungen versuchen, die aus Sicht sowohl der Prüfungsergebnisse als auch der Erfahrungen in den praktischen Übungen sowie von Schulungen für erfahrene Programmierer in der freien Wirtschaft wichtigsten und größten Probleme zuerst zu behandeln. Das sind die folgenden:

#### 2.1 KLASSISCHES UND OBJEKTORIENTIERTES REPORTING

Beim Reporting geht es um die Erzeugung von Berichten (Listen), indem auf Datenbanktabellen eines RDBMS zugegriffen wird, das damit verbundene Datenmodell (ERM) berücksichtigt wird, der Anwender eine sinnvolle Möglichkeit zur Eingrenzung der Daten bekommt und das Ergebnis ansprechend aufbereitet wird. Hier wird das klassische EVA-Prinzip durch den Datenbankzugriff erweitert (siehe Abb. 2).

Ob diese Anforderung klassisch, d. h. prozedural, oder über die Erzeugung von Instanzen und Aufruf von Methoden erfolgt, ist dabei aus CBT-Sicht zweitrangig, da das Hauptproblem vorher auftaucht: „Wie baue ich geschachtelte SELECTs mit den richtigen WHERE-Klauseln unter Nutzung des IN-Operators in Kombination mit dem komfortablen UI-Element SELECT-OPTIONS, die genau die Datensätze beschaffen, die der

Anwender haben will?“ Hier muss entschieden werden, welche Tabellenfelder berücksichtigt werden müssen und wie, d. h. ob über „=“ oder über „IN“. Dabei ist es für die Funktionalität und das Verständnis unwichtig, ob solche Datenbankzugriffe, die sich auf mehrere Tabellen gleichzeitig beziehen, über geschachtelte Selects, über inner/outer Joins oder über im Dictionary deklarierte Views realisiert werden. Die Anforderungen an ein sinnvolles CBT-Programm sind in Abb. 3 modelliert.

Beim OO-Ansatz liegt das Hauptproblem darin, welche Attribute wie zu deklarieren sind, damit ein instanziiertes Objekt auch wirklich ein Objekt darstellt, dass einen Realitätsbezug hat. Anwendungsobjekte

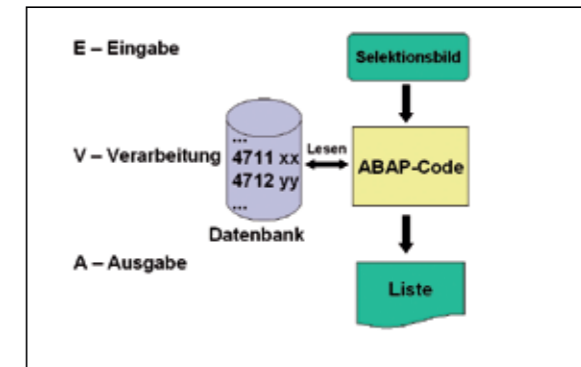


Abb. 2: EVA-Prinzip beim Reporting mit Datenbankzugriff.

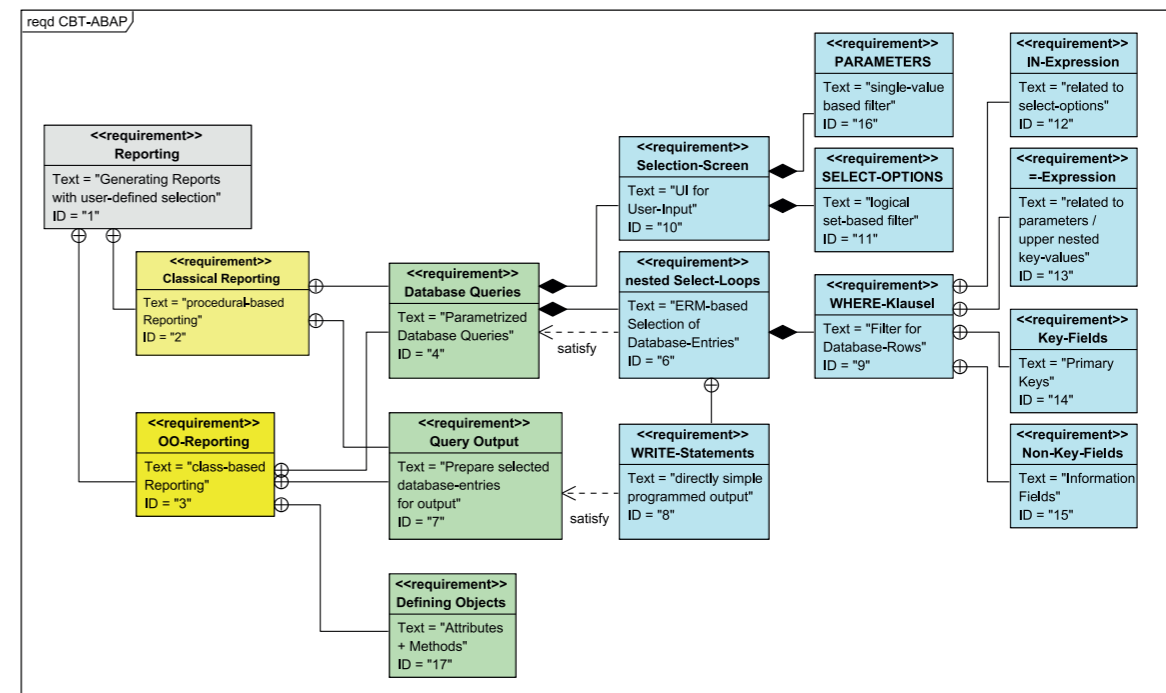
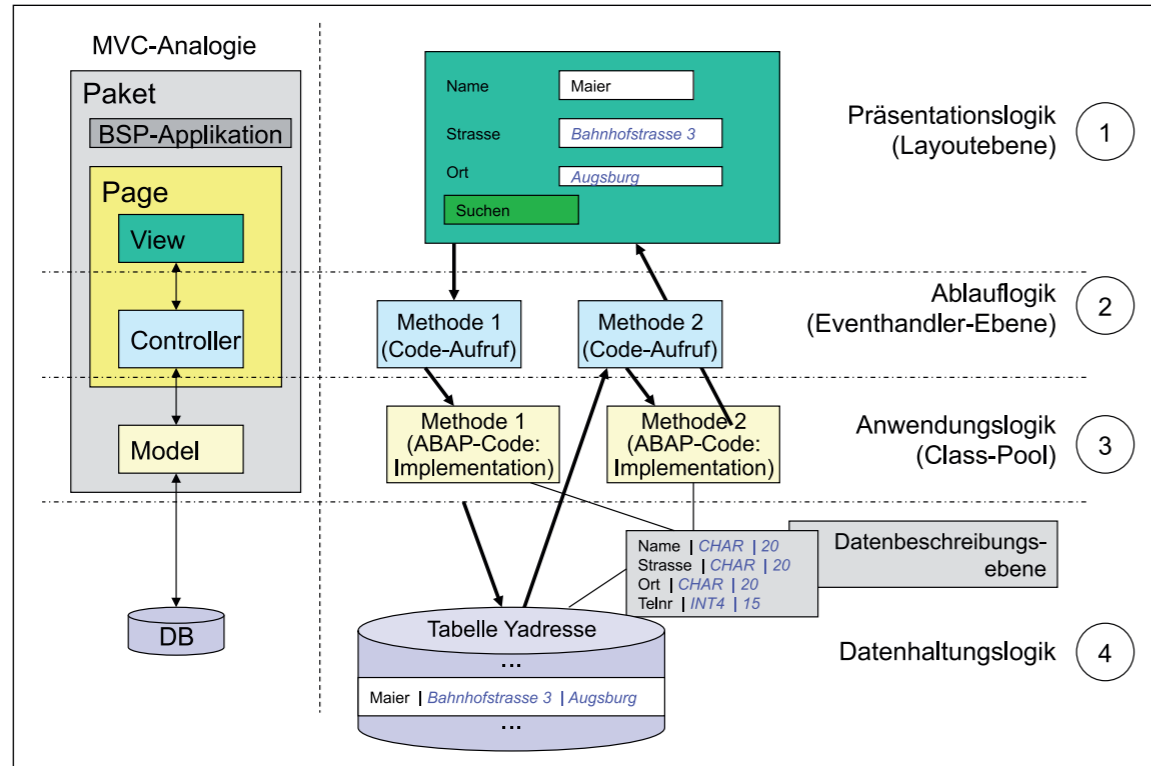


Abb. 3: Anforderungen an ein E-Learning-ABAP-Programm.

Abb. 4: 4-Ebenen-Architektur von classic-BSP-Anwendungen.



haben oft eine „Belegkopf-Belegposition“-Struktur, die also eine 1:n-Beziehung darstellt. Dazu werden sowohl Attribute benötigt, die einen Einzelsatz darstellen als auch Attribute, die n Datensätze aufnehmen können. Weiterhin muss entschieden werden, ob ein Beleg durch eine Instanz dargestellt werden soll, oder durch „1 + n“ Instanzen, oder durch eine weitere Variante.

### 2.2 WEBBASIERTER DIALOGPROGRAMMIERUNG MIT BSP

Für die Dialogprogrammierung beziehen wir uns auf das 4-Ebenen-Modell der SAP-Dialoganwendungen (siehe [1]). Abb. 4 illustriert diese Dialoganwendungsarchitektur für die UI-Technologie der Business Server Pages (BSP).

Das Hauptproblem dabei ist die Realisierung des vertikalen und horizontalen Datentransports, gefolgt von der Behandlung von User-Ereignissen. Da es gemäß einer Grobgliederung derzeit drei verschiedene praxisrelevante UI-Technologien im SAP-Umfeld gibt, müssen prinzipiell alle drei behandelt werden. Die meisten Probleme tauchen allerdings bei BSP-Anwendungen (Business Server Pages) auf, da hier das Framework nicht so viel vorgibt wie bei Dynpro-basierten SAP-

Transaktionen (laufen im SAP-spezifischen SAPGUI-Frontend) oder beim stark Framework-unterstützten Webdynpro-Programmiermodell, das auch wie das BSP-Modell webfähig ist.

Von den vielfältigen Möglichkeiten der Datenflussrealisierung beschränken wir uns auf die folgenden vier:

- Auto-Technik
- Cookie-Technik
- Klasse-Technik
- MVC-Technik

Desweiteren muss auch noch der vertikale Datenfluss gesondert betrachtet werden und alles in Abhängigkeit vom Zustandsmodell (stateless bzw. stateful).

Damit der Datenfluss innerhalb einer Page und auch zwischen 2 Pages funktioniert, sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Wahl des Zustandsmodells
- Wahl der Datenflusstechnik
- Entscheidung für native-HTML bzw. BSP-Extensions

Die konkrete Art der Realisierung des Eventhandlings hängt davon ab, ob mit BSP-Extensions gearbeitet wird oder nicht, beeinflusst den Datentransport aber nur indirekt.

Was muss beachtet werden, damit der Datenfluss korrekt funktioniert?

- Generell muss immer geprüft werden, ob die Bezeichner der UI-Elemente mit den Seitenattributen innerhalb einer Seite und auch auf der zweiten Seite übereinstimmen (Namensgleichheit).
- Die UI-Elemente, deren Werte zu übertragen sind, müssen innerhalb eines Formulars liegen, bei mehreren Formularen innerhalb der gleichlautenden Formulare.

- Zusätzlich müssen die Technik-spezifischen Bedingungen erfüllt sein.

Abb. 5 illustriert beispielsweise die Programmierlogik für den Datenfluss bei der Cookie-Technik.

Man erahnt, dass sich aufgrund dieser Anforderungen für den Einsteiger scheinbar unübersichtlich viele Möglichkeiten der Fehlprogrammierung ergeben – bzw. die Fehlersuche sich als sehr schwierig herausstellt. Deshalb ist hier eine „Best-Practice“-Checkliste hilfreich und die CBTs werden gerade die hier aufgezählten Bedingungen für einen reibungslosen Datenfluss prüfen. In Abb. 6 sind die Anforderungen an ein E-Learning-CBT-Programm formuliert, die notwendig sind, um bei BSP-Anwendungen die Datentransporttechniken erlernen zu können.

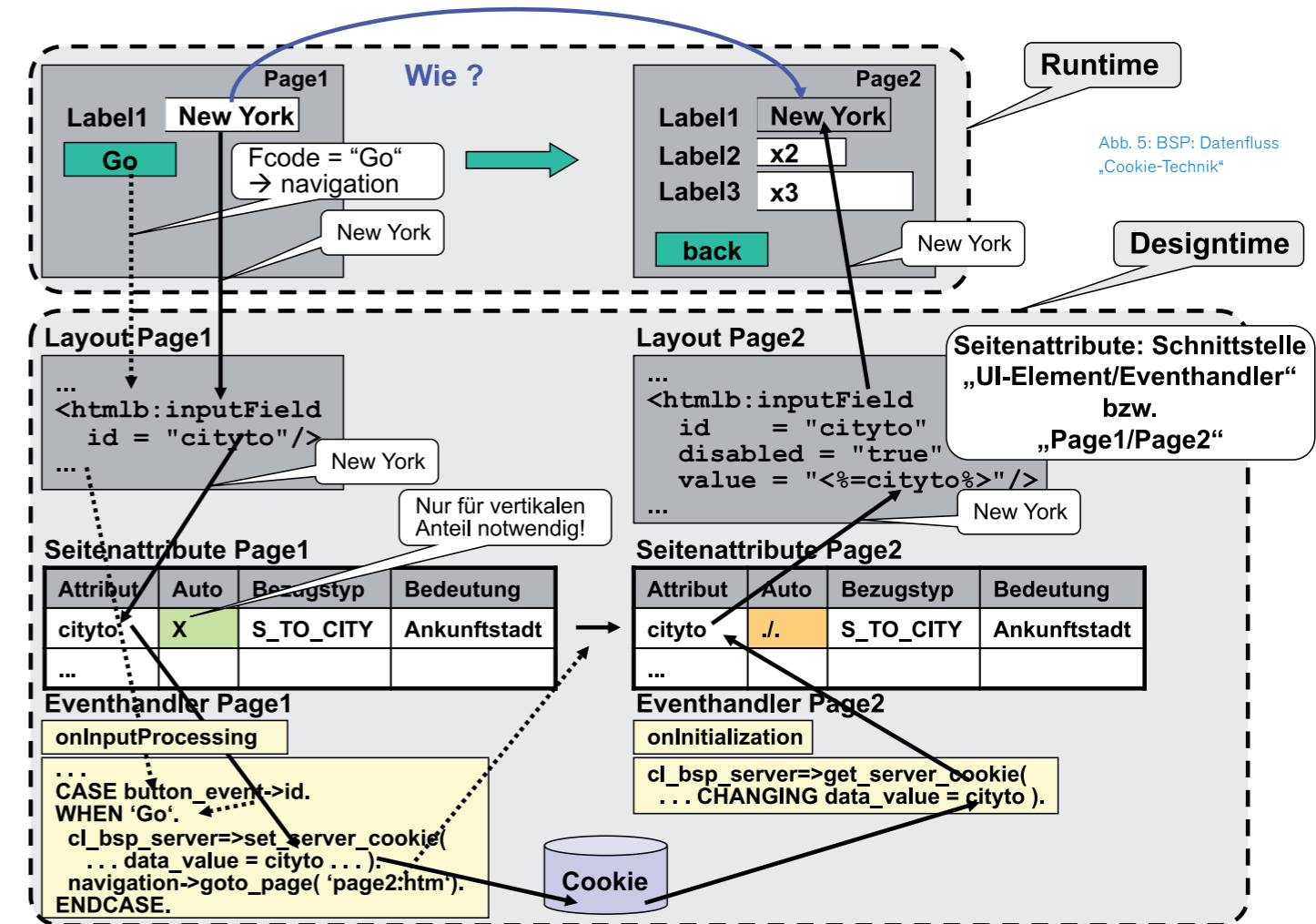
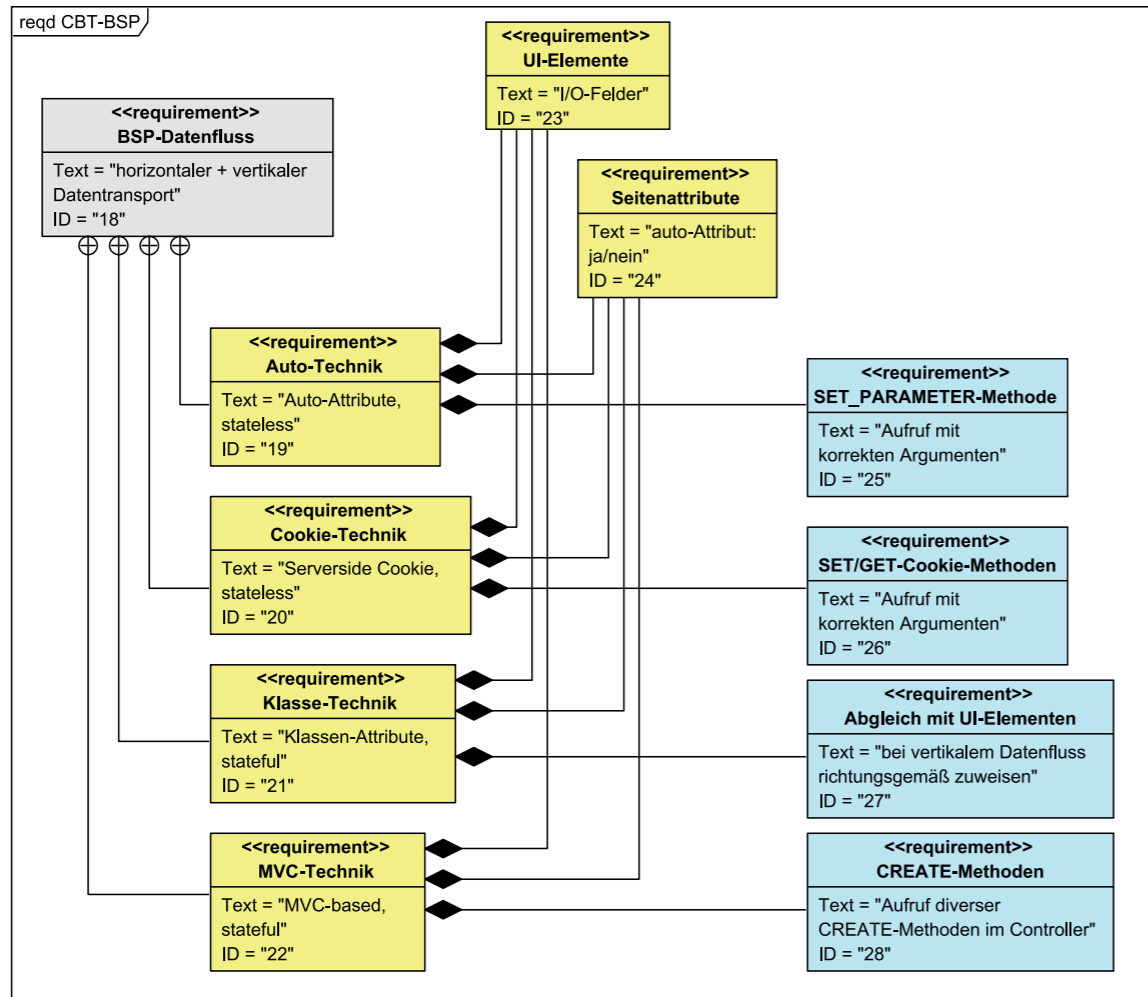


Abb. 5: BSP: Datenfluss „Cookie-Technik“

Abb. 6: Anforderungen an ein BSP-E-Learning-Programm.



### 3. ERSTE PROTOTYPEN

In der Vergangenheit gab es bereits zwei Projektgruppen, die die Ideen des Autors ansatzweise realisiert haben.

- Reporting: Das Projekt „easyABAP“ war der Start und hatte das Reporting als Zielthema. Es wurde im Projekt „E-Learning ABAP“ im Rahmen einer Diplomarbeit (siehe [2]) weiterentwickelt.
- Dialoganwendungen: Das Projekt „Visualisierung des Datenflusses bei SAP-Dialoganwendungen“ aus dem SS 2006 wurde durch das Projekt „E-Learning BSP“ vom SS 2009 komplett neu gestaltet und inhaltlich aktualisiert sowie deutlich erweitert und flexibilisiert (siehe [3]). Es wurde danach weiterentwickelt und

wird noch weiter ausgebaut. Von diesem Prototyp liegen bereits erste sehr positive Erfahrungen im studentischen Einsatz vor. Der Fokus dieses Programms liegt auf der Realisierung des Datenflusses bei BSP-Applikationen. Zur Visualisierung des Datenflusses wurden Animationen entwickelt.

Abb. 7 zeigt den Kern des BSP-E-Learning-Programms: den Simulationsmodus, in dem Lückencode vom Nutzer ergänzt werden kann und brauchbare Meldungen vom Programm zurückgegeben werden. Hier werden nicht nur Syntaxfehler gemeldet, sondern auch semantische Fehler, die nicht zu einem Laufzeit- oder Compiler-Fehler führen würden, aber einen nicht korrekten Datentransport als Wirkung hätten.

### 4. FAZIT UND AUSBLICK

Vom Projekt „E-Learning ABAP“ gab es zum Zeitpunkt der Drucklegung noch kein verwertbares Feedback. Vom Projekt „E-Learning BSP“, das inzwischen auch als zweisprachige (deutsch und englisch) Version vorliegt, kommen sehr positive Rückmeldungen. In einem internationalen Masterkurs war eine studentische Kleingruppe in der Lage, für ihre Prüfung eine Anforderung mit MVC-BSP zu realisieren, obwohl dieses Thema in der Vorlesung nicht behandelt wurde. Die Studenten hatten sich die Datenflusstechnik ausschließlich mit dem CBT-Programm angeeignet!

Das CBT-Programm für Reporting wird verfeinert und weiter ausgebaut. Das CBT-Programm für BSP-Datenfluss wird um Komponenten für das BSP-Extension-basierte Eventhandling erweitert.

Weiterhin wird ein CBT-Programm für den Datenfluss bei SAP-Transaktionen (klassisch und SAPGUI-Control) und bei Webdynpro-Anwendungen entstehen. Für beide UI-Technologien werden ebenfalls BSP-Module für das Üben des Eventhandlings bereitgestellt.

Sobald diese Komponenten fertiggestellt sind, werden sie in ein „ABAP-Learning-CBT“-Gesamtprogramm integriert. Alles wird dann mindestens zweisprachig angeboten.

In Planung ist weiterhin eine Einbindung eines Mini-SAP-Systems, so dass die durch Einfügen gefüllten Lückenprogrammtexte direkt live getestet werden können.

### LITERATUR

- [1] Kelch, R.: Modellierung und Entwicklung von SAP-Dialoganwendungen, 2. Auflage 2009, SAP-Press, Galileo-Press Verlag, Bonn.
- [2] Güler, A.: E-Learning ABAP, Diplomarbeit, Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik, 2010.
- [3] Deisenhofer, Chr., Hörmann, M., etc.: E-Learning-BSP, Projektarbeit unter Leitung von Prof. Dr. Rainer Kelch 2009, Weiterentwicklung (Hiwi-Tätigkeit) 2010.

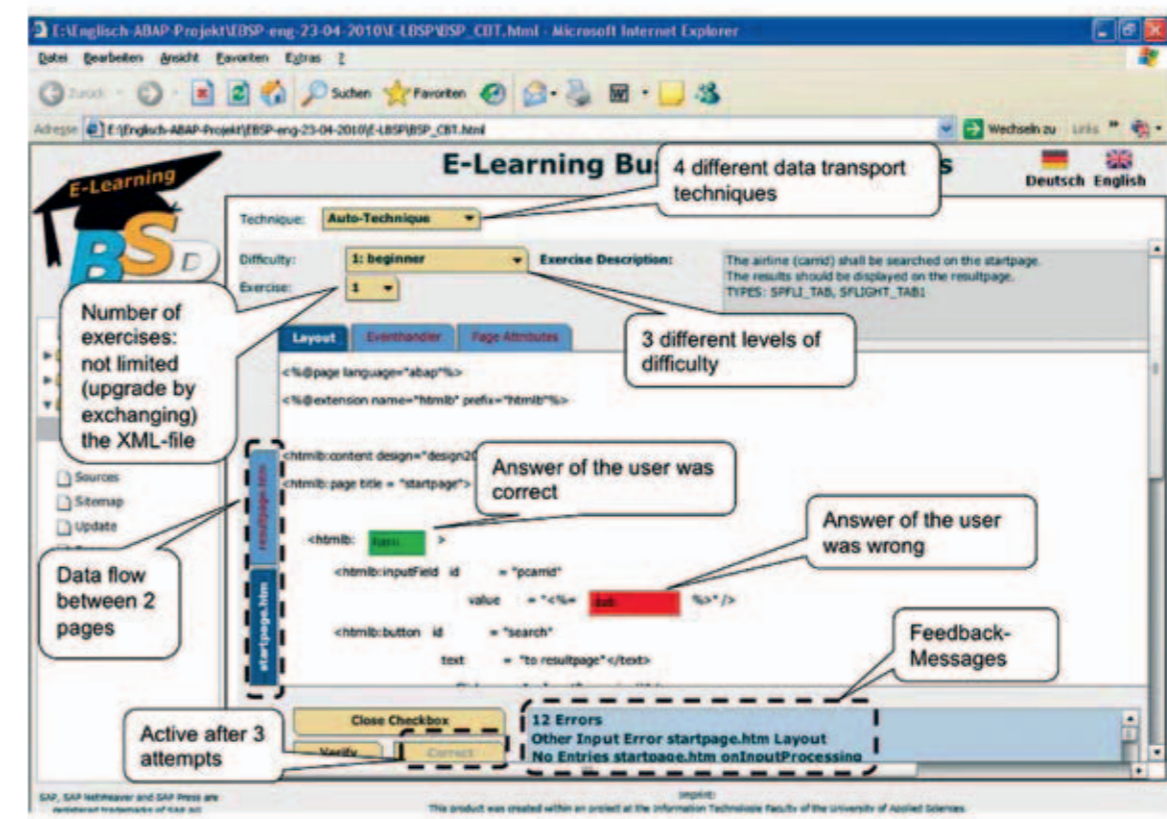


Abb 7: BSP-Simulation.

## Triokulus: Effiziente Bildverarbeitung für 3D-Trackingsysteme

Prof. Dr. Gundolf Kiefer und Michael Schäferling M.Sc., Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr.  
Gundolf Kiefer

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Informatik  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3329  
Telefax: (+49) 821 5586-3499

gundolf.kiefer@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

### Fachgebiete:

Entwurf integrierter Systeme,  
programmierbare Logik,  
Bildverarbeitung, Betriebs-  
systeme

### Projektmitarbeiter:

Michael Schäferling M.Sc.

### Projektpartner:

Mixed Mode GmbH, Gräfelfing  
Universität Augsburg

„Triokulus“ ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit einer Gesamtsumme von 260.000 Euro gefördertes Forschungsprojekt. Finanziert wird neben den für das Projekt notwendigen Sachmitteln eine volle Stelle für einen wissenschaftlichen Mitarbeiter über drei Jahre.

Das Projekt befasst sich mit der Entwicklung von „intelligenten Kameras“ für optische Tracking-Systeme, die mithilfe von einer oder mehreren Kameras die Lage und Orientierung realer Objekte bestimmen. Solche Systeme werden unter anderem in „Augmented Reality“-Anwendungen eingesetzt, in denen reale Bilder durch zusätzliche Informationen angereichert werden.

Seit dem Projektbeginn im Oktober 2009 konnten bereits einige Arbeitsergebnisse, z. B. auf dem Gebiet der Erkennung natürlicher Objektmerkmale, erzielt werden.

### ZIELE DES PROJEKTES

Das Kamera-basierte Tracking von realen Objekten mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit stellt algorithmisch eine große Herausforderung dar. Wünschenswert wären jedoch kleine, mobile Systeme, die zum Beispiel in die Kamera(s) integriert werden können und bereits dort einen Teil der notwendigen Bildverarbeitungsaufgaben übernehmen.

Hier setzt das Triokulus-Projekt an: Auf der Grundlage von bekannten Algorithmen für das Kamera-Tracking werden effiziente Algorithmen und Hardwaremodule entwickelt. Somit entstehen an unserer Hochschule Software-Bibliotheken und Hardware-Module (IP-Cores), welche als eingebettete „System-on-a-Chip“ in Form eines FPGAs oder ASICs realisiert werden können.

Ein Algorithmus zum optischen Tracking lässt sich allgemein in zwei Phasen aufteilen. Die erste ist die

*Merkmalserkennungsphase*, wobei in den aufgenommenen Kamera-Bildern wiedererkennbare Objektmerkmale gesucht werden. Dies können je nach Anwendung künstliche Marker oder natürliche Merkmale (z. B. Objekt-Ecken, vorhandene Oberflächenmerkmale) sein. Im zweiten Fall ist es – im Gegensatz zum ersten – erforderlich, die zu verfolgenden Objekte mit entsprechenden Markern zu versehen. Daher ist das Erkennen von natürlichen Merkmalen häufig erwünscht, aber algorithmisch erheblich anspruchsvoller. Bild 1 zeigt ein Beispiel für automatisch erkannte natürliche Merkmale. Die farbliche Zuordnung zu den drei Objekten erfolgte ebenfalls automatisch durch eine im Projekt entwickelte Software und zeigt eine sehr gute Trefferquote.

Die zweite Phase ist die *Registrierungsphase*. Hier werden die in der ersten Phase erkannten Merkmale mit denen einer Bibliothek oder aus dem Bild einer anderen Kamera abgeglichen (sog. „*Matching*“) und anschließend wird mithilfe geometrischer Berechnungen und numerischer Verfahren zur Fehlerminimierung die Objektpose im 3D-Raum bestimmt.

Während für Bildverarbeitungsaufgaben ähnlich denen der Phase 1 schon häufig FPGAs und Spezialhardware eingesetzt wird, werden die Aufgaben der Registrierungsphase noch häufig in Software erledigt. Das Triokulus-Projekt befasst sich explizit mit beiden Phasen.

### ERSTE ERGEBNISSE

Seit dem Projektstart vor weniger als einem Jahr konnten bereits in vier der insgesamt im Projektplan vorgesehenen sechs Arbeitspakete erste Ergebnisse erzielt werden.

Das erste dieser Arbeitspakete befasst sich zunächst mit dem Aufbau einer Entwicklungs- und Demonstrationsumgebung. Um spätere Ein-Chip-Demonstratoren bauen zu können, wurde eigens ein platzsparendes Visualisierungsmodul mit Software-Bibliothek entwickelt. Damit können Kamera-Bilder, ergänzt um Zusatzinformationen in einem Overlay, direkt auf einem angeschlossenen Monitor ausgegeben werden. So ist es zum Beispiel später möglich, detektierte Features zu markieren oder in einem Bild entdeckte Gegenstände hervorzuheben und zu beschriften. Einen Demonstrator hierzu – ein halb-virtuelles „Pong“-Spiel, welches komplett in einem Kameramodul mit einem kleinen FPGA

realisiert ist – wurde von uns auf der Elektronikmesse „embedded world 2010“ vorgestellt (siehe Abb. 2).

Das zweite Arbeitspaket befasst sich mit der effizienten „Feature-Detektion“, dem Auffinden markanter natürlicher Merkmale in einem gegebenen Bild. Hier wurde der als robust geltende, aber rechenzeitintensive SURF-Algorithmus als Referenz verwendet und durch Software-Optimierungen und die Entwicklung eines neuartigen, flexibel konfigurierbaren Hardware-Moduls („Flex-SURF“) erheblich beschleunigt.

Als Drittes wurde der Schritt des „Matchings“, der Korrespondenzsuche zwischen Features verschiedener Bilder, ebenfalls durch eine Vielzahl an Optimierungen der Software wesentlich beschleunigt. Auch hier wirkt ein eigens hierfür entwickeltes Hardware-Modul unterstützend bei der Ausführung oft wiederkehrender Berechnungen.

Das vierte Arbeitspaket befasst sich allgemein mit Algorithmen zum Tracking mithilfe von drei Kameras. Hier wurde ein erster PC-basierter Demonstrator implementiert, welcher die Objekterkennung und Posebestimmung zunächst auf leistungsfähiger Hardware realisiert. Diese Arbeit kann nun als Grundlage und Arbeitsumgebung für weitere „Augmented Reality“-Anwendungen dienen.

Alle diese Ergebnisse wären nicht möglich gewesen ohne die koordinierte und konstruktive Zusammenarbeit aller Beteiligten. So konnten im Rahmen des Triokulus-Projektes bisher bereits drei Abschlussarbeiten (zwei abgeschlossene und eine noch laufende) und zwei studentische Projektarbeiten erfolgreich durchgeführt werden, in denen jeweils Teile der genannten Hardware- und Software-Module implementiert wurden.

### PROJEKTDATEN

**Titel:** Triokulus – Effiziente Bildverarbeitung für 3D-Trackingsysteme

**Förderlinie:** BMBF „IngenieurNachwuchs“

**Fördersumme:** 260.000 €

**Laufzeit:** 3 Jahre (seit 10/2009)

### PUBLIKATIONEN 10/2009 – 07/2010:

- Messeauftritt auf der embedded world 2010
- Vortrag im Informatik-Kolloquium am 24.3.2010
- Demonstration auf dem Tag der Informatik 2010



Abb. 2: Stand auf der embedded world 2010: Zu sehen ist ein halb-virtuelles Pong-Spiel. Die „intelligente Kamera“ nimmt das Spielfeld und die Hände des Spielers auf und blendet dann den Ball und den Spielstand zusätzlich in das Monitor-Bild ein. Das System ist komplett innerhalb eines FPGA-Bausteins realisiert, welcher sich in dem Kameramodul befindet.

### Weitere Informationen:

www.hs-augsburg.de/~kiefer/triokulus

Abb. 1: Erkennung natürlicher Merkmale. Die farbigen Kreise markieren automatisch erkannte typische Merkmale dreier zuvor gespeicherter Objekte. Trotz der schwierigen Umgebung (z. B. Personen und Gegenstände im Hintergrund) gab es hier praktisch keine Erkennungsfehler.

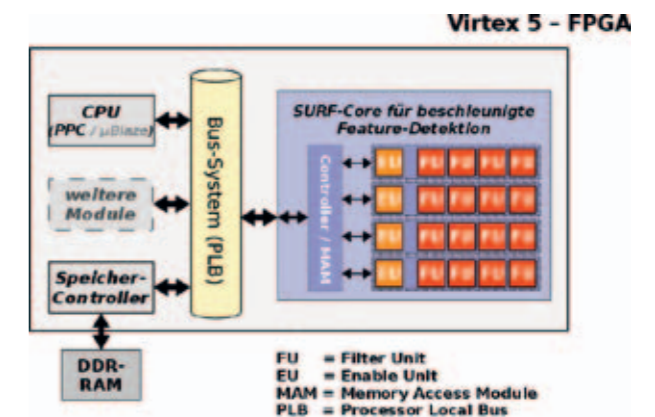


Abb. 3: Konfigurierbares „System-on-Chip“ für die Erkennung natürlicher Merkmale.

