



# Forschungsbericht 2013

Hochschule Augsburg | University of Applied Sciences



Hochschule  
Augsburg University of  
Applied Sciences

# LEW

Lechwerke



## NATUR. BEWUSST. LEW.

„Als Betreiber von 35 Wasserkraftwerken der LEW-Gruppe ist es Aufgabe der Bayerischen Elektrizitätswerke, den Lebensraum Natur zu schützen. Beispielsweise durch die Entwicklung und Erforschung neuer Fischaufstiegshilfen.“

*Dr. Gerhard Haimerl, Ingenieur für Wasserbau-Technik  
bei den Bayerischen Elektrizitätswerken*

VORWEG GEHEN

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

## Liebe Leserinnen, liebe Leser,

die Forschung und Entwicklung (FuE) betont durch viele erfolgreiche und spannende Projekte die wissenschaftliche und auch gesellschaftliche Reputation unserer Hochschule. Einen guten Überblick über die Vielfalt der FuE in den vergangenen zwei Semestern erhalten Sie im Ihnen nun vorliegenden Forschungsbericht 2013.

Aber die FuE ist noch mehr: Mit ihrem Potenzial an Innovationen, Ideen, Verfahren, Produkten und Dienstleistungen ist sie ein Motor für die Zukunft. Sie sichert darüber hinaus auch die Aktualität, Praxisnähe und Qualität der Lehre wie auch der praktischen Ausbildungsteile.

Gerade im vergangenen Sommersemester konnte die erweiterte Hochschulleitung eine ganze Reihe von neuen Maßnahmen zur Forschungsförderung auf den Weg bringen. Eine Reihe einfacher Regelungen und Prozesse, etwa zur Vergabe von Forschungssemestern oder zum Freikauf, schaffen nun noch mehr Freiraum und Flexibilität für die FuE an der Hochschule Augsburg.

Auch im Jahr 2014 wollen wir weiterhin konsequent daran arbeiten, die Förderung der FuE an der Hochschule voranzutreiben. Die Basis hierfür ist auch eine optimierte Drittmittelinfrastruktur, die dem Vergleich mit anderen forschungsstarken Hochschulen in Bayern standhält. Unser Ziel für die Zukunft ist es, dass es an keiner anderen bayerischen Hochschule für angewandte Wissenschaften bessere Möglichkeiten und Voraussetzungen oder mehr Freiräume für das Engagement von MitarbeiterInnen und ProfessorInnen in der FuE gibt. Das ist, aus FuE-Sicht, die Grundlage zur Erfüllung der Mission unserer Hochschule: die Entwicklung gefragter Persönlichkeiten.

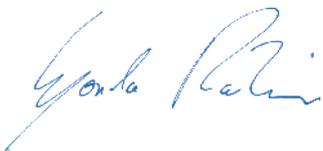
Hier möchte ich mich – auch ganz persönlich – bei den zahlreichen in der Forschung und Entwicklung engagierten ProfessorInnen und MitarbeiterInnen aller Fakultäten und Abteilungen herzlich bedanken. Sie ermöglichen es der Hochschule Augsburg, auch in diesem Forschungsbericht eine beeindruckende Bilanz präsentieren zu können!

Last, but not least ein herzliches Dankeschön an mein Team im Ressort Forschung & Wissenstransfer! Namentlich ein großes Danke an die ProfessorInnen Dr.-Ing. Runa T. Hellwig, Dr. Gundolf Kiefer, Dr. Peter Richard, Dr.-Ing. Reinhard Stolle und Dr. Rolf Winter, die mit vielen weiteren engagierten Kolleginnen und Kollegen aller Fakultäten und Abteilungen auch im vergangenen Jahr wieder intensiv daran mitgearbeitet haben, die FuE an unserer Hochschule nachhaltig zu fördern.

Machen auch Sie mit! Haben Sie Teil an der erfolgreichen FuE-Arbeit der Hochschule Augsburg! Gemeinsam können wir vieles für unsere Stadt und unsere Region erreichen. Lassen Sie uns zusammen mit viel Optimismus und Schwung das neue akademische Jahr beginnen!

Und nun wünsche ich Ihnen eine interessante Lektüre des neuen Forschungsberichts – zahlreiche Forschungsprojekte in allen Fakultäten zeigen wieder die Vielseitigkeit und das hohe Niveau der FuE an unserer Hochschule Augsburg.

Ihr



Prof. Dr. Gordon T. Rohrmair

Vizepräsident für angewandte Forschung und Wissenstransfer



Prof. Dr. Gordon  
Thomas Rohrmair

Vizepräsident für  
angewandte Forschung  
und Wissenstransfer

Im Profil: Zahlen, Daten, Fakten

## Tradition und Moderne – Die Hochschule Augsburg im Überblick

Mit rund 5.200 Studierenden ist die Hochschule Augsburg die größte Hochschule für angewandte Wissenschaften in Bayerisch-Schwaben. Kaum eine andere Hochschule in Deutschland kann auf eine so lange Tradition zurückblicken. Als erfolgreiche Bildungsinstitution feierte sie im Jahr 2010 die 300-jährigen Wurzeln ihrer gestalterischen Fachrichtung. 2011 folgte sogleich das Festjahr zum 40-jährigen Bestehen als Hochschule für angewandte Wissenschaften.

Am 1. August 1971 war sie als Fachhochschule gegründet worden. Die Anfänge der Hochschule Augsburg aber reichen bis in das Jahr 1710 zurück, als die private Sandrart'sche Kunstschule in die „Reichsstädtische Kunstakademie“ überführt und allen Augsburger Bürgern zugänglich gemacht worden war. 1835 war die Kunstakademie in die zwei Jahre zuvor gegründete Königliche Polytechnische Schule integriert und mit den Ausbildungsrichtungen Gestaltung und Technik weitergeführt worden. Den Grundstein für 300 Jahre öffentlich-akademische Bildung in der Region hatte somit eine Institution gelegt, 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 sieben Fakultäten: Allgemeinwissenschaften, Architektur und Bauwesen, Elektrotechnik, Gestaltung, Informatik, Maschinenbau und Verfahrenstechnik sowie Wirtschaft. Mehr als 150 Professoren und über 260

Lehrbeauftragte bereiten die Studierenden mit hoher Fachkompetenz und großem Engagement optimal auf die Anforderungen des Berufslebens vor, um sie zu gefragten Persönlichkeiten in Wirtschaft und Gesellschaft zu machen. Exzellenz in der Lehre und Praxisnähe sind Mittel, diese Ziele zu erreichen.

Rund 90 Prozent der Absolventinnen und Absolventen finden unmittelbar nach ihrem Abschluss eine Anstellung, werden zu Existenzgründern oder beginnen ein weiterführendes Studium. Als gut ausgebildete Fachkräfte leisten sie einen wesentlichen Beitrag zum wirtschaftlichen Wachstum der Region. Jedes Semester führen Professoren und Studierende anwendungsbezogene Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit regionalen und überregionalen Wirtschaftsunternehmen durch. Der größte Teil an Bachelor- und Masterarbeiten wird in Kooperation mit 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 Konstruktiven Ingenieurbau. Weitere Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Multimedia, Faserverbund und Ressourceneffizienz. Das Institut für Technologietransfer und Weiterbildung fungiert als zentrale Kontaktstelle der Hochschule. Es koordiniert Forschungsvorhaben fakultätsübergreifend und interdisziplinär.



Foto: M. Duckek, Ulm

Forschungsbericht 2013 der Hochschule Augsburg

## Inhalt

### EDITORIAL

Prof. Dr. Gordon Thomas Rohrmair ..... 3

ZAHLEN, DATEN, FAKTEN ..... 4

### FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

#### 2013 – Forschung und Wissenstransfer

Dipl. Pol. Nico Kanelakis ..... 10

#### Das Hochschulzentrum Donau-Ries geht an den Start

Dipl.-Ing. Ines Krüger ..... 12

### ARCHITEKTUR & DESIGN

#### Gedenkstätte KZ-Außenlager Gablingen

Prof. Susanne Gampfer ..... 16

### INFORMATIK & MULTIMEDIA

#### paperbits – mixed media per Post

Prof. KP Ludwig John ..... 20

#### mobile experience & usability 2013

Prof. KP Ludwig John ..... 23

#### Die Industrie vernetzen? Aber sicher!

Prof. Dr. Rolf Winter ..... 26

#### Die Vermessung des Internets – das EU Projekt mPlane

Prof. Dr. Rolf Winter ..... 27

#### Intelligente Kameras und effiziente eingebettete Systeme

Prof. Dr. Gundolf Kiefer, Dipl.-Inf. Schäferling M.Sc. .... 28

#### 3D-Bildverarbeitung für die zahnmedizinische Forschung

Prof. Dr. Peter Rösch ..... 32

#### Usability Engineering: Von der Forschung in die Praxis

Prof. Dr.-Ing. Christian Martin, Dipl.-Wirt.-Inf. Christian Herdin, Dipl.-Inf. Jürgen Engel ..... 34

#### Steuerung und Programmierung von mobilen Robotern

Prof. Dipl.-Ing Georg Stark ..... 38

#### Java-CUDA-Abstraktion im Kontext der massiven Parallelisierung physikalischer Simulationen

Matthias Klaß, Stefan Krottil (IWU), Prof. Dr. Gerhard Meixner ..... 44

#### Fit für Solarstromeinspeisung – Computergestützte Dimensionierung regionaler Stromnetze

Prof. Dr. Thomas Rist, Michael Wiest M. Sc. .... 46

#### Interaction Engineering – Wege zur natürlichen Mensch-Computer-Interaktion

Prof. Dr. Michael Kipp ..... 50

<b>Embedded Linux lehren mit Gnublin</b>	
Prof. Dr. Hubert Högl . . . . .	54
<b>Keep an Eye on the Pi – Der Raspberry Pi als günstige und trotzdem leistungsfähige Plattform für die Sehforschung</b>	
Dipl.-Inf. (FH) Torsten Straßer, M.Sc. . . . .	57
<b>Informationsfilme für Ecofund e.V.</b>	
Prof. Jens Müller . . . . .	63
<b>PPS-Software für Karbontüren des neuen Airbus A350</b>	
Prof. Dr. Rainer Kelch . . . . .	66
<b>Entwurf eines kundenspezifisch anpassbaren Monitorings von hochwertigen Standardkomponenten</b>	
Prof. Dr. Rainer Kelch . . . . .	68
<b>Generischer Ansatz für die Optimierung einer ABAP-basierten, adaptiven und taktgesteuerten SAP ERP PPS-Eigenentwicklung</b>	
Prof. Dr. Rainer Kelch . . . . .	70
<b>INGENIEURWISSENSCHAFTEN</b>	
<b>Neu: Das Institut für Holzbau (IfH)</b>	
Prof. Dr.-Ing. François Colling . . . . .	74
<b>Bayerischer Forschungsverbund für effiziente Produkt und Prozessentwicklung durch wissensbasierte Simulation – FORPRO<sup>2</sup></b>	
Prof. Dr.-Ing. Michael Schmid. . . . .	78
<b>Kostenkalkulation bei Mehrstellen- und Mehrstückbearbeitung</b>	
Prof. Dr.-Ing. Willi Rößner . . . . .	82
<b>Verwertung der Klärschlämme der Kläranlage Augsburg bei der Abfallverwertung Augsburg mit dem Ziel der Phosphat-Rückgewinnung</b>	
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rommel . . . . .	85
<b>CFK/Metall-Hybridbauweisen im Maschinenbau: Innovative Technologien am Beispiel torsionsbelasteter Strukturen</b>	
Dipl.-Ing. (FH) Christian Oblinger M.Eng., Prof. Dr.-Ing. André Baeten, Dipl.-Ing. Holger Lang, Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler . . . . .	90
<b>Engineering Kanuslalom 3: Strukturoptimierung und Fertigung eines CFK-Wettkampfbotes</b>	
Sabrina Barm, B.Eng. . . . .	96
<b>MAI Design: Konstruktion und Aufbau eines Impact-Teststands für CFK-Werkstoffproben</b>	
Prof. Dr.-Ing. André Baeten . . . . .	101
<b>MAI Bildung: Entwicklung einer durchgängigen Ausbildungskette „Faserverbund“</b>	
Prof. Dr.-Ing. André Baeten . . . . .	105
<b>Numerical Simulation of Fiber-Reinforced Material Dynamics</b>	
Prof. Dr.-Ing. André Baeten . . . . .	108
<b>HyComet-1: A Sounding Rocket Research Project</b>	
Dipl. Ing. (FH) Moritz Ellerbeck M.Sc., Dipl.-Ing. Thomas Dirlich, Prof. Dr.-Ing. André Baeten . . . . .	112