## P.i.t.c.h: A Pattern-based Development Process for Modeling and Design of Knowledge Sharing Systems

Prof. Dr.-Ing. Christian Märtin<sup>1</sup>, Dipl.-Inf. Jürgen Engel M.Sc.<sup>1</sup>, Claus Kaelber M.A.<sup>2</sup>, Dipl.-Inf. Iris Werner<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik, <sup>2</sup> Hochschule Augsburg, Fakultät für Gestaltung



**Ansprechpartner /  
Projektleitung**

**Prof. Dr.-Ing.  
Christian Märtin**

**Hochschule Augsburg**

Fakultät für Informatik  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3454  
Telefax: (+49) 821 5586-3499

christian.maertin@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**

Rechnerarchitektur,  
Intelligente Systeme,  
Mensch-Computer-Interaktion,  
Software-Technik

**Projekt P.i.t.c.h.:**

Laufzeit Juli 2009 bis  
ca. Februar 2011

In this paper we describe a pattern-based development process for designing highly-usable individualized multimedia interfaces for enterprise knowledge identification, structuring and communication. A pattern-based development workflow uses domain analysis and hierarchical pattern language repositories to extract HCI patterns and define solutions for structuring, accessing and communicating the knowledge distributed in the employees' minds, their desktops and mobile devices as well as databases and other knowledge sources of an enterprise. An attached tool environment is used for modeling the entire application and for generating parts of the UI code.

### 1. INTRODUCTION

Today the effective sharing of knowledge is one of the major driving forces of organizational success and further economic growth in the developed nations. Advanced knowledge management systems therefore obtain strategic significance for the future optimization of innovation processes and the sustained economic health of enterprises of all sizes.

In this paper we present a user-centered approach for customizing the knowledge communication workflows and the ways of structuring and accessing the distributed knowledge sources available especially in small and medium-sized organizations. Our approach is based on a sound understanding of the underlying generic and individual knowledge and knowledge sharing processes as well as the guided extraction and discovery of contextual patterns and HCI patterns that can be exploited for the semi-automated design of knowledge sharing systems.

By studying the theoretical basis of knowledge handling processes and knowledge quality the paper first examines why much better knowledge sharing systems and environments are needed.

After this we discuss the first results of the interdisciplinary project P.i.t.c.h. for building knowledge sharing applications. P.i.t.c.h. stands for Pattern-based interactive tools for improved communication habits in knowledge transfers and proposes a pattern-driven approach for getting from the results of organizational analyses of several small and medium-sized enterprises to interactive environments and highly-usable tools for knowledge sharing. The enterprise analysis phase is

targeted at discovering typical recurring requirements for knowledge sharing systems and their user interfaces in such organizations.

A special focus lies on the partly automated design of individual user interfaces with well adapted user experience (UX) characteristics. This is demonstrated for a video-focused navigable multimedia application for presenting corporate information. Its interactive components were designed from generic and specific HCI patterns derived from specifications obtained in the analysis phase of the software life-cycle.

The project uses results from [8] and [5] where structuring aspects and design tools for hierarchical HCI pattern languages are discussed and [4] where the architecture of a framework for semi-automatic design of user interfaces by pattern-exploitation is introduced. Patterns in this context are not limited to static user interface aspects, they also may cover workflow characteristics or serve as templates for task models. The pattern-driven approach opens up attractive opportunities for the scope of the P.i.t.c.h. project, because all patterns that have originally been extracted during the analysis of two candidate enterprises by domain and HCI experts, will be stored in the common pattern repository. Later they may be exploited by ordinary application developers to extremely facilitate the automated design and development of highly-usable interfaces for enterprise knowledge sharing applications in general.

### 2. ENTERPRISE KNOWLEDGE SHARING

Reflecting on possible improvements of organizational knowledge quality, we first of all have to deal with the feasibility and transparency of knowledge based assets in enterprises. The e-learning scientists Trondsen und Vickery [11] already have referred to this coherence a couple of years ago: "Information and knowledge are the lifeblood of today's organizations, which must act ever more aggressively and quickly to stay on the top of their competitive game. Moreover – despite the dazzling array of technology now available to create, store, organize, manipulate and transmit information – companies must still rely on the ability of their employees to absorb information, make it part of their knowledge base and apply it effectively in their work. (...) Increasingly, companies must be able to depend on

their employees' and associates' ability to learn 'on the fly' as they attempt to beat their competitors to markets that remain undefined with solutions they have yet to identify".

The amount of data and information grows rapidly as a consequence of media technology's fast integration in workaday life. But it may be misleading to argue, an organization would gain knowledge simply out of the immense volume of data. The rising quantity of data may not be put on the same level with the growing quality of knowledge.

Around numerous settings, which are not only a matter of organizational reference, substantial awareness about the position and the source of significant information would be very helpful. Regarding an organization's knowledge base, such ability would be a precious asset on its own. Who possesses or has access to detailed information, and who is experienced in handling and evaluating information? Basically everything has to be about collecting information, analyzing it, making it accessible and usable, and finally, sharing it with partners to condense knowledge as a consequence of communicative action. Knowledge and communication presuppose each other, even more if knowledge is understood as a resource, whose value strongly depends on its permanent complement, enhancement, reduction and reflection. In [6] Hasler Rumois several times points to the distinct relevance of transferring information, which cannot be separated from the individual intention and ability to communicate.

Frequent challenges in the organizational handling of knowledge are in line with the problem of misunderstanding the navigation of rapidly growing knowledge and knowledge sharing traffic as a straight-line process. Furthermore, organizations tend to undervalue the interdependence among information quality, speed, relevance on the one hand, and the willingness to communicate and share knowledge between employees or teams on the other hand.

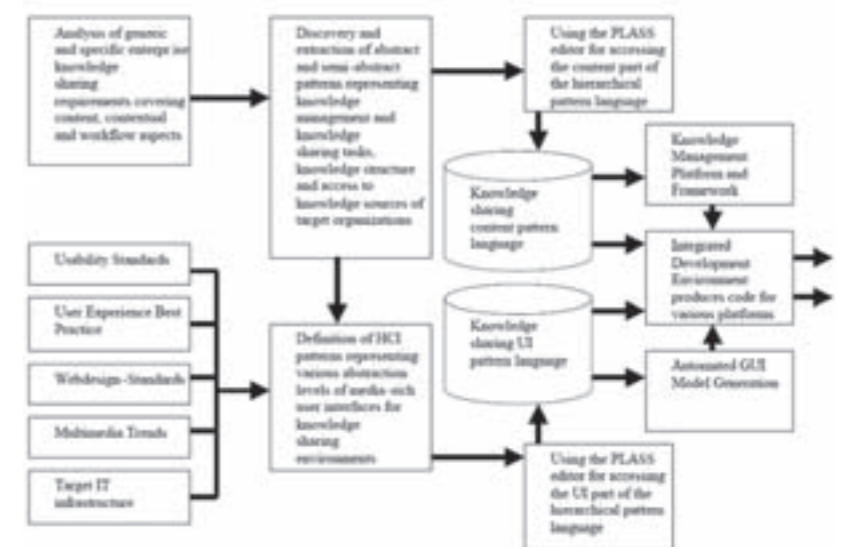
In [7] Lehner underlines the strategic importance of this subject for management. He refers to the fact that knowledge differs significantly from information in its relevance and applicability. According to Lehner knowledge implies the awareness of relational links between cause and effect as well as a systematic connection of information. In doing so he stresses the basic impact of knowledge assets on an organization's ability

to innovate. Thus, a redefinition of the terms knowledge management and knowledge sharing is due to be discussed since new collaborative media tools seem to become common in everyday's use.

### 3. PATTERN-BASED KNOWLEDGE SHARING

Although knowledge management is a hot topic in the IT community and several comprehensive business solutions, e.g. Microsoft Sharepoint or Siemens Sharenet, for knowledge management systems exist, the user interfaces of most of these systems are too complex and not attractive enough for non-IT staff. User experience and usability aspects never were in the main focus of these systems.

By changing the perspective on knowledge sharing as proposed in the previous chapter, rather than on information storage and retrieval aspects alone, typical users and user groups, the knowledge workers, enter the field, with their justifiable demand for easy access to relevant knowledge sources, easily finding their peers within organizations or in external networks, and finding pleasure in efficient and usable interfaces to their knowledge resources. Another important aspect that requires a user-centered treatment is the communication of expert knowledge to other members of the organization with the purpose of teaching this knowledge to the other members with their varying levels of expertise of the subject.



**Projektteam:**

Prof. Dr.-Ing. Christian Märtin  
(Projektleitung)

Claus Kaelber M.A.  
(Projektleitung),

Dipl.-Inf. Jürgen Engel M.Sc.  
(Doktorand im kooperativen  
Promotionsverfahren mit der  
Universität Rostock, Lehrstuhl  
Softwaretechnik)

Dipl.-Wirtschaftsinformatiker  
Christian Herdin (Projektmitarbeiter)

Dipl.-Inf. Iris Werner  
(Projektmitarbeiterin)

**Projektpartner:**

Zahn GmbH, Neu-Ulm

Werner Dosierertechnik WDT  
GmbH & Co. KG, Wertingen

**Förderung**

Teile des Projekts werden  
gefördert durch den  
Innovations-Fonds der IHK  
Schwaben

Fig. 1: Pattern-based workflow for the user-centered design of knowledge sharing applications.



### 3.1 PATTERN-BASED WORKFLOW FOR THE APPLICATION DEVELOPER

In order to arrive at well-structured and associative multimedia user interfaces for accessing and sharing the organizational knowledge, we apply a hierarchical pattern-language approach that uses various pattern-types on different levels of abstraction to cover all UI-related aspects of knowledge sharing applications. Figure 1 shows the overall workflow that is applied for going from the requirements of a specific knowledge sharing task to the final application with its highly-usable user interface. Note that the scope of this paper mainly covers the modeling and generation of the user interface.

#### 3.1.1 ANALYSIS

During analysis the content-domain- and context-related requirements of individual knowledge sharing applications for a specific organization and a specific purpose have to be defined. The analysis process can partly be realized by specific interview methods from communication science and should also include inquiry schemes as can be found in contextual design [1].

All early parts of the development process are carried out in a contextual-design fashion by domain experts, knowledge management professionals, and usability specialists.

Analysis also includes defining the workflow and data structures for the targeted applications. The results of the analysis phase are typically collected in the form of textual specifications, use-case diagrams, data-models and task-models.

#### 3.1.2 DOMAIN PATTERN EXTRACTION

In the next phase the specifications are examined in-depth for extracting underlying abstract and semi-abstract domain patterns, if possible, as well as connections and relationships between patterns.

These patterns can either be specified like classic design patterns, e. g. [2], or may be structured in a much less constrained way to also include semantic attributes and characteristics for automation purposes. The structural and data-model-characteristics of these still content- and context-focused patterns will be exploited in the next phase to lead to HCI patterns, needed for user interface modeling and generation. The process is recurring in the sense that both domain and HCI

patterns extracted during earlier projects will be stored for later reuse in the pattern language repositories. Pattern-candidates so far not included in these repositories can be entered by using the comfortable Plass pattern editor environment.

#### 3.1.3 HCI PATTERN DERIVATION

In [10] the similarities and differences of software design patterns and interaction design patterns (called HCI patterns in this paper) are discussed. An overview of HCI patterns is given in [9].

The media-rich HCI patterns and pattern candidates derived or defined in this phase will cover different abstraction levels, like their domain counter-parts. The Plass editor can again be used to access existing HCI patterns or add new patterns to the user interface part of the pattern language repository.

As shown in figure 1 in our approach the relevant HCI patterns are derived from the domain patterns by taking into account at the same time the impact of usability engineering, UX research, web design, multimedia as well as corporate IT infrastructures.

#### 3.1.4 UI MODELING AND GENERATION

During the final steps of the modeling and design process and for user interface implementation purposes an integrated development environment and GUI model generators are used. The integrated environment and generator components are currently under construction. The system is similar to the modeling and generation environment discussed in [4]. The environment produces the user interface parts for various web-based target environments (HTML, Java, C#, Javascript, Microsoft Silverlight etc.). It also accesses the tools and applications covering the domain and content management parts of the knowledge communication applications in order to allow the easy linking of the UI parts of the target system to the knowledge management kernel. As an underlying knowledge management kernel application, we will use the workflow-based CMS Alfresco [13].

The integrated framework is designed to support software developers with a combination of model-based and pattern-based approaches. By exploiting information inherent to task-models and domain-dependent and independent pattern languages, it is intended to provide a maximum degree of automation for the generation of

artifacts from abstract (UML/XML) and semi-abstract (XML) application models down to the resulting application source codes. In any process step the user of the framework has the option to interfere with and manipulate results as desired. Resulting software applications are equipped with dedicated instrumentation for generation of usage data log files during runtime. These logs are evaluated and the results are fed back to the original pattern definitions within the central pattern repository in order to improve potential further generation cycles.

The crucial component of the framework is the pattern repository which contains pattern languages consisting of different pattern types on different abstraction levels, i.e. architecture patterns, design patterns, contextual patterns and HCI patterns. The pattern categories used in the discussed framework cover the abstraction level found in classic design patterns, but follow a much broader notion of software and HCI patterns. They may include pattern types for model transformations e.g. from task-models to object-oriented analysis and design models, but also may contain pattern types for providing the knowledge to automatically generate source code for the GUIs and application bindings of highly usable interactive applications. Besides the usual pattern definitions structured according to [8], the repository is capable to store metadata and various additional components for code generation and usage data generation and usability evaluation feedback.

Models of interactive systems always should mirror project-specific, usage-oriented contexts. By allowing the definition of new or the modification of existing hierarchically structured sub-pattern-languages for specific usage contexts, such aspects can later be exploited by automated and/or interactive steps of the various development stages. By monitoring the resulting interactive applications, feedback information about the actual usage-context is collected and can e.g. be used for an evolutionary improvement of the contextual pattern languages and their specific patterns.

An overview of the functional architecture of the integrated development framework is given in figure 2. The upper part is in accordance with the UI design and generation components as outlined in [4]. In addition the lower part of the figure illustrates how the generated user interface can access the knowledge kernel application via our middleware for knowledge management systems.

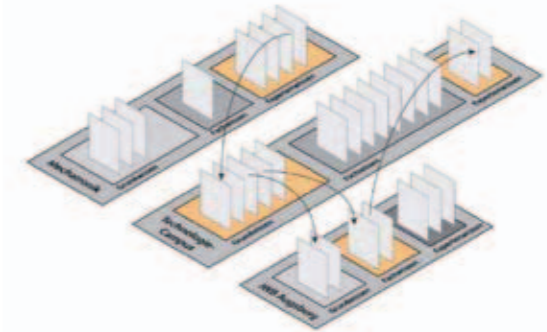
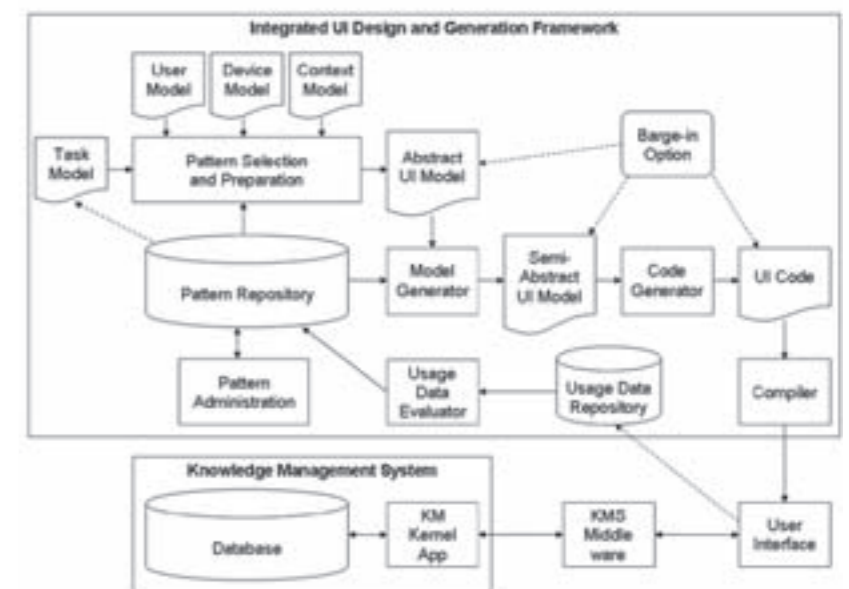


Fig. 3: Different levels of knowledge dependent on subjects.

### 3.2 PATTERN-BASED UI DEVELOPMENT APPROACH

One of the major findings after the first tests of our pattern based approach was that potential users of interactive knowledge sharing systems could be categorized into three different levels of previous knowledge: basic, professional, and expert level know-how. Due to the broad range of information and topics of knowledge to be managed and distributed by such systems it is assumed that users will have diverse standards of knowledge depending on the current subject. That means that even though a user belongs e.g. to the expert cluster, he or she usually will not have the same level of expertise for all possible topics addressed by the system but might have basic or professional knowledge with regard to certain content areas (see figure 3). This has to be taken into account when designing the intended user interface.

Fig. 2: Functional architecture overview of the integrated development environment.



In the following we exemplarily consider video as a medium to transport knowledge from and to users. For novice users we have chosen a guided-tour pattern [12] which leads to a respective button within the UI allowing to opt for playing the video stream exactly as recorded and stored inside the knowledge management system. Further a type of breadcrumb pattern [12] and progress indicator pattern [3] are used to give an overview of the sequence of topics covered by the video resource and indicating the current topic as well as to show the overall progress. The respective screen is illustrated in figure 4.

In contrast to that, expert users are provided with certain customizing capabilities. Foremost we allocate some navigational functionality according to a video navigation pattern. Users might click on another button inside the UI which leads to the same video resource but allows for selecting individual fragments of the entire video stream as specified within the collector pattern [12].



Fig. 4: Application of the guided tour pattern [12].

For comprehensibility reasons, the various video sequences are labeled with meaningful buzzwords. Additionally the respective UI element provides mouse-over capability according to the details on demand pattern [12] leading to the next deeper level of the index of contents where appropriate. Hence the user is allowed to pick just the relevant video sequences of interest. The related screen looks like as illustrated in figure 5.

Furthermore it is possible not just to choose the interesting video sequences but even to change their order. This is realized by applying the amend list order pattern. Changing the order of list entries can be

achieved in different ways. One option is to first select one certain entry and then clicking up or down buttons in order to interchange the entry with its predecessor or successor.



Fig. 5: Access to the video resource for expert users.

For our repository we have composed a variant where also the list of currently selected video fragments is displayed and entries might be reordered simply by using drag and drop. The resulting user interface screen is shown in figure 6.

The presentation of the customized video stream is similar to the presentation of the precast video as illustrated in figure 5. But in addition the user is given the opportunity to receive more background information. This is achieved by buttons or links superimposed as soon as ascertained objects or buzzwords appear during the video replay.



Fig. 6: Re-sorting the list of selected items using drag and drop.

The related user interface element is equipped with a mouse-over capability displaying a preview window providing summary information of the related subject. At this time the video is paused and shrunk to smaller size in order to obtain space for displaying the preview window in a size that allows for convenient inspection of its content. The respective appearance of the user interface is shown in figure 7.

When the mouse cursor is moved away from the link element the preview window disappears and the video is resized to its original dimensions and continues replaying. If the user is interested in more details of the current topic he or she doesn't move the mouse cursor, but just clicks on the link. This opens up a new window providing deeper details of the selected subject matter. The related user dialog still contains the video progress indicator (according to the previously described breadcrumb type pattern) within its upper part. This allows for navigating back to the origin of the topic-related explorative excursion. The remaining window area might incorporate additional information in textual or graphical format, internal or external links as well as references to further media such as blogs or wikis.



Fig. 7: Preview window adjacent to shrunk video.

An example user dialog derived from various further patterns is provided in figure 8. Since the introduced pattern-based approach facilitates our experimental activities on user interface design we work on alternative UI compositions which finally can be compared to each other.



Fig. 8: Additional information related to selected subject matter.

#### 4. CONCLUSION

The types and patterns of user interfaces and their derivation from the domain specifications of knowledge communication applications are subject of our current research activities.

Their design can straightforwardly be used on desktop computers or notebooks, but is also suited to be easily adapted to more advanced technologies such as touch screen devices. Further, the proposed pattern-based design approach and the workflow discussed in this paper are applied to the development of user interfaces for mobile and handheld devices featuring limited display size and processing power, such as netbooks and smart phones.

A significant part of our research activities covers the various opportunities of combining interactive modeling and design methods with efficient methods of pattern-based generation of large parts of the resulting user interfaces. The usability of the produced user interfaces will be extensively tested by conducting user tests and expert walk throughs. The evaluation results will be fed back to the pattern repository (see figure 2) in order to improve the automated UI generation process for future user interfaces with similar domain-dependent and domain-independent requirements.

By combining these efforts with the activities discussed in [4] usability, quality and development efficiency for complex interactive applications, like e.g. knowledge sharing environments for small and medium-sized enterprises, could be raised significantly during the next years.

#### ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the Innovation Fund of the Augsburg Chamber of Commerce (IHK Schwaben) for supporting parts of the P.i.t.c.h. project.

The full version of this paper will be published in: Peter Forbrig, Horst Günther (Eds.): Proceedings of the 9th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research (BIR 2010), Rostock, September, 29<sup>th</sup> – October 1<sup>st</sup>, 2010, Springer Verlag, 2010.

#### REFERENCES

- [1] Beyer, H., Holtzblatt, K. Contextual Design, in: interactions, January + February 1999, 32–42.
- [2] Buschmann, F. et al. Pattern-Oriented Software Architecture – A System of Patterns, Wiley, New York, 1996.
- [3] Designinginterfaces.com, Jennifer Tidwell, Patterns for Effective Interaction Design, available at <http://www.designinginterfaces.com/> [10 Mar 2010].
- [4] Engel J., Martin C. PaMGIS: A Framework for Pattern-based Modeling and Generation of Interactive Systems. J.A. Jacko (Ed.): Human-Computer Interaction, Part I, HCII 2009, LNCS 5610 (2009), 826–835.
- [5] Engel, J., Martin, C., Forbrig, P.: Tool-support for Pattern-based Generation of User Interfaces, Proc. of the 1st Int. Workshop on Pattern-Driven Engineering of Interactive Computing Systems (PEICS '10), Berlin, ACM Int. Conf. Proc. Series, 24–27.
- [6] Hasler Roumois, Ursula: Studienbuch Wissensmanagement, Zürich 2007, 34.
- [7] Lehner, Franz: Wissensmanagement, Munich, 2008, 46.
- [8] Martin C., Roski A. Structurally Supported Design of HCI Pattern Languages, Jacko, J. (Ed.) Human-Computer Interaction, Part I, HCII 2007, Springer LNCS 4550 (2007), 1159–1167.
- [9] Marcus, A. Patterns within Patterns, in: interactions, March + April 2004, 28–34.
- [10] Taleb, M., Seffah, A., Engleberg, D. From User Interface Usability to the Overall Usability of Interactive Systems: Adding Usability in System Architecture, in: Seffah, A., Vanderdonck, J. Desmarais, M.C. (Eds.), Human-Centered Software Engineering, Springer, London, 2009.
- [11] Trondsen, Eilif u. Vickery, Kent: Learning on Demand, in: Journal of Knowledge, Management, March 1998, 169.
- [12] Welie.com, Martijn van Welie, Patterns in Interaction Design, available at <http://www.welie.com/patterns/> [10 Mar 2010].
- [13] Alfresco ECM System product homepage, available at <http://www.alfresco.com> [10 Mar 2010].

## Forschungsprojekt „Medizinische Bildverarbeitung für klinische Anwendungen“

Prof. Dr. Peter Rösch, Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik

Ziel einer Kooperation mit der Universitätsklinik Ulm (Gruppe Prof. Dr. Volker Rasche) ist es, die Früherkennung der Atherosklerose (Arterienverkalkung) basierend auf Magnetresonanztomographie- (MRT-) Bildern durch medizinische Bildverarbeitung zu unterstützen, wobei für die Implementierung freie Software eingesetzt wird.

Basierend auf Vorarbeiten zur Registrierung und Segmentierung konnte die rechnerunterstützte Vermessung der Gefäßwände in Angriff genommen werden, wobei die Detektion von Verdickungen, die als erstes Anzeichen der Arterienverkalkung gelten, von besonderer Bedeutung ist. Hierzu wurden zwei Ansätze verfolgt, nämlich ein lokaler, auf der Analyse von Grauwert-Profilen basierender Algorithmus sowie eine Methode, die größere Bildbereiche mittels eines Masse-Feder-Modells berücksichtigt.

Aus ersten Experimenten ergeben sich Hinweise auf Stärken und Schwächen beider Methoden sowie die Schlussfolgerung, dass eine Kombination von Bausteinen aus beiden Ansätzen aufgrund der modularen Struktur der Software möglich und im Hinblick auf die Robustheit und Genauigkeit des Verfahrens vielversprechend ist.

#### 1. AUSGANGSSITUATION

Algorithmen und Software-Komponenten, die in früheren Projektphasen entstanden sind, werden für die in diesem Bericht dargestellten Arbeiten eingesetzt. Dieser Abschnitt fasst die entsprechenden Ergebnisse vorangegangener Berichte [1, 2] kurz zusammen.

#### 1.1 SEGMENTIERUNG DES LUMENS

Der von Blut durchflossene Teil der Halsschlagader kann durch Verwendung der freien Software ITK-SNAP [3] aus MRT-Angiographie-Bildern segmentiert werden, wobei ein Level-Set-Verfahren eingesetzt wird (siehe [2] Abb. 4 links). Experimente ergaben, dass eine bestimmte Einstellung der Segmentierungs-Parameter für einen umfangreichen Satz von Bildern funktioniert, und zwar auch dann, wenn die Datensätze deutliches Rauschen enthalten. Die einzige Einstellung, die von Bild zu Bild variiert, ist der Grauwert-Bereich, der dem fließenden Blut entspricht. Dieser Bereich kann jedoch bequem über Schiebe-Regler in ITK-SNAP festgelegt werden. Die Übertragbarkeit der Segmentierung auf

andere Bilder hängt entscheidend von der Genauigkeit der Registrierung ab, die im nächsten Abschnitt diskutiert wird.

#### 1.2 STARRE REGISTRIERUNG

Aufgabe der Registrierung ist es, störende Bewegungen des Patienten zwischen den Aufnahmen zu korrigieren, so dass verschiedene Bilder korrekt überlagert werden können. Das Versagen gängiger Methoden machte die Entwicklung eines auf lokale Korrelation basierenden Verfahrens nötig [2], das zwischenzeitlich erfolgreich auf etliche klinische Datensätze angewendet wurde. Darüber hinaus konnte ein spezielles Optimierungsverfahren [4] so implementiert werden, dass die Berechnungen auf mehrere Threads verteilt werden. Dadurch kann die Rechenzeit auf modernen Rechnern mit mehreren Prozessoren oder Prozessor-Kernen deutlich reduziert werden.

Die Registrierung korrigiert Verschiebungen und Rotationen der Halsschlagader als Ganzes, nicht jedoch Deformationen, die zum Beispiel aus einer Drehung des Kopfes resultieren. Es ist daher wichtig, schon bei der Bildaufnahme auf die Vermeidung von Deformationen zu achten.

#### 2. RECHNERUNTERSTÜTZTE VERMESSUNG VON GEFÄßWÄNDEN

In der Nachbarschaft der Halsschlagadern befinden sich verschiedene anatomische Strukturen, die sich im MRT-Bild unterschiedlich darstellen und an vielen Stellen ein Erkennen der äußeren Begrenzung von Gefäßwänden

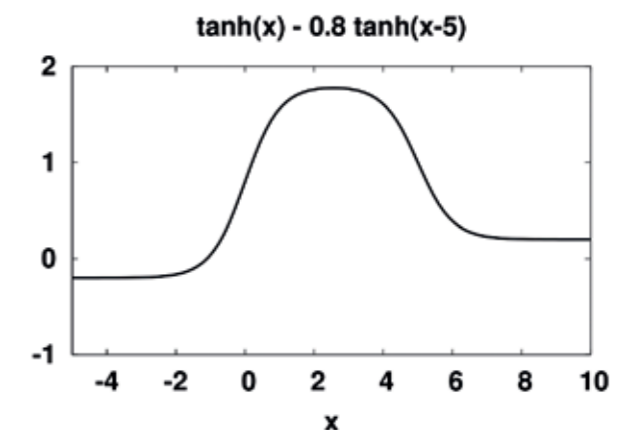


Abb. 1: Exemplarische Funktion zur Beschreibung radialer Grauwert-Profile.



Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Peter Rösch

Hochschule Augsburg  
Fakultät für Informatik  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3327  
Telefax: (+49) 821 5586-3499  
peter.roesch@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:  
Computergrafik, Digitale  
Bildverarbeitung (2D),  
Medizinische Bildverarbeitung,  
Visualisierung von Daten

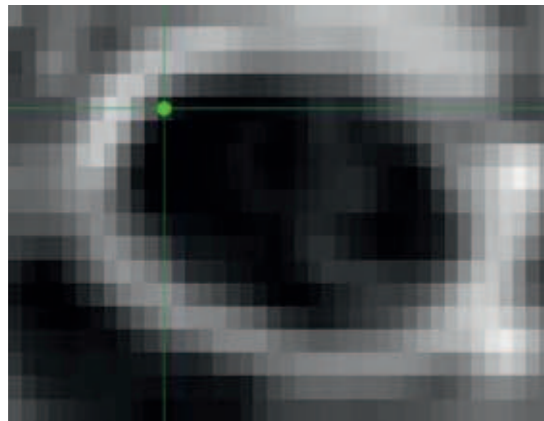
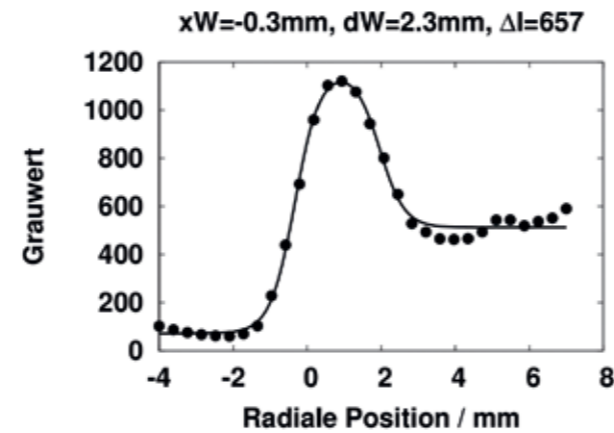


Abb. 2: Axiale Schicht aus einem in Ulm aufgenommenen 3D-MRT-Bild der Halsschlagader mit grün markiertem Nullpunkt des radialen Grauwert-Profiles (links) und Anpassung des Modells aus Gleichung (1) an die Grauwerte (rechts).



erschweren. Zusätzlich enthalten die Datensätze Rauschen, dessen Amplitude mit wachsender Entfernung zur Körperoberfläche zunimmt, so dass die Quantifizierung der Gefäßwand-Dicke eine Herausforderung darstellt. In diesem Kapitel werden zwei Vorgehensweisen zur Unterstützung dieses Vorgangs sowie erste Ergebnisse vorgestellt und diskutiert.

### 2.1 LOKALER ANSATZ: ANALYSE VON GRAUWERT-PROFILIEN

Durch die Verwendung von „Black-Blood-Puls-Sequenzen“ kann das Signal des fließenden Blutes unterdrückt werden, so dass das Lumen in den Bildern, die für die Beurteilung der Gefäßwand herangezogen werden, dunkel erscheint [1] (siehe Abb. 2 und Abb. 3). Beim Übergang vom Lumen zur Wand ist ein deutlicher Anstieg des Grauwerts zu erwarten.

Innerhalb einer gesunden Gefäßwand sollte der Grauwert annähernd konstant bleiben, während die Bildhelligkeit außerhalb des Gefäßes von den Eigenschaften des umliegenden Gewebes bestimmt und deshalb nicht vorhersagbar ist. Für ein von der Mitte des Lumens radial nach außen aufgenommenes Grauwert-Profil erwartet man daher einen Verlauf ähnlich zu dem in Abb. 1 dargestellten idealisierten Profil, das durch die Differenz zweier gegeneinander verschobener tanh-Funktionen modelliert wurde. Die Wahl dieser speziellen Funktion ist nicht medizinisch motiviert, sondern folgt aus der Anforderung, das Modell an gemessene Profile anpassen zu können. Für den damit verbundenen Optimierungsprozess ist es vorteilhaft, wenn die

$$f(x) = \frac{I_L + I_W - \Delta I}{2} + \frac{I_W - I_L}{2} \tanh(a(x - x_W)) - \frac{\Delta I}{2} \tanh(a(x - x_W - d_W)) \quad (1)$$

Modellfunktion bezüglich der zu variierenden Parameter stetig differenzierbar ist [5]. Darüber hinaus sollte eine möglichst kleine Anzahl von Parametern angepasst werden, die in einem direkten Zusammenhang zu den für die Diagnose relevanten Größen stehen.

### Aus diesen Überlegungen ergibt sich Gleichung (1) mit den folgenden Parametern:

- $a$ : Maß für die maximale „Steilheit“ des Anstiegs.
- $I_L$ : Grauwert innerhalb des Lumens.
- $I_W$ : Grauwert innerhalb der Gefäßwand.
- $x_W$ : Position der Wand auf der Normalen.
- $d_W$ : Dicke der Gefäßwand.
- $\Delta I$ : Grauwert-Unterschied zwischen Gefäßwand und Umgebung.

Der Parameter  $a$  lässt sich aus der räumlichen Auflösung des Bildes bestimmen und kann für alle Profile konstant gehalten werden.  $I_L$  ergibt sich aus dem Mittelwert der Helligkeit innerhalb des Lumens und  $I_W$  wird aus dem Grauwert am Ende des Anstiegs bestimmt. Angepasst werden die Parameter  $x_W$ ,  $d_W$  und  $\Delta I$ , wobei geeignete Startwerte aus dem Verlauf des Profils bestimmt ( $x_W$ ;  $\Delta I$ ) bzw. vom Anwender global vorgegeben werden ( $d_W$ ). Zur Anpassung wird der Levenberg-Marquardt-Algorithmus [5] verwendet, der als Teil des ITK-Pakets [6] verfügbar ist. Abbildung 2 zeigt eine axiale Schicht eines MRT-Bildes (links), ein exemplarisches Grauwert-Profil sowie eine Anpassung des in Gleichung (1) definierten Modells (rechts).

Die Anwendung des Verfahrens für alle Randpunkte des aus dem Angiographie-Bild segmentierten Lumens ergibt jedoch nur für rund die Hälfte aller Profile plausible Werte. Insbesondere in der Nähe von ausgeprägten Bild-Kanten, die außerhalb der Blutgefäße liegen, neigt die Optimierung dazu, an den „falschen“ Kanten „einzurasten“. Außerdem wurde bemerkt, dass lokales Rauschen die Anpassung empfindlich stören kann und dass Deformationen, die durch die starre Registrierung nicht korrigiert werden, zu Ungenauigkeiten bei der Positionierung des Profils im Bild und somit zu Abweichungen vom erwarteten Verlauf führen können. Die Beobachtung, dass es in der direkten Nachbarschaft von Positionen, an denen die Anpassung funktioniert, Stellen gibt, an denen Fehler auftreten, führt zu dem Wunsch, interaktiv in die Segmentierung eingreifen zu können und die Abhängigkeit von der Genauigkeit der Registrierung zu verringern. Daher wurde eine Masterarbeit vergeben, die die existierende Software zur Profil-Anpassung nutzen sollte, um ein Oberflächen-Modell der Gefäßwand interaktiv zu initialisieren. Bei der Optimierung sollten benachbarte Punkte über ein Masse-Feder-Modell gekoppelt werden. Die Ergebnisse dieser Masterarbeit, die von Moritz Eberl erstellt wurde, sind im nächsten Abschnitt zusammengefasst.