<b>Research Satellite CEOSAT: Composite Experimental Optical Sloshing Analysis Testbed</b>	
Prof. Dr.-Ing. André Baeten .....	115
<b>Was bedeutet die Energiewende für Verbraucher?</b>	
Prof. Dr.-Ing. Michael Finkel, Anton Gerblinger Dipl.-Ing. (FH), Michael Wiest, M.Sc. ....	118
<b>Machbarkeitsstudien zur Produktion 2020</b>	
Prof. Dr.-Ing. Markus Glück .....	122
<b>TTZ – Transferzentrum flexible Automation und kooperative Robotik</b>	
Prof. Dr.-Ing. Markus Glück, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Zeller, Prof. Dr. Gordon Thomas Rohrmair. ....	125
<b>Methodenvergleich zur Fremdwasserbestimmung in Bayern</b>	
Prof. Dr.-Ing. Rita Hilliges .....	130
<b>Laserscanning in der experimentellen Archäologie – „The Selinon Temple Experiment“</b>	
Matthias Scholz, B.Eng, Daniel Streif, B.Eng. ....	132
<b>Bamboocrete – Prototypes for reinforcement of structural building parts with bamboo</b>	
Prof. Susanne Gampfer .....	136
<b>Forschungsprojekte zu Themen der Energieeffizienz und Raumklima</b>	
Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig .....	142
<b>Tageslichthimmel – Neueste Technologie im E2D – Energie Effizienz Design im Einsatz</b>	
Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig, Prof. Michael Schmidt .....	147
<b>Monitoring von Niedrigenergie-Gebäudesystemen beim Einsatz Erneuerbarer Energien</b>	
Prof. Dr.-Ing. Martin Bauer .....	148
<b>WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN</b>	
<b>„Schulterblick bei Polieren“ zeigt Verbesserungspotenziale in der Bau-Supply Chain</b>	
Prof. Dr. Michael Krupp, Prof. Dr. Peter Richard .....	152
<b>„Lean management“ bringt Ersatzteile schneller ans Ziel</b>	
Prof. Dr. Michael Krupp, Prof. Dr. Peter Richard .....	156
<b>Die Logistik braucht ein Gesicht</b>	
Prof. Dr. Michael Krupp, Prof. Dr. Peter Richard .....	158
<b>Fallstudien aus der Schwäbischen Logistikwirtschaft</b>	
Prof. Dr. Michael Krupp, Prof. Dr. Peter Richard .....	161
<b>Der Bewertungsprozess bei einem Strategen</b>	
Prof. Thorsten Feix .....	163
<b>Erasmus Intensive Program „Ethics in Banking“</b>	
Prof. Dr. Thorsten Feix .....	166
<b>Unternehmertum – Persönlichkeiten verleihen sich Ausdruck</b>	
Prof. Dr. habil. Klaus Kellner .....	167
<b>Profilauditierung Bahnpark Augsburg: „Entertainment and Recruiting“</b>	
Prof. Dr. habil. Klaus Kellner .....	170
<b>Europäische Metropolregion München e.V. – Klares Profil für eine Spitzenposition in Europa</b>	
Prof. Dr. habil. Klaus Kellner .....	172

<b>Der Weg zu einer angemessenen und nachhaltigen Vorstandsvergütung</b>	
Prof. Dr. Marcus Labbé .....	174
<b>Die Professionalisierung von Aufsichtsräten in Deutschland</b>	
Prof. Dr. Marcus Labbé .....	176
<b>Kasinokapitalismus oder Endzeitenkino?</b>	
Prof. Dr. Marcus Labbé .....	177
<b>Brand Awareness-Screening</b>	
Prof. Dr. Manfred Uhl .....	180
<b>Kommunikationskonzept für Riga – Internationales Nonprofit-Marketing</b>	
Prof. Dr. Manfred Uhl .....	181
<b>Durch einfache Maßnahmen den Materialfluss verbessern: Logistik-Projekt optimiert logistische Abläufe im Nestlé-Werk</b>	
Frédéric Erben B.A. ....	183
<b>Arbeitgeberattraktivität – Befragung der Absolventen der Hochschule Augsburg</b>	
Prof. Dr. Christian Lebreuz, Prof. Dr. Erika Regnet .....	186
<b>Karrieren im Top-Management</b>	
Prof. Dr. Erika Regnet .....	190
<b>Do eco-innovations need specific regional characteristics?</b>	
Prof. Dr. Jens Horbach .....	194
<b>Konzeption eines Finance &amp; Research Lab</b>	
Prof. Dr. Michael Feucht .....	196
<b>FAKULTÄT FÜR ALLGEMEINWISSENSCHAFTEN</b>	
<b>Luther, Augsburg und die Reformation</b>	
Prof. Dr. phil. Wilhelm Liebhart M.A. ....	201
<b>Über das Unendliche</b>	
Prof. Dr. Wolfgang Mückenheim .....	204
<b>Fahren bei Gegenwind – Erkenntnis und Fehlverständnis der umgekehrten Proportionalität in der Naturwissenschaft</b>	
Dr. Matthias R. Risch .....	206
<b>AKADEMISCHER FORSCHUNGSNACHWUCHS AN DER HOCHSCHULE AUGSBURG</b>	
<b>PROMOTIONEN</b>	
<b>New methods for digitally controlled bridgeless PFC converters</b>	
Dipl.-Ing. (FH) Daniel Miller .....	210
<b>Die Ende-zu-Ende Vermessung des Internets</b>	
Michael Faath M.Sc. ....	213
<b>Wirtschafts-organisatorische Grundlagen zur Bildung und Entwicklung von Gemeinschaftsunternehmen</b>	
Dr. Michael Ochs .....	214