### 2.2 BERÜCKSICHTIGUNG DER UMGEBUNG: MASSE-FEDER-MODELL

Die Idee hinter dem von Moritz Eberl implementierten Modell ist die Repräsentation einer Oberfläche durch ein System von Massen und Federn, die als elastische Verbindungen fungieren. Die Feder-Kräfte haben die Tendenz, die Oberfläche möglichst glatt zu halten und Abweichungen von der initialen Form des Modells zu erschweren. Diese internen Kräfte konkurrieren mit den externen oder Bild-Kräften, die meist in die Richtung von Grauwert-Kanten wirken. Falls die Gewichtung zwischen internen und externen Kräften in geeigneter Weise an die Eigenschaften des Bildes und der zu segmentierenden Struktur angepasst ist, kann erwartet werden, dass der Zustand der minimalen Gesamtenergie des Modells der gewünschten Segmentierung entspricht. Details finden sich in [7] und [8].

Der Erfolg des Optimierungsprozesses hängt von der vorangegangenen Initialisierung des Modells ab. Um diese Initialisierung unabhängig von der Genauig-

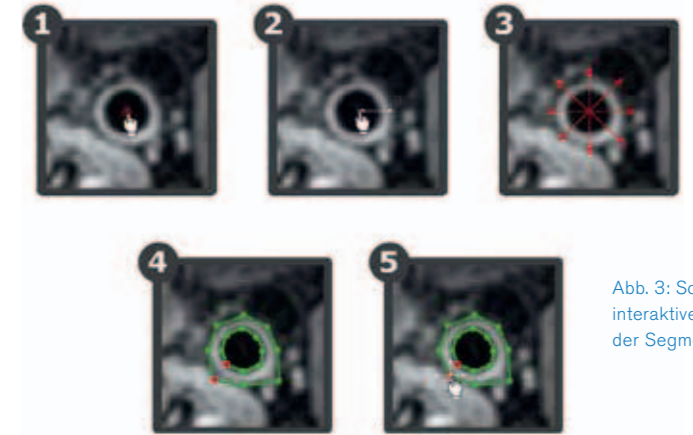


Abb. 3: Schrittweise interaktive Initialisierung der Segmentierung aus [7].

keit der in Abschnitt 1.2 beschriebenen Registrierung durchzuführen, wurde eine interaktive Vorgehensweise umgesetzt, bei der der Anwender die Mitte des Lumens und die äußere Begrenzung der Gefäßwand Schicht interaktiv bestimmt. Dann wird die im letzten Abschnitt dargestellte Software zur Analyse radialer Grauwert-Profile dazu eingesetzt, die Positionen von Kontrollpunkten an die innere bzw. äußere Begrenzung der Gefäßwand anzupassen.

Anschließend hat der Benutzer die Möglichkeit, die Position einzelner Kontrollpunkte interaktiv zu korrigieren. Der Initialisierungs-Vorgang ist in Abb. 3 dargestellt. Nachdem alle Schichten bearbeitet sind, wird aus den Kontrollpunkten ein Oberflächen-Modell erstellt (Abb. 4, links), das als Grundlage für ein Masse-Feder-Modell (Abb. 4, rechts) dient. Die durch die internen und externen Kräfte beeinflusste Bewegung der Massen wird schrittweise simuliert, bis sich ein Gleichgewichtszustand einstellt. Aus Konsistenz-Gründen werden die Positionen der Massen erst am Ende eines Simulationsschritts aktualisiert, so dass es sich um einen Satz voneinander unabhängiger Berechnungen handelt, die parallel durchgeführt werden.

Für die Implementierung wurden die freien Software-Pakete ITK [6], VTK [9] und Qt [10] eingesetzt.

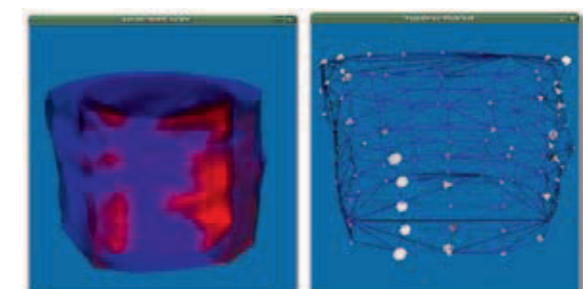


Abb. 4: Links: Mittels Profil-Anpassung initialisiertes Oberflächen-Modell. Rot eingefärbte Bereiche weisen auf mögliche Ungenauigkeiten hin. Rechts: Dreidimensionales Masse-Feder-Modell. Externe Kräfte werden durch gerichtete Kegel visualisiert (Quelle: [7]).

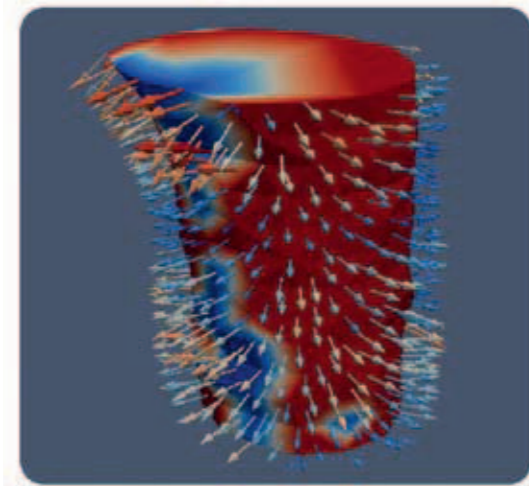


Abb. 5: Aus der Anpassung des Masse-Feder-Modells erhaltene Gefäßwand-Dicke aus [7]. Bereiche, in denen die Genauigkeit der initialen Profil-Anpassung zweifelhaft ist, sind rot markiert.

Besonderer Wert wurde auf einen modularen Aufbau gelegt, so dass einzelne Komponenten ausgetauscht bzw. für andere Anwendungen wiederverwendet werden können. Erste Ergebnisse (siehe Abb. 5) deuten darauf hin, dass die Kopplung durch Federn lokale Deformationen durch „Ausreißer“ auch dort verhindern kann, wo die Initialisierung durch die Analyse des Grauwert-Profiles nur ungenau möglich war. Es fällt auf, dass einige Vektoren nicht senkrecht auf der inneren Oberfläche des Lumens stehen, was auf nicht radiale Kraft-Komponenten oder ungenaue Normalenvektoren hindeutet. Das Verfahren wurde bisher für näherungsweise kreisförmige Abschnitte der Halsschlagader unterhalb der Bifurkation angewendet. Eine interaktive Initialisierung der Bifurkation an sich ist derzeit aus Gründen der komplexeren Topologie nicht möglich.

Die Masterarbeit demonstriert exemplarisch die Machbarkeit einer Segmentierung der Gefäßwände mit einem Masse-Feder-Modell. Darüber hinaus wurde ein modular aufgebautes Software-Framework erstellt, das sich sehr gut als Basis für Erweiterungen und Experimente mit alternativen algorithmischen Komponenten eignet.

### 3. FAZIT UND AUSBLICK

Obwohl keiner der beiden vorgestellten Methoden das Problem der Vermessung von Gefäßwänden aus MRT-Bildern abschließend löst, liefert die Analyse der Ergebnisse wichtige Hinweise für die nächsten Schritte. So erscheint eine Kombination von Komponenten aus beiden Ansätzen vielversprechend, um die Robustheit und Genauigkeit zu verbessern.

Einzelsschritte, deren Leistungsfähigkeit verbessert werden sollte, konnten identifiziert werden. Dazu gehören die Implementierung des Levenberg-Marquardt-Verfahrens in ITK, die mit anderen frei verfügbaren Varianten, z. B. levmar [11] verglichen werden soll. Auch die Berechnung des Kraft-Feldes, das für die Anpassung des Masse-Feder-Modells verwendet wird, soll durch die Integration von Vorwissen weiterentwickelt werden. Falls es gelingt, Deformationen der Halsschlagader bei der Aufnahme der Bilder weitgehend zu verhindern, könnte das aus den Angiographie-Bildern segmentierte Lumen für die Initialisierung des Masse-Feder-Modells eingesetzt werden, wodurch auch der Bereich der Bifurkation einbezogen werden könnte. Zu diesem Zweck soll in Ulm routinemäßig ein Vakuum-Kissen für die Lagerung des Patienten eingesetzt werden, das sich an die Form des Kopfes anpasst und so Bewegungen verhindert. Erste Datensätze, die mit einem solchen Kissen aufgenommen wurden, liegen bereits vor und werden derzeit untersucht.

### LITERATUR

- [1] P. Rösch, V. Rasche: *Medizinische Bildverarbeitung für klinische Anwendungen*. In: Hochschule für Angewandte Wissenschaften – Fachhochschule Augsburg: Forschungsbericht 2008. 81–86.
- [2] P. Rösch: *Medizinische Bildverarbeitung für klinische Anwendungen*. In: Hochschule für Angewandte Wissenschaften – Fachhochschule Augsburg: Forschungsbericht 2009. 109–112.
- [3] [www.itksnap.org](http://www.itksnap.org) (Stand: 17. September 2010).
- [4] C. Studholme, D. L. G. Hill, D. J. Hawkes: *Automated 3-D registration of MR and CT images of the head*. *Med. Image Anal.* 1 (1996) 163–175.
- [5] P. Gill, W. Murray, M. Wright: *Practical Optimization*. Academic Press (1981).
- [6] [www.itk.org](http://www.itk.org) (Stand: 17. September 2010).
- [7] M. Eberl: *Computer-aided Detection of Vessel Wall Thickening in MRI Images*, Masterarbeit, Fakultät für Informatik, Hochschule Augsburg (2010).
- [8] J. S. Suri, A. A. Farag (Hrsg.): *Deformable Models II – Theory and Biomaterial Applications*. Springer (2007).
- [9] [www.vtk.org](http://www.vtk.org) (Stand: 17. September 2010).
- [10] [qt.nokia.com](http://qt.nokia.com) (Stand: 17. September 2010).
- [11] [www.ics.forth.gr/~lourakis/levmar](http://www.ics.forth.gr/~lourakis/levmar) (Stand: 17. September 2010).

## Effiziente Methoden für die Implementierung des Echtzeitkerns einer Robotersteuerung

Prof. Dipl.-Ing. Georg Stark, Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik

### 1. PROJEKTPLANUNG

#### 1.1 ZIEL DES PROJEKTS

Heutige Robotersteuerungen werden mit allgemeinen Programmiersprachen wie C++/C# implementiert. Die folgenden Probleme treten dabei auf:

- Hohe Entwicklungskosten,
- Große semantische Lücke zwischen formalem Modell und Implementierung,
- Schlechte Wartbarkeit und Erweiterbarkeit,
- Wenig Unterstützung zur Realisierung der Echtzeitfunktionalität,
- Wenig Unterstützung für den Zugriff auf Spezialhardware und Feldbusse,
- Starke Abhängigkeit der Software von der Plattform.

Es soll untersucht und mit Hilfe von Prototypen demonstriert werden, wie die Programmierung von Echtzeitkernen verbessert werden kann.

#### 1.2 VORARBEITEN

Im Rahmen von Forschungsarbeiten im Labor für CIM & Robotik wurde die Robotersteuerung **MRobot** entwickelt. Sie enthält einen Echtzeitkern, der mit Sprache C++ implementiert wurde.

#### 1.3 VERÖFFENTLICHUNGEN, DIPLOM- UND MASTERARBEITEN

##### Bücher:

- Stark, G.: *Robotik mit Matlab*, Hanser, 2009.

##### Sonstige Veröffentlichungen:

- University of Applied Sciences Augsburg Students Develop and Simulate Advanced Robotic Control Systems. User Story, Fa. MathWorks, USA, 2009.

##### Master- und Diplomarbeiten:

- Arrosquipa, I.: Erweiterung eines Echtzeitkerns einer Robotersteuerung um eine Sensorschnittstelle. Diplomarbeit, HS Augsburg, 2010.
- Schneider, D.: Realisierung einer Bahnregelung zur sensorgesteuerten Ausführung von Roboterbewegungen. Diplomarbeit, HS Augsburg, 2010.
- Wu, Q.: Entwicklung von Verfahren zur Kollisionsvermeidung im Arbeitsraum von Robotern. Diplomarbeit, HS Augsburg, 2010.

- Hohn, W.: Analyse der Echtzeitimplementierung von Steuerungssoftware mit MATLAB. Masterarbeit, FH Augsburg, 2007.
- Sawjalowa, N.: Erweiterung der Standardsoftware MATLAB für die grafische Robotersimulation. Diplomarbeit, FH Augsburg, 2006.
- Schmuttermair, P.: Modelling and Emulation and Analysis of Robot Motion Control. Master Thesis, FH Augsburg, 2005.
- Sulaiman, D.: Analysis of Simulation Methods for Motion Control Systems with integrated Force Feedback. Master Thesis, FH Augsburg, 2005.

#### 1.4 RELEVANZ FÜR DIE LEHRE

Effiziente Methoden für die Implementierung erlauben die kostengünstige Realisierung, Wartung und Erweiterung von Echtzeitkernen von Industriesteuerungen, insbesondere von Robotersteuerungen. Die zu entwickelnde Software wird auch für die folgenden Lehrveranstaltungen eingesetzt:

##### Vorlesungen:

- Robotik mit Matlab,
- Advanced Robotics (geplant für Master-Studiengang),
- Echtzeitsysteme,
- Intelligente Robotersysteme.

##### Projekt-, Bachelor- und Masterarbeiten auf dem Gebiet der Robotik

#### 1.5 ZEITPLANUNG

##### Arbeitspakete:

1. Evaluierung und Leistungsmessungen der Robotersteuerung MRobot.
2. Evaluierung von Methoden zur Implementierung von Echtzeitkernen ohne Sensorschnittstelle.
3. Evaluierung und Test von Methoden zur Implementierung von Echtzeitkernen mit Sensorschnittstelle.
4. Realisierung des Echtzeitkerns mit Hilfe einer domänenspezifischen Sprache und eines optimierten Codes.
5. Realisierung des Echtzeitkerns mit Hilfe eines COM-Builders und Compilers.
6. Einarbeitung in die grafische Programmierumgebung Labview.
7. Realisierung des Echtzeitkerns mit Hilfe einer grafikorientierten Programmierumgebung.
8. Evaluierung und Anwendungstests.



Ansprechpartner:  
Prof. Dipl.-Ing. Georg Stark

##### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3461  
Telefax: (+49) 821 5586-3499  
[georg.stark@hs-augsburg.de](mailto:georg.stark@hs-augsburg.de)  
[www.hs-augsburg.de](http://www.hs-augsburg.de)

##### Fachgebiete:

Echtzeitsysteme, Robotik,  
Digitale Bildverarbeitung (3D),  
Software-Entwurf

##### Projektteam WS 2009/2010:

Prof. Dipl.-Ing.  
Georg Stark (Leitung)  
Dipl.-Inf. Gertraud Matzke  
cand.-Inf. Isaac Arrosquipa  
cand.-Inf. Daniel Schneider  
cand.-Inf. Wu Qirong

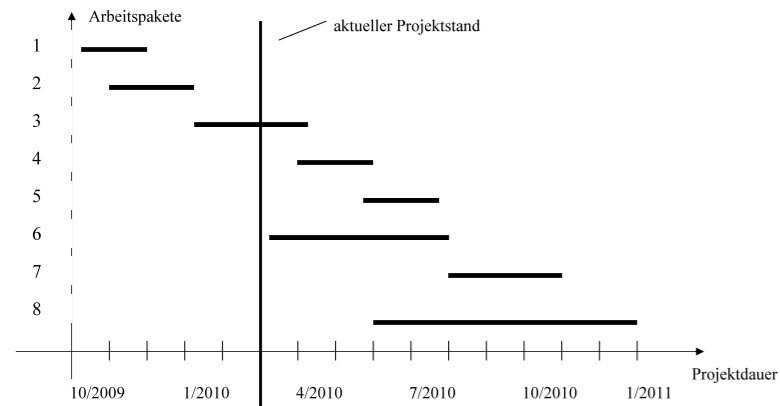


Abb. 1.1: Planung des zeitlichen Ablaufs.

## 2. PROJEKTDURCHFÜHRUNG

### 2.1 METHODEN FÜR DIE EFFIZIENTE IMPLEMENTIERUNG VON ECHTZEITKERNEN

#### 2.1.1 ANALYSE UND SOFTWAREENTWURF

Die zentralen Phasen innerhalb der Softwareentwicklung sind Analyse und Entwurf. Sie beschreiben, wie aus einer Produktidee und der daraus folgenden Anforderungsspezifikation über viele Schritte der Analyse und des Entwurfs das endgültige Produkt mit allen Details definiert wird. Anschließend erfolgt die Programmierung. Dafür haben sich verschiedene Vorgehensweisen herausgebildet.

In Abb. 2.1 sind die verschiedenen Darstellungsmittel von Information bezüglich der beiden Aspekte Abstraktionsgrad und Formalisierungsgrad angeordnet. Als Ausgangspunkt für die Analyse wird zunächst die Anforderungsspezifikation erstellt. In der sich anschließenden Analysephase wird die vorliegende Information in ein formales, mathematisches Modell überführt. Erst dann erfolgt die Konkretisierung in der Entwurfsphase. Hier entscheidet sich, wie geschickt, übersichtlich und erweiterungsfreundlich ein Programm aufgebaut ist. Aber es wird auch festgelegt, wie laufzeiteffizient, reaktionsschnell, speicherintensiv und sicher ein Programm arbeitet.

derungsspezifikation erstellt. In der sich anschließenden Analysephase wird die vorliegende Information in ein formales, mathematisches Modell überführt. Erst dann erfolgt die Konkretisierung in der Entwurfsphase. Hier entscheidet sich, wie geschickt, übersichtlich und erweiterungsfreundlich ein Programm aufgebaut ist. Aber es wird auch festgelegt, wie laufzeiteffizient, reaktionsschnell, speicherintensiv und sicher ein Programm arbeitet.

#### 2.1.2 PROGRAMMIERPARADIGMEN

Unter Programmierung versteht man die Darstellung der Software mit Hilfe einer Computersprache. Dafür haben sich verschiedene Vorgehensweisen und Programmierparadigmen herausgebildet. Das Hauptziel besteht darin, das darzustellende Wissen möglichst direkt in Software umzusetzen. Die Untersuchungen und Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Kombination aus modellbasierter, objektorientierter und komponentenorientierter Programmierung die optimale Vorgehensweise darstellt.

#### Modellbasierte Programmierung

- Programme implementieren Wissen aus unterschiedlichen Domänen, z. B. Bediendialoge, Eigenschaften von Objekten, Bewegungsverhalten von Maschinen.
- Formale Modelle stellen das Wissen möglichst unabhängig von einer Rechnerplattform dar.
- Als Modell wird eine hinreichend genaue, zusammenhängende Darstellung eines bestimmten Bereichs der realen Welt bezeichnet.
- Für die direkte Implementierung von formalen Modellen braucht es geeignete domänenspezifische Programmiersprachen.

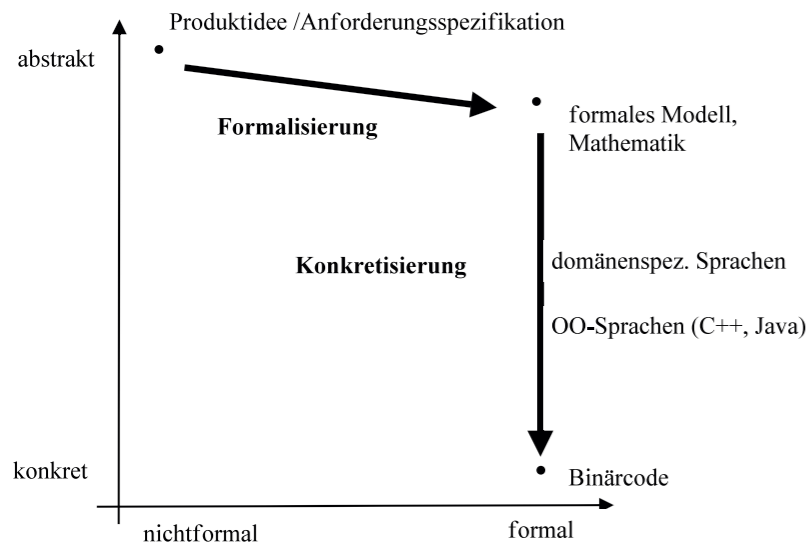
#### Objektorientierte Programmierung

- Das Wissen wird mit Hilfe von Klassen dargestellt.
- Klassen können durch die Ableitung weiterer Klassen modifiziert und spezialisiert werden. Dies erleichtert die Realisierung von Softwarevarianten.
- Mit Hilfe von Klassen werden ausführbare Objekte erzeugt.

#### Komponentenorientierte Programmierung

- Softwarekomponenten sind binäre Softwareteile, die über standardisierte Schnittstellen kommunizieren.
- Die Komponenten können so mit unterschiedlichen Sprachen implementiert sein.

Abb. 2.1: Darstellungsmittel beim Programmmentwurf.



| Phase           | Modellbasiert                                 | Objektorientiert                                      | Komponentenorientiert  |
|-----------------|---|---|--|
| Analyse         | Darstellung des Wissens durch formale Modelle | –   | –  |
| Entwurf         | Modelle bestimmen die Struktur der Software   | Darstellung der Struktur des Wissen durch Klassen     | Definition von binären Strukturen  |
| Implementierung | domänenspezifische Sprachen                   | allgemeine Sprachen, Sicherheit, Wiederverwendbarkeit | Austauschbarkeit (Plugins), Wartbarkeit, unterschiedliche Sprachen möglich |

Tab. 2.1: Vergleich der Programmierparadigmen.

- Mit Hilfe von Komponenten kann eine Framework-Plugin-Architektur realisiert werden.

Tabelle 2.1 zeigt einen Vergleich der angewendeten Programmierparadigmen:

#### 2.2 TESTIMPLEMENTIERUNG

Die effiziente Implementierung eines Echtzeitkerns für eine Robotersteuerung wird am Beispiel der Robotersteuerung **MRobot** [U1] analysiert und durchgeführt.

##### 2.2.1 ANFORDERUNGEN

Gefordert sind immer kürzere Entwicklungszeiten bei steigendem Funktionsumfang. Allgemeine Programmiersprachen, z. B. C++ oder Java, unterstützen nicht die Anwendungsdomäne und erfordern sehr umfangreiche Programmierkenntnisse. Für die Robotersteuerung **MRobot** ist der folgende Funktionsumfang vorgesehen:

- 1 – 12 Bewegungsachsen
- Interpolationsarten
  - Punkt zu Punkt (PTP)
  - Linear mit Polynom-Überschleifen
  - Kreis
  - Spline
- Offline-Programmierung mit Grafiksimation in Echtzeit
- Mächtige Anwendungs-Programmiersprache
- Bewegungssteuerung über Sensoren

##### 2.2.2 KOMONENTENORIENTIERTE ARCHITEKTUR

Abbildung 2.2 zeigt das Architekturdiagramm der realisierten Software für die Robotersteuerung. Diese besteht aus drei Komponenten, welche über die standardisierte COM-Schnittstelle 1 kommunizieren.

#### Bahnsteuerung:

Diese Komponente repräsentiert das roboterspezifische Wissen. Die Software ist modellbasiert entworfen und mit einer domänenspezifischen Programmiersprache 2 [STA 09] implementiert.

#### Echtzeitkern:

Diese Komponente realisiert die harten Echtzeitfunktionen die Kommunikation mit Roboter und Sensoren. Der Entwurf ist objektorientiert, die Implementierung mit der allgemeinen Programmiersprache C++.

#### Echtzeitgrafik:

Die Aufgabe dieser Komponente ist die dreidimensionale grafische Simulation der Roboterbewegungen. Die 3D-Grafik wird mit Hilfe der OpenGL-Bibliothek 3 realisiert. Der Entwurf ist objektorientiert, die Implementierung erfolgt mit der allgemeinen Programmiersprache C++.

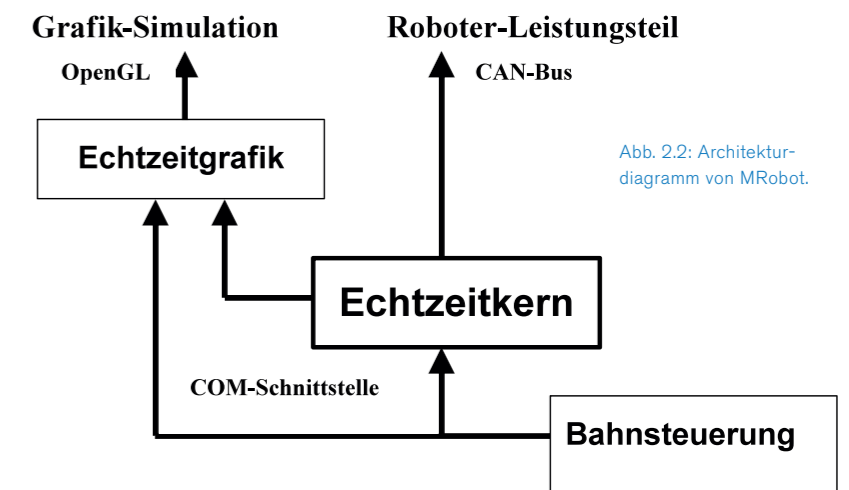


Abb. 2.2: Architekturdiagramm von MRobot.

2 technikoriente Programmiersprache des Softwarepakets MATLAB, MathWorks, USA.  
3 OpenGL, plattformunabhängige Grafikschnittstelle.

1 Common Object Modell, Microsoft, USA.

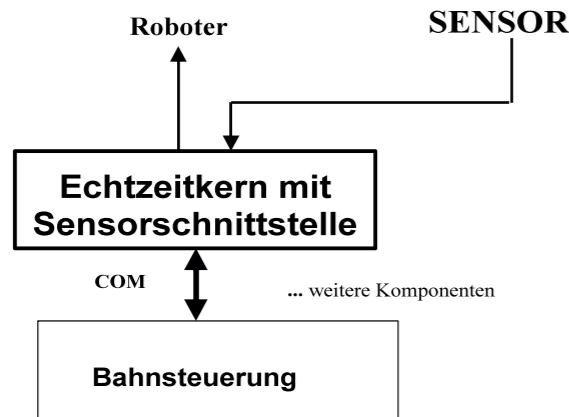


Abb. 2.3: Erweiterung des Echtzeitkerns um eine Sensorschnittstelle.

Die Vorteile der gewählten Architektur können wie folgt zusammengefasst werden:

- Nur die Programmierung des roboterunabhängigen Echtzeitkerns und der Echtzeitgrafik erfordert intensive C++ - Programmierkenntnisse.
- Alle roboterspezifischen Programmteile sind in einer problemnahen, einfachen Skriptsprache implementiert.
- Die Programmierung und Wartung der umfangreichen, roboterspezifischen Softwarekomponenten kann deshalb von Roboterfachleuten ohne umfangreiche Programmierkenntnisse durchgeführt werden.
- Die Kosten für Entwicklung und Wartung der Software werden gegenüber dem konventionellen Realisierungsansatz wesentlich gesenkt.

### 2.2.3 INTEGRATION EINER SENSORSCHNITTSTELLE

Die Komplexität der Software des Echtzeitkerns erhöht sich durch das Hinzufügen einer Sensorschnittstelle wesentlich. Ihre Aufgabe besteht darin, mit den verschiedensten Sensoren die Bewegungsbahn des Roboters während der Ausführung zu beeinflussen und anzupassen. Dabei muss die von den Sensoren gelieferte Information in Steuerinkremente für die einzelnen Roboterachsen umgerechnet werden. Sensoren werden über den CAN-Bus oder serielle Schnittstellen angeschlossen, z. B. USB oder COM1. Beispiele für Sensoranwendungen sind Abstandsregelung, Kraftregelung und die Steuerung des Roboters mit Hilfe einer 6D-Maus<sup>4</sup>. Abbildung 2.3 zeigt die Erweiterung des Architekturdiagramms um eine Sensorschnittstelle.

### 2.2.4 BAHNREGELUNG

Meistens werden Sensoren im Rahmen einer Regelung eingesetzt. Der Istwert der gewählten Regelgröße soll dem vorgegebenen Sollwert möglichst schnell und ohne Überschwingen folgen. Abbildung 2.4 zeigt den Regelkreis für eine Abstandsregelung, die im Echtzeitkern von **MRobot** realisiert ist.

#### Die wichtigsten Merkmale sind:

- Eingabedaten: Vorgegeben sind die programmierte Bahn im Roboterkoordinatensystem  $q_{prog}$  und der eindimensionale

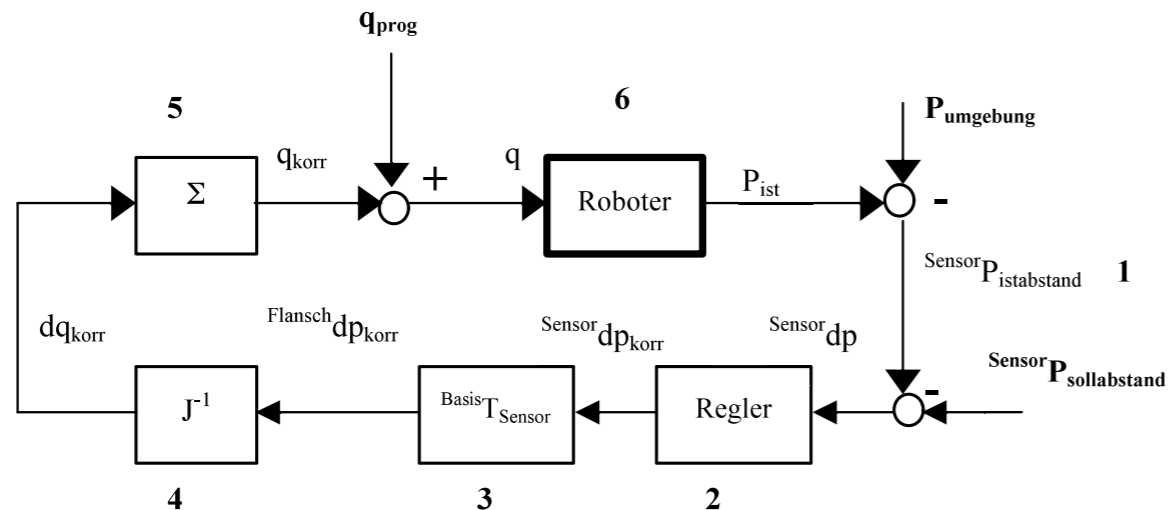


Abb. 2.4: Regelkreis für die Abstandsregelung.

<sup>4</sup> Vorrichtung, um den Roboter in allen sechs Freiheitsgraden des Raumes zu bewegen.

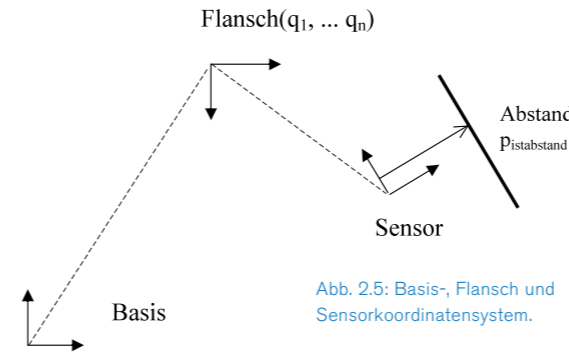


Abb. 2.5: Basis-, Flansch und Sensorkoordinatensystem.

Sollabstand  $p_{sollabstand}$ , dargestellt im Sensorkoordinatensystem.

- Ausgabedaten: Es werden die resultierenden Sollwerte  $q$  für die Roboterachsen berechnet.
- Aufgabe der Regelung: Die Differenz aus Ist- und Sollabstand soll möglichst klein sein. Die Dynamik soll so gestaltet werden, dass ein guter Kompromiss aus Schnelligkeit der Anpassung und Schwingungsverhalten erzielt wird.
- Signalfluss:
  - Die programmierte Bahn wird als Liste der interpolierten Achswerte  $q_{prog}$  bereitgestellt.
  - Die Überlagerung mit dem Korrekturvektor  $q_{korr}$  ergibt den endgültigen Robotervektor  $q$ , der die Sollwerte für die Servoregelkreise der Roboterachsen darstellt.
  - Dadurch wird der Roboter positioniert. Die Folge ist die kartesische Roboterposition  $p_{ist}$ .
  - Diese wird mit Hilfe des Abstandssensors gemessen und als kartesische Größe  $sensor_{Distabstand}$  im Sensorkoordinatensystem bereit gestellt. Der Vergleich mit dem in der Regel konstanten Sollabstand  $sensor_{p_{sollabstand}}$  ergibt die Abweichung  $sensor_{dp}$ , definiert im Sensorkoordinatensystem.
  - Die Reglerfunktion realisiert die Regelungsdynamik als PI-Regler mit

$$dp_{korr}(k) = K_p \cdot dp(k) + K_I \cdot \sum_{i=1}^k dp(i)$$

Alle kartesischen Größen sind im Sensorsystem definiert.

- Die Größe  $dp_{korr}(k)$  muss nun mit  $sensor_{dp_{korr}} = Basis^T_{Sensor} \cdot Basis^T_{Flansch}(q) \cdot Flansch^T_{Sensor}$  ins Basiskoordinatensystem des Roboters transformiert werden. Dies ist in Abbildung 2.5 dargestellt.

- Da die resultierende Größe  $sensor_{dp_{korr}}$  inkrementell ist, kann daraus mit Hilfe der inversen Jakobimatrix  $J^{-1}$  der inkrementelle Roboter-Korrekturvektor  $dq_{korr}$  berechnet werden.
- Durch Integration über die Zeit wird der absolute Korrekturvektor  $q_{korr}$  berechnet.

## 2.3 ANWENDUNGEN

### 2.3.1 STEUERUNG ÜBER 6D-MAUS

In Abbildung 2.6 ist die kugelförmige 6D-Maus dargestellt. Durch Verschieben und Drehen der Kugel werden Bewegungsinkremente für die Roboterachsen erzeugt. Die kartesische Position und Orientierung des Werkzeugs können so in allen Dimensionen des Raumes verändert werden.

### 2.3.2 ABSTANDSREGELUNG

Ebenfalls in Abbildung 2.6 ist der Abstandssensor (links unten am Greifer) dargestellt. Es handelt sich um einen einfachen mechanischen Sensor nach dem Potentiometerprinzip. Der Tool Centre Point (TCP) des Roboters kann wahlweise zwischen der Sensorspitze und dem Greifer umgeschaltet werden.

### 2.3.3 KRAFT-MOMENT-SENSOR

Abb. 2.7 zeigt den gesamten 6-achsigen Roboter<sup>5</sup> mit Kraft-Moment-Sensor am Flansch. Über den montierten Griff kann der Roboter durch Berührung in allen sechs Freiheitsgraden des Raumes verfahren werden.

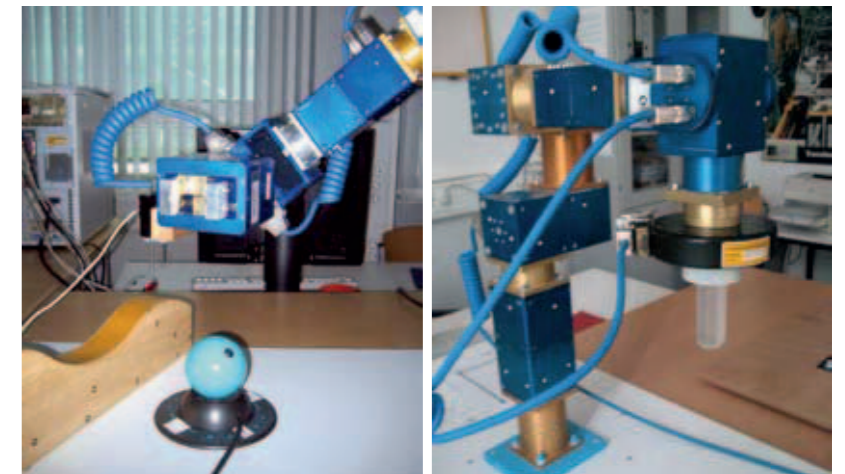


Abb. 2.6: 6D-Maus und einfacher Abstandssensor. Abb. 2.7: Roboter mit Kraft-Moment-Sensor.

<sup>5</sup> Fa. Schunk, Lauffen.



Abb. 2.8: 3D-Webcam.

### 2.3.4 3D-ÜBERWACHUNGSKAMERA

In Abbildung 2.8 sind zwei einfache Webcams dargestellt. Über eine besondere Software werden sie gemeinsam als 3D-Überwachungskamera betrieben. Damit kann der Roboter-Arbeitsraum auf Kollisionsobjekte hin überwacht werden. Zwei Betriebsmodi stehen dafür zur Verfügung:

1. Beim Unterschreiten des überwachten Abstands wird die Roboterbewegung gestoppt.
2. Das erkannte Kollisionsobjekt wird automatisch umfahren.

### 3. WEITERARBEIT

Die Weiterarbeit soll auf die folgenden Schwerpunkte konzentriert werden:

1. Verwendung von domänenspezifischen Sprachen und Anwendung von Compilern und Generatoren.
2. Anwendung von grafikorientierten Programmiersystemen.

### LITERATUR

- [1] *Olomski, J.*: Bahnplanung und Bahnführung von Industrierobotern. Vieweg, 1989.
- [2] *Pomberger, G.; Pree, W.*: Software Engineering. Hanser, 2004.
- [3] *Pietreck, G.; Trompeter, J.*: Modellgetriebene Softwareentwicklung. MDA und MDSD in der Praxis. Entwickler-Press, 2007.

- [4] *Schweizer, W.*: MATLAB kompakt. Oldenbourg, 2006.
- [5] *Siegert, H.-J.; Boncione, S.*: Programmierung intelligenter Roboter. Springer, 1996.
- [6] *Stark, G.*: Komponentenorientierte Softwareentwicklung. Fachbericht, FH Augsburg, 2001.
- [7] *Stark, G.; Bernauer, D.; Flaschka, D.*: Simplified Programming of Robotic Systems, applying 3D Image Processing. IEEE Conference on Industrial Informatics, Berlin, 2004.
- [8] *Stark, G.*: Programmierung mit Matlab. Hanser, 2009.
- [9] *Stein, U.*: Einstieg in das Programmieren mit Matlab. Hanser, 2007.
- [10] *Szyperski, C.*: Component Software – Beyond Object-Oriented Programming. Addison-Wesley, 2002.
- [11] *Vidyasagar, M.; Spong, M.W.; Hutchinson, S.*: Robot Modeling and Control. John Wiley & Sons, 2006.
- [12] *Weber, W.*: Industrieroboter. Methoden der Steuerung und Regelung. Hanser, 2002.
- [13] *Zwintzschner, O.*: Softwarekomponenten im Überblick. W3L, 2004.

### URL's:

- [U1] Beschreibung Robotersteuerung MRobot (Stand: 10.08.2010): [http://www.hs-augsburg.de/medium/download/fki/labore/j307-robotik/mrobot\\_kurz.pdf](http://www.hs-augsburg.de/medium/download/fki/labore/j307-robotik/mrobot_kurz.pdf)
- [U2] Advanced Robotics an der Hochschule Augsburg (Stand: 10.08.2010): [http://www.mathworks.cn/company/user\\_stories/userstory45647.html](http://www.mathworks.cn/company/user_stories/userstory45647.html)

## IT-Marketing: Produkte anders denken – denn nichts ist, wie es scheint.

Prof. Dr. Norbert Gerth, Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik

Der boomende Absatz von drei Millionen iPads in nur 80 Tagen beeindruckt nachhaltig und das Heer der Kritiker bzw. selbst ernannten Fachleute, die dem Produkt aufgrund vermeintlich offensichtlicher ‚technischer Unzulänglichkeiten‘ eine kurze Halbwertszeit prophezeien steht heute wie ein Narr da. Einmal mehr, als das iPad nur ein Beispiel einer ganzen Reihe von Erfolgsgeschichten ist (iPhone, Apps etc.), welche in den letzten Jahren dazu geführt haben, dass das IT-Unternehmen Apple zum mittlerweile drittteuersten Konzern der Welt aufgestiegen ist.

Ähnliche Erfolgsgeschichten gab es bisher auch schon zu ‚Google‘ oder ‚Microsoft‘.

Was ist das Geheimnis derartiger Erfolge? Ein perfektes Produkt? – sicher nicht. Ein schlichter Werbeerfolg? – nicht allein. Stattdessen sind die genannten Fälle Musterbeispiele für ein gelungenes **ganzheitliches IT-Marketing**.

**Das Problem:** Es gelingt nur **Wenigen**. Die breite Masse v. a. kleinerer und mittlerer IT-Unternehmen tut sich bis heute schwer, eine gedeihliche Beziehung zum Marketing aufzubauen. Immer wieder ist festzustellen, dass viele Verantwortliche das Marketing für eine Art Spielerei, für ein seltsames, amerikanisches Etwas, angesiedelt zwischen Produktion/Entwicklung und Vertrieb halten, welches – latent überflüssig – nur durch die Gestaltung von teuren Werbekampagnen von sich reden macht.

Aus diesem Missstand ergaben sich für Prof. Dr. Norbert Gerth, Professor für Marketing und E-Commerce an der Fakultät für Informatik der Hochschule Augsburg, folgende Forschungsfragen, denen er im Rahmen eines umfangreichen Forschungsprojekts nachgegangen ist:

- Warum fällt es dem Marketinggedanken oft so schwer, in IT-Unternehmen Einzug zu halten und welche Folgen hat ein falsches Marketing-Verständnis für diese Unternehmen?
- Was wollen die Kunden von IT-Unternehmen und unterscheiden sich die Bedürfnisse von Privat- und Geschäftskunden wirklich?
- Welche Besonderheiten weisen IT-Produkte auf und wie wirken sich diese auf das Marketing aus?
- Wie lassen sich die (wahren) Anforderungen der Kunden an technische Produkte ermitteln?

- Welche Strategien und Marketingansätze helfen IT-Unternehmen dabei, erfolgreicher zu werden?

### ERGEBNISSE

#### Frage 1: Warum fällt es dem Marketinggedanken so schwer, in vielen IT-Unternehmen Einzug zu halten?

Ein wesentlicher Hemmschuh, wenn es um die Umsetzung **ganzheitlicher Marketingkonzepte** in IT-Unternehmen geht, ist sicherlich die dort verbreitete Dominanz einer ‚**technischen Sichtweise**‘ auf Produkte und Leistungen. Dieser folgend steht v. a. die **funktionale Qualität** eines Produktes im Mittelpunkt aller Überlegungen. Der Grad der **Zweckerfüllung** bestimmt die Qualität. Qualität in diesem Sinne ist zudem objektiv und lässt sich auf Nachkommastellen prüfen und belegen.

Diese Ansicht jedoch hat nur sehr wenig gemein mit der Perspektive des **Kunden**. Für ihn ist Qualität nicht objektiv sondern **subjektiv**. Es ist zudem das Nutzenversprechen, welches aus Kundensicht kaufentscheidend ist – und hier wird der Gebrauchsnutzen zunehmend dominiert durch den **Zusatznutzen**, den ein Produkt stiftet. Der Beitrag eines Produktes zu psychischen und sozialen Bedürfniskategorien wird damit immer mehr zum entscheidenden Mehrwert. Werden diese Erkenntnisse und Zusammenhänge ignoriert, so schafft dies **Probleme**, wie das im Technikbereich allseits verbreitete ‚Over-/Under-Engineering‘ oder begünstigt auch eine falsche Vermarktung.

#### Frage 2: Was wollen Kunden von IT-Unternehmen?

Aus Kundensicht müssen die angebotenen Leistungen, wie bereits angedeutet, **zweifach** gut sein: Sie müssen ihren **Zweck erfüllen**, zugleich aber auch einen signifikanten Beitrag zur **Befriedigung** grundsätzlicher menschlicher Bedürfnisse leisten.

Um letzteres zu erreichen, brauchen IT-Unternehmen Marken und Produkte, die **emotional aufgeladen** sind. Nicht umsonst heißt es: *‘People buy on emotion and justify on fact’*. Mehrere neuere Studien zeigen zudem, dass dies auch für Geschäftskundenmärkte gilt. Auch hier suchen die entscheidenden Personen Orientierung und Mehrwerte.

Emotionale Aufladung ist jedoch keine Frage von Werbung allein, denn die Bedürfnisorientierung muss



Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Norbert Gerth

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Informatik  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg  
Telefon: (+49) 821 5586-3479  
Telefax: (+49) 821 5586-3499  
norbert.gerth@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
Marketing,  
Customer Relationship  
Management (CRM),  
E-Commerce,  
Usability Engineering und  
Testing,  
Existenzgründung



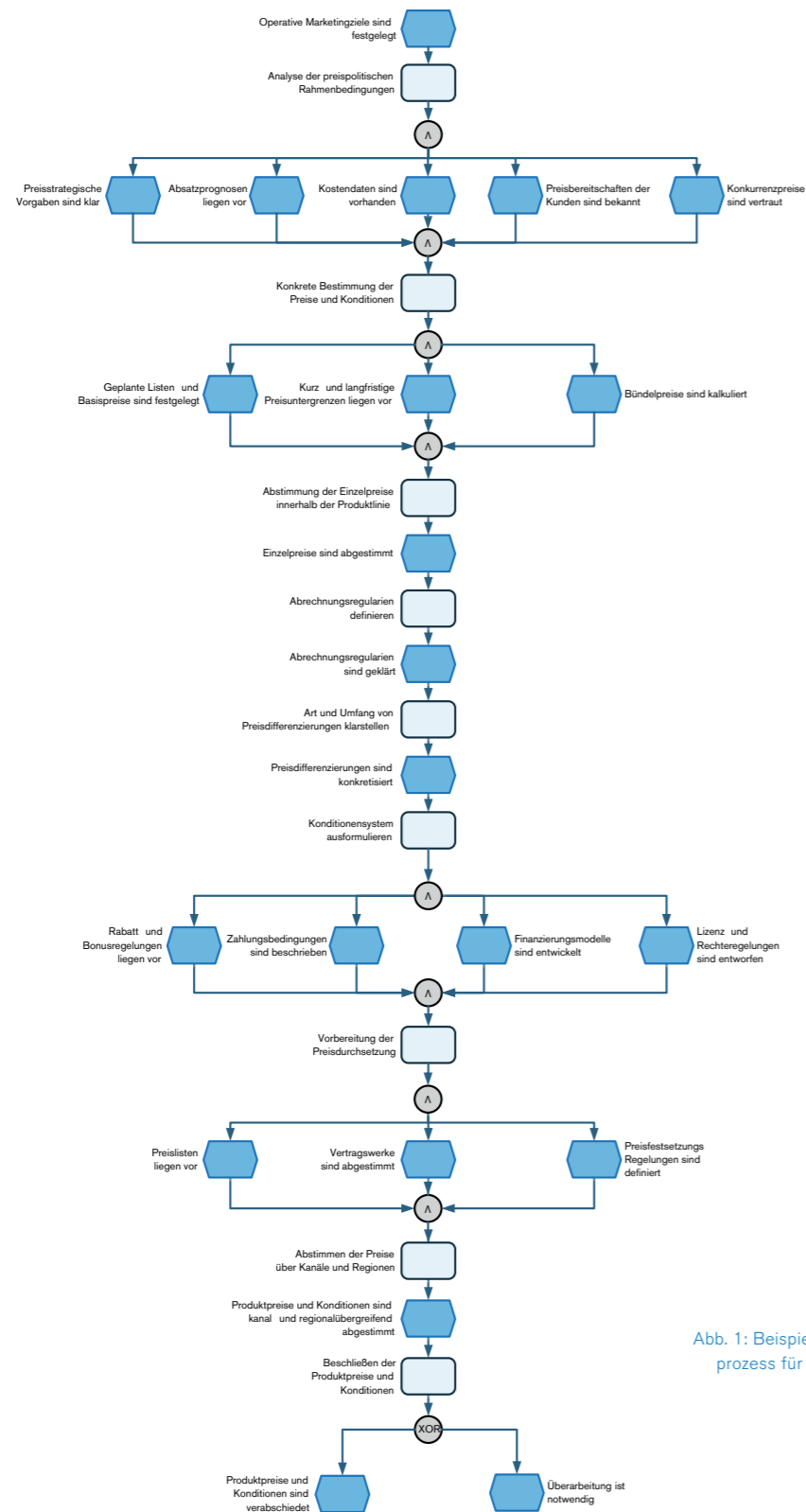


Abb. 1: Beispielhafter Referenzprozess für das IT-Marketing.

sich auch im Produktkonzept selbst wiederfinden und ist damit bereits in der Entwicklung zu berücksichtigen. Im Einzelfall bedeutet dies oft **weniger Features** und mehr Eigenschaften, die auch die ‚wahren‘ Bedürfnisse der Kunden bedienen (siehe auch das **Beispiel iPad**, welches gerade durch weniger Zweckorientierung, als durch mehr ‚Sex-Appeal‘ besticht).

**Frage 3: Wie lassen sich die (wahren) Anforderungen der Kunden an technische Produkte ermitteln?**

Klassischerweise werden Kundenanforderungen im IT-Bereich durch Kundenbefragungen und -beobachtungen, Produkt-Benchmarkings oder den Einsatz verschiedener Kreativitätstechniken ermittelt. Nach dem bisher Gesagten ist es hier allerdings extrem wichtig, nicht nur technische Anforderungen zu erheben, sondern bereits früh auch **nicht-funktionale** Qualitätsanforderungen zu erheben und sich dabei auch auseinander zu setzen mit den **Bedürfnissen** und Werthaltungen der Zielgruppe sowie (Un-)Zufriedenheiten mit vergleichbaren Lösungen inkl. der diesbezüglichen **Gründe**. Wertvolle Methoden, um auch bei der Entwicklung von IT-Produkten die ‚wahren‘ Kundenanforderungen nicht aus dem Blick zu verlieren, sind die **Means-End-Analyse** (mit ihrer Hilfe werden Bedürfnisse aufgedeckt und Verbindungen zu konkreten Produkteigenschaften hergestellt), die **Conjoint-Analyse** (sie weist aufgrund ihres indirekten Analyseansatzes einen besonderen Realitätsbezug auf, wenn es um die Frage nach der Bedeutung einzelner Produkteigenschaften geht) sowie die **Kano-Analyse** (sie besticht v.a. durch die explizite Berücksichtigung asymmetrischer Nutzeneffekte).

**Frage 4: Was können IT-Unternehmen tun, um zukünftig erfolgreicher zu agieren?**

Um v. a. kleineren und mittleren IT-Unternehmen eine Hilfestellung anzubieten, wie es auch ihnen gelingen kann, ganzheitlicher zu agieren und ähnliche Vermarktungserfolge zu erzielen wie Apple & Co, hat Prof. Dr. Gerth für die drei erfolgskritischen Themenfelder **‚Produktneuentwicklung‘**, **‚Produkt- und Marketingstrategie‘** sowie **‚Produkteinführung und -vermarktung‘** Referenzprozesse, bestehend aus drei Haupt- und insgesamt dreizehn Teilprozessen, entwickelt (siehe Abb. 1). An diesen können sich Marketing- und Produktverantwortliche im IT-Bereich orientieren,

um dadurch schnell und ohne große Verluste voranzukommen (so genannter **‚Marketing-to-Go Ansatz‘**). Mehr hierzu sowie zu den anderen Forschungsfragen finden Interessierte im ab **Herbst 2010** erscheinenden *Springer-Fachbuch ‚IT-Marketing‘* (siehe Abb. 2).

Das Buch legt im Stile eines Handbuchs auf gut 500 Seiten und etwa 140 Abbildungen die wichtigsten ‚Denkmuster‘ des Marketing offen, die man im IT-Sektor benötigt. Leser erhalten Einblicke in notwendige Methoden, Tools und Instrumente. Zudem sind die Inhalte praxisnah aufbereitet und sprachlich lebendig geschrieben.



Abb. 2: Springer-Fachbuch ‚IT-Marketing‘ (ab Herbst 2010 im Fachhandel).

## „Python macht Embedded Linux einfacher für Entwickler und Anwender“ und „Ein vielseitiger Kleinrechner mit Mikrocontroller LPC2478 von NXP“

Prof. Dr. Hubert Högl, Volker Thoms, Richard Zauner, Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr. Hubert Högl

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Informatik  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3195  
Telefax: (+49) 821 5586-3499  
hubert.hoegl@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
Eingebettete Systeme,  
Embedded Linux,  
Open-Source Software,  
Systemnahe Programmierung

**Projektmitarbeiter:**  
Volker Thoms,  
Richard Zauner

Im Folgenden werden zwei Schwerpunkte der Entwicklungsarbeiten aus meinen Forschungsgebieten Eingebettete Systeme und Embedded Linux aus dem vergangenen Jahr vorgestellt.

### 1. PYTHON MACHT EMBEDDED LINUX EINFACHER (Diplomarbeit von Volker Thoms, [3])

Im Forschungsbericht 2009 habe ich beschrieben, wie ich mit meiner nun schon relativ etablierten Veranstaltung Embedded Linux begonnen habe. Mittlerweile haben schon an die 60 Studenten das Fach durchlaufen, so dass ich mit einiger Erfahrung darüber berichten kann. Auf der einen Seite hört man viel Gutes über diesen Ableger von Linux auf Nicht-PCs, meist wird geschätzt, dass man mit den preiswerten, schnellen, stromsparenden Mikrocontroller-Platinen mit AVR32 oder ARM9 Controllern fast beliebige Geräte in kurzer Zeit bauen kann, vor allem weil einem ein riesiger Software-Baukasten an freien Linux Softwarepaketen zur Verfügung steht.

Auf der anderen Seite müssen Neulinge in diesem Bereich viele Hürden überwinden, einige sind

- die Art und Weise verstehen lernen, wie freie Software überhaupt gemacht wird,
- die Erfahrung, dass Entwicklungsrechner (x86) nicht gleich Zielrechner (ARM9, AVR32, ...) ist. Man nennt das Cross-Kompilierung,
- der komplizierte Umgang mit großen „Bau-Umgebungen“ für Embedded Linux, zum Beispiel Buildroot, OpenWRT, OpenEmbedded,
- die Systemprogrammierung in der Sprache C in einer UNIX-ähnlichen Umgebung (Treiber- und Kernel-Programmierung).

Oft ist der Anfänger dadurch schnell frustriert, vor allem wenn das Vorhaben eigentlich „im Prinzip“ ganz einfach realisierbar sein müsste, jedoch die vielen Details die Umsetzung in weite Ferne rücken lassen. Ein Beispiel ist die Steuerung des (Spiel-)Roboters *Wall-E* [1], der durch etwa ein Dutzend Servomotoren angetrieben wird. Die Aufgabenstellung war zwar klar gegeben, jedoch war die Realisierung nur durch Eingriffe in den Linux-Kernel und -Treiber möglich – also für Neulinge in diesem Bereich zunächst kaum lösbar.

Um einen leichteren Zugang zur Programmierung von Anwendungen, vor allem aber von Schnittstellen zur Außenwelt – PWM (Pulsweitenmodulation) ist z. B. die elektrische Schnittstelle zum Steuern von Servomotoren – zu erreichen, ersetzen wir die traditionelle Kompilierung von Anwendungen auf einem Entwicklungsrechner durch die Ausführung einer *Interpretersprache* auf dem Zielrechner. Wir entschieden uns für die Sprache *Python* [2], die hinsichtlich Klarheit, leichter Erlernbarkeit und Erweiterbarkeit Maßstäbe gesetzt hat (siehe Abb. 1).



Abb. 1: Bei dieser Arbeit wird Embedded Linux auf dem AVR32 Mikrocontroller mit der Skriptsprache Python veredelt.

Abbildung 2 zeigt die durchschnittlich vorhandenen Schnittstellen bei einem Embedded Linux Rechner, der für Steuerungszwecke eingesetzt wird. Meist muss man in einer Steuerungsanwendung über eine oder mehrere dieser Schnittstellen kommunizieren, es ist daher wichtig, dass man von Python aus alle diese Schnittstellen ansprechen kann.

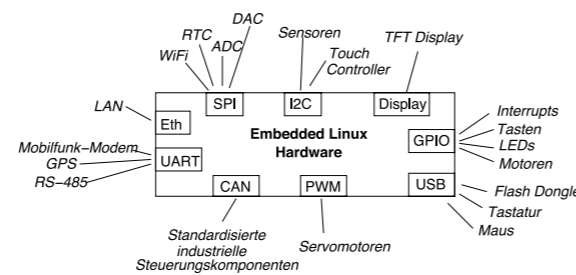


Abb. 2: Typische Hardware zum Steuern und Regeln, auf der Embedded Linux läuft, hat meist eine große Anzahl an Schnittstellen zur Außenwelt.

In Abbildung 3 sieht man die einzelnen Abstraktionsschichten von der Hardware (ganz unten) bis zur Python-Anwendung (ganz oben). Für jede Schnittstelle soll es eine durchgehende vertikale Linie geben von der Hardware über den hardwarenahen Code im Kernel, den Gerätetreiber, die Python Erweiterungen (das sind in C geschriebene shared objects) bis hin zum Python-Modul, z. B. pwm.py. Untersucht man ein „unbehandeltes“ Linux, dann sieht man, dass bei manchen Schnittstellen die Blöcke im Kernel noch nicht vorhanden sind. Diese feh-

lenden Blöcke müssen deshalb auch erst realisiert werden, wenn man eine Anbindung an Python machen möchte.

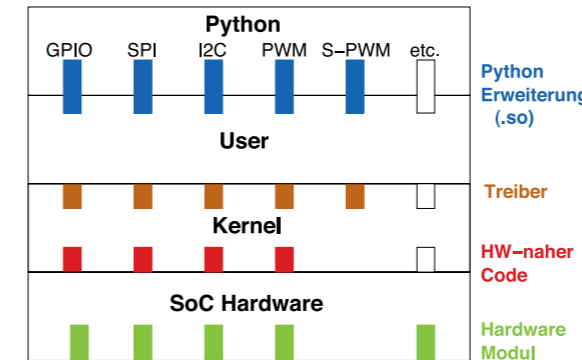


Abb. 3: Strukturierung der Software in Schichten.

Die bisher implementierten Schnittstellen sind

- UART – serielle Schnittstelle
- GPIO – frei programmierbare Ein-/Ausgänge, auch mit Interrupts
- SPI – Synchrone periphere Schnittstelle
- I2C – Inter-IC Bus
- PWM – Hardware-PWM Ausgänge des Controllers
- Soft-PWM – Software PWM über GPIO Ausgänge
- CAN – siehe das Socketcan Projekt [4]

UART und CAN konnten von bereits existierenden Projekten übernommen werden. Darüber hinaus gibt es natürlich auch eine große Menge an etablierten Projekten, die bereits mit einer Anbindung an Python ausgestattet sind, zum Beispiel die Frameworks PyQt oder PyGtk zum Erstellen von grafischen Oberflächen.

Durch die gute Akzeptanz bei Anwendern möchten wir auch in Zukunft an diesem Projekt weiterarbeiten und uns auf folgende Arbeiten konzentrieren:

### Modellierung von Peripheriebauelementen

Über die erwähnten Schnittstellen nach außen werden üblicherweise periphere Bauelemente angesteuert, zum Beispiel ein Analog-zu-Digital Wandler wie der MCP3304 von der Firma Microchip. Dieser Baustein hat vier analoge Eingänge, die man über eine SPI Schnittstelle abfragen kann. Ziel ist nun, dass man in Python eine Klasse MCP3304 bereitstellt, von der man ein Objekt instantiiert, das bereits alle wesentlichen Funktionen der Hardware kennt. Bei einem AD-Wandler könnte das so aussehen:

```
adc = MCP3304(1) # Instantiate first MCP3304
v = adc.read(n) # read from AD channel 0,1,2 or 3
```

Es sollen auf diese Weise viele häufig verwendete Peripheriebauelemente in Python aufgenommen werden, eine Auswahl ist:

- Analog-zu-Digital Wandler
- Digital-zu-Analog Wandler
- Echtzeit-Uhren (RTC - Realtime Clocks)
- I/O-Port-Erweiterungen
- I2C-zu-Iwire-Brücken
- EEPROM-Speicherbausteine
- Beschleunigungssensoren
- Gyrometer

### Erweiterung für Echtzeit-Linux

Unser Ansatz berücksichtigt zurzeit noch keine Echtzeit-Erweiterungen von Linux. Das kommt daher, dass es diese für den AVR32 Controller, auf dem die Arbeit bisher gemacht wurde, nicht gibt. In Zukunft möchten wir den Ansatz auch auf andere Plattformen bringen, zunächst auf den Controller AT91SAM9G45 von Atmel (mit ARM926EJS Kern). Dafür gibt es alle etablierten Echtzeit-Erweiterungen, das sind RTAI, Xenomai und RT-PREEMPT. Für RTAI und Xenomai gibt es bereits fertige Anbindungen an Python, so dass die Integration in unser Rahmenwerk relativ einfach sein sollte.

### Programm-Beispiele

Die folgenden Beispiele zeigen, wie einfach die Programmierung durch diesen Ansatz wird. Der Anwender braucht keine Kenntnisse mehr der unteren Software-Schichten, er kümmert sich nur noch um die anschauliche Lösung des Problems mit den Mitteln der Objektorientierung.

**Programm 1:** General Purpose IO Pin 32 auf „Ausgang“ schalten und im Sekundentakt ein- und ausschalten.

```
### GPIO Demo ###
import gpio
from time import sleep

a = gpio.GPIO(23, "out")
a.direction = "out"

while(1):
    a.value = 1
    sleep(1)
    a.value = 0
    sleep(1)
```

**Programm 2:** Einen Servomotor nach links und nach rechts drehen lassen.

```
# ### PWM Demo ###
import pwm, time

a = pwm.PWM(0)

a.start()
a.period = 1000000; a.polarity = 0
i = 0
while (i < a.period):
    a.duty = i
    time.sleep(0.001)
    i += 1000
a.polarity = 1
i = 0
while (i < a.period):
    a.duty = i
    time.sleep(0.001)
    i += 1000
a.stop()
```

## 2. EIN VIELSEITIGER KLEINRECHNER MIT MIKROCONTROLLER LPC2478 VON NXP

(Diplomarbeit von Richard Zauner)

Tragbare elektronische Geräte boomen, was liegt daher näher als so ein Gerät einmal selbst zu bauen. Um die Menge aller damit realisierbaren Anwendungen möglichst groß zu halten, entschieden wir uns für folgende Eigenschaften und technische Daten:

- Größe eines Taschenbuches.
- TFT Farbdisplay mit 480 x 272 Bildpunkt, ca. 11 cm in der Diagonale, integriertes *Touch-Panel* auf dem Display, LED Hintergrundbeleuchtung.
- Eingabe- und Funktionstasten



Abb. 5: Die Bauteilseite. Der große quadratische Baustein ist der LPC2478 Mikrocontroller. Darunter sind die zwei SDRAMs. Zwischen der Platine und dem Gehäuse ist das flexible Anschlusskabel des TFT-Displays. Die Platine wird in das Gehäuse eingeschwenkt.

- Ein Multifunktionsaster (drücken, drehen und seitwärts N/S/O/W)
- Leistungsfähiger Mikrocontroller LPC2478 mit integriertem Modul zur Grafikansteuerung. Der Controller hat einen ARM7TDMI Kern, kann also mit „unserem“ OpenOCD Debugger [5] angesteuert werden.
- Großer Hauptspeicher mit 16 bis 64 MByte (SDRAM).
- Viele Schnittstellen nach außen: UART, SPI, I2C, CAN, USB Host, USB Device und weitere.
- Steckplatz für MMC/SD Karte als Massenspeicher.
- Lange Laufzeit bei Versorgung aus Batterie oder Akku.
- Pläne und Software sollen unter einer freien Lizenz stehen.

Die folgende Abbildung 4 zeigt das Blockschaltbild des Gerätes:

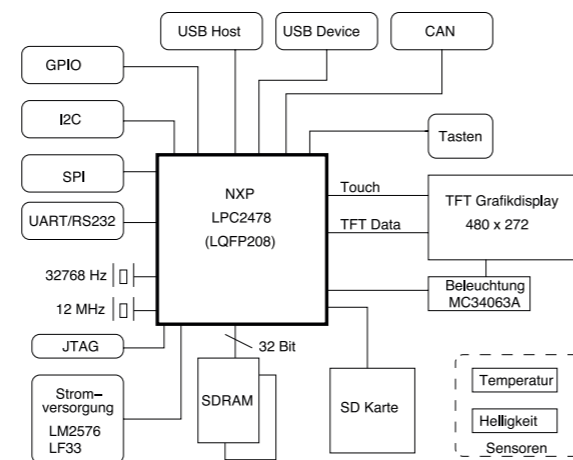


Abb. 4: Das Blockschaltbild des Terminals.

Der im Zentrum stehende Mikrocontroller LPC2478 von NXP war praktisch der einzige auf dem Markt verfügbare Baustein, der alle unsere Anforderungen erfüllt hat. Er sollte mit gewöhnlichem Lötgerät lötbar sein (QFP208 Gehäuse), einen Grafikcontroller enthalten, einen Controller für externes SDRAM enthalten, USB Host- und Device-Schnittstellen haben, eine Schnittstelle für den CAN Feldbus haben, internen Programmspeicher (512K Flash) und idealerweise einen ARM-Kern enthalten, so dass wir unseren OpenOCD Debugger damit verwenden können.

Die Abbildungen 5 und 6 zeigen den Prototypen. Die Platine hat zur Verminderung der Kosten nur zwei Lagen.



Abb. 6: Auf der Rückseite sind die mechanischen Bedienelemente aufgelötet. Sie passen genau durch die Löcher im Gehäuse. Rechts unten auf der Platine ist die Halterung für die MMC/SD-Karte. Das runde Bauelement in der Mitte ist ein Kondensator zur Notstromversorgung. Links daneben ist der Multifunktionschalter.

Die zum Entwurf der Platine verwendeten Programme sind frei verfügbar. Der Schaltplan und die Platine wurden mit *KiCad* [6] gemacht. Beim *Autorouting* der Leiterbahnen kam *Freerouting* [7] zum Einsatz. Die aktuellen Entwurfsdateien sind von einem Subversion Repository abrufbar [11].

Abbildung 7 zeigt die Ur-Idee, ein einfaches Terminal selber zu bauen. Im Sommersemester 2009 benötigten wir für eine Heizungssteuerung ein Ein-/Ausgabegerät, das mit einem AVR Mikrocontroller, ein paar Tasten, einem 20x4 Textdisplay und ein wenig Holz in die Tat umgesetzt wurde. Natürlich ist das neue Terminal wesentlich leistungsfähiger und schicker.

Im ersten Teilschritt des Projektes (Diplomarbeit von Herrn Zauner, einem Studenten der Mechatronik) wurde die Hardware aufgebaut und mit low-level Testprogrammen die Funktionstüchtigkeit der Schaltung überprüft werden. In zukünftigen Arbeiten werden wir uns um die Programmierung von Anwendungen für das Gerät kümmern.

### Wie programmiert man Anwendungen für das Gerät?

Bei der Anwendungsprogrammierung hat man viele Möglichkeiten. Zunächst entscheidet man sich, ob man die Hardware entweder direkt (ohne Betriebssystem) in einer Systemprogrammiersprache wie C programmieren möchte oder mit Hilfe eines Betriebssystems.

Der Hersteller NXP bietet für den Controller eine umfangreiche Software-Bibliothek in C, mit der alle

Schnittstellen auch ohne Betriebssystem angesteuert werden können.

An hochwertigen freien Betriebssystemen stehen zur Auswahl:

- FreeRTOS (<http://www.freertos.org>)
- eCos (<http://ecos.sourceware.org>)
- uClinux (<http://www.uclinux.org>)

Wie groß der Aufwand für die Programmierung ist, hängt stark von dem ab, was auf dem Grafikdisplay angezeigt werden soll. Sind es alphanumerische Daten und einfache grafische Objekte, dann ist die Programmierung relativ einfach. Die „CMG“ [10] ist eine freie Grafikbibliothek mit der sich sogar komplexere Grafiken ohne Betriebssystem programmieren lassen.

Sollen allerdings moderne grafische Oberflächen verwendet werden mit allen modischen Effekten, die man von aktuellen Geräten aus der Konsumelektronik kennt, dann kann man den nötigen Aufwand nicht mehr selber bewältigen, sondern muss auf freie oder kommerzielle *GUI Frameworks* zurückgreifen, wie z. B. Qt [8] oder Fancypants [9]. Dann empfiehlt es sich, auch gleich das Gerät unter Linux zu betreiben. Da der LPC2478 einen ARM7TDMI-Kern ohne Speicherverwaltung (MMU) hat, kann nur die Linux-Variante *uClinux* auf dem Controller laufen, das „große“ Linux benötigt hingegen eine MMU.

Abb. 7: Das „Ur-Terminal“.



### Welche Anwendungen streben wir an?

Zwei zukünftige Anwendungen des Gerätes stehen fest:

#### Bedienterminal

Für eine Heizungssteuerungsanwendung auf dem PC wird ein Gerät benötigt, mit dem der Anwender mit der Steuerung interagiert. Der PC wird dabei als eingebettetes System ohne Tastatur und Bildschirm verwendet. Die Benutzerführung wird über ein klares hierarchisches Menü strukturiert. Das Bedienterminal wird über die USB-Device Schnittstelle an die USB-Host Schnittstelle des PCs gesteckt. Eine konfigurierbare Menüsteuerung wurde bereits in einer früheren Diplomarbeit entwickelt [12]. Diese soll weiterentwickelt und in das Bedienterminal integriert werden.