<b>Advances in Microwave Metrology</b>	
Dipl.-Ing. Stephan Kolb .....	216
<b>Automatische Generierung von Benutzeroberflächen für interaktive Softwaresysteme</b>	
Dipl.-Inf. (FH) Jürgen Engel, M.Sc. ....	217
<b>Phasenbildung in Vielstoff-Systemen unter Ungleichgewichtsbedingungen</b>	
Dipl.-Geol. Ulrike Corradi .....	222
<b>Implementation of a digital control for Cuk power factor correction (PFC)</b>	
Dipl.-Ing. (FH) Markus Scherbaum .....	224
<b>Simulation of innovative business cases for household customers in the german electricity supply</b>	
Dipl.-Ing. (FH) Anton Gerblinger .....	231
<b>MASTER OF APPLIED RESEARCH</b>	
<b>Sensorfusion von DGPS und INS für das autonome Testen eines Rennfahrzeugs</b>	
Robert Dollinger .....	236
<b>Steuerungskonzept für Produktionsmaschinen auf Basis standardisierter programmierbarer Antriebs- und Sicherheitsfunktionen</b>	
Christoph Berger, B.Eng .....	237
<b>Abstimmbare Filter für Hochfrequenzsysteme</b>	
Philipp Heine, B.Eng. ....	238
<b>Entwicklung von Simulationsmodellen</b>	
Thomas Blenk, B.Eng. ....	239
<b>Nachhaltigkeit von Energie-Plus-Häusern</b>	
Johannes Rieger, B.Eng. ....	240
<b>Hardwarebeschleunigte Bildtransformationen und Extraktion natürlicher Merkmale</b>	
Matthias Pohl, B. Eng. ....	241
<b>Intelligente dezentrale Softwareagentensysteme in der Verkehrsleittechnik</b>	
Christian Ego, B.Sc. ....	242
<b>Lean Management Umsetzungsgrad und Einführungs-Strategien für bayerisch-schwäbische KMUs</b>	
Frédéric Erben B.A. ....	244
<b>Durch geeignete Strategien der internen Komplexität im Unternehmen entgegen wirken</b>	
Anna Pfefferle B.A. ....	245
<b>Konvertierung von Datenmodellen zwischen Fuzzing-Frameworks</b>	
Florian Schmidt .....	246
<b>Absicherung industrieller IT-Infrastrukturen</b>	
Andreas Seiler B.Sc. ....	248
<b>WEITERE VERÖFFENTLICHUNGEN</b> .....	249
<b>IMPRESSUM UND KONTAKT</b> .....	250

## 2013 – Forschung und Wissenstransfer

Ressort Forschung und Entwicklung an der Hochschule Augsburg gewinnt an Prägnanz



Dipl.-Pol. Nico Kanelakis

Hochschule Augsburg

Telefon 49 (0) 821 5586-3099

nico.kanelakis@hs-augsburg.de

Im Jahr 2010 wurde das Ressort Forschung und Wissenstransfer (F&W) an der Hochschule Augsburg (HSA) eingerichtet. Im nunmehr dritten Jahr der Arbeit dieses noch jungen Ressorts haben sich unser Auftrag und Selbstverständnis konkretisiert.

Die Aufgabe des Ressorts F&W ist selbstverständlich nicht darin zu sehen, konkrete Forschungsprojekte zu bearbeiten, geschweige denn Themen oder gar Schwerpunkte der Forschung und Entwicklung (FuE) zu definieren. Vielmehr ist das Ressort F&W ein hochschulweiter und fakultätsübergreifender Dienstleister zur Bereitstellung einer forschungsfreundlichen Infrastruktur an der HSA. Es geht darum, bestmögliche Rahmenbedingungen für unsere ForscherInnen und WissenschaftlerInnen zu schaffen.

### DAS ZIEL DER ARBEIT DES RESSORTS F&W LÄSST SICH WIE FOLGT ZUSAMMENFASSEN:

Wir wollen erreichen, dass es an keiner anderen Hochschule in Bayern bessere Möglichkeiten und Voraussetzungen für die Entfaltung von Mitarbeitern und Professoren im Bereich Forschung und Entwicklung gibt. Diese Freiheit für Engagement sehen wir als Basis für die Kernaufgabe unserer Hochschule, nämlich das Hervorbringen gefragter Persönlichkeiten.

Im Sommersemester 2013 konnten wir diesem Ziel wieder einen großen Schritt näher kommen. Zur Verbesserung der Vereinbarkeit von Forschung und Lehre hat die erweiterte Hochschulleitung auf Vorschlag des Ressorts F&W einige wichtige neue Regelungen zur Forschungsförderung beschlossen. Im Rahmen einer neuen und zum Teil erstmaligen verbindlichen und vor allem unkomplizierten Regelung von Themen wie Freikauf, Frei- bzw. Forschungssemester und der Vergabe von FuE-Entlastungsstunden wird der zeitliche Aufwand für FuE-Projekte erheblich besser planbar.

#### Die Mission des Ressorts F&W:

Wir wollen erreichen, dass es an keiner anderen Hochschule in Bayern bessere Möglichkeiten und Voraussetzungen für die Entfaltung von Mitarbeitern und Professoren im Bereich Forschung und Entwicklung gibt. Diese Freiheit für Engagement sehen wir als Basis für die Kernaufgabe unserer Hochschule, nämlich das Hervorbringen gefragter Persönlichkeiten.

Nach unserem Verständnis gibt es im Wesentlichen drei Faktoren, die eine Forschungstätigkeit von ProfessorInnen an unserer Hochschule begünstigen. Neben der starken intrinsischen Hauptmotivation aus dem wissenschaftlichen Selbstverständnis heraus sind dies insbesondere die Faktoren Zeit und finanzielle Ausstattung.

Zur Erhaltung und Stützung der Motivation unserer Forscherinnen und Forscher arbeiten wir daran, eine Kultur der Wertschätzung zu etablieren, ohne dabei die Wichtigkeit und Bedeutung der Lehre ins Hintertreffen geraten zu lassen. Über Lob und Anerkennung hinaus ist es dabei jedoch auch unumgänglich, Freiräume für die Forschung zu schaffen.