#### Mobiles Terminal

Manche Anwendungen oder Geräte müssen über ein klassisches Terminal bedient werden. Üblicherweise nimmt man heute dazu eine Terminal-Emulation auf einem PC oder Notebook. Der Nachteil ist, dass man immer einen teuren PC zur Hand haben muss und dass die Akku-Laufzeit oft nur zwei bis drei Stunden beträgt. Mit unserem Ansatz ließe sich ein Terminal realisieren, das aus einem Akku mehr als zwölf Stunden läuft oder sogar komplett aus einer relativ kleinen Solarzelle autonom betrieben werden könnte. Auf dem Display wäre ein ASCII-Terminal mit bis zu 80 x 25 Zeichen realisierbar. Als Eingabegerät kann über die USB Host Schnittstelle des LPC2478 eine gewöhnliche PC Tastatur angesteckt werden. Die Herstellungskosten sollten bei deutlich unter 100 Euro liegen.

Darüber hinaus bietet das Gerät viele weitere interessante Möglichkeiten, zum Beispiel als Zeiterfassungssystem, in der Robotik, in der Automobilwartung oder in der Medizintechnik.

#### WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

- [1] Wall-E (Nachbau des Film-Roboters von Thomas Bögle, ein ehemaliger Student der Mechatronik): <http://www.thomasboegle.de/walle.htm> (Stand: 12.08.2010).
- [2] Skriptsprache Python: <http://www.python.org> (Stand: 12.08.2010).

- [3] Diplomarbeit von Volker Thoms (2010): Mikrocontroller-Programmierung mit Python: <http://elk.informatik.fh-augsburg.de/da/da-49> (Stand: 12.08.2010).
- [4] Socketcan: <http://en.wikipedia.org/wiki/SocketCAN> (Stand: 12.08.2010).
- [5] Open On-Chip Debugger (OpenOCD), ein freier JTAG Debugger für fast alle Mikrocontroller mit ARM Kern. Diplomarbeit von Dominic Rath, 2005: <http://openocd.berlios.de> (Stand: 12.08.2010).
- [6] KiCad: <http://kicad.sourceforge.net> (Stand: 12.08.2010).
- [7] Freerouting: <http://www.freerouting.net> (Stand: 12.08.2010).
- [8] Qt GUI Framework: <http://qt.nokia.com> (Stand: 12.08.2010).
- [9] FancyPants GUI Framework: <http://www.fluffyspinder.com> (Stand: 12.08.2010).
- [10] CMG Graphik Bibliothek („Christian Merkle Graphics“, Masterarbeit): <http://elk.informatik.fh-augsburg.de/da/ma-4> (Stand: 12.08.2010).
- [11] Die aktuellen Entwurfsdateien bekommt man durch Eingeben des folgenden Kommandos: `svn co https://elk.informatik.fh-augsburg.de/bedienteil`
- [12] Peter Novotnik, A framework for menu structured user interfaces on embedded systems, 2006: <http://elk.informatik.fh-augsburg.de/da/da-22/> (Stand: 12.08.2010).

## xioScreen – Experiences Gained from Building a Series of Prototypes of Interactive Public Displays

Prof. KP Ludwig John<sup>1</sup>, Prof. Dr.-Ing. Thomas Rist<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hochschule Augsburg, Department of Graphics Design, <sup>2</sup>Hochschule Augsburg, Department of Computer Science

xioScreen stands for a series of prototype installations of interactive public displays that have been developed, deployed, and evaluated at Hochschule Augsburg over the last four years. On the one hand xioScreen installations are part of an emerging digital signage system that informs students and campus visitors about events, talks, etc. On the other hand, xioScreen installations serve as test-beds for exploring new forms of interactive entertainment. Our initial working hypothesis was that students would take advantage of public screens as shared playgrounds for new gaming experiences. In terms of user participation, however, this did not work out so far – therefore other forms of active user participation have been explored as well. In this paper we report on a number of conducted design-deployment-evaluation cycles and discuss lessons learned so far.

### 1. INTRODUCTION

Increasing affordability of large plasma screens and more recently LCD screens attracts both, the signage industries, as well as researchers interested in exploring new ways of informing and entertaining people at public spaces, be it indoors or outdoors.

Companies<sup>1</sup> promoting digital signage solutions usually point out that their technology is much more flexible than conventional signage as their technology can cope with all kinds of media-rich digital content, and also significantly facilitates editing and instantaneous distribution of new content.

Researchers – currently especially those working in computer science disciplines, such as HCI and pervasive computing – have recognized public screens as a stimulating element for a broad variety of research strands to be explored. Research is often much technology-oriented, e.g., the focus might be on the development of mechanism for intelligent screen layout, or automated content capturing from online sources. Another strand of research aims at investigating usage patterns and social implications of public screens that support some sort of active user involvement, e.g., by means of private access / control devices, such as smart phones or PDAs. Finally, a great deal of research and development activities aims at bringing about new applications that foster group communication at the work place, as well

as new applications for the entertainment of possibly anonymous users roaming around or dwelling in open public spaces.

In this paper we report on our so-called xioScreen system of which we have built a series of prototypes over the last four years at HSA (University of Applied Sciences Augsburg). From a research point of view our initial motivation was to enable interplay between shared public displays and private handheld devices, and to study how such technological settings would be used by students in daily live in an university campus environment. In addition, there was the more pragmatic consideration to furnish our university campus with a network of public information points that features large interactive screens for casting contextually relevant information.

### 2. RELATED WORK

Our xioScreen prototypes share similarities with a number of systems that (a) deploy public displays for situated information display, (b) support some sort of shared user activity, such as gaming, or voting, and (c) enable user interaction via a handheld device, such as a smartphone. The terms “Shared Public Displays”, “Interactive Public Screens”, “Ambient Displays”, or in outdoor settings “Urban Screens” have been coined and are often used in the literature to refer to systems of this kind [11, 13].

A timely and comprehensive overview on the state-of-the-art in this can be found in the PhD thesis by Jörg Müller [11]. His survey reveals that the majority of systems has been developed within the last decade only, and that most of them are research prototypes which only faced very limited exposure to target user groups. For the purpose of this article, we restrict ourselves to a short number of references which we found of particular relevance to our own work.

**Location and target audience:** So far, our series of xioScreen prototypes has been targeted towards indoor usage at a university campus, assuming that the majority of the target users will be people populating a university campus. In this respect, we share similar goals with the e-Campus system at Lancaster University [4, 16, 17], and the iDisplays system at the University of Münster [7, 10, 11].



**Ansprechpartner:**  
Prof. KP Ludwig John

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Gestaltung  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg  
Telefon: (+49) 821 5586-3432  
Telefax: (+49) 821 5586-3422  
[john@hs-augsburg.de](mailto:john@hs-augsburg.de)  
[www.hs-augsburg.de](http://www.hs-augsburg.de)

**Fachgebiete:**  
interactive public displays, information design, interactive digital signage, interactive entertainment in public spaces

**Projektpartner:**  
Prof. Dr.-Ing. Thomas Rist  
Hochschule Augsburg  
Fakultät für Informatik  
[thomas.rist@hs-augsburg.de](mailto:thomas.rist@hs-augsburg.de)

<sup>1</sup> E.g., see product information by InfoScreen AG, Wall AG, NAVORI SA.

**Public screens as test-beds for new interactive experiences:** While public screens are often designed as mere information / information sharing systems, we are also interested in exploring the potential of public screens in the development of interactive entertainments. For instance, similar to work by other groups [5, 9, 14, 19] our screen installations can serve as play grounds for shared game playing experiences, or they may take on a role as part of an interactive art installation [16].

**Interaction via Bluetooth enabled mobile devices:** From a technical point of view the prototypes that we have built so far rely on Bluetooth enabled mobile devices to support interactivity [1]. This includes up- and download of messages as well as using Bluetooth-enabled devices as game controllers for multi-player games.

**Longitudinal field trials:** Designing new interactive technologies for durable deployment and large audiences is a difficult matter. It is relatively easy to build a prototype with some new innovative features but without longitudinal deployment and evaluation it is hard to make any conclusive statements on system usage and acceptance. Like in [3, 4, 7, 12, 18] we are interested in a real durable deployment of our prototypes. We expose them to a large audience (currently HSA students), and conduct periodical evaluations which help us guide our further developments.

### 3. XIOSCREEN VERSION 1

In 2006 we made a first attempt towards the development of an interactive public screen system. The initial vision for this endeavor was based on the assumption that users would use such a system heavily as an interactive platform:

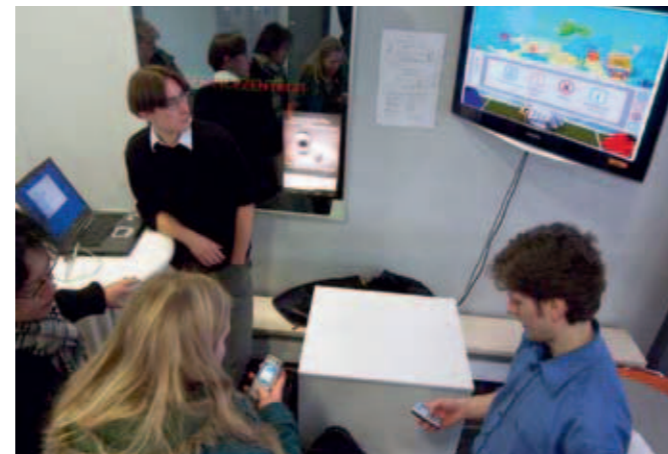
- for playing multi-user games that are specifically designed for interactive public screens which are scattered over the university campus, and
- as media for a lively information exchange.

These assumptions seemed reasonable as the target user group for the xioScreen system installations on the HSA university campus is formed by students in their early twenties, most of them being mobile phone users, and a considerable number of them play computer games, at last occasionally.

Fig. 1: Playing the aquarium game Makai. Fishes shown on the large display are controlled by users with mobile phones.

### 3.1 DESIGN OF XIOSCREEN V.1

In the design phase of xioScreen V.1 a group of 16 students from the computer science and graphics design faculty worked out a number of different game concepts that they would like to play given a shared public screen to which users could connect using their Bluetooth enabled mobile phones. Among the proposals they selected two of them which they found most engaging and suitable to be played in a public environment.



“Makai – friss Dich bunt” is a multi-user game that features an aquarium populated by fish characters which are “owned” by the players. Using a little Java ME application on a BT-enabled mobile phone, users new to Makai can join in by first creating an own fish, and steering it after it appears in the aquarium which is shown on the public display. Of course, big fish eat small fish, so the challenge for the user is to escape from being hurt or eaten by bigger fish, and vice versa, try to catch and eat smaller ones. The longer a user’s fish manages to survive and eat other fish, the more points a user can collect. A table of user scores is accessible on a user’s mobile phone, and a top ten list is occasionally shown on the public screen, too. The simple logic of game play allows users to compete with others, or likewise, users can form teams, e.g., depending on faculty membership. The screenshots in Fig. 1 give an impression of playing Makai.

Makai has been designed as a durable, never ending game. Once a fish has been released into the aquarium, it will be around until it gets eaten by an enemy. If a human owner disconnects her mobile phone from the public screen her fish goes in sleeping mode (i.e., it disappears from the public screen) but will awake (i.e., appears again) as soon as her owner connects again. No big tragedy if a user’s fish gets eaten, only all previously collected points are lost but the user could simply create a new fish and try her fortune again.

**TugWar**, in contrast, was designed as a multi-user game to be played quickly by two competing teams of users. TugWar has been inspired by the classical tug-of-war game which pits two teams against each other in a test of strength, i.e., each team towing at the opposite end of a rope. In our TugWar implementation the members of the two competing teams connect to the public screen and receive little quests on their mobile phones. The more right answers are given by a team, the better the overall performance of that team. The actual team performance is visualized on the public screen using the “towing rope” metaphor.

**Information Zone:** In addition to the two game applications, xioScreen V.1 comprises an area containing entry points for accessing campus-related information. By means of her mobile phone a user can inspect and download a number of news and messages which might be of relevance to her. Information items of xioScreen

V.1 were restricted to campus information, such as upcoming events, campus maps, and opening hours of university facilities and offices.

Apart from designing user interfaces for each of the above mentioned applications it was a particular challenge to develop a layout that could accommodate all of them. We had to address issues, such as whether or not to enable simultaneous play of Makai and TugWar, and how to partition available screen real-estate among the applications. Eventually, we decided to use a split-screen layout for xioScreen V.1 reserving approximately half of the screen space for Makai, and each with a 1/4 for TugWar and the Information Zone (cf. Fig. 2). Also, trials on simultaneous playing of Makai and TugWar revealed quickly that a multi-game playing mode would rather confuse users. Therefore, games were selected by users on a first-come-first-serve rational.



Fig. 2: Screen Layout of prototype 1.

### 3.2 IMPLEMENTATION NOTES PROTOTYPE 1

The applications (Makai, TugWar, campus information service) comprised by our xioScreen V.1 prototype follow a classical divide between client-side and server-side modules. Client-side modules basically constitute the user interfaces to enable interaction with the public screens, and to access server-site information repositories. Mobile clients are implemented in Java ME for execution on Bluetooth-enabled mobile phones. Server-side modules are meant to provide the business-logic of an application. E.g., in the case of the Makai there is a server-side module responsible for updating the world state of the Makai aquarium according to steering commands received from a user. In addition a server-side application module may require a public screen as an

output media, e.g., to display a campus map in response to a user request.

Since from the beginning it was assumed that additional applications will be developed, an attempt was made to factor out system parts which can be shared by several applications, and a plug-in mechanism was designed to facilitate the addition of further applications. In short, the overall system architecture consists of a basic messaging infrastructure, a so-called Plugin Manager, and a set of server-side application modules. As applications, such as the Makai game, may rely third-party components, such as the Macromedia's Flash player technology, they are wrapped by a piece of Java code. This way, an application is made registerable by the Plugin Manager and controllable via a mobile phone client. The messaging infrastructure keeps track of the connections with different mobile clients and handles message exchange between server-side application modules and a server-side Display Manager module that coordinates output from different sources on one or several public screen devices.

Users don't need to create accounts or reveal their identity when connecting via a mobile phone. However, MAC addresses of connected mobile devices are cached and used to distinguish between first-time users and returners, e.g., in the Makai game.

### 3.3 EVALUATION OF PROTOTYPE 1

The xioScreen V.1 prototype was ready for testing in early 2007. At an open-day event it was shown and demonstrated to a broad audience. Since a prerequisite for full system usage was that the client-software had to be installed on a user's mobile phone. At the open-day event, this was facilitated by human assistants who also explained users how to play the available games.

Before installing the system at the campus for permanent usage we asked a team of sociologists from the University of Augsburg to evaluate the prototype with regard to usability and potential acceptance. As a first step, they recruited a group of 50 students who filled out a questionnaire eliciting information on daily mobile phone usage habits, and expectations associated with an interactive public screen system. In a second step a small sub-group was invited to the laboratory to try out the prototype while being observed. This exercise was especially helpful for detecting usability issues of the mobile user interfaces.

Regarding expectations almost all subjects had an open and positive attitude towards the system and thought that they would use it. Those who interacted with the system appreciated the information services (opening hours of campus facilities, maps, etc.) but, to our surprise, were less enthusiastic regarding the provided game applications. Rather than a platform for gaming, the test users perceived the system foremost as an interesting option for receiving campus information, and when asked what would constitute desirable extensions, most of them made suggestions for additional information categories.

### 3.4 LESSONS LEARNED

After some polishing a first screen installation was put into operation at a student's café on the HSA campus. The launch was accompanied by a number of promotional activities to draw the student's attention to the interactive features of the system. After several weeks of operation a feedback questionnaire was distributed to students dwelling at the location of the screen installation. In addition, a built-in logging mechanism allowed retracing unattended interactive system usage. The lessons learned from returned questionnaires, log-file inspections, and also personal impressions gathered at the screen location can be summarized as follows:

The presence of a public screen system at the student's café was generally appreciated, especially if it would not display advertisements but contextualized (i.e., campus-specific) information. However, many students were not aware of the fact that they could interact with the system via a mobile phone. Not surprising, the log-files revealed very low interactive system usage.

There was also great reluctance of users to play Makai or TugWar. The few recorded gaming activities could be allotted to situations in which students who were involved in the xioScreen development brought friends to the screen location and invited them to participate in the game play. Of those users who actually tried to interact with the system some reported that they suffered from occasional unstable Bluetooth connectivity or failure to establish a connection at all.

### 4. XIOSCREEN VERSION 2

Lessons learned from Prototype 1 guided the development of our second version – Prototype 2. However, several design-test-evaluate cycles were carried out.

### 4.1 PROTOTYPE 1.5

In June 2007 a revised version of Prototype 1 – Prototype 1.5 – was installed at the HSA Mensa. In contrast to our first system, more emphasis was put on information delivery. Based on a further user survey carried out among HSA students a number of information categories of high interest for students were identified:

- information about HSA events
- information on cancelled lectures
- information about public transportation (e.g., delayed trains, trams, buses)
- offers by students for used text books
- offers by students for rooms and apartment sharing, and sharing trips by car or train.

A visible consequence of the new focus was a change in the screen layout. This time more space was devoted to the display of Information categories. Under the hood, a number of further improvements concerning bug fixes have been made, too.

This intermediate prototype was still based on the assumption that content, such as information about events, offers etc. would be uploaded by by-passers via their mobile phones. It turned out quickly that this is not the case. One reason was certainly that students who were willing to upload information needed to have a BT-enabled mobile phone with them, and worse, if they were first-time users, they had to visit the xioScreen project homepage [21] first to download the client-software from there and to install it on their mobile phones. But even those students who made this step reported that they are still quite reluctant to act as content provider for various reasons (lack of time, lack of ideas what could be shown, lack of confidence that their messages would be of sufficient interest for others, and last but not least laziness).

### 4.2 CONTENT IS KEY

At this stage of the project it had become quite clear that a more dramatic redesign of the overall system would be necessary in order to increase its attractiveness. If for our target users not gaming but content is a key success factor, and if the students themselves would not “feed” the system, then we would need (a) to recruit reliable content providers / authors, and (b) as an enabling prerequisite, equip the system with an easy-to-use backend for authors.

**Web Interface to a xioCMS:** A major extension of the xioScreen concept was the addition of a web-based content management system (xioCMS). Registered authors of the xioCMS are able to edit messages, set display parameters (target screen location, first-time display date and expiry date, additional resources, e.g. a background image), and preview them before publishing.

**Recruiting Content Providers:** In our search for suitable content providers we contacted various bodies of the HSA administration as well as organizations which are affiliated in one or the other way with our university. Among those parties who were granted access to our web-based xioCMS the following became reliably active content providers:

- Student Services office; providing daily updates on the menus served in the Mensa , as well as information on special campus events and activities,
- Catholic University Community (KHG); informing about their activities on campus and at their student dorm,
- faculty secretariats; mainly announcements of external guest speakers,
- lecturers of several graphics design classes; diverse content produced by students as part of their class works. Examples include campaigns for events, continued cartoon series (e.g. the dot-cube series, cf. Fig 3), short animation / stop-motion clips, etc.

### 4.3 INTERACTIVITY: VOTINGS INSTEAD OF GAMES

While feedback from students revealed that most of them enjoyed watching others playing Makai or TugWar, there was great reluctance to play self. In the case of TugWar, the barrier was even higher as playing required to form small teams, too. Eventually it was decided to try out another form of user involvement, i.e., casting

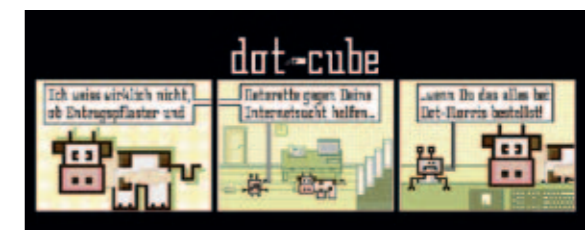


Fig. 3: Shots of the dot-cube series to entertain screen onlookers (Cartoons created by Michael Maria Tichy).

of votes. To this end the xioCMS was extended so that authors could configure polls and ballots on selected themes. For instance, the student services office suggested that students may indicate preferences on special meals that they likewise could put on the next weeks menu card. The university priest thought of having the students decide on the topic of his next sermon. Also, a built-in voting mechanism could be used for entertainment purposes, such as posing quiz-for-fun questions, or asking whether soccer team A or team B will win the upcoming match.

Ongoing votings are announced on the public screen. Users willing to cast a vote can do so by using their BT-enabled mobile phones. As in the case of Makai and TugWar, a prerequisite for participation is, however, that a piece of software – the xio-mobile client – has been downloaded and installed on the mobile phone.

In order to draw the students' attention to the newly available voting feature a cartoon-style animation clip was crafted and occasionally displayed on the screen as a kind of house advertisement.

As pointed out earlier, users do not have to create accounts or register. Since our voting mechanism just checks the MAC addresses of the connecting mobile devices, it could be easily fooled. To cast more than a single vote a user could simply use different mobile phones. However, this was not considered a severe problem as our polls/votings/quizzes are neither part of scientific studies, nor do they impact any critical decision making (like, e.g., elections of representatives would do).

#### 4.4 DESIGN CONSIDERATIONS FOR PROTOTYPE 2

Compared to the previous (prototypes V.1 and V.1.5) we have completely changed the screen layout as well as the presentation strategy for displaying information items (i.e., news, announcements, etc.). Now approx.  $\frac{3}{4}$  of the screen real-estate is used for the display of content, while the remaining  $\frac{1}{4}$  is reserved for the announcement of votings (cf. Fig. 4).

For the display of information items we adopted a rolling banner, or as we call it, a "carousel-style" approach. Information items have display items associated which are thought of sitting in an endless turning vertically carousel, while the screen provides a view on two items at an instance in time. After a new item comes into sight at the bottom of the screen, the above display



Fig. 4: Installation of a xioScreen V.2 at HSA Mensa and screen layout scheme.

items are scrolled upwards until the new item is fully visible (and the top most item has disappeared), then the carousel stops a few seconds before it moves on (cf. Fig. 4). The restriction of showing only two items aside is to ensure sufficient readability of text messages, and also due to aesthetical considerations.

In case of a display item takes on the form of an image (poster) or a video clip we switch to full-screen mode and display it. However, after a maximum of 12 seconds the screen is switched back to carousel mode (i.e., as a consequence, video clips must not be longer than a maximum of 12 seconds). This value reflects a subjective threshold which has been determined in an informal experiment with a group of students who had to rank the appropriateness of different display durations.

A tricky issue is the determination of a suitable display sequence for items in the carousel. There are several obvious rules for content scheduling that may apply, such as "avoid that an item is followed by itself", and "ensure that an item has a fair chance to get displayed at all". As suggested in [17] time filters may be used increase the priority of items with regard to a certain peak time, e.g., in timetables of trains and buses may be more relevant around the rush hours. Another rationale is to give priority to "urgent" items i.e. those which are getting close to expire date. We also discussed with our content providers (cf. Sec. 4.2) whether we should allow authors to assign priorities to information items at authoring time. Since there

was the fear that potentially all content providers would consider their bits as of highest priority, we did not implement such a feature in the xioCMS user interface. In the discussion an acceptance issue became also very clear that any automated scheduling mechanism – regardless of how sophisticated it may be – it must be transparent to our content authors how the mechanism works. Eventually, we ended up using a fairly simple mechanism to calculate an item's display priority. We consider an item's "urgency" (difference of expire date and actual date), a "display count" (how often has the item already been displayed), and "display pause" (how many other items have been shown since last display of the item under consideration).

#### 4.5 CHOOSING LOCATIONS FOR XIOSCREENS

The location as well as the positioning of our first public screen in the students' café wasn't optimal. This time, we did some in-situ pretesting with paper mock-ups of a screen snapshot at potential locations and analyzed them with regard to criteria, such as:

**Highly frequented dwelling zones:** The conception of our second prototype assumes that users are willing to spend some time in front of its public screen. Firstly, information is displayed sequentially and some of the display items (video clips, animations) are timed media as well. Secondly, participation in a voting requires users to inform themselves about the options and to perform a sequence of steps for casting a vote. This suggests that locations should be preferred where many people go but also dwell for a while, e.g., a café area, a foyer, or a waiting area. In contrast, hall-ways and thoroughfares often do not satisfy this criterion.

**Visibility:** Ideally, a public screen is placed so that it is visible from a broad viewing angle, and sight to the screen will not be blocked by onlookers. This criteria suggested that the screen is placed at a minimum height of 1,90 m measured from the floor. Also, lighting conditions need to be considered, e.g., if placed close to a window sunlight may severely impact visibility of screen content.

Potential to catch peoples' attention: Ideally, a screen catches the attention of people entering the room / space in which it is installed. For instance, in a room with only one entrance door the screen has probably more potential

to catch attention if placed at the wall opposite to the door. Also, the screen should not be placed too close to "competing" objects, e.g., paintings, pin boards etc. (See also [6, 20]).

Of course, there are many other factors that need to be considered, e.g., availability of power supply and Internet connection, safety aspects (e.g., the screen should not be placed too close aside emergency exit signs, and must not cause blocking of passage ways), and protection from theft and vandalism.

Our first choice for a screen location was the HSA Mensa area. There, we installed a large screen (actually a 46 inch tv-set) so that:

- students who line up in front of the food outlay will face the screen, and
- about a 1/3 of students sitting in the eating zone have good sight to the screen too.

In addition to the Mensa area we installed public screens at three further locations, all of them are basically foyer-style areas but feature a smaller number of visitors than the Mensa area.

#### 4.6 PARTICIPATORY ART CAMPAIGNS

Another form of user engagement was tried out by students of a graphics design class in 2009. In the spirit of participatory art their aim was to involve visitors of the HSA Mensa as co-creators in a creative process of making an artwork. The two conducted campaigns were named "Punkte verkleben" and "xioScrapper". In both cases the local public screen installation at HSA Mensa was an essential part of the artistic concept.

"Punkte verkleben" invited participants to express themselves by pasting red dots on paper posters. The role of the screen was primarily to animate Mensa visitors to participate. The campaign was run over a period of three weeks in January 2009.

For the "xioScrapper" campaign, the screen was also used to show the state of the emerging skyscraper based on contributions by students. Students could layout and furnish single stories of an overall skyscraper on picture postcards which were distributed at the screen location. Stapling these cards formed the xioSkyscraper of which a manually scanned version was shown on the screen. The xioScrapper campaigns run over a period of three weeks during the summer semester in 2009.

#### 4.7 FEEDBACK ON PROTOTYPE 2

Since spring 2008, prototype 2 is in daily operation during the semester turns but usually gets switched off during holiday periods. Currently we operate installations at four different locations (HSA Mensa, HSA portal, HSA foyer of auditorium, KHG dormins). Feedback on prototype 2 comes from different sources:

**Log-file data:** Recorded activities of the xioCMS web-service reveal that on average between 10 and 30 information units per day are ready for display. Though content authors can activate location filters for their entries, they hardly make use of this feature (i.e., information items are shown at all four locations). Images and video clips are rarely provided. This is certainly due to the fact that preparation of such content is much more time consuming than writing a mere text message. Similarly, votings are rarely posted. One reason might be that our authors were less creative than hoped in finding suitable themes for votings.

Logged connections of mobile-phone clients reveal that when there was a voting issued, participation in it was very low, anyway. In sum, compared to the two game applications of prototype 1, the voting feature did not increase user participation.

**Feedback from students:** In 2009 a further questionnaire was issued to the students. Part of the questions was on what students liked about the current system. Another part of questions concerned the students' attitudes towards some suggested extensions. In addition to the questionnaires we received comments from students when discussing xioScreen issues as part of course-works in some lectures on HCI and interaction design. In sum, the great majority of students appreciated the new screen layout and the carousel-style information presentation.

In general, the redesign of the system was appreciated in terms of its modified visual appearance. Many people noted that the new design very much increased readability of posted information items. Since in xioScreen V.2 information items are displayed by the system automatically, the perceived utility of the system was rated much higher compared to the previous versions. Though most of the students had a neutral or even positive attitude towards the voting feature but would hardly use themselves.

The two conducted participatory art campaigns "and xioScraper" were quite successful in terms of achieved user participation. For example, in the case of the campaign "Punkte verkleben" a total of 1750 red dots has been displayed for usage nearby the screen installation. By the end of the campaign, no dots were left but only 1005 were pasted as intended on posters by Mensa visitors (the missing other dots were found elsewhere or got taken away as souvenirs). Taking into account the observed number of dots pasted per person (~ 10–20), and an estimated total of about 1000 Mensa visitors during the duration of the campaign, we estimate that around 50–80 Mensa visitors (approx. 5–8% of all Mensa visitors during the campaign period) did actively participate in the creation process. Of course, this estimate includes some "returners" too, i.e., students who did paste dots on different days - however, we consider this as a success, too. Gathered feedback from Mensa visitors who did not paste dots themselves indicated that most of them found the campaign amusing and stimulating for their lunch talks.

In the case of xioScraper we received an almost similar participation. At the end of the campaign we counted a total of 117 cards submissions with drawings of stories on it. Comparing the cards we estimated that around 70–80 stemmed from different authors.

**Feedback from content authors:** Feedback from active content authors was primarily targeted towards improving usability and functionality of the xioCMS. For instance, a message preview option was integrated based on suggestions from authors.

#### 5. TOWARDS XIOSCREEN 3

While xioScreen 2 is operating smoothly and suffices its purpose as a visually appealing campus information system, there are many options to explore further, e.g., in order to increase active user participation. In a current project which is conducted with Stadtwerke Augsburg<sup>2</sup> our focus lays on the following aspects:

**Outdoor Screens for the General Public:** xioScreen 2 is very much geared towards students populating the HSA campus. In contrast, a screen at a tram connection station features a much more heterogeneous target audience comprising pupils, university students, business

<sup>2</sup> Stadtwerke Augsburg is a public owned incorporation responsible for the town's public transportation system as well as energy and fresh water supply, and sewerage.

commuters, shoppers of all age groups, pensioners, tourists, etc. A first in-situ analysis of a selected tram station in the city center of Augsburg suggested that it would be beneficial to associate screen messages with a more fine-grained temporal filter, similar as suggested in [17].

It also deserves mentioning that going outdoor imposes a number of further considerations, such as protection from vandalism and impassiveness of weather conditions. Solutions for such problems exist but it is primarily a matter of available budget which may also impact decisions on choosing a suitable location.

**Automated compilation of screen content from third-party sources:** Our current xioCMS assumes that messages to be displayed on the screens are typed in by a human author. Though an experienced author may require less than a few minutes to log into to the CMS, enter a message, configure display parameters, preview the message, and release it for publication, it is often considered as an additional effort in their daily business. In some cases it would be possible to skip manually entry of data since they are already available in digital form, e.g., the daily menu card of the Mensa is taken from an Excel sheet used by the student services office for planning anyway.

The straightforward idea is to program a wrapper that automatically accesses a data base or an online information source, collects and extracts information of interest, and feeds its outputs into the xioCMS. In our current project we explore two different strands:

Firstly, we are interested in how far the audience of public screens will appreciate messages captured from twitter streams. The interesting question is to find out which streams would be suitable for which kind of target user group.

Secondly, our project partner Stadtwerke Augsburg has a strong interest to inform citizens about various activities, e.g., production and supply of green energy, fresh water consumption / saving, number of trams and buses currently in operation, etc. To this end, we plan to compile animated information charts that will receive live data from the IT-center of Stadtwerke Augsburg. The ultimate communicative intent behind these charts is to improve the image of Stadtwerke as an innovative actor in its business areas. Technically, this requires an extension of our xioCMS so that an author can select a chart type and configure display parameters.

**Encourage users to interact:** After several attempts to increase active user participation – e.g., users as gamers, users as authors, users as voters, users as downloaders of screen messages – we must admit that the number of interacting users is still disappointing. One reason for this is certainly the somewhat cumbersome need to download and install the BT-client software on the mobile device. In our next version we will replace the Bluetooth connection of mobile phones to public screens by a WLAN connection. This way we hope to lower the technical barrier for by-passers to become not only passive onlookers but active users, too. Further ideas to increase active user participation comprise the deployment of sensors, e.g., a camera that would enable a public screen to "see" whether a person is looking at it and use this information to splice in an instruction of how to use a mobile phone to interact with the xioScreen system.

#### 6. CONCLUSIONS

In brief the experiences and insights gained so far from our work on xioScreen prototypes that have been installed at the HSA campus are:

- In our initial vision an interactive public display would provide both, a campus-related information service as well as a playground for casual gaming. Up to now, this vision did not yet become a reality. Our screen installations are primarily recognized by their users as a visually appealing campus information system. However, to be appreciated as an useful system too, it must be fed daily with a sufficient amount of relevant and interesting content units, and display them in a way that attracts people's attention (see also [6, 20]). To this end we had to recruit reliable human authors from different areas, and to provide them with an easy-to-use content management system, too.
- Motivating users to take advantage of interactive features appears to be more difficult than expected, and this applies for all our previous attempts that envisioned BT-enabled mobile phones as interaction devices (interactive games, votings, up- and download of screen messages).
- In contrast, our two conducted participatory art campaigns received higher attention and were more successful in terms of achieved active user participation. One reason for this was certainly that participation in a creative design process was possible without



bothering about any technologies (apart from pasting physical dots on paper, or drawing with a pencil on cards). Another reason might be that most Mensa visitors had no previous experiences with participatory art campaigns and therefore many of them were curious to find out more about it.

■ As others suggested, too, e.g., [2], we think that the technical barrier should be as low as possible in order to transform passive onlookers into active doers. Assuming that more and more mobile phones provide easy-to-use access to the web, we will switch to WLAN access and web-based user interfaces for our next attempts on providing users with access to interactive public screen applications.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The work on the xioScreen project has benefited from numerous contributions of several student projects run between 2006 and today as well as from colleagues who helped to supervise these projects. Special thanks to Andreas Romer and his colleagues for evaluation works on prototype 1, and to Marcel Kieser, Gerhard Meixner, Alexander Lawrence, and Stefan König for distinct technical contributions to the prototypes. We are also grateful to our external supporting project partners KHG, Studentenwerk, and Stadtwerke Augsburg. Also thanks to Elisabeth André for her comments on an earlier version of this report.

This article has been submitted for publication in Kuflik, T., and Krüger A. (eds.) „Advances in Ubiquitous Display Environments“, Springer, forthcoming.