Wir wollen, dass unsere ForscherInnen ihre wertvolle Zeit – gerade auch bei der Einwerbung von Drittmitteln – nicht in einem Dickicht komplizierter und schwer zu durchblickender Bürokratie verlieren. Deshalb arbeiten wir gemeinsam und eng mit der Verwaltung an der Optimierung forschungsrelevanter Prozesse an der HSA. Neben anderen Maßnahmen ist dies insbesondere die Definition und fortlaufende Verbesserung des Drittmittelprozesses. Der unter Federführung von Prof. Dr. Peter Richard erstellte Drittmittelleitfaden befindet sich nunmehr in der Phase seiner praktischen Erprobung und wir werden auf Basis der zahlreichen Feedbacks eine erste Evaluation vornehmen, um das Drittmittelverfahren hinsichtlich seiner Praktikabilität künftig weiter zu verbessern.

Für ein nachhaltiges Wachstum der FuE an unserer Hochschule ist die Etablierung eines wissenschaftlichen (forschungsbezogenen) Mittelbaus unumgänglich. Nur so können auch größere Forschungsprojekte personell gestemmt werden. Auch hier geht es also, neben der damit erfolgenden Verknüpfung von Forschung einerseits und Studium und Lehre, andererseits um eine horizontale Erweiterung der Ressource Zeit.

Eine wichtige Maßnahme zur Erweiterung des Forschungsmittelbaus war die Einrichtung des Master-Studiengangs Applied Research (MAPR). Unter Federführung der Professoren Dr.-Ing. Reinhard Stolle (Fakultät für Elektrotechnik) und Dr. Gundolf Kiefer (Fakultät für Informatik) hat die HSA dieses fakultätsübergreifende Programm, in Kooperation unter anderem mit der

Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, erfolgreich eingeführt. Die bisherige Entwicklung ist sehr positiv und es besteht ein hohes Maß an Interesse am MAPR – sowohl von Seiten der ProfessorInnen als auch von Seiten der Studierenden. Derzeit befinden sich etwa 15 Studierende im MAPR-Programm. Einige dieser MA-Studierenden sind über Industriepartnerschaften auch am Hochschulzentrum Donau-Ries in Nördlingen angesiedelt. Im Rahmen des von Aufbruch Bayern finanzierten Technologietransferzentrums (TTZ) lernen und forschen sie dort in den Themengebieten von „Industrie 4.0“ und „Produktion 2020“. An dieser Stelle ein herzliches Dankeschön an Prof. Dr.-Ing. Markus Glück (Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik) und Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Zeller (Fakultät für Elektrotechnik) für ihr erfolgreiches und intensives Engagement bei diesem Projekt der Hochschule.

Um nach der nunmehr erfolgten ersten Erprobungsphase des MAPR-Studiengangs dieses Angebot noch mehr ProfessorInnen und Studierenden zugänglich zu machen, wird das Ressort F&W im Wintersemester 2013/2014 einen FuE-Workshop zu diesem Thema anbieten.

Ein weiterer und noch bedeutenderer Baustein in Sachen Mittelbau ist die Etablierung eines geordneten Verfahrens zur kooperativen Promotion. Im Rahmen der kooperativen Promotionen wollen wir unsere Nachwuchswissenschaftler zum höchsten akademischen Grad führen. In der Diskussion sind derzeit sowohl ein hochschulinternes und fakultätsübergreifendes Promotionskolleg als auch ein bayernweites Promotionskolleg aller Hochschulen für angewandte Wissenschaften. Darüber hinaus wollen wir natürlich auch mit der Universität Augsburg sowie mit internationalen Universitäten Verfahren zur kooperativen Promotion institutionalisieren.

Die Erweiterung des Forschungsmittelbaus, gerade durch Doktorandinnen und Doktoranden sowie durch drittmittelfinanzierte, promotionsfähige wissenschaftliche MitarbeiterInnen ist auch eine Voraussetzung für ein weiteres Ziel unserer Arbeit – die Mitgliedschaft in der European University Association (EUA). Wir streben die Mitgliedschaft in der EUA an, um so ein deutliches Zeichen für die Qualität und Reputation unserer

### Hohes Drittmittelniveau an der HSA

Das vergangene Jahr war für die FuE an der Hochschule Augsburg wieder ein sehr erfolgreiches. Begünstigt nicht zuletzt durch die stetige Verbesserung der Forschungsinfrastruktur konnten unsere ForscherInnen Zusagen für zahlreiche Förderprojekte erreichen und somit auch die Summe eingeworbener Drittmittel auf ein erneut hohes Niveau hieven. Für das Jahr 2013 erwarten wir insgesamt ein Drittmittelvolumen von ca. 3,5 Mio. Euro – damit wäre das, mit dem Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst vereinbarte, Ziel von durchschnittlich 20.000 Euro an Drittmitteln pro ProfessorIn zum wiederholten Male erreicht (siehe Tab. 1).

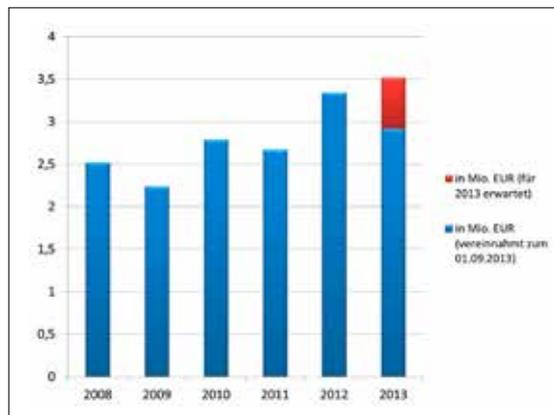


Tabelle: Entwicklung Drittmittel seit 2008.

Hochschule zu setzen. Derzeit gehören der EUA nur sehr wenige bayerische Hochschulen für angewandte Wissenschaften an, u.a. Ingolstadt und München. Damit auch die Hochschule Augsburg im Konzert der herausragenden bayerischen Hochschulen für angewandte Wissenschaften ihren Platz im Orchester einnehmen kann, ist diese Mitgliedschaft Ziel und Voraussetzung zugleich.

### Zahlreiche Publikationen

Erfreulich hoch war im vergangenen Jahr auch die Anzahl an Publikationen. Die Veröffentlichung von Forschungsleistungen ist ein elementarer Bestandteil unseres Auftrags zum Wissenstransfer. Damit unterstützen wir als Hochschule die Innovationsbemühungen der insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen in unserer Region. Die Publikation von Forschungsergebnissen ist ein deutlicher Gradmesser auch für den Bereich der Forschung, der nicht im Rahmen von Industrie- oder Förderprojekten stattfindet. Gerade hier zeigt sich das große Engagement der Professorinnen und Professoren der Hochschule Augsburg in ganz besonderem Maße.