#### REFERENCES

- [1] Ballagas, R., Borchers, J., Rohs, M., and Sheridan, J.G.: The smart phone: A ubiquitous input device. In: IEEE Pervasive Computing, 05(1):70–77, 2006.
- [2] Brignull, H., Rogers, Y.: Enticing people to interact with large public displays in public spaces. In: Proceedings of INTERACT-03, pp. 17–24, 2003.
- [3] Churchill, EF, Nelson, L., Denoue, L., Helfman, J., and Murphy, P.: Sharing Multimedia Content with Interactive Public Displays: A Case Study. In: Proceedings of Designing Interactive Systems (DIS), 2004.
- [4] e-campus project website: <http://ecampus.lancs.ac.uk/> (accessed 29/04/2010).
- [5] Finke, M., Tang, A., Leung, R., and Blackstock, M.: Lessons learned: game design for large public displays. In: Proceedings of the 3rd international Conference on Digital interactive Media in Entertainment and Arts (DIMEA ,08), vol. 349. ACM, New York, 2008.
- [6] Huang, E., Koster, A., and Borchers, J.: Overcoming assumptions and uncovering practices: When does the public really look at public displays? In: Proceedings of Pervasiv 2008, 2008.
- [7] iDisplays project website: <http://ifgi.uni-muenster.de/0/idisplays/> (accessed 29/04/2010).
- [8] John KPL., Romer, A.: Vom Handy auf den Großbildschirm – Einsatzmöglichkeiten interaktiver Public Screens am Beispiel des xioSCREEN der HS. In: Forschungsbericht 2009 der Hochschule Augsburg, pp. 91–96, 2009.
- [9] Leikas, J., Stromberg, H., Ikonen, V., Suomela, R., and Heinila, J.: Multi-user mobile applications and a public display: novel ways for social interaction. In: Proceedings of Pervasive Computing and Communications (PerCom '06), pp. 66–70, 2006.
- [10] Müller, J., Paczkowski, O., and Krüger, A.: Situated public news and reminder displays. In: Proceedings of European Conference on Ambient Intelligence, pages 248–265, 2007.
- [11] Müller, J.: Context Adaptive Digital Signage in Transitional Spaces. Ph.D. Thesis, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2008.
- [12] Müller, J. and Krüger, A.: MobiDiC: Context Adaptive Digital Signage with Coupons. In: Proceedings of the European Conference on Ambient intelligence. Lecture Notes In Computer Science, vol. 5859. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009.
- [13] O'Hara, K., Perry, M., and Churchill, EF. (eds): Public and Situated Displays: Social and Interactional Aspects of Shared Display Technologies. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA, 2004.
- [14] Reeves, S., Benford, S., O'Malley, C., Fraser, M.: Designing the spectator experience. In Proceedings of the SIGCHI conf. on Human factors in computing systems, ACM Press, pp. 741–750, 2005.
- [15] Scheible, J., Tuulos, V. H., and Ojala, T.: Story Mashup: design and evaluation of novel interactive storytelling game for mobile and web users. In: Proceedings of the 6th international Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM ,07) vol. 284. ACM, New York, NY, 2007.
- [16] Storz, O., Friday A., Davies, N., Finney, J., Sas, C., and Sheridan J.: Public ubiquitous computing systems: Lessons from the e-campus display deployments. IEEE Pervasive Computing, 05(3):40–47, 2006.
- [17] Storz, O., Friday A., and Davies, N.: Supporting content scheduling on situated public displays. Computers & Graphics, 30(5):681–691, 2006.
- [18] Trimble, J., Wales, R., and Gossweiler, R.: Nasa's MERBboard: An Interactive Collaborative Workplace Platform. In [11], pp. 18–44, 2003.
- [19] Vajk, T., Coulton, P., Bamford, W., and Edwards, R.: Using a Mobile Phone as a “Wii-like” Controller for Playing Games on a Large Public Display. International Journal of Computer Games Technology, vol. 2008, Hindawi Publishing Corp., 2008.
- [20] Wilmsmann, D., Müller, J., Exeler, J., Buzeck, M., Schmidt, A., Jay, T., Krüger, A.: Display Blindness: The Effect of Expectations on Attention towards Digital Signage. In Pervasive 2009, pp. 1–8, Vol. 5538/2009, Springer Berlin, Heidelberg, 2009.
- [21] xioScreen project website: <http://www.xioscreen.de> (accessed 29/04/2010).



**Hochschule  
Augsburg** University of  
Applied Sciences



**Institut für Technologietransfer  
und Weiterbildung, ITW**

An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3251  
Telefax: (+49) 821 5586-3190

itw@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

## Souvi – Eine audiovisuelle Installation

IAM5-Projektgruppe, Hochschule Augsburg, Studiengang Interaktive Medien



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr.-Ing.  
Thomas Rist

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Informatik  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg  
Telefon: (+49) 821 5586-3249  
Telefax: (+49) 821 5586-3499  
thomas.rist@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

### Projektteam:

Peter Alt,  
Michael Ilg,  
Rainer Wagner,  
Daniel Fontes,  
Frank Robnik,  
Veronica Hanglberger,  
Björn Gottwald

### Betreuer:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Rist,  
Tobias Grewenig

### Weitere Informationen und Videos:

info@souvi.de  
www.souvi.de

Künstler und Komponisten schaffen mit ihren Werken fantastische Welten in unseren Köpfen. Klang zeichnet Bilder, aber wie klingen Bilder? Dieser Frage geht SOUVI auf Basis der Synästhesie nach und beschäftigt sich mit den Zusammenhängen von Sehen und Hören. Durch den Einsatz aktueller Techniken, vor allem im Bereich des optischen Trackings und der Echtzeit-Berechnung der entstehenden Grafiken und Töne, wie sie u. a. auch bei Multitouch-Tischen eingesetzt werden, ermöglicht SOUVI es dem Benutzer, ohne Vorkenntnisse oder zusätzliche Hilfsmittel, mit der Installation zu interagieren. Alleine durch die Berührung mit dem Finger werden aus Bewegungen Formen, Bilder und Töne.



Alle audiovisuellen Ereignisse werden zur Laufzeit generiert und können direkt vom Benutzer beeinflusst werden. Geometrie der Formen und Bewegungsdynamik beim Zeichnen werden in Echtzeit interpretiert und durch Techniken der digitalen Klangsynthese in hörbare Klangereignisse transformiert. Die Klangformen nehmen durch eine direkte Rückkopplung wiederum Einfluss auf die gezeichneten Elemente und erzeugen somit ein einzigartiges audiovisuelles Erlebnis.

SOUVI ist im Rahmen eines studentischen Projekts des Studiengangs Interaktive Medien im Sommersemester 2009 an der Hochschule Augsburg entstanden. Die Installation wurde auf dem Augsburger Medien-

kunst-Festival lab.30, in einer Sonderausstellung im Rahmen der Transmediale 2010 im Deutschen Technikmuseum Berlin, auf der Hannover Messe International 2010 sowie auf der FMX 2010 in Stuttgart präsentiert und fand dort großen Anklang seitens der Besucher. Die einfache Bedienbarkeit und der damit verbundene Anreiz zum Experimentieren sorgte für begeisterte Besucher jeglicher Altersklassen.

Im Rahmen des IT- und Medienkunst-Wettbewerbs „Art of Engineering 2010“ der Firma Ferchau Engineering GmbH schaffte Souvi es unter die sechs Finalisten und wurde mit einem Sonderpreis ausgezeichnet.

Tauche ein in SOUVI's Welt und erlebe moderne Technik für die Sinne! So lautet das Motto der audiovisuellen Installation.

## Beitrag der Riester-Rente zur finanziellen Absicherung im Alter

Prof. Dr. Michael Feucht, Prof. Dr. Anton Frantzke, Hochschule Augsburg, Fakultät für Wirtschaft

Durch die Rentenreformen der letzten Jahre wird es im Rahmen der gesetzlichen Rentenversicherung zu einer Absenkung des Rentenniveaus kommen. Das damalige politische Ziel war es, einen Ausgleich der Absenkung des Niveaus durch eine kapitalgedeckte und staatlich geförderte Rentenversicherung (Riester- oder Förderrente) herbeizuführen. Die Aufwendungen dieser Form einer Rentenversicherung sollen dann ausschließlich vom pflichtversicherten Arbeitnehmer getragen werden, wobei ein gewisser Ausgleich durch staatliche Zuschüsse bzw. steuerliche Entlastungen erfolgt. Der Abschluss eines Riestervertrags ist grundsätzlich freiwillig, liegt also im Ermessen des Arbeitnehmers bzw. privaten Haushalts. Ob er dies tun wird, hängt damit vom Nutzenkalkül des Einzelnen ab.<sup>1</sup> Im Rahmen eines über mehrere Semester laufenden studentischen Forschungsprojektes (das den teilnehmenden Studenten als Pflichtprojekt in der Vertiefungsphase angerechnet wird) soll die Frage beantwortet werden, ob es in der bestehenden Form der Riester-Rente realistischerweise zum beabsichtigten Ausgleich kommen könnte. Der Ausgleich ist dann gegeben, wenn das Alterseinkommen auf Basis der neuen Regelungen das Niveau erreicht, das bis 2000/2001 erreicht werden kann. Für das Projekt wurden Fördermittel des Forschungsnetzwerks Altersvorsorge (FNA) der Deutschen Rentenversicherung in Berlin beantragt.

Um die dargestellte Frage beantworten zu können, ist es unerlässlich, eine Reihe von Einzelaspekten zu analysieren.<sup>2</sup>

Das Alterseinkommen rentenversicherungspflichtiger Arbeitnehmer bzw. Haushalte, nur diese Personengruppe wird in der beabsichtigten Studie erfasst, wird grundsätzlich bestimmt von:

1. der gesetzlichen Rente,
2. einer möglichen betrieblichen Altersversorgung und
3. der privaten Altersversorgung bzw. der sonstigen Vermögensbildung.

Letztere findet auf freiwilliger Basis statt und beinhaltet eine große Zahl verschiedenster Anlageprodukte, die am

Kapitalmarkt angeboten werden. Zu diesen Produkten gehören oben genannten Produkte, die üblicherweise als Riester- oder Förderrente bezeichnet werden.

Wird das Niveau der gesetzlichen Altersrente abgesenkt und bleibt die betriebliche Altersversorgung unverändert, so ist ein Ausgleich nur im Rahmen der privaten Altersversorgung und/oder der sonstigen Vermögensbildung möglich. Ein Ausgleich kann stattfinden, wenn

1. entweder die Sparleistung des Rentenversicherungspflichtigen zunimmt oder
2. die Rendite der entsprechenden Riester-Produkte im Vergleich zur gesetzlichen Rente soweit höher liegt, dass dadurch der durch die Rentenreform entstandene Einkommensausfall<sup>3</sup> im Alter kompensiert werden kann oder
3. die Finanzierung der Zusatzvorsorge durch Dritte erfolgt.<sup>4</sup>

Genau an dieser Stelle setzt die Riester-Rente an. Durch sie soll über die dritte Säule der Einkommensausfall (im Vergleich zum Ausgangsszenario ohne Rentenniveauabsenkung) ausgeglichen werden. Das setzt wiederum voraus, dass neben der staatlichen Förderung die Riester-Rente entweder die Sparleistung des einzelnen Versicherten erhöht und/oder dass die Rendite der von ihm gewählten Anlage bereits ohne staatliche Leistungen höher liegt. Insbesondere durch die staatliche Förderung des Riestersparens könnte dieses Ziel auf der Basis der oben genannten Überlegungen im Grundsatz auf zwei Kanälen erreicht werden.

Erstens könnte die staatliche Förderung die Sparneigung der Versicherten erhöhen, weil durch die Zulage bzw. Steuervergünstigung entsprechend starke Anreize gesetzt werden. Nur wenn infolge der Riester-Rente tatsächlich mehr für die Alterssicherung gespart wird, kann der reformbedingte Einkommensverlust in der Leistungsphase kompensiert werden. Entscheidend dafür ist dann die Antwort auf die Frage, inwieweit die staatliche Förderung die Sparneigung der Pflichtversicherten soweit erhöht, dass es sogar zu einem Ausgleich kommen kann. Die Untersuchungen von Corneo et al (2007) und Stein (2009) kommen zum Schluss, dass für

<sup>3</sup> Die Absenkung des Rentenniveaus relativ zum Durchschnittseinkommen führt zwangsläufig zu geringeren Rentenzahlungen gegenüber dem Referenzszenario ohne Niveauabsenkung.  
<sup>4</sup> Beispielsweise durch staatliche Förderung.



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr. Michael Feucht

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Wirtschaft  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 598-2912  
Telefax: (+49) 821 598-2902  
michael.feucht@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

### Fachgebiete:

Corporate Finance;  
Financial Services;  
Capital Markets;  
Financial Instruments;  
Treasury Management;  
Risk Management;  
Transaction Services;  
Corporate Governance;  
Corporate Social Responsibility

Geringverdiener ein derartiger Anstieg nicht festgestellt werden kann.<sup>5</sup> Möglicherweise wird die private Vorsorge sogar im Umfang der staatlichen Zulagen bzw. Steuervergünstigungen reduziert. Das würde bedeuten, dass die gewährten Zulagen das heutige ausgabefähige Einkommen erhöhen, nicht jedoch das Alterseinkommen. Bereits 2002 hat die Deutsche Bundesbank auf dieses Problem hingewiesen.<sup>6</sup> Die Zahl von 13,3 Mio. abgeschlossenen Riesterverträgen bis Jahresende 2009 zeigt, dass seit Einführung der Riesterzulage im Jahr 2001 nur ein Teil der zulageberechtigten Rentenversicherungspflichtigen tatsächlich einen Vertrag abgeschlossen hat.<sup>7</sup> Bei der Bewertung der bereits getätigten Abschlüsse darf nicht außer Acht gelassen werden, dass erst seit 2008 die staatliche Förderung ihren vollen Umfang erreicht hat. Insofern besteht die Vermutung, dass die Zahl der Verträge in den kommenden Jahren beschleunigt zunehmen könnte. Überraschender Weise ist allerdings in den Jahren 2008 und 2009 die Zahl der Verträge deutlich langsamer gewachsen als in den Vorjahren.

Eine Zunahme der Zahl an Verträgen allein führt nicht zwangsläufig dazu, dass die Sparleistung insgesamt zunimmt. Es könnte sich hier um einen Mitnahmeeffekt in dem Sinne handeln, dass andere Formen privater Alterssicherung zugunsten der Riester-Produkte im gleichen Umfang reduziert worden sind. Insofern käme es zu einer Umschichtung von der sonstigen Vermögensbildung zu einer Ausweitung der privaten Altersvorsorge, jedoch nicht zu einer Erhöhung der Gesamtsparleistung des betroffenen Personenkreises.

Seit dem Jahr 2000 ist ein Anstieg der Sparquote der privaten Haushalte in der Abgrenzung der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) von 9 % auf über 11 % des verfügbaren Einkommens festzustellen. Inwieweit diese Zunahme auch auf einen Anstieg der Sparquote der versicherungspflichtigen Arbeitnehmer zurückzuführen ist, darf bezweifelt werden. Nach der ESVG 1995 (Europäisches System Volkswirtschaft-

licher Gesamtrechnungen) schließt der Sektor Private Haushalte nämlich Einzelunternehmer und Selbstständige Berufe mit ein, zwei zahlenmäßig stark besetzte Berufsgruppen, die das Bild verzerren können, da sie nicht zu den Pflichtversicherten der Deutschen Rentenversicherung zählen.<sup>8</sup> Eine Analyse des DIW auf Basis des SOEP belegt, dass die Sparquote der Arbeiter und Angestellten im Zeitraum seit der Rentenreform 2001 nicht gestiegen ist.<sup>9</sup> Dagegen ist die Sparquote der Selbstständigen spürbar angestiegen. Angesichts der höheren Durchschnittseinkommen dieser sozialen Gruppe hat dieser Anstieg ein besonders hohes Gewicht bei der Ermittlung der durchschnittlichen Sparquote. Insofern ist der Anstieg der Sparquote in der Abgrenzung der VGR kein ausreichender Beleg dafür, dass durch die Riester-Rente die private Vorsorge bei den rentenversicherungspflichtigen Arbeitnehmern bzw. Haushalten in der Summe zugenommen hat.

In der Literatur werden auch die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen einer höheren Sparquote diskutiert. Sofern solche tatsächlich zu erwarten sind, werden sie im Rahmen dieser Untersuchung nicht weiter betrachtet.<sup>10</sup>

Zweitens könnte, wie oben erwähnt, durch die Zulage bzw. Steuervergünstigung die Rendite soweit erhöht werden, dass sich die Lücke schließen ließe. Da die Zulage bzw. die Steuervergünstigung dem Versicherten prinzipiell zugute kommt, erhöht sich automatisch die Rendite auf das vom Versicherten aufgebrauchte Sparkapital. Die Erhöhung wird umso höher ausfallen, je größer die Zulage im Verhältnis zur eigenen Sparleistung liegt. Übersehen werden darf dabei allerdings nicht die Besteuerung der Rückflüsse im Alter. Eine nachgelagerte Besteuerung fällt aber auch bei der gesetzlichen Rente an.<sup>11</sup> Entsprechend sind auch dort die Beiträge in zunehmendem Maße steuerfrei gestellt.<sup>12</sup>

<sup>8</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt (1999), Übersicht 4.

<sup>9</sup> Vgl. Stein Ulrike (2009), Seite 7ff.

<sup>10</sup> Siehe hierzu Börsch-Supan, et al (2007) und Logeay et al (2009), Deutsche Bundesbank, Monatsbericht (2002).

<sup>11</sup> Durch die gestaffelte Einführung einer stufenweisen Steuerfreistellung der Beiträge und parallel dazu der nachgelagerten Besteuerung der gesetzlichen Altersrente wird die Analyse erheblich komplexer.

<sup>12</sup> Vgl. Alterseinkünftegesetz (AltEinkG) das 2004 beschlossen und am 01. Januar 2005 in Kraft gesetzt wurde. Ab 2005 werden die Renten stufenweise der Besteuerung unterworfen (bis 2040 sollen dann alle Renten vollständig der Besteuerung unterworfen werden).

Es wird allgemein angenommen, dass die nominale Rendite<sup>13</sup> von Finanzanlagen wie festverzinsliche Wertpapiere und Aktien höher liegt, als die Rendite eines umlagefinanzierten Versicherungssystems, das auf Lohnhöhe und Lohnentwicklung basiert. Allerdings ist die Volatilität und damit das Risiko solcher Anlagen höher, als dies bei der Bezugsgröße eines umlagefinanzierten Systems der Fall ist. Die Rendite von Kapitalmarktprodukten ist überdies extrem sensitiv in Hinblick auf die gewählten Ausgangs- und Endzeitpunkte. Auch zwischen Ländern ergeben sich sehr unterschiedliche Renditen. Trotzdem zeigen zahlreiche Berechnungen eine höhere Rendite, insbesondere bei Anlagen in Aktien. Deshalb ist zu vermuten, dass auch Riesterprodukte bereits ohne Berücksichtigung der staatlichen Förderung eine höhere Rendite abwerfen, als dies ein umlagefinanziertes System zu leisten in der Lage ist.

Dennoch werden selbst unter Einschluss der staatlichen Förderung in zunehmendem Maße Zweifel an einer höheren Rendite von Riesteranlagen laut.<sup>14</sup> Die ohnehin an Kapitalmärkten existierenden Informationsasymmetrien führen zu einer Benachteiligung der Nachfrageseite. Im Rahmen der Riesterverträge werden insbesondere die intransparenten Abschlussgebühren und die teilweise hohen laufenden Verwaltungskosten kritisiert. Es kann nicht bestritten werden, dass übermäßige Transaktionskosten, sofern diese tatsächlich vorliegen, die Rendite von Finanzanlagen allgemein und somit auch die von Riester-Produkten spürbar reduzieren. In dem Umfang wie das tatsächlich geschieht kann die Riester-Rente ihre eigentliche Zielsetzung dann aber nicht erreichen.<sup>15</sup> Eine theoretisch und empirisch belastbare Analyse liegt hierzu bislang aber nicht vor.

Bei der Bewertung der Riester-Produkte muss berücksichtigt werden, dass zunächst einmal über viele Jahre hinweg Liquidität in die Riester-Produkte fast ausschließlich hineinfließt. Die eingenommenen Beträge

können deshalb zunächst vollständig langfristig angelegt werden. Wenn jedoch im Zeitablauf in zunehmendem Umfang Riesterparer in die Leistungsphase treten, müssen langfristige und risikoreichere Anlagen in kurzfristige und risikoärmere Anlagen umgeschichtet werden. Nur dann können die notwendigen Zahlungsabflüsse ohne nennenswerten Vermögensverlust stattfinden. Dies wird aber nicht ohne Renditeeinbußen abgehen. Einerseits können die Preise für Vermögensanlagen durch vermehrte Verkäufe unter Druck geraten, andererseits erzielen kurzfristige und sichere Anlagen bei weitem nicht die Rendite langfristiger und stärker risikobehafteter Anlagen.<sup>16</sup> Man wird deshalb nicht ohne weiteres vergangene Renditen, wie sie beispielsweise auf den Aktienmärkten zu erzielen waren, in die Zukunft fortschreiben können. Gesetzliche Vorgaben und die hohe Volatilität dieser Märkte verbieten es ohnehin, diese Anlageklasse hoch zu gewichten.

Aufgrund der Vielzahl der Riester-Produkte und ihrer unterschiedlichen Ausgestaltung ist eine Aussage über die Höhe der Rendite dieser Produkte in einem pauschalen Ansatz weder zu ermitteln noch für die Zukunft einigermaßen treffsicher abzuschätzen. Vielmehr muss eine derartige Analyse den verschiedenen Formen (private Rentenversicherung, Fondssparplan, Banksparplan und die neu geschaffenen Möglichkeiten einer Immobilienfinanzierung) gerecht werden. Dies gilt umso mehr als sich auch innerhalb dieser Kategorien die angebotenen Produkte noch in vielerlei Hinsicht unterscheiden. Das bedeutet, dass die „Riester-Produkte“ in Hinblick auf ihre konkrete Ausgestaltung im Einzelnen genau analysiert werden müssen, um überhaupt Schlussfolgerungen ziehen zu können.

Hinzu kommt, dass sich die Rentabilität der Produkte je nach Haushaltsgröße, Zahl, Alter und Geburtsdatum der Kinder, dem Alter des vertragsschließenden Pflichtversicherten und dessen Einkommenssituation stark unterscheidet.

Eine Überprüfung dieser Vermutungen ist Ausgangspunkt des Projektes. Aus diesen Überlegungen lassen sich die folgenden Fragestellungen ableiten, die dann im Einzelnen bearbeitet werden:

<sup>16</sup> Beispielsweise ist die Rendite bei Aktienanlagen höher als bei festverzinslichen, die Verzinsung von Kurzläufem niedriger als von längerfristigen Schuldtiteln. Deshalb wird die beschriebene Umschichtung einen negativen Einfluss auf die Gesamtrendite (interner Zinsfuß) haben müssen.

1. Wie ist angesichts der geschilderten Rahmenbedingungen die Riester-Rente zu beurteilen, um die reformbedingte Einkommenslücke zu schließen? Wie sieht das Ergebnis für spezifische Produkte, Haushaltstypen und Einkommensklassen („Model Points“) aus?
2. Wie wirken sich die Auszahlungsphase und die nachgelagerte Besteuerung auf die (Netto-) Rendite der Riester-Produkte und die Rentenlücke aus?
3. Wie sehen die Regeln für Hinterbliebene aus und wie lassen sie sich finanziell bewerten?
4. Was lässt sich über die Effizienz der eingesetzten staatlichen Mittel aussagen?

Im Verlauf des Sommersemesters 2010 wurden von den Studierenden nach einer intensiven Literaturrecherche zunächst detaillierte Informationen über den gesetzlichen Rahmen und die verschiedenen am Markt angebotenen förderfähigen Produkte erarbeitet. In einem zweiten Schritt wurden (nach einer Detailanalyse der verfügbaren Informationen des statistischen Bundesamtes) Detaildaten der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2008 angefordert, um auf dieser Grundlage die Model Points der Frage 1 zu erstellen. Die Ergebnisse werden in einem Abschlussbericht zusammengefasst. Parallel dazu wurde der Antrag auf Förderung des Projekts durch das Forschungsnetzwerk Altersvorsorge (FNA) der Deutschen Rentenversicherung eingereicht. Das Projekt wird im Wintersemester weitergeführt werden.

#### LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Bomsdorf, Eckart (2001): Nach der Rentenreform ist vor der Rentenreform – auch die jüngsten Maßnahmen lösen die Probleme der GRV nicht dauerhaft. In: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, Jg. 50, H. 2, S. 142–158.
- [2] Börsch-Supan, Axel (2001): Nach der Reform ist vor der Reform: Weitere Schritte für eine nachhaltige Reform der Altersvorsorge in Deutschland. In: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, Jg. 50, H. 2, S. 159–168.
- [3] Börsch-Supan Axel; Wilke, Christina B. (2005): Reforming the German Public Pension System, Mannheim Research Institute for the Economics of Aging (MEA), Discussion Paper.
- [4] Börsch-Supan, Axel; Reil-Held; Schunk, Daniel (2007): The savings behaviour of German Households: First Experiences with State Promoted Private Pensions, Mannheim Research Institute for the Economics of Aging (MEA), Discussion Paper prepared for the American Economic Association Meetings, Boston.
- [5] Breyer, Friedrich (2001): Hinterbliebenensicherung und Ehegattensplitting in der Sozialversicherung. In: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, Jg. 50, H. 2, S. 169–178.
- [6] Bütler, M. (2005): Probleme der Alterssicherung (Schweiz), Universität St. Gallen, Vortrag an der ZHW Winterthur.
- [7] Bundesbank (2002), Monatsbericht Juli 2002: Kapitalgedeckte Altersvorsorge und Finanzmärkte, S. 25 ff.
- [8] Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung (2003): Nachhaltigkeit in der Finanzierung der Sozialen Sicherungssysteme, Bericht der Kommission (Rürup-Kommission), 2003.
- [9] Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2008): Ergänzender Bericht der Bundesregierung zum Rentenversicherungsbericht (Altersversicherungsbericht 2008).
- [10] Bundesministerium der Finanzen (ed.) (2010): Steuerliche Förderung der privaten Altersvorsorge und betrieblichen Altersversorgung.
- [11] Corneo, Giacomo; Keese, Matthias; Schröder, Christoph (2007): Erhöht die Riester-Förderung die Sparneigung von Geringverdienern?
- [12] Deutsche Bundesbank (2002), Monatsbericht Juli 2002, S. 25ff., Aufsatz: Kapitalgedeckte Altersvorsorge und Finanzmärkte.
- [13] Geyer, Johannes; Steiner, Viktor (2009): Zahl der Riester-Renten steigt sprunghaft aber Geringverdiener halten sich noch zurück, erschienen in DIW Wochenbericht Nr. 32, Jg. 2009.
- [14] Geyer, Johannes; Steiner, Viktor (2010): Künftige Altersrenten in Deutschland: relative Stabilität im Westen, starker Rückgang im Osten, erschienen in DIW Wochenbericht Nr. 11, Jg. 2010.
- [15] Hagen, Kornelia; Reisch, Lucia (2010): Riester-Rente: Politik ohne Marktbeobachtung, erschienen in DIW Wochenbericht Nr. 8, Jg. 2010.
- [16] Himmelreicher, Ralf K.; Viebrock, H. (2003): Die „Riester-Rente“ und einige Folgen für die Alterseinkünfte, Universität Bremen, Zentrum für Sozialpolitik, Arbeitspapier 4/2003.
- [17] Jaeger, Klaus (2008): Wer profitiert von den staatlichen Subventionen der Riester-Rente? In: Versicherungswirtschaft, Jg. 63, H. 22, S. 1874ff.
- [18] Jaeger, Klaus; Utrecht, Burkhard (2004): Auf die Rendite nach Steuern kommt es an. In: Versicherungswirtschaft, Jg. 59, H. 23, S. 1794ff.
- [19] Jäger, Manfred (2007): Rentenlücken in Deutschland, Institut der deutschen Wirtschaft, IW-Trends, Heft 4, 2007.
- [20] Logeay, Camille; Meinhardt, Volker; Rietzler, Katja; Zwiener, Rudolf (2009): Gesamtwirtschaftliche Folgen des kapitalgedeckten Rentensystems zwischen Illusion und Wirklichkeit, erschienen in: Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK), Report Nr. 43.
- [21] Meinhardt, Volker; Rietzler, Katja; Zwiener Rudolf (2009): Konjunktur und Rentenversicherung, Forschungsbericht im Auftrag der Deutsche Rentenversicherung Bund, IMK Studies 3/2009, Endbericht.
- [22] Ohsmann, Sabine; Stolz, Ulrich; Thiede, Reinhold (2004): Rentenabschläge bei vorzeitigem Rentenbeginn: Was ist versicherungsmathematisch fair? In: Sozialer Fortschritt, H. 10, S. 267–271.
- [23] Oehler, Andreas (2009): Alles Riester?: Die Umsetzung der Förderidee in der Praxis, Gutachten im Auftrag des Verbraucherzentrale Bundesverbandes, Dezember 2009.
- [24] Raffelhüschen, Bernd (2002): Zur Reform der gesetzlichen Rentenversicherung eine unendliche Geschichte. In: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, Jg. 51, H. 3, S. 319–327.
- [25] Rürup, Bert (2002): Rentenreform 2001: Parademenwechsel bei versorgungspolitischer Kontinuität. In: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, Jg. 51, H. 3, S. 337–343.
- [26] Rürup, Bert (2002): Schritte in die richtige Richtung. Die Rentenpolitik der rot-grünen Regierung 1998–2002. In: Sozialer Fortschritt, H. 11, S. 281–284.
- [27] Statistisches Bundesamt (1999): Revision der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen 1999 – Anlass, Konzeptänderungen und neue Begriffe, erschienen in: Wirtschaft und Statistik, Heft 4, 1999.
- [28] Stein, Ulrike (2009): Zur Entwicklung der Sparquoten der privaten Haushalte. Eine Auswertung von Haushaltsdaten des SOEP, DIW SOEP-Paper 249, Dezember 2009.



Foto: M. Duckek, Ulm



**Hochschule  
Augsburg** University of  
Applied Sciences

**Hochschule Augsburg  
University of Applied Sciences**

An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-0  
Telefax: (+49) 821 5586-3222

info@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

## Bachelorbefragung an der Hochschule Augsburg und an sechs weiteren bayerischen Fachhochschulen

Prof. Dr. Erika Regnet, Hochschule Augsburg, Fakultät Wirtschaft



**Ansprechpartnerin:**  
Prof. Dr. Erika Regnet

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Wirtschaft  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 598-2930  
Telefax: (+49) 821 598-2902  
erika.regnet@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

### Fachgebiete:

Personalentwicklung,  
Führungsverhalten,  
Demographische Entwicklung  
und Fachkräftesicherung,  
Neue Fortbildungsmethoden,  
Weibliche Fach- und  
Führungskräfte

### 1. BEFRAGUNG IN DEN BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHEN FAKULTÄTEN

Im Wintersemester 2009/2010 starteten wir – zusammen mit einer studentischen Projektgruppe – die Befragung von Bachelorstudierenden der Studienrichtungen Betriebswirtschaft und International Management / Business an sieben bayerischen Hochschulen.

Betriebswirtschaft wurde gewählt, da es sich um einen der augenblicklich am stärksten nachgefragten Studiengänge handelt, was an den meisten Hochschulen zur Folge hat, dass mit einer sog. „Überlast“ an Studierenden gearbeitet werden muss, was häufig zu großen Gruppen in Vorlesungen und Seminaren führt. Da große Hochschulen davon in besonderem Maße betroffen sind, wurden Studenten an größeren, mittleren und kleineren Hochschulen befragt, um mögliche Einflüsse der Hochschulgröße berücksichtigen zu können.

Nachdem vor zwei Jahren mit den Bachelorstudiengängen gestartet wurde, war es Zielsetzung der Befragung herauszufinden,

- wie stark die Arbeitsbelastung im Bachelorstudium tatsächlich ist,
- ob die im Studienplan vorgeschriebenen ECTS-Punkte erreichbar sind,
- unter welchen Stressfaktoren die Studierenden zu leiden haben,
- welche Erwartungen die Studierenden bei Studienbeginn hatten und welche Erfahrungen sie in den ersten Studiensemestern gemacht haben,
- welche Faktoren zu Zufriedenheit und welche zu Unzufriedenheit der Studierenden führen,
- ob ehrenamtliches Engagement und Auslandsstudium aufgrund der Bachelorumstellung leiden.

Auf dieser Datenbasis sollte die Konzeption der Bachelorstudiengänge überprüft und angepasst werden.

Durch die im November 2009 beginnenden Proteste und „Bildungsstreiks“ der Studenten in Deutschland gewann die Befragung besondere Brisanz.

An allen Hochschulen war eine Präsenzbefragung möglich, d.h. die Fragebögen wurden von Studierenden der Projektgruppe während einer Vorlesung ausgegeben. Die Studenten konnten 15 Minuten der Vorlesung nutzen, um die Fragebögen auszufüllen. Diese Art der Befragung führte zu einem hohen Rücklauf, so dass wir die Aussagen von 842 Studenten für unsere Analysen erhielten.



Präsentation der Ergebnisse durch das studentische Projektteam.

### ERGEBNISSE

Über die Hälfte, genau genommen 53 Prozent der Studenten, fühlen sich „sehr gefordert“ durch das Studium, 30 Prozent „gerade richtig“ und lediglich 10 Prozent fühlen sich tatsächlich „überfordert“. Umgekehrt finden sich 5 Prozent eher etwas „unterfordert“. Beachtlich ist ferner, dass sich jeder vierte Studierende zusätzlich in einem Ehrenamt engagiert.

Besonders positiv gesehen werden die Stimmung unter den Studierenden, die Inhalte des Studiums, das interessante Schwerpunktangebot sowie die eigene Leistungsbereitschaft. Der Abgleich von Erwartungen und Erfahrungen nach den ersten Studienjahren bringt aber auch viel Ernüchterndes mit sich. Die Befragung zeigt deutlichen Handlungsbedarf auf, denn „alles in allem“ geben die Studierenden ihren Studiengängen und Hochschulen nur eine gute 3 als Note. Vor allem die unzureichende Ausstattung der Hochschulen mit Arbeits- und Bibliotheksplätzen oder Vorlesungsräumen und die Qualität der Mensa werden bemängelt. 60 Prozent der Studierenden klagten über durchgehend oder meistens zu große Gruppengrößen. Von Seiten der Hochschulen erwarten die Studierenden zudem mehr Betreuung und eine bessere Stundenplanung.

In Detailanalysen wird aktuell untersucht, was erfolgreiche und weniger erfolgreiche Studierende unterscheidet. Denn nicht die Begabung allein scheint hier Einfluss zu nehmen. Es gilt nicht nur, dass manchen das Lernen eben leichter fällt als anderen, sondern vielmehr scheint die preußische Arbeitstugend „Ohne Fleiß kein Preis“ wirksam zu sein:

| Im Studium bisher erreichte ECTS-Punkte | Arbeitszeit pro Woche für Studium in Stunden* |
|---|---|
| Mehr als 8 ECTS voraus                  | 31,96   |
| Bis 8 ECTS voraus                       | 34,63   |
| Im Regelstudienplan                     | 29,22   |
| Bis 8 ECTS hinterher                    | 28,18   |
| Mehr als 8 ECTS hinterher               | 28,51   |

Tab. 1: Signifikante Zusammenhänge zwischen Arbeitszeit und Studienerfolg (\*p=.05).