## Das Hochschulzentrum Donau-Ries geht an den Start

Studium, Weiterbildung und Technologietransfer unter einem Dach



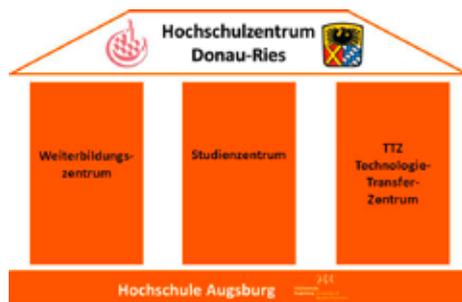
Dipl.-Ing. Ines Krüger

Hochschule Augsburg

Telefon +49(0)821 5586-3212  
ines.krueger@hs-augsburg.de

Die Anforderungen an die industrielle Produktion sind durch den stetigen Zuwachs an wissenschaftlichen Erkenntnissen in ständigem Wandel begriffen – und dies in immer rasanterer Geschwindigkeit. Neben der Umsetzung hoher qualitativer Produkthanforderungen bei immer größerer Produktvielfalt gilt es, die Arbeitsplätze an die Bedürfnisse der Arbeiter z. B. hinsichtlich Arbeitsschutz und veränderter Altersstruktur anzupassen. Im Hochschulzentrum Donau-Ries wird interdisziplinär und gemeinsam mit den Kooperationspartnern aus der Industrie an der Lösung dieser Problemstellung gearbeitet sowie gleichzeitig Studium und Weiterbildung zur Fachkräftesicherung auf höchstem Niveau angeboten.

### DREI SÄULEN UNTER EINEM DACH



Das Hochschulzentrum Donau-Ries wird von der Hochschule Augsburg gemeinsam mit dem Landkreis Donau-Ries, der Stadt Nördlingen und dem Technologie Centrum Westbayern GmbH (TCW) zu einer innovativen

Technologie Centrum Westbayern

Bilder: TCW



Einrichtung entwickelt mit dem Ziel, sich wirkungsvoll in die nordschwäbische Region mit ihren speziellen Bedürfnissen und Anforderungen einzubringen und den Technologietransfer zu fördern. Studierende sollen sich hier zu gefragten Persönlichkeiten in Wirtschaft und Gesellschaft entwickeln können. Um diese hochgesteckten Ziele zu erreichen, vereint das Hochschulzentrum unter dem Dach des TCW ein Studien-, ein Weiterbildungs- sowie ein Technologietransferzentrum. Zusammen bilden diese das Fundament für den Ausbau der Präsenz der Hochschule Augsburg im Landkreis Donau-Ries sowie für die Entwicklung des Technologietransfers und damit des gesamten nordschwäbischen Wirtschaftsraums.

### UNTERSTÜTZER UND FÖRDERER

Möglich wurde der Aufbau des Hochschulzentrums erst durch vielfältiges Engagement von Firmen, Institutionen und durch Einzelpersonen. So wird das Weiterbildungszentrum vom Europäischen Sozialfonds (ESF) kofinanziert und das Technologietransferzentrum (TTZ) mit Mitteln aus dem Förderprogramm „Aufbruch Bayern“, einer Initiative der Bayerischen Staatsregierung, realisiert. Das Studienzentrum dagegen konnte durch das Engagement namhafter Firmen und Institutionen, vorwiegend aus dem Landkreis Donau-Ries, die sich zu einer Stifterinitiative zusammengeschlossen haben, eingerichtet werden.

### DAS STUDIENZENTRUM

Am dortigen Studienzentrum finden reguläre Lehrveranstaltungen der Hochschule Augsburg statt, die neueste Themenfelder wie z. B. die Fachrichtung „Produktionsmechatronik“ beinhalten. Durch das Engagement der Stifterinitiative konnten 1,5 Stiftungsprofessuren für Lehre und Forschung zusätzlich eingerichtet werden, wovon für die halbe Professorenstelle ab Februar 2014 Frau Prof. Dr.-Ing. Claudia Ehinger gewonnen werden konnte.

### MASTERSTUDIUM APPLIED RESEARCH (MAPR)

Bei diesem praxisorientierten Studiengang arbeiten die Studierenden, betreut durch einen Professor, an Forschungs- und Entwicklungsprojekten an der Hochschule Augsburg oder am Studienzentrum Donau-Ries. Die



Prof. Dr.-Ing. Markus Glück (li.)

Forschungsaufträge kommen direkt aus der Industrie und beinhalten Themenfelder der „Industrie 4.0“. Parallel wird das Masterstudium absolviert, das letztendlich in eine kooperative Promotion münden kann.

#### DAS WEITERBILDUNGSZENTRUM

Das Weiterbildungszentrum Donau-Ries ist ein kompetenter Seminaranbieter zur beruflichen Weiterqualifizierung von Fach- und Führungskräften. Es fungiert als aktives Bindeglied zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Die umfangreichen Themenfelder des Bildungsangebots werden in einem mehrfach jährlich aktualisierten Bildungskatalog beschrieben und ständig erweitert.

Ein Beispiel dafür sind die neuen Fachseminarreihen und Zertifikatskurse. So konnte der erste Zertifikatskurs „Managementwissen“ erfolgreich abgeschlossen und die ersten Hochschulzertifikate übergeben werden. Neu gestartet ist ebenfalls der Zertifikatslehrgang „Produktmanagement“. Weitere werden folgen.

#### DAS TECHNOLOGIETRANSFERZENTRUM

Im TTZ, dem Herzstück und Schrittmacher des Hochschulzentrums, arbeiten Wissenschaftler und Studie-

rende gemeinsam sowohl mit Firmen aus der Region als auch mit Weltunternehmen an der Entwicklung und Umsetzung von zukünftigen Fertigungs- und Automatisierungseinrichtungen einer Produktion 2020. Ihre Aufgabe ist es, Schlüsseltechnologien der Produktion der Zukunft anschaulich zu demonstrieren und an den Herausforderungen der Systemintegration besonders zu arbeiten. Das Lehr- und Wissenstransferkonzept konzentriert sich dabei fakultätsübergreifend auf die Themenfelder der Produktionsmechatronik, der industriellen Bildverarbeitung, eines sicheren Zusammenwirkens von Mensch und Maschine sowie neuen Schlüsseltechnologien einer Industrie 4.0. Weiter findet eine Auseinandersetzung mit Fragestellungen zur Sicherheit moderner Maschinen- und Anlageninfrastruktur vor unberechtigten Zugriffen und Cyberattacken aus dem Internet statt.

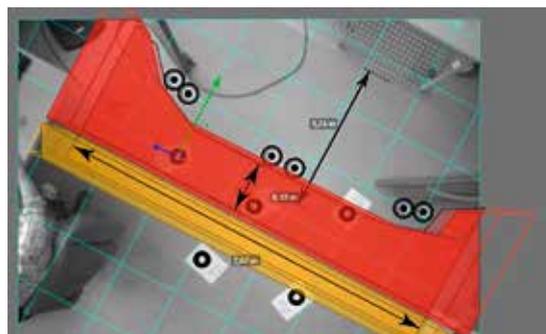
#### KOOPERATIVE ROBOTIK

Die Stärken des Menschen liegen in seiner Intuition und Flexibilität, die der Roboter dagegen sind Exaktheit und Wiederholgenauigkeit. Diese Potenziale gilt es zu vereinen. Derzeit sind Industrieroboter jedoch noch

#### Innovationsnetzwerk „Produktion 2020“ und „Industrie 4.0“

2011 wurde im Umfeld des Technologie Centrum Westbayern das Innovationsnetzwerk „Produktion 2020“ gegründet. Im Fokus der vielfältigen Projekte des Netzwerks steht die firmenübergreifende, integrative Auseinandersetzung mit Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Die Schwerpunkte liegen hierbei auf der Entwicklung von Lösungsansätzen für voll automatisierte Fertigungstechniken.

„Produktion 2020“ ist eng verknüpft mit dem Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. „Industrie 4.0“ steht hierbei für die vierte technische Revolution, die eine immer stärkere Automatisierung der Industrie bis hin zur eigenständigen Steuerung von Unternehmen durch Cyber Physical Systems (CPS), Embedded Systems, Sensoren, Smartphones und Maschinen nahezu in Echtzeit zum Ziel hat. Die Optimierungspotenziale in Produktion und Logistik sollen auf diese Art besser ausgeschöpft werden bei gleichzeitiger Verbesserung der Arbeitsbedingungen und -sicherheit für den Menschen. Dies alles bedingt eine Änderung der traditionellen Berufsbilder in den Unternehmen und bringt einen hohen Bedarf an Weiterbildung mit sich.



Safety Eye  
Schutzraum

längst nicht intuitiv zu bedienen, wodurch sie ein hohes Gefahrenpotenzial für Menschen in ihrer Umgebung darstellen.

Ein Hauptziel der Entwicklungsaktivitäten ist es daher, die sichere Koexistenz von Mensch und Roboter am Arbeitsplatz ohne trennende Schutzeinrichtungen zu ermöglichen, wie z. B. durch das bereits eingesetzte „Safety Eye“.

## FLEXIBLE AUTOMATION

Die flexible Automation erfordert neue Konzepte und Systeme zur Zusammenführung der Produktions- und Steuerungstechnologien. Eingesetzt werden u. a. neuartige Methoden der Bildmesstechnik und Signalverarbeitung. Ohne den Einsatz von industrieller Bildverarbeitung (IBV) und 3D-Messtechnik, von „künstlichen Augen“, Inline-Prüfsystemen (berührungslose Überprüfung der Werkstücke und Lageerkennung parallel zum Fertigungsprozess) sowie von modernsten Scannertechnologien ist die flexible Automation nicht denkbar. Deshalb werden am TTZ wichtige Kompetenzen für ständig neue Konzepte und Entwicklungen der Partnerunternehmen gebündelt und bis zu deren Anwendung begleitet.

Im *Demo & Research Center*, das Studierenden, Lehrenden und Partnerunternehmen gleichermaßen zur Verfügung steht, können Experimente oder Machbarkeitsstudien mit Testgeräten schnell und praktisch am eigenen Werkstück durchgeführt werden. Rund um Robotik, Greifer- und Sicherheitstechnik, Sensorik

sowie Bildverarbeitungs-, Vernetzungs- und Verbindungstechnik werden neueste Technologien namhafter Industriepartner vorgeführt und getestet. Zudem wird auch ein Prüffeld für energieeffiziente mechatronische Antriebe, Prozesssensorik und Zustandsanalyse (Condition Monitoring) im Fritz & Lieselotte Hopf Technikum für energieeffiziente Antriebstechnik gemeinsam mit dem Stifterunternehmen Schwaben Präzision Fritz Hopf GmbH genutzt.

## IT SAFETY &amp; SECURITY

Zukünftig muss sich die Industrie verstärkt mit Fragen zum Schutz vor immer raffinierteren Cyberattacken, nicht nur auf die Netzwerke, sondern vor allem auf die voll automatisierten Produktionsanlagen, auseinandersetzen.

Das TTZ bietet Beratungsdienstleistungen, Entwicklungskooperationen und Schulungen zu diesen Themen, sowohl für Hersteller als auch für Betreiber von Industrieanlagen, an.

## Danksagung

Besonderer Dank für unermüdliches Wirken und außerordentliches Engagement beim Aufbau dieses leistungsfähigen und, nicht nur für die Region, so wichtigen Technologietransferzentrums (TTZ) gebührt an dieser Stelle:

**Herrn Prof. Dr.-Ing. Markus Glück**, Geschäftsführer des Technologie Centrums Westbayern GmbH und Professor an der Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik an der Hochschule Augsburg,

**Herrn Prof. Dr. Gordon Thomas Rohrmair**, Vizepräsident für angewandte Forschung und Wissenstransfer der Hochschule Augsburg,

**Herrn Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Zeller**, Professor

an der Fakultät für Elektrotechnik an der Hochschule Augsburg und am Technologie Centrum Westbayern GmbH.

Für ihren großen Einsatz beim Betrieb und Ausbau des Weiterbildungszentrums geht ebenfalls herzlicher Dank an **Frau Prof. Dr. Erika Regnet** (Hochschule Augsburg, Fakultät für Wirtschaft) sowie **Frau Dipl.-Betriebsw. (FH) Vera Krieger**.