Die erfolgreichen Studenten können auch bessere Schulabschlussnoten vorweisen, d. h. ihnen scheint das Lernen generell leichter zu fallen bzw. sie haben bessere Lernstrategien entwickelt. Doch das ist es nicht allein: Während die Schulabsolventen mit einer 1 vor dem Komma 32,2 Stunden pro Woche für ihr Studium investieren, sind es bei den 3er Absolventen nur noch 27,1 Stunden (Tabelle 2). Zur Begabung kommt also auch höherer zeitlicher Einsatz hinzu – was den Unterschied zwischen guten und schlechten Studierenden weiter vergrößert.

| Schulabschlussnote (Abitur, Fachabitur) | Arbeitszeit für das Studium (außerhalb Prüfungszeiten) pro Woche |
|---|--|
| 1,0 – 1,4                               | 33,5   |
| 1,5 – 1,9                               | 31,8   |
| 2,0 – 2,4                               | 30,1   |
| 2,5 – 2,9                               | 28,5   |
| 3,0 – 4,0                               | 27,1   |

Tab. 2: Signifikanter Zusammenhang Schulabschlussnote und Lernzeit an der Hochschule (p<.05, Korrelation r=-.124, p<.01).

Die Ergebnisse wurden u.a. bei einer Fakultätstagung präsentiert und diskutiert. Zusammen mit interessierten Studierenden erarbeitet die Studiendekanin der Fakultät Frau Prof. Joeris ein Konzept zur Verbesserung der Betreuung und der Studienbedingungen.

### 2. BEFRAGUNG DER BACHELORSTUDIENDEN AN ALLEN FAKULTÄTEN DER HS AUGSBURG

In einer zweiten Phase werden im SS 2010 an allen anderen Fakultäten der Hochschule auf Wunsch des Hochschulrates vergleichbare Befragungen durchgeführt, so dass insgesamt ca. 1.000 Studierende der HS Augsburg aus dem 2. bis 7. Semester zu Studienbedingungen und

Arbeitsbelastung im Bachelor befragt werden. Dies bringt die Hochschule in die Lage, bedarfsorientiert auf der Basis von repräsentativen Daten entscheiden zu können.

### VERÖFFENTLICHUNGEN

- [1] Regnet, E. (2010). Bachelor ist anspruchsvoll, aber studierbar. Bachelorbefragung an sieben Bayerischen Hochschulen. Erscheint in: Die Neue Hochschule, 2010 (im Druck).
- [2] Regnet, E. (2010). Bachelor oder Master? Zukunftsvorstellungen des weiblichen Nachwuchses. Efas-Newsletter Nr. 14/2010 (in Vorbereitung).
- [3] Regnet, E. (in Vorbereitung). Erfolgreich Studieren im Bachelorstudiengang – Was unterscheidet die erfolgreichen von den weniger erfolgreichen Studierenden?

### PRESEBERICHTE

- [1] Studenten-Studie zeigt Schwächen auf. In Süddeutsche Zeitung, 5./6.12.2009, S. 52.
- [2] Bachelor ist anspruchsvoll, aber studierbar. In Augsburger Allgemeine, 8.12.2009.

## Fachkräftemangel und Fachkräftesicherung in Bayerisch-Schwaben

Prof. Dr. Christian Lebrez, Prof. Dr. Erika Regnet, Hochschule Augsburg, Fakultät für Wirtschaft



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr. Christian Lebrez

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Wirtschaft  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 598-2924  
Telefax: (+49) 821 598-2902  
christian.lebrez@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
Personalmanagement,  
Strategisches Management,  
Interkulturelles Management

Am deutschen Arbeitsmarkt ist in den vergangenen Jahrzehnten eine deutliche Zweiteilung zu beobachten: auf der einen Seite Massenarbeitslosigkeit, auf der anderen Seite ein ständig steigender Bedarf an Fachkräften, der über den Arbeitsmarkt nur unbefriedigend gedeckt werden kann. Die wirtschaftlich relativ starke Region Bayerisch-Schwaben ist in besonderem Umfang vom Fachkräftemangel betroffen. Dieser strukturelle Fachkräftemangel wird durch konjunkturelle Faktoren noch verschärft.

Vor diesem Hintergrund initiierten Anfang 2008 die Industrie- und Handelskammer Schwaben und die Handwerkskammer Schwaben eine Studie, die den Fachkräftemangel in der Region analysieren sollte. Als wissenschaftliche Begleiter des Projektes nahmen die Autoren aus der Fakultät Wirtschaft der Hochschule Augsburg teil.

Das Projekt wurde in drei Phasen unterteilt. Phase I befasste sich mit der Erhebung der Nachfragesituation von Fachkräften in ganz Bayerisch-Schwaben. Unter Fachkräfte werden all diejenigen verstanden, die mindestens eine abgeschlossene Berufsausbildung haben (z. B. Geselle, aber auch Hochschulstudium).

Phase II stellte der Nachfrage nach Fachkräften das regionale Angebot an Fachkräften gegenüber. Dazu wurden die verschiedenen Aus- und Weiterbildungsinstitutionen in den einzelnen Regionen Bayerisch-Schwabens analysiert. Die Hochschule Augsburg betrachtete die Angebotssituation im Wirtschaftsraum Augsburg, während die Hochschule Kempten die Situation im Allgäu, die Hochschule Neu-Ulm die Situation in Westschwaben analysierte.

In der Mitte 2010 beginnenden Phase III sollen ebenfalls auf regionaler Ebene Handlungsstrategien abgeleitet werden, um die Lücken, die zwischen Angebot und Nachfrage von Fachkräften in den Phasen I und II identifiziert wurden, zu schließen.

### PHASE I: ERHEBUNG DER NACHFRAGESITUATION

Im Sommer 2008 wurden über 1320 Firmen aus Bayerisch-Schwaben sowohl nach ihren derzeitigen Erfahrungen mit dem Fachkräftemangel befragt, als auch um eine Prognose gebeten, wie sich der Fachkräftebedarf in zwei Jahren entwickeln würde. Die Umfrage fand auf dem Höhepunkt des Konjunkturzyklus statt, so

dass die Prognosen für das Jahr 2010 heute nur eine sehr bedingte Validität besitzen.

Im Jahr 2008 war gerade für kleinere und mittlere Firmen der Fachkräftemangel ein großes Thema. Ganz besonders betroffen waren die in der Region besonders vertretenen Branchen Metall- und Maschinenbau (s. Abb. 1).

### Anteil der Firmen, die mit ‚große Bedeutung‘ oder ‚sehr große Bedeutung‘ antworteten in Prozent:

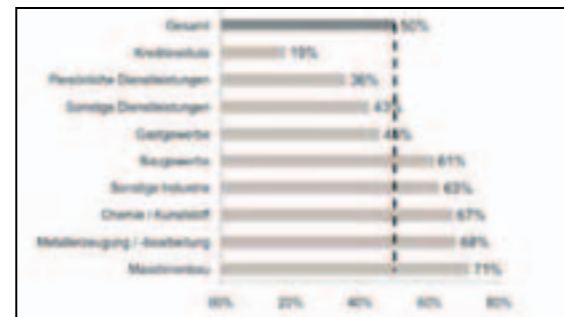


Abb. 1: Aktuelle Bedeutung des Fachkräftemangels in Abhängigkeit von der Branche.

Unternehmen hatten teilweise große Schwierigkeiten, offene Stellen zu besetzen. 36,6 % der befragten Unternehmen konnten offene Stellen gar nicht oder nur mit sehr großer Verzögerung besetzen. Gleichzeitig fiel aber auf, dass viele Unternehmen eine Reihe von Maßnahmen zur Rekrutierung von Fachkräften kaum oder gar nicht ergriffen. Während viele Unternehmen verstärkt selbst ausbildeten oder die betriebliche Weiterbildung intensivierten, gab es kaum Unternehmen, die sich verstärkt um die Einstellung älterer Mitarbeiter oder von Frauen bemühten. Auch Aktivitäten, die eine verbesserte Vereinbarkeit von Beruf und Familie zum Ziel hatten, wurden nur in Ausnahmefällen ergriffen. So muss konstatiert werden, dass trotz des akuten Fachkräftemangels ein umfangreiches Potenzial an Fachkräften nicht ausgeschöpft wurde.

### PHASE 2: ERHEBUNG DER ANGEBOTSTRUKTUREN

Die zweite Phase wurde von den beiden Landkreisen Aichach-Friedberg und Augsburg sowie der Stadt Augsburg finanziert. Ab Anfang 2009 erfolgte in den einzelnen Regionen die Erhebung der Angebotsstrukturen. Zwischenzeitlich hatten sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen drastisch verändert. Auf Grund

der starken Wirtschaftskrise arbeiteten Anfang 2009 in Augsburg fast 20 % der Beschäftigten kurz und viele der Unternehmen, die noch wenige Monate vorher Händelringend Fachkräfte gesucht hatten, bemühten sich, die Stammbesetzung z. B. durch Kurzarbeit zu sichern.

Vor diesem Hintergrund wurden einerseits über 280 Weiterbildungsmaßnahmen an 48 Weiterbildungsinstitutionen im Wirtschaftsraum Augsburg untersucht. Erfasst wurden u. a. Einrichtungsgröße, Angebot der Aus- und Weiterbildungen, Bildungsabschluss am Ende der Maßnahme, Dauer der Ausbildung und Kursgebühren. Gleichzeitig wurden die Absolventenzahlen der einzelnen Ausbildungszweige dem für 2010 prognostizierten Bedarf an Fachkräften aus der Phase I gegenübergestellt. Bei dieser Gegenüberstellung waren eine Reihe von Faktoren zu berücksichtigen, die eine direkte Gegenüberstellung erschwerten. Einerseits erschwerte die Mobilität der Absolventen eine Gegenüberstellung von Angebot und Nachfrage in der Region. Auch ist die Hochrechnung des prognostizierten Fachkräftebedarfs aus der Phase I, einer Stichprobe, nur bedingt möglich.

| Berufsgruppe                            | Absolventen Bayerisch-Schwaben 2008 | Prognose des Bedarfs 2010 für Bayerisch-Schwaben Stand Juli 2008 |
|---|-------------------------------------|--|
| <b>Gewerblich-technische Berufe</b>     |                                     |  |
| Metall                                  | 497                                 | 753  |
| Mechatronik                             | 21                                  | 297  |
| Elektro                                 | 85                                  | 342  |
| Kunststoff/Chemie                       | 6                                   | 162  |
| Bau                                     | 91                                  | 267  |
| Summe                                   | 700                                 | 1.821  |
| <b>Kaufmännische Berufe – Fachwirte</b> |                                     |  |
| Kfm. Berufe                             | 615                                 | 288  |
| IT-Berufe                               | 19                                  | 90   |
| Logistik                                | 13                                  | 60   |
| Summe                                   | 647                                 | 438  |
| <b>Gesamt</b>                           | <b>1.347</b>                        | <b>2.259</b>   |

Abb. 2: Meister / Techniker in der Wirtschaftsregion Augsburg.

Dies gilt besonders auch vor dem immer noch sehr schwierigen wirtschaftlichen Hintergrund 2010, vor dem die Prognose aus dem Jahr 2008 für das laufende Jahr als viel zu optimistisch angesehen werden muss.

Trotz all dieser methodischen Einschränkungen ergeben sich für den Wirtschaftsraum Augsburg bzw. für Gesamt Bayerisch-Schwaben in vielen technischen Berufsfeldern deutliche Lücken zwischen Angebot und Nachfrage bei Fachkräften. Beispielhaft seien Meister und Techniker verschiedener Berufsgruppen gegenübergestellt (Abb. 2).

Während es im Wirtschaftsraum insgesamt genug Ausbildungs- und Studienplätze gibt, ist jedoch ein massiver Mismatch zwischen kaufmännischen und technischen Berufen zu beobachten – egal ob auf der Ebene der Fachkräfte, Meister / Techniker oder auch bei Hochschulabsolventen. Einem großen Mangel an Absolventen technischer Ausbildungsrichtungen steht ein Überangebot an kaufmännischen Fachkräften gegenüber.

### PHASE III: ABLEITUNG VON HANDLUNGSSTRATEGIEN

In der dritten Phase, die im Sommer 2010 beginnt, werden auf regionaler Ebene Maßnahmen entwickelt, um die in Phase I und II identifizierte Lücke zwischen Angebot und Nachfrage von Fachkräften zu schließen. Die Begleitung der Phase III durch die Hochschule Augsburg ist zu diesem Zeitpunkt noch offen.

### VERÖFFENTLICHUNGEN

- [1] Regnet, E. & Lebrez, C. (2010). Nachhaltige Fachkräftesicherung statt Fachkräftemangel. Betriebliche Handlungsmöglichkeiten. In: Symposium Publishing (Hrsg.), Digitale Fachbibliothek Human Resource Management.
- [2] Lebrez, C. & Regnet, E. (2010). Gesucht: Frauen und Talente 45 plus. In: Personalmagazin 04/2010, S. 40–43.
- [3] Lebrez, C. & Regnet, E. (2009a). Den Aufschwung meistern. Wieder nichts gelernt? In: Personal 10/2009, S.20–22.
- [4] Lebrez, C. und Regnet, E. (2009b). Fachkräftemangel in Bayerisch-Schwaben. Ergebnisbericht für die IHK Schwaben und die HWK für Schwaben. Augsburg.

## Marktanalyse des deutschen PKW-Reifenmarktes und Ansatzpunkte zur Verbesserung der Marktdurchdringung für einen finnischen Reifenhersteller

Prof. Dr. Anton Frantzke, Hochschule Augsburg, Fakultät für Wirtschaft



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr. Anton Frantzke

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Wirtschaft  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg  
Telefon: (+49) 821 598-2936  
Telefax: (+49) 821 558-2902  
anton.frantzke@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
Volkswirtschaft,  
Wirtschaftspolitik,  
Kapitalmärkte

**Projektmitarbeiter:**  
**Studenten der Hochschule Augsburg**  
Dolidudko, Veronika  
Engl, Ulrich  
Gerstlauer, Stefan  
Heichele, Julian  
Leitner, Tobias  
Mausser, Josef  
Tolochko, Elena  
Zehentner, Melanie  
Stender, Dirk

**Erasmus Austausch Studenten aus Frankreich**  
De Rueda, David  
Gonneaud, Elodie  
Kula, Norbert  
Levy, Anthony

**PROJEKT IM RAHMEN DES STUDIENSCHWERPUNKTES:**  
EUROPEAN BUSINESS STUDIES

### VORGESCHICHTE UND AUFGABENSTELLUNG

Bei dem Projekt handelt es sich um angewandte betriebswirtschaftliche Forschung in einem internationalen Rahmen. Das Thema wurde über einen Kollegen einer finnischen Partnerhochschule an uns herangetragen. Bei dem Reifenhersteller handelt es sich um Nokiantyres mit Sitz in Nokia (Finnland), etwa zwei Zugstunden nordwestlich von Helsinki unweit der Großstadt Tampere.

Im Herbst des Jahres 2009 hatte bereits eine Gruppe finnischer Studenten mit diesem Projekt begonnen. Ziel war es, im Rahmen einer empirischen Analyse verkaufsfördernde Maßnahmen für den finnischen Reifenhersteller zu identifizieren, welche geeignet sind, die Marktstellung zu verbessern. Nach der Kontaktaufnahme mit der deutschen Niederlassung im Rahmen des Projektes war eine Neukonzeption des Vorgehens angebracht und wurde auch vorgenommen, diesmal mit der Projektgruppe der Hochschule Augsburg.

### ABLAUF

In Abstimmung mit der deutschen Niederlassung von Nokiantyres wurde ein spezieller Kreis von Händlern identifiziert, der entsprechend im Rahmen eines Surveys befragt werden sollte. Nach der Ausarbeitung eines

Fragebogens, der neu zu entwickeln war, wurde dieser an Mitglieder einer Kooperation freier Reifenhändler per Post versandt. Die Besonderheit lag darin, den Fragebogen so zu konzipieren, dass möglichst konkrete Schlussfolgerungen darüber möglich wurden, welche Maßnahmen empirisch belastbar ergriffen werden können, um eine Verbesserung der Marktstellung zu erreichen. Die Ergebnisse wurden als schriftliche Präsentation und als schriftlicher Bericht dokumentiert und bei der Endpräsentation ausgehändigt.

### ERGEBNISSE

Die Ergebnisse, über deren Inhalt an dieser Stelle wegen der vereinbarten Vertraulichkeit nicht berichtet werden kann, wurden dann Mitte Juni 2010 bei einem Termin in Helsinki der verantwortlichen Leiterin des Markenmanagements und Mitgliedern der Haaga-Helia Universität in englischer Sprache präsentiert. Dankenswerterweise hat uns diese Hochschule in Helsinki, die auch die größte finnische Fachhochschule für Wirtschaft ist, einen Raum für die Präsentation zur Verfügung gestellt und uns auch sonst perfekt betreut. Möglich wurde das durch den finnischen Kollegen Pauli Lindström, der auch als Lehrbeauftragter an unserer Hochschule tätig war, und künftig tätig sein wird. Geplant ist ein zweiter Termin im Oktober 2010, bei dem der deutschen Niederlassung die Ergebnisse ebenfalls vorgestellt werden.



Präsentation an der Haaga-Helia Universität in Helsinki.

## Aufsätze zum Arbeits- und Gesellschaftsrecht: Schriftformklauseln und Anfechtungsklage

Prof. Dr. Micha Bloching, Hochschule Augsburg, Fakultät für Wirtschaft,

Prof. Dr. Micha Bloching hat im WS 2009/2010 zwei Fachaufsätze verfasst, die aus seinen Forschungen im Jahr 2009 hervorgegangen waren. Sie sind gleichzeitig von didaktischem Wert, weil in beiden die erarbeitete Lösung lehrbuchartig hergeleitet wird. Sie finden daher auch in der Lehre Verwendung.

### A. AUFSATZ ZUM ARBEITSRECHT IN NJW 2009, 3393 FF.

Prof. Dr. Micha Bloching hat sich im SS 2009 aufgrund einiger aktueller Urteile des Bundesarbeitsgerichts u. a. mit Schriftformklauseln und allgemeinen Geschäftsbedingungen in Arbeitsverträgen sowie mit betrieblichen Übungen und dem Überschneidungsbereich dieser Themen befasst. Gemeinsam mit Dipl.-Wirtschaftsjurist (Univ.) Daniel Ortolf, wiss. Mitarbeiter an der Fakultät für Wirtschaft, hat er in der führenden juristischen Fachzeitschrift, der Neuen Juristischen Wochenschrift, im Dezember 2009 dazu einen Aufsatz veröffentlicht (NJW 2009, 3393 ff.), dessen Inhalt sich mit der Rechtsprechung von Bundesgerichtshof (BGH) und Bundesarbeitsgericht (BAG) intensiv auseinandersetzt, diese darstellt und analysiert und hier kurz zusammengefasst werden soll.

### I. SCHRIFTFORMKLAUSELN

BGH und BAG beachten Schriftformklauseln praktisch nicht; sie gehen ins Leere. Daher hat die Praxis „qualifizierte“ (oder „doppelte“) Schriftformklauseln entwickelt. Der BGH hat eine stärkere Wirkung dieser qualifizierten gegenüber der einfachen Schriftformklausel nur unter Kaufleuten eindeutig bejaht. Anders handhabt das jedoch das BAG. Diese unterschiedliche Rechtsprechung der beiden Obergerichte in der Frage der Wirksamkeit der Schriftformklauseln ist viel zu wenig bekannt und wurde dargestellt.

### II. SCHRIFTFORMKLAUSELN UND ALLGEMEINE GESCHÄFTSBEDINGUNGEN

Allgemeine Geschäftsbedingungen, also vorformulierte Vertragsbedingungen i.S.d. § 305 BGB, unterliegen einer besonders strengen richterlichen Inhaltskontrolle; dies gilt – mit Besonderheiten – erst seit 2002 auch für Arbeitsverträge.

Da vom BAG die Wirkung einer qualifizierten Schriftformklausel anerkannt wird, stellt sich speziell im Arbeitsrecht die Frage nach dem Verhältnis der formu-

larmäßig vereinbarten qualifizierten Schriftformklausel zur späteren individuell nicht-schriftlich vereinbarten Änderung des Vertrages. Diese Frage hatte allerdings das BAG schon früher beantwortet; dies wurde dargestellt.

### III. SCHRIFTFORMKLAUSEL UND BETRIEBLICHE ÜBUNG

Besonders stellt sich die Frage des Verhältnisses von Schriftformklauseln in AGBs und betrieblicher Übung. Eine wirksame Schriftformklausel schützt tatsächlich gegen das Entstehen von Ansprüchen aus betrieblicher Übung. Verstößt aber eine allgemeine Geschäftsbedingung gegen das Gesetz, ist sie insgesamt unwirksam (und der Rest des Vertrages bleibt nach § 306 BGB wirksam). Eine Schriftformklausel mit einer typischen Schriftformklausel ist aber nach § 307 BGB nichtig (dies wird dargestellt) und kann somit auch nicht gegen das Entstehen einer betrieblichen Übung schützen.

### VI. FORMULIERUNG WIRKSAM GEGEN BETRIEBLICHE ÜBUNGEN SCHÜTZENDER SCHRIFTFORMKLAUSELN

Um einen wirksamen Schutz gegen das Entstehen von Ansprüchen aus betrieblicher Übung zu geben, bedürfen Schriftformklauseln daher einer besonders präzisen Formulierung. In NJW 2009, 3393 ff. haben Bloching/Ortolf Vorschläge für wirksame Klauseln gemacht.

### B. AUFSATZ ZUM GESELLSCHAFTSRECHT, GMBH-RUNDSCHAU 2009, 1265 FF.

Im GmbH-Recht ist nicht geregelt, wie sich der Streitwert der Anfechtungsklage berechnet; im Aktienrecht existiert mit § 247 AktG jedoch eine solche Bestimmung. Seit Bestehen dieser Bestimmung (1965) ist unklar, ob und – falls ja – inwieweit die aktienrechtliche Bestimmung analoge Anwendung im GmbH-Recht findet. Prof. Dr. Bloching hat in seinem Aufsatz in der gängigsten Zeitschrift zum GmbH-Recht, der GmbH-Rundschau, eine intensive Beleuchtung der Entstehung des § 247 Abs. 1 AktG bis zurück vor der Existenz des AktG von 1937 vorgenommen und geradezu lehrbuchartig untersucht, ob die Voraussetzungen einer Analogie vorliegen. Ferner hat er teleologisch, verfassungsrechtlich und rechtspolitisch untersucht, ob eine analoge Anwendung geboten und sinnvoll ist. Im Ergebnis lehnt er die Analogie ab.



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr. Micha Bloching

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Wirtschaft  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg  
Telefon: (+49) 821 598-2925  
Telefax: (+49) 821 558-2902  
micha.bloching@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
Arbeitsrecht,  
Wirtschaftsprivatrecht,  
Internationales Privatrecht

## Auswahl an weiteren Veröffentlichungen und Forschungsprojekten aus der Fakultät für Wirtschaft

### PROF. DR. MICHAEL FEUCHT

Feucht, Michael. Die Zukunft der Bankenaufsicht. In: Aufsichtsrecht Kompakt, Management Circle Edition, 2009.

### PROF. DR. KALINA KAFADAR

Kafadar, Kalina. Konzeption einer umfassenden Unternehmensanalyse. In: Fink, C./Schultze, W./Winkeljohann, N. (Hrsg.): Bilanzpolitik und Bilanzanalyse nach neuem Handelsrecht, Stuttgart 2010.

### PROF. DR. ARNOLD KRUMM

Krumm, Arnold. Deutsche Hochschulen am Qualitätsabgrund? Hypothesen, Analysen und Vorschläge zu einigen bedenklichen Entwicklungen in der deutschen Hochschulpolitik. Pro Business Verlag, bod, Berlin 2010.

### PROF. DR. MARCUS LABBÉ

- [1] Labbé, Marcus. Aufsichtsratszertifizierung – Professionalisierung des Berufsbilds. In: Ernst & Young SAAS News, Februar 2009 (Gastkommentar).
- [2] Labbé, Marcus. Moderne Corporate Governance als des Volkes Sache? In: Zeitschrift für Corporate Governance, April 2009 (Gastkommentar).
- [3] Labbé, Marcus. Die Personalkompetenz des Aufsichtsrats als wichtiges Instrument der Risikoversorge. In: Zeitschrift für Corporate Governance, Juni 2009 (Studie).
- [4] Labbé, Marcus. Aufsichtsräte unter Kontrolle. In: Financial Times Deutschland enable, Juli 2009 (Gastkommentar).
- [5] Labbé, Marcus. Der ökonomische Gastkommentar: Profis dringend gesucht. In: Handelsblatt, 17. Juli 2009 (Gastkommentar).
- [6] Labbé, Marcus. Die Reform(ation) des Aktienrechts. In: Börsen-Zeitung, 12. September 2009 (Gastkommentar).
- [7] Labbé, Marcus. Corporate Governance nach dem BilMoG. In: Der Aufsichtsrat, September 2009 (Studie).
- [8] Labbé, Marcus. Kompetente Kontrollorgane. In: Der Neue Kämmerer, Dezember 2009 (Gastkommentar).
- [9] Labbé, Marcus. Diversity – Von Erkenntnissen und Bekanntheiten. In: Der Aufsichtsrat, März 2010 (Studie).
- [10] Labbé, Marcus. Aufsichtsräte: Qualifizierung statt Quote. In: manager magazin online, 31. Mai 2010 (Gastkommentar).

- [11] Labbé, Marcus. Historische Deals: Conti/Schaeffler und Porsche/VW. In: M&A-Review-Jubiläumsbuch, Universität St-Gallen, August 2010.

### PROF. DR. CHRISTIAN LEBRENZ

- [1] Lebreuz, Christian. Der Führung mangelt es an Effektivität. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung. Nr. 112, S.12, 2010.
- [2] Lebreuz, Christian & Regnet, Erika. Den Aufschwung meistern. Wieder nichts gelernt? In: Personal 10/2009, S. 20–22, 2009.
- [3] Lebreuz, C. Wege zum Führungsmonitoring. In: Personalführung 9/2009 S. 54–59, 2009.
- [4] Lebreuz, Christian. Der Bäcker und der Investmentbanker – Die Auswirkungen von Demografie und Wissensgesellschaft auf Machtverhältnisse im Unternehmen. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung. Nr. 182, S.10, 2010.

### PROF. DR. ERIKA REGNET

#### Buch:

Rosenstiel, L.v., Regnet, E. & Domsch, M.: Führung von Mitarbeitern. Handbuch für erfolgreiches Personalmanagement. Stuttgart: Schäffer Poeschel. 1991, 6. Auflage 2009.

#### Artikel:

- [1] Regnet, Erika. Bachelor ist anspruchsvoll, aber studierbar. Bachelorbefragung an sieben Bayerischen Hochschulen. Erscheint in: Die Neue Hochschule, 2010 (im Druck).
- [2] Regnet, Erika. Bachelor oder Master? Zukunftsvorstellungen des weiblichen Nachwuchses. Efas-Newsletter Nr. 14/2010 S. 7–9.
- [3] Regnet, Erika. Motivation aus psychologischer Sicht. In: P. Bechtel, D. Friedrich & A. Kerres (Hrsg.), Mitarbeitermotivation ist lernbar. Mitarbeiter in Gesundheitseinrichtungen motivieren, führen und coachen. Berlin, Heidelberg: Springer. S. 36–43, 2010.
- [4] Mühlbauer, B. H. & Regnet, E.: Motivationstheorien. In: P. Bechtel, D. Friedrich & A. Kerres (Hrsg.), Mitarbeitermotivation ist lernbar. Mitarbeiter in Gesundheitseinrichtungen motivieren, führen und coachen. Berlin, Heidelberg: Springer. S. 23–36, 2010.

- [5] Regnet, Erika & Lebreuz, Christian. Potenzial: Frauen und Talente 45 plus. In: Personalmagazin 04/2010, S. 40–43, 2010.
- [6] Regnet, Erika & Lebreuz, Christian. Nachhaltige Fachkräftesicherung statt Fachkräftemangel. Betriebliche Handlungsmöglichkeiten. In: Symposium Publishing (Hrsg.), Digitale Fachbibliothek Human Resource Management, 2010.
- [7] Regnet, Erika. Der Weg in die Zukunft – Anforderungen an die Führungskraft. In: L. von Rosenstiel et al. (Hrsg.), Führung von Mitarbeitern. Stuttgart: Schäffer Poeschel. S. 36–50, 2009.
- [8] Regnet, Erika. Kommunikation als Führungsaufgabe. In: L. von Rosenstiel et al. (Hrsg.), Führung von Mitarbeitern. Stuttgart: Schäffer Poeschel. S. 204–212, 2009.
- [9] Regnet, Erika. Ageing Workforce – Herausforderung für die Unternehmen. In: L. von Rosenstiel et al. (Hrsg.), Führung von Mitarbeitern. Stuttgart: Schäffer Poeschel. S. 686–698, 2009.
- [10] Regnet, Erika. Alkoholabhängige Mitarbeiter. In: L. von Rosenstiel et al. (Hrsg.), Führung von Mitarbeitern. Stuttgart: Schäffer Poeschel. S. 282–294, 2009.
- [11] Hofmann, L.M. & Regnet, E. Führung und Zusammenarbeit in virtuellen Strukturen. In: L. von Rosenstiel et al. (Hrsg.), Führung von Mitarbeitern. Stuttgart: Schäffer Poeschel. S. 611–620, 2009.

### PROF. DR. GERHARD RIEGL

**Forschungsprojekt:** Durchführung einer Leseranalyse und Marketingberatung für die größte PTA-Fachzeitschrift in Deutschland im Auftrag des Deutschen Apotheker Verlags: Zur Ermittlung von Trends beim aktuellen Leseverhalten der über 40.000 Abonnenten wurde eine Stichprobe von 1.700 PTAs sowohl online wie auch offline befragt und ausgewertet. Die Zeitungs- und Verlagsbranche hat mit gravierenden Veränderungen in Folge der neuen Medien und des neuen Mediennutzungsverhaltens in der Bevölkerung zu kämpfen. Verlagshäuser suchen deshalb nach neuen Kommunikations- und Dialogformen mit ihrer Stammleserschaft. Die Studenten sollten unter anderem herausfinden, wo in Zukunft gelesen wird oder Nachrichten empfangen werden, welche Zusatzangebote Verlage in Richtung Fortbildung und Interaktion mit den Stammlesern

einplanen sollten und welche Substitutions- und Wettbewerbsmedien in Frage kommen oder wie die Printmedien mit digitalen Medien (Facebook, Twitter, Xing, YouTube) verknüpft werden könnten. Das Ergebnis dieser Studie wurde am 8. Juli 2009 einer Verlagsdelegation von den Studierenden des 6. Semesters im Rahmen der Marketing-Projektveranstaltung präsentiert.

**Forschungsprojekt:** Durchführung einer Imagestudie zur Akzeptanz und Verbesserung für die traditionsreiche und bei den Augsburgern viel beachtete Freilichtbühne: Die Augsburger Freilichtbühne ist eine der ältesten Freilichtbühnen und mit 2.200 Plätzen eine der größten Open-air-Bühnen in Deutschland. In den fünf Wochen der sommerlichen Spielzeit wird etwa 20 % der jährlichen Einkünfte der Städtischen Bühnen in Augsburg verdient. Die Freilichtbühne ist jedoch nicht nur ein Wirtschaftsfaktor, sondern auch eine bedeutsame Einrichtung für die Kulturstadt Augsburg. Das Projekt der Studenten ist auf unerwartete Resonanz von allen Seiten der Stadtverwaltung, der Theaterleitung, der Verbände, der Theaterbesucher und der Anlieger gestoßen. Die Studenten führten diese Studie im Rahmen der Wahlpflichtveranstaltung Marketingforschung durch. Es galt in einer Grundlagenstudie die Imagefragestellungen zu entwickeln, das Forschungsdesign zu gestalten und zu betreuen, die 1.010 Antwortbögen aus der Bevölkerung auszuwerten und daraus mit SPSS-Methoden Studienerkenntnisse zu generieren. Die Präsentation dieser bereits im Vorfeld Aufsehen erregenden Studie fand am 28. Juni bei einem Pressegespräch in der Hochschule Augsburg auf dem Campus am Roten Tor statt.

**Veröffentlichung:** Riegl, Gerhard F.: Erfolgsfaktoren für die zahnärztliche Praxis, Innovatives Praxismarketing in der Zahnmedizin mit Patienten- und Zuweiserforschung, Zahnarzt-Imagestudie & Qualitätsmanagement, Augsburg 2010.

### PROF. DR. KAI-UWE WELLNER

- [1] Wellner, Kai-Uwe; Russo, Benjamin: Möglichkeiten der Preisharmonisierung und Controllingmöglichkeiten der internationalen Ersatzteilpreissystematik, in Controller Magazin 5/2009, S. 36–42.
- [2] Wellner, Kai-Uwe; Münzer, Anna: Besteuerung ausländischer Künstler – Noch viele Fragen offen, in Datev Magazin 4/2010, S. 16–31.



## Fakultät für Allgemeinwissenschaften – Dienstleistungen und Zusatzqualifikationen

Prof. Dr. Wilhelm Liebhart M.A., Hochschule Augsburg, Fakultät für Allgemeinwissenschaft



**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr. phil.  
Wilhelm Liebhart MA

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für  
Allgemeinwissenschaften  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3301  
Telefax: (+49) 821 5586-3310  
wilhelm.liebhart@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**  
Deutsche Literatur,  
Geschichte, Politik

Die Fakultät für Allgemeinwissenschaften nimmt innerhalb der Hochschule Augsburg eine Sonderstellung ein, da sie keine eigenen Studiengänge, sondern Dienstleistungen und Zusatzqualifikationen anbietet. Ihr Auftrag besteht darin, grundlegendes Wissen, das von studiengangübergreifendem Fachwissen bis zu allgemeinbildenden Inhalten reicht, in engem Bezug auf die künftige praktische Anwendung zu vermitteln. In den Curricula der verschiedenen Studiengänge leistet die Fakultät die Grundausbildung in den Fächern Mathematik, Physik, Chemie, Umwelt, Informatik und Sprachen (in den technischen Studiengängen) sowie Psychologie und soziale Kompetenzen (in der Betriebswirtschaft). Im allgemeinwissenschaftlichen Wahlpflicht-Programm, das der Allgemeinbildung dient, sind Schwerpunkte des Angebots Psychologie und soziale Kompetenzen, aber traditionell auch Geschichte und Politik, Umweltfächer

und ein breites Sprachenangebot. In diesem Rahmen findet auch Forschung statt. Dazu zählen nicht nur Forschungsprojekte, sondern alle Formen von Veröffentlichungen (einschließlich Lehrbücher) sowie Vorträge, Referate und Präsentationen.

Im Bereich Technikgeschichte werden Leben und Werk Rudolf Diesels (Wilhelm Liebhart) und die Geschichte der Naturwissenschaften (Matthias Risch) untersucht. In der Fakultät entstand das Lehrbuch „Mathematik für die ersten Semester“ (Wolfgang Mückenheim). Eine „Mathematische Lernsoftware math4u2“ (Max Weiß) und ein Projekt „Unternehmenssoftware“ (Stefan Glasauer) sind im Gange. Im Bereich Philologie entstehen Begriffs- und Sprachwörterbücher (Helmut Seidl). Ein Chemie- und Umweltlabor steht für Aufträge aus der Wirtschaft zur Verfügung (Wolfgang Weber).

## Augsburg, Europa und die Welt – Gedanken zur gescheiterten Bewerbung als „Kulturhauptstadt Europas“ am Dies Academicus 5. Oktober 2009

Prof. Dr. Wilhelm Liebhart M.A., Hochschule Augsburg, Fakultät für Allgemeinwissenschaft

### EINLEITUNG

Vergeblich hat sich die Stadt Augsburg für 2010 als „Kulturhauptstadt Europas“ beworben, obwohl laut Bewerbungsantrag 23 Gründe dafür sprachen. In diesem Zusammenhang fielen die Schlagworte „Römer-Stadt“, „Renaissance-Stadt“, „Lutber-Stadt“, „Mozart-Stadt“ und „Brecht-Stadt“ – alles Begriffe der Kulturgeschichte und nicht etwa der Wirtschafts- und Technikgeschichte. Worum ging es? Seit 1985 besteht die Initiative der Europäischen Gemeinschaft, einer europäischen Großstadt für ein Jahr den Titel „Kulturstadt Europas“ bzw. „Europäische Kulturhauptstadt“ zu verleihen. Die „Kulturstadt“ soll durch eine Vielzahl von Veranstaltungen die kulturelle Einheit Europas zeigen und fördern. Es begann 1985 mit Athen, bis 1999 folgten Florenz, Amsterdam, Berlin-West, Paris, Glasgow, Dublin, Madrid, Antwerpen, Lissabon, Luxemburg, Kopenhagen, Saloniki, Stockholm und Weimar. Seit 2000 erhalten mehrere Städte gleichzeitig die ehrende Auszeichnung: Im Jahr 2002 waren es gar neun Städte. Man wundert sich, dass sich Augsburg nicht schon frü-

her beworben hat. Denn, wenn es eine Stadt in Deutschland gibt, die sich aufgrund ihrer langen Geschichte als „europäische Stadt“ bezeichnen darf, dann ist es das 2000-jährige Augsburg. München stieg erst im 19. Jahrhundert durch König Ludwig I. zu einer der Kulturmetropolen Europas und der Welt auf. Die Landeshauptstadt hat ihren Rang weiter ausgebaut, was Augsburg aufgrund seiner inneren und äußeren Geschichte seit dem Anschluss an Bayern 1806 nicht mehr möglich war. Übrigens unterlag Augsburg 2002 bei der innerbayerischen Auswahl nicht der Landeshauptstadt, sondern wie der Mitbewerber Bamberg dem bayerischen Mittelzentrum Regensburg. Es kam aber keine bayerische Stadt zum Zuge, sondern Essen mit dem Ruhrgebiet. 16 Städte Deutschlands waren gegeneinander angetreten, nur eine konnte das Rennen machen. Weitere Kulturhauptstädte sind das ungarische Pécz (Fünfkirchen) und Istanbul. Die Weltstadt hat zwar eine europäische Vergangenheit, liegt zu beiden Seiten des Bosphorus, aber darf man sie als europäische Stadt bezeichnen, zumal die Türkei ja nicht Mitglied der EU ist?

### I. AUGSBURG

„Kulturhauptstadt Augsburg“ – das sind aus europäischer, ja globaler Perspektive Namen wie Jakob Fugger der Reiche (1459–1525), Bartholomäus (V) Welser (1484–1561), der für Spanien das spätere Venezuela kolonisierte, missionierte und wirtschaftlich ausbeutete, aber auch der Renaissance-Maler Hans Holbein der Jüngere (1497–1543), der im England König Heinrich VIII. Karriere machte, der Musiker und Komponist Leopold Mozart (1719–1787), das tragisch endende Universalgenie Rudolf Diesel (1858–1913), der humanistische Dramatiker Bert Brecht (1898–1956) und der vergessene, einzige Nobelpreisträger (1929), den die Stadt hervorgebracht hat, der Chemiker Hans Karl von Euler-Chelpin (1873–1964), den es nach Stockholm verschlug.

Es fällt auf, dass die genannten Personen mit Ausnahmen der frühen kapitalistischen Unternehmer Fugger und Welser nicht in der Stadt selbst, sondern in der Welt draußen Durchbruch und Anerkennung fanden.

Neben diesen glanzvollen „Namen“ dürfen auch nicht die historischen Epochen fehlen, in denen die Stadt europäischen Rang besaß: Augsburg war im frühen 16. Jahrhundert führender europäischer Finanzplatz und ein Zentrum des Handels mit weitgespannten Beziehungen in alle Länder des alten Europas. Im 17./18. Jahrhundert galt die Reichsstadt als ein Mittelpunkt des europäischen Kunsthandwerks: Uhren, Gold- und Silberschmiedearbeiten, Möbel und Kupferstichwerke fanden ihre Abnehmer in ganz Europa.

Wir wollen aus der Vergangenheit dieser Stadt zwei Aspekte herausgreifen, eine Epoche und eine Person, um Augsburgs Anspruch als Kulturhauptstadt zu dokumentieren.

### II. EINE EPOCHE

„Reiches Augsburg“ oder „Goldenes Augsburg“ sind geflügelte Worte für die Jahrzehnte von 1490 bis 1540. In dieser Zeit des Übergangs galt die Reichsstadt Augsburg als „europäische Wirtschaftsmacht“, ja – wie es Friedrich Heer einmal formulierte – als „Weltstadt“. Der Stadt war es bis um 1500 gelungen, sich als Finanz- und Wirtschaftszentrum neben Venedig, Florenz und Antwerpen in Europa durchzusetzen. Diese Position war aufgrund der geglückten Verbindung von 1. Fernhandel mit 2. Bankgeschäften und 3. gewerblichen Unternehmungen

wie Bergbau erreicht worden. Nicht nur die Fugger und Welser, sondern etwa 75 Familien und Gesellschaften verkörperten das „Reiche Augsburg“. Dazu gehörten auch die Baumgartner, an deren Straße unsere Hochschule liegt.

Wirtschaftliche Macht zieht immer auch politischen Einfluss nach sich, Reichtum fördert auch Kunst, Kultur und Soziales. Humanismus und Renaissance, Geist, Kunst und Lebensgefühl nach italienischem Vorbild erlebten im Augsburg des frühen 16. Jahrhunderts eine Blüte, was die Landesausstellung 2010 „Bayern und Italien“ unterstreicht. Die Stadt zählte um 1500 etwa 30.000 Einwohner, die in 5.000 Häusern umgeben von einer Stadtmauer mit 115 Türmen lebten. Von den Einwohnern zahlten nur 5.000 Steuern. Diese Steuerzahler bildeten die eigentliche männliche, mit politischen Wahlrechten ausgestattete Bürgerschaft.

Binnen eines halben Jahrhunderts stieg das Gesamtsteuervermögen der Stadt um das 13-fache:

Versteuerte Jakob Fugger 1510 noch 200.000 Gulden, so waren es 1525 gar 2,1 Millionen Gulden! Dieser Mann wurde binnen 15 Jahren – so würde man heute sagen – vom Millionär zum Milliardär. Die erfolgreichen Geschäfte der Herren Fugger und Co. blieben nicht unangefochten. Klagen über Wucher, Spekulationen, Preistreiberie, Münzverschlechterung, Kartellabsprachen bei der Kupferproduktion und über Monopolbildung etwa im Gewürzhandel wurden laut. Sie führten 1523 zur Anklage gegen die Fugger. Davon hört man ansonsten nichts, weil es nicht in das Bild des sozial handelnden Stifters der Fuggerei passt, mit der die Stadt touristisch wirbt.

Der Augsburger Stadtschreiber, Humanist und Weltmann Dr. Konrad Peutinger (1465–1547) brach damals für die Handelsgesellschaften nicht uneigennützig die Lanze. Er verteidigte in einem Gutachten das individuelle Erwerbsstreben und lieferte erstmals eine Begründung für die kapitalistische Wirtschaftsform, wenn er sagt, dass nur „der Eigennutz einen ausreichenden Anreiz, nur die Aussicht auf Gewinn Motive darstellen für wirtschaftliches Wagen, Handeln und Arbeiten“ (Clemens Bauer). Peutinger ist als früher Prophet der „freien Marktwirtschaft“ bezeichnet worden. In Augsburg wurde zwar der Kapitalismus nicht erfunden, aber zumindest theoretisch erstmals begründet und das 300 Jahre vor dem eigentlichen Zeitalter des Kapitalismus!

Konrad Peutinger lebt sozusagen in der Peutingerstraße und im Peutinger-Gymnasium weiter. Die Kritiker Fuggers wie Ulrich von Hutten oder Martin Luther waren nicht weniger prominent: „Ist es nicht Raub, wenn sie Deutschland mit einer Münze überschwemmen, die nicht den inneren Gehalt hat? Ist es auch nicht Raub, wenn sie sich nahezu das gleiche Monopol über die Ablässe, Pfründen und Dispense und andere päpstliche Privilegien verschafft haben, wie über die indischen Waren?“, fragte Ulrich von Hutten.

In der Tat verstand es Jakob Fugger der Reiche, für den Papst sämtliche Geschäfte nördlich der Alpen, nicht zuletzt den unseligen Ablasshandel, abzuwickeln. Kaiser Karl V. unterdrückte sämtliche Anklagen, nachdem ihn der Fugger daran erinnerte, wem er das deutsche Kaisertum zu verdanken habe.

Luther äußerte einmal: „Man müsste wirklich dem Fugger und dergleichen einen Zaum ins Maul legen“. Dieser Wunsch ging zwar nicht in Erfüllung, aber die Reichsstadt Augsburg wurde für lange Zeit überwiegend protestantisch. 1530 legten die protestantischen Stände des Reiches dem Kaiser in Augsburg ihr neues Bekenntnis („Confessio Augustana“), das Grundgesetz des Luthertums, vor. Obwohl noch viele Gemeinsamkeiten bestanden, kam es zum Bruch und zur konfessionellen Spaltung Deutschlands, die ja bis heute bedauerlicherweise andauert. Augsburg schloss sich 1537 der Reformation an: So gesehen nicht „Luther-Stadt“, sondern „Stadt der Reformation“.

### III. EINE PERSON

Wir überspringen einige Jahrhunderte.

„Ich habe das Licht der Welt im Jahr 1898 erblickt. Meine Eltern sind Schwarzwälder. Die Volksschule langweilte mich vier Jahre. Während meines neunjährigen Eingeweckenseins an einem Augsburger Realgymnasium (= Peutinger Gymnasium) gelang es mir nicht, meine Lehrer wesentlich zu fördern. Mein Sinn für Muße und Unabhängigkeit wurde von ihnen unermüdlich hervorgehoben. Auf der Universität hörte ich Medizin und lernte das Gitarrespielen.“

Das schreibt der 24-jährige Eugen Berthold Friedrich Brecht (1898–1956), genannt Bert Brecht, über seine frühen Augsburger Jahre. Er besuchte das Peutinger-Gymnasium, dessen Namengeber wir als frühen Propheten des später dann von Brecht literarisch bekämpften reinsten Kapitalismus schon kennengelernt haben. Mün-

chen und Berlin waren bis 1933 weitere Stationen, ehe Brecht als Marxist und früher Kritiker Hitlers Deutschland verließ. Seine Werke, die heute zur Weltliteratur zählen, wurden 1933 auf Anweisung Joseph Goebbels verbrannt. Da ihm die Einreise in die Westzonen verwehrt wurde, ließ er sich nach dem Weltkrieg 1948 in der SBZ nieder und diente dann der jungen DDR als Aushängeschild. Merkwürdig ist aber, dass er 1950 die österreichische Staatsbürgerschaft und 1955 als Ruhesitz ein Haus in Dänemark erwarb. So wohl scheint er sich im sozialistischen Modellstaat trotz aller Förderungen und Ehrungen dann doch nicht gefühlt zu haben. Der Tod ereilte den Herzkranken 1956. Augsburgs Verhältnis zu seinem weltberühmten Sohn hat sich verändert. Er selbst hat seine Heimatstadt nie verleugnet, geschweige denn vergessen. Wer vergisst die unbeschwerten Jahre der Kindheit, Jugend und der ersten Liebe? 1943 entstand im amerikanischen Exil ein Gedicht mit dem Titel „Die Rückkehr“:

*Die Vaterstadt, wie find ich sie doch?  
Folgend den Bomberschwärmen  
Komm ich nach Haus.  
Wo denn liegt sie? Wo die ungebeuerten  
Gebirge von Rauch stehn.  
Das in den Feuern dort  
Ist sie.  
Die Vaterstadt, wie empfängt sie mich wohl?  
Vor mir kommen die Bomber. Tödliche Schwärme  
Melden euch meine Rückkehr. Feuersbrünste  
Geben dem Sohn voraus“.*

Die Bomberschwärme kamen Ende Februar 1944, als Bomben aus über 500 britischen Flugzeugen in der Nacht vom 25./26. Februar das alte Augsburg in Schutt und Asche legten.

Sieht man von der selbstbewussten Ich-Bezogenheit des Autors ab, so ist unverkennbar seine prophetische, vielleicht auch zynische Anteilnahme am künftigen Schicksal der Stadt am Lech zu spüren. Er hat sie nie wieder gesehen. Wenn also Augsburg einen Namen in der Geisteswelt hat, dann durch ihn. Brecht revolutionierte das Theater, verfasste 29 Schauspiele und Opern, darunter die „Dreigroschenoper“ und „Aufstieg und Fall der Stadt Mahagonny“, acht Einakter, einen Roman und zahllose Gedichte.

Brecht war Marxist und Kommunist, aber auch Humanist. Sein humanistischer Kommunismus widerspiegelt die Erzählung der „Augsburger Kreidekreis“, dessen Kern im Schauspiel „Der Kaukasische Kreidekreis“ nochmals verarbeitet wurde.

Die Geschichte spielt im 30-jährigen Krieg. Die evangelische Reichsstadt wird von Truppen des katholischen Kaisers gestürmt. In einem reichen evangelischen Handwerkerhaus wird bei der Plünderung der Meister ermordet, seine Frau flieht in Panik und lässt ihr Baby zurück. Die katholische Hausmagd rettet es und flüchtet sich auf das Land, auf den Hof ihres Bruders. Sie gibt das Pflegekind als eigenes aus und heiratet in der Notlage einen älteren Kleinbauern. Das Kind wird nach Monaten von der eigenen Mutter – während der Abwesenheit der Pflegemutter – nach Augsburg geholt, da sonst das reiche Bürgerhaus an die Familie des ermordeten Ehemannes fallen würde. Es herrscht mittlerweile Frieden. Die ehemalige Magd fordert das Kind als das ihre zurück. Es kommt zum Prozess. Der Richter kann sich nicht entscheiden, wer nun die wahre Mutter sei. Er greift zu einer List und lässt einen Kreidekreis ziehen und befiehlt den Müttern: „Stellt auch ihr euch in den Kreidekreis, faßt jede Hand des Kindes, und wenn ich ‚los‘ sage, dann bemüht euch, das Kind aus dem Kreis zu ziehen. Die von euch die stärkere Liebe hat, wird auch mit der größeren Kraft ziehen und so das Kind auf ihre Seite bringen“. Die leibliche Mutter reißt das Kind aus dem Kreis, die Ziehmutter lässt sofort los, um den Kleinen keinen Schmerz zufügen zu müssen. Der Richter fällt das Urteil: „Und somit wissen wir“, sagte er laut, „wer die rechte Mutter ist. Nehmt der Schlampe das Kind weg. Sie würde es kalten Herzens in Stücke reißen“. Das ist Kommunismus: Nicht die leibliche Mutter, sondern die Pflegemutter bekommt recht. Das ist Humanismus: Es siegt die Liebe über den Eigennutz und das Geld.

Wie hätten wir entschieden?

### LITERATUR ZUM THEMA

- [1] *Friedrich Heer*: Augsburgs Bürgertum im Aufstieg Augsburgs zur Weltstadt (1275–1530). In: Augusta 955–1955. Forschungen und Studien zur Kultur- und Wirtschaftsgeschichte Augsburgs. Augsburg 1955, S. 107–136.
- [2] *Clemens Bauer*: Conrad Peutinger und der Durchbruch des neuen ökonomischen Denkens in der

Wende zur Neuzeit.

In: Augusta 955–1955, S. 219–228.

- [3] *Geschichte der Stadt Augsburg*. 2000 Jahre von der Römerzeit bis zur Gegenwart. 2. Aufl. Stuttgart 1985.
- [4] *Wilhelm Liebbart*: Goldenes Augsburg. In: Charivari Nr. 5 (Mai 1991), S. 23–28. Wiederabdruck unter dem Titel: Reiches Augsburg. In: FHA. Nachrichten. Berichte (April 1991), S. 8–10.
- [5] *Augsburger Stadtlexikon*. 2. Aufl. Augsburg 1998.
- [6] *Wolfgang Zorn*: Augsburg. Geschichte einer europäischen Stadt. 4. Aufl. Augsburg 2001.
- [7] *Mark Häberlein/Johannes Burkhardt* (Hg.): Die Welser. Neue Forschungen zur Geschichte und Kultur des oberdeutschen Handelshauses (Colloquia Augustana 16). Berlin 2002.
- [8] *Bernd Roock*: Geschichte Augsburgs. München 2005.
- [9] *Mark Häberlein*: Die Fugger. Geschichte einer Augsburger Familie (1367–1650). Stuttgart 2006.
- [10] *Bertolt Brecht*: Der Augsburger Kreidekreis. In: *Derselbe*: Kalendergeschichten. Hamburg 1972, S. 5–18.
- [11] *Werner Frisch/K. W. Obermeier*: Brecht in Augsburg. Berlin 1997.
- [12] *Bertolt Brecht*: Die Rückkehr. In: Brechthaus Augsburg. Ein Begleitbuch zur ständigen Ausstellung im Geburtshaus Bertold Brechts in Augsburg. Augsburg o. J., S. 60 (Texte von *Helmut Gier* und *Jürgen Hillesheim*).

## 400 Jahre Astronomie mit dem Fernrohr und weitere Veröffentlichungen und Aktivitäten

Prof. Dr. Matthias Risch, Hochschule Augsburg, Fakultät für Allgemeinwissenschaften



**Ansprechpartner:**

**Prof. Dr. Matthias Risch**

**Hochschule Augsburg**

Fakultät für  
Allgemeinwissenschaften  
An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3304,  
Telefax: (+49) 821 5586-3310

matthias.risch@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Fachgebiete:**

Langzeitstabilität und  
Temperaturkompensation von  
Sensoren, Lärmschutz  
(im Hochbau DIN 4109 –  
im Städtebau DIN 18005),  
Raumakustik – Bauakustik,  
Fachdidaktik Mathematik und  
Physik, „Elektronik“ und  
„Praxis der Naturwissen-  
schaften“

### I. VERÖFFENTLICHUNGEN – WISSENSCHAFTLICHE FACHBÜCHER

2009 erschien ein Buch von Prof. Dr. Risch mit dem Titel: „400 Jahre Astronomie mit dem Fernrohr“. In den USA wurde die internationale Version mit dem Titel „Space Science Research“ publiziert.

### ZUM INHALT

2009 jährte sich Galileis erste Beobachtung des Himmels mit dem Fernrohr zum 400. Mal. Dazu wurden nach mehreren Jahren Recherche die interessantesten Entwicklungen der Astronomie dieser Zeitspanne am Beispiel der Beobachtungen an einem beeindruckenden Objekt, dem Saturnring, in einem Buch zusammengestellt: „400 Jahre Astronomie mit dem Fernrohr und 400 Jahre Entdeckungen am Saturn.“

Mit Hilfe von Daten der Bayerischen Staatsbibliothek, des Archivs des Schweizer Naturwissenschaftlichen Vereins Zürich und des Stadtarchivs Augsburg (Geschichte der Welser) konnten einige neue Details der Astronomiegeschichte genau und lebendig rekonstruiert werden:

- Das Fernrohr wurde in den Niederlanden um das Jahr 1608 möglicherweise mit Hilfe spielender Kinder entdeckt.
- Nachdem Galilei als erster die besondere Form des Saturns beobachtete, hat er die Ringe nicht als solche erkannt und berichtete daher über seine Entdeckung in Form eines Worträtsels.
- Sir Christopher Wren hat seine Ideen über seine Beobachtungen des Saturns in das architektonische Konzept einer Kirche einfließen lassen.
- Der Saturnmond Enceladus wurde wahrscheinlich nicht von W. Herschel, sondern von Lucretia Karoline Herschel entdeckt.
- Bond's Idee eines dynamischen Ringsystems in ständigem, nicht voraussehbarem Wandel war 1850 völlig neu und ein erster Anklang der Chaos-Theorie späterer Zeiten.

Das Werk mit vielen Abbildungen enthält auch Bezüge zur Geschichte Augsburgs und Schwabens.

### MARCUS WELSER ALS FÖRDERER DER ASTRONOMIE

In Presse, Funk und Fernsehen wird allenthalben die große Bedeutung der Fugger für Wirtschaft, Kunst und Kultur herausgestellt. Über die Welser hört man

in diesem Zusammenhang wenig. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass das Haus Welser im 17. Jh. in Konkurs ging und die Familie ausstarb. Außerdem sind viele Unterlagen im 30-jährigen Krieg vernichtet worden. In Folge dieser Forschungen hat sich herausgestellt, dass Marcus Welser zu Beginn des 17. Jh. eine herausragende Rolle in der Astronomie als Förderer und Katalysator spielte. Im Besonderen stand er in beständigem Briefwechsel mit Merenne und Gassendi in Frankreich, Galilei in Italien sowie Scheiner und Kepler in Deutschland. Dieser Gedankenaustausch war für die kopernikanische Zeitenwende, die Durchsetzung des heliozentrischen Weltbildes und somit für die wissenschaftlich-technische Revolution von zentraler Bedeutung. Dies ist auf den Seiten 8 bis 19 im Kapitel IV dieses Buches dokumentiert und mittels zahlreicher Quellen dargelegt.

Zudem hat sich ergeben, dass der Pantograph (der sog. Storchenschnabel), der sowohl in der Wissenschaft als auch in den darstellenden Künsten des 17.–18. Jh. eine große Bedeutung hatte, nicht in Ingolstadt (in Oberbayern), sondern schon Jahre früher in Dillingen (Schwaben) erfunden wurde. Dies ist ebenfalls auf den Seiten 8 bis 12 im Kapitel IV des Buches dargelegt und mit Quellen dokumentiert:

### LITERATURANGABEN

- [1] 400 Jahre Astronomie mit dem Fernrohr und 400 Jahre Entdeckungen am Saturn, Matthias Risch, ca. 60 S., 12. Abb., Shaker Verlag, Aachen, April 2009. Reihe: Astronomie.
- [2] Space Exploration Research, Herausgeber: Paul D. Aldridge und John H. Denis, Nova Science Publishers Inc, New York, USA, April 2009, 561 pages, over 100 illustrations.

### 2. VERÖFFENTLICHUNGEN IN WISSENSCHAFTLICHEN FACHZEITSCHRIFTEN

In verschiedenen deutschen Fachzeitschriften wurden von Prof. Dr. Risch Beiträge zur Didaktik eingereicht und unter den üblichen Voraussetzungen (Gutachten und Änderungen) zur Veröffentlichung angenommen. Diese Veröffentlichungen sollen der Verbesserung der Lehre dienen.

- [1] M. Risch, Die größte Sonnenuhr der Welt in Jaipur, Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht MNU 62, 8, (2009), 461–464.

- [2] M. Risch, 400 Jahre Astronomie mit dem Fernrohr – Entdeckungen am Saturnsystem, Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, 42–47, Nr. 7, September 2009, Band 58, Aulis Verlag Deubner.
- [3] M. Risch, Entdeckung des Saturnringes – 400 Jahre Astronomie mit dem Fernrohr, Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, Themenheft Hochspannungsnetze, 44–49, Nr. 5, 2009, Band 58, Aulis Verlag Deubner.
- [4] M. Risch, Das erste Großexperiment der Physik auf einer Galeere: Pierre Gassendi und die kopernikanische Zeitenwende, Physik In Unserer Zeit 38, (5) 2007, 249–253.

### 3. MITGLIEDSCHAFT IN INTERNATIONALEN WISSEN- SCHAFTLICHEN GESELLSCHAFTEN

Prof. Dr. Risch wurde 2009 zum Mitglied der „International History, Philosophy and Science Teaching Group“ ernannt (www.ihpst.org). Diese Akademie befasst sich mit Geschichte, Philosophie und Didaktik der Naturwissenschaften und bringt bei Springer International in den Niederlanden die renommierte Fachzeitschrift „Science & Education“ heraus. Zu den Pflichten der Mitglieder zählen Erstellen von Rezensionen und Begutachtungen der eingereichten wissenschaftliche Artikel „reviews“ bei den Fachzeitschriften von Springer International. Bisher wurden nur Ordinarien an Universitäten Mitglieder dieser Vereinigung – zum ersten Mal wurde ein Mitglied einer Hochschule ernannt.

### 4. PRESSEECHO

Über die Arbeiten von Prof. Dr. Matthias Risch wurde vielfältig in der internationalen Presse berichtet: unter anderem in der Berliner Morgenpost, der WELT und der Süddeutschen Zeitung sowie in zahlreichen Fachinformationsdiensten. Eine vollständige Liste können Interessierte auf Wunsch bei Prof. Risch anfordern.

### MATHEMATIK-VERFÜHRER

Die Hochschule Augsburg ist unter anderem auch im Mathematik-Bestseller „Mathematik-Verführer“ von Christoph Drösser (Wissenschafts-Redakteur bei der „Zeit“) erwähnt. Kapitel 16 handelt über Mathematik des Straßenverkehrs. Im Anhang erwähnt Christoph Drösser, dass er die Idee zu diesem Kapitel einem Fachaufsatz von Prof. Dr. Risch aus der „Mathematisch-

Naturwissenschaftlicher Unterricht (MNU)“ entnahm (S. 233).

Das Buch: „Der Mathematik-Verführer“ des „Zeit“-Mitherausgebers Christoph Drösser ist zu Recht eines der erfolgreichsten Mathematik-Bücher in deutscher Sprache geworden. Es werden nicht nur Beispiele über Anwendung der Mathematik im Alltagsleben gegeben – das machen viele gute Mathematik-Bücher – sondern es werden auch spannende Geschichten aus Presse und Gesellschaft als Einstieg in jedes der 17 Kapitel amüsant und spannend erzählt. So werden beispielsweise bedingte Wahrscheinlichkeiten nach der Bayes-Statistik mit einem Indizienbeweis bei einem Kriminalfall erklärt, die Wahlstatistik mit dem unwahrscheinlichen Sieg Gerrys bei der Wahl zum Gouverneur von Massachusetts 1812 mit nur 49 % und geschickten Rundungen, was im angelsächsischen Bereich zum Begriff des „Gerrymandering“ geführt hat, Spieltheorie und Roulette werden mit den tatsächlichen Ergebnissen der Spielbank in Hohensyberg des Jahres 2007 erklärt und der Satz von Pythagoras mit einer Verhandlung am Berufungsgericht „People vs. Robins“ in New York, wo tatsächlich vor Gericht der Satz des Pythagoras als Beweismittel angezogen wurde, und schließlich in der Verkehrsmathematik die Geschichte eines Bankraubes aus der bekannten Serie „CSI“.

Als Quellenangabe findet sich neben „Science“ und „Spektrum der Wissenschaften“ auch das Fortbildungsorgan der deutschsprachigen Gymnasiallehrer „Mathematisch-Naturwissenschaftlicher Unterricht“ (MNU) mit einem Artikel von der Hochschule Augsburg: „Mathematik des Autoverkehrs“.

Wir hoffen, dass der junge Leser dieses eingängigen und spannenden Mathematik-Buches zu sich sagt: „An dieser Hochschule, wo der Autor dieses leichten und lockeren Mathematikbuches seine Quellen her hat, muss ich studieren“.

### 5. DIDAKTIK-ARBEITSKREIS

Prof. Dr. Risch leitet als Koordinator den Arbeitskreis „Fachdidaktik Mathematik und Physik an bayerischen Hochschulen“ am DIZ in Ingolstadt. Jährlich werden eintägige Seminare für alle Mathematik- und Physikprofessoren an bayerischen Hochschulen durchgeführt, und dazu Didaktik-Professoren von Universitäten als Referenten eingeladen, zum Beispiel Prof. Dr. Bäuml,

Universität Regensburg; Prof. Dr. Sodian / Prof. Dr. Koerber, Univ. München / Päd. Hochsch. Schw. Gmünd; Prof. Dr. Spitzer / Dr. Hille, Univ. Ulm und Prof. Dr. Thomas Weth, Universität Erlangen-Nürnberg. Der fachdidaktische Arbeitskreis 2010 wurde von Herrn Prof. Dr. Raimund Girwitz, Professor für Physik und

ihre Didaktik, Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, mit einem Vortrag bereichert. Dieser Arbeitskreis „Fachdidaktik Mathematik und Physik an bayerischen Hochschulen“ ist für die Verbesserung der Lehre außerordentlich wichtig. Die Tagungen werden von den Kollegen viel besucht und gut angenommen.

## Impressum & Kontakt

### Herausgeber und v.i.S.d.P.:

Prof. Dr.-Ing. Hans-Eberhard Schurk,  
Präsident der Hochschule Augsburg

### Projektleitung:

Dr. Christine Lüdke,  
Hochschuljournalistin

An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3556  
Telefax: (+49) 821 5586-3516

presse@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

© Hochschule Augsburg 2010

### Kontakt:

**Hochschule Augsburg**  
**University of Applied Sciences**

An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-0  
Telefax: (+49) 821 5586-3222

info@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

**Institut für Technologietransfer**  
**und Weiterbildung, ITW**

An der Fachhochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3251  
Telefax: (+49) 821 5586-3190

itw@hs-augsburg.de  
www.hs-augsburg.de

### Verlag:

vmm wirtschaftsverlag gmbh & co. kg  
Maximilianstraße 9  
86150 Augsburg  
www.vmm-wirtschaftsverlag.de

### Gestaltung:

Markus Ableitner, Iris Cvetkovic

### Fotos:

Hochschule Augsburg,  
andere Bildrechte liegen bei den Autoren

### Druck:

AZ Druck und Datentechnik GmbH, Kempten

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion oder des Herausgebers wieder.

Pioneering new technologies  
Pioneering new technologies



Als international tätiges Unternehmen entwickeln und fertigen wir mit rund 370 Mitarbeitern High-Tech-Produkte in der faszinierenden Welt der Mikro- und Leistungselektronik. Wir arbeiten an Steuer- und Regelsystemen für mobile Arbeitsmaschinen, an Sensoren auf Mikrosystembasis für extreme Einsatzbedingungen und an zukunftsweisenden Konzepten für Hybridantriebe und Brennstoffzellen.



### Steuer- und Regelelektronik

Frei programmierbare ESX®-Module übernehmen die Steuerungen in mobilen Anwendungen, bei denen Extremsituationen an der Tagesordnung sind. Teleservice-Module in Verbindung mit maßgeschneiderten Office-Lösungen und bieten vielfältige Diagnose- und Wartungsmöglichkeiten.



### Messtechnik und Sensorik

Zum Messen von Druck und Kraft entwickeln und fertigen wir die zu den Messzellen passende Elektronik. Durch die Fertigung von Dünnschichtsensoren im eigenen Hause können Elektronik und Messelement optimal aufeinander abgestimmt werden. Unsere Transmitter sind immer auf dem neuesten Stand der Technik.



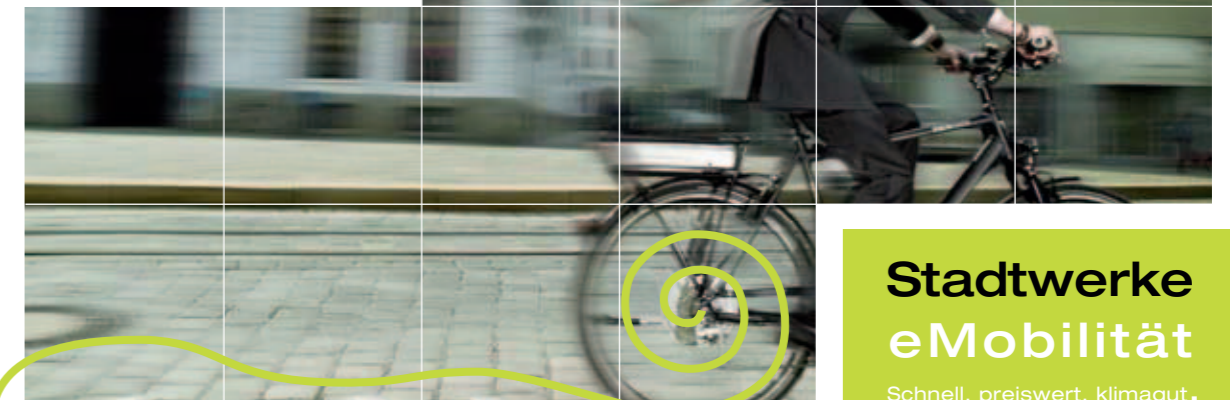
### Kundenspezifische Entwicklungen

Mit unserem hervorragenden fachlichen Know-How und unserem modernen Equipment bieten wir umfassende Dienstleistungen im Bereich Elektronik, Software und Gehäusetechnik. Physiker, Informatiker, Elektroingenieure, Elektrotechniker und Konstrukteure entwickeln fertigungsgerechte Produkte für höchste Anforderungen.

Gerne können Sie bei uns auch ein Vorpraktikum, Praktikum oder Ihre Diplomarbeit absolvieren.

Sensor-Technik Wiedemann GmbH · Am Bärenwald 6 · 87600 Kaufbeuren  
Telefon +49 (0) 8341 9505-0 · E-Mail [bewerbung@sensor-technik.de](mailto:bewerbung@sensor-technik.de) · Internet [www.sensor-technik.de](http://www.sensor-technik.de)

Ein neues  
Fahrerlebnis.



**Stadtwerke**  
**eMobilität**

Schnell, preiswert, klimagut.

Als Ihre Stadtwerke Augsburg organisieren wir Mobilität in der Stadt mit Bus & Straßenbahn. Jetzt ganz neu: eMobilität. Wir bieten Ihnen individuelle Komplettpakete für eFahrräder, eRoller und Segways an.



Mehr Informationen  
unter 0821/6500-6500  
[www.stadtwerke-augsburg.de](http://www.stadtwerke-augsburg.de)



Von hier. Für uns.  
**Stadtwerke Augsburg**

Energie, Wasser, Verkehr.

# B/S/H/

BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERÄTE GMBH



## Check-in *for innovation*

**Willkommen beim Innovationsführer für Hausgeräte, willkommen im Team!** Zum Beispiel an unserem Standort Dillingen: Hier betreiben wir Europas größtes und modernstes Geschirrspülerwerk – und entwickeln Produkte, die das Leben leichter machen. 2008 wurden wir als „Deutschlands nachhaltigstes Unternehmen“ und 2009 mit dem „Innovationspreis für Klima und Umwelt“ ausgezeichnet. Denken auch Sie mit uns weiter. Ihr Kontakt: Christian Stelzmüller, Personalabteilung, Telefon 09071/52-524



[www.bsh-group.de](http://www.bsh-group.de)