Die Einrichtung und der Betrieb des Studienzentrums wurden finanziell ermöglicht durch die Stifterinitiative: AGCO Fendt GmbH & Co., Engelhardt-Druck GmbH, Fritz und Lieselotte Hopf Stiftung, GEDA Dechentreiter GmbH & Co. KG, GRENZBACH Maschinenbau GmbH,

Fa. Harting KGaA, IHK – Industrie- und Handelsgremium Donau-Ries, KATHREIN Mobilcom Nördlingen GmbH, Märker Holding GmbH, MR Plan GmbH, Ohnhäuser GmbH, TIGRA Hartstoff GmbH, ZOTT GmbH & Co. KG, Wirtschaftsförderverband Donau-Ries e.V., Sparkassen Nördlingen, Donauwörth und Neuburg-Rain, Kreisverband der Volksbanken Raiffeisenbanken im Landkreis Donau-Ries.

Hierfür herzlichen Dank!

Natürlich gebührt auch allen Mitarbeitern, Forschern und den Kooperationspartnern für ihr Wirken und die gute Zusammenarbeit ein gesonderter Dank.

**Jeder Erfolg hat  
seine Geschichte.**



**BOSCH**  
Technik fürs Leben

## **Bosch Packaging Technology stellt sich vor**

**Innovationsfähigkeit und Know-how-Vorsprung bestimmen den Bosch Unternehmenserfolg. Meistern Sie zusammen mit uns neue Aufgaben durch Ihre Bereitschaft, ständig Neues zu lernen.**

Bosch Packaging Technology mit Sitz in Waiblingen bei Stuttgart ist mit rund 5000 Mitarbeitern einer der führenden Anbieter von Prozess- und Verpackungstechnik. An mehr als 30 Standorten in über 15 Ländern entwickeln und fertigen hochqualifizierte Fachkräfte mit verschiedensten Nationalitäten Gesamtlösungen für die Pharma-, Nahrungsmittel- und Süßwarenindustrie. Ein umfassendes Service-Portfolio rundet das Angebot ab.

Die Ampack GmbH, mit Sitz in Königsbrunn, ist seit 1. Oktober 2012 Teil von Bosch Packaging Technology und gehört weltweit zu einem der führenden Anbieter von Abfüll- und Verpackungsmaschinen sowie komplette Abfülllinien für vorgefertigte Becher und Flaschen. Die Maschinen sind auf die Abfüllung flüssiger und viskoser Lebensmittel in den Hygienestufen ultra-clean und aseptisch spezialisiert. Mit der Gründung einer eigenen Abteilung für aseptische Forschung und der Einrichtung

eines mikrobiologischen Testlabors hat der Standort Maßstäbe in der aseptischen Verpackungstechnik gesetzt und ist kompetenter Partner für Abfüll- und Verpackungslösungen in diesem Bereich.

**Studenten der Hochschule Augsburg bieten wir regelmäßig folgende Einstiegsmöglichkeiten:**

- ▶ Praktika
- ▶ Abschlussarbeiten
- ▶ Direkteinstieg im technischen oder kaufmännischen Bereich

Standort:

**AMPACK GmbH**

**Abfüll- und Verpackungsmaschinen**

A Bosch Packaging Technology Company

Lechfeldgraben 7

86343 Königsbrunn

Germany

Telefon: +49 (0) 8231 6005-0

Fax: +49 (0) 8231 6005-11

Anzahl Mitarbeiter: ca. 330



## Gedenkstätte KZ-Außenlager Gablingen

Interdisziplinäres Ausstellungskonzept und Entwurfsgutachten zur Sicherung eines der vielen ehemaligen Außenlager des KZ Dachau



Prof. Dr.-Ing.  
Reinhold Weber

### Hochschule Augsburg

Fakultät für  
Architektur und Bauwesen  
Telefon: +49(0)821 5586-3105  
reinhold.weber@hs-augsburg.de

### Fachgebiete:

- Vermessungskunde
- Verkehrswegebau



Prof. Christian Peter

### Hochschule Augsburg

Fakultät für  
Architektur und Bauwesen  
Telefon: +49(0)821 5586-3113  
christian.peter@hs-augsburg.de

### Fachgebiete:

- Baukonstruktion
- Entwurf

Bereits seit dem Sommer 2012 beschäftigen sich Lehrende und Studierende der Fakultät für Architektur und Bauwesen im Rahmen einer interdisziplinären Zusammenarbeit mit einem Stück deutscher Geschichte unmittelbar vor den Toren Augsburgs. Von der Bevölkerung weitgehend unbemerkt schlummern vor den Toren der Gemeinde Gablingen die Überreste einer der vielen Außenstellen des ehemaligen Konzentrationslagers Dachau, die in der Umgebung von Augsburg und Landsberg entlang der Eisenbahnlinie als Unterstützung von militärischen Einrichtungen entstanden. Bei Gablingen waren von 1942 – 1944 Hunderte von KZ-Häftlingen untergebracht, die in einer ausgelagerten Rüstungsfabrik zerstörte und beschädigte Flugzeuge des damaligen Fliegerhorstes Gablingen unter Zwang warten und reparieren mussten (Abb. 1). Nach der Zerstörung einer KZ-Außenstelle der Firma Messerschmitt im Augsburger Stadtteil Haunstetten wurden auch die zuvor dort untergebrachten Häftlinge nach Gablingen verlegt, wodurch es in den letzten Kriegsmontaten dort zu einer unmenschlichen Überbelegung der vorhandenen Einrichtungen gekommen sein muss.



Abbildung 1: Luftaufnahme des Flugplatzes Gablingen, im Südwesten die Gebäude des KZ-Außenlagers.

Das Gelände des ehemaligen Lagers geriet nach Kriegsende in Vergessenheit und verschwand zunächst unter Bewuchs und den Bauten eines landwirtschaftlichen Anwesens. Erst durch die von der Gemeinde Gablingen geplante Ausweisung von Gewerbeflächen auf dem ehemaligen Lagergebiet war das bereits weitgehend vergessene Mahnmal der unseligen NS-Zeit in Schwaben erneut in den Fokus der Kreisheimatpflegerin Frau Gisela Mahnkopf gerückt, die nunmehr Kontakt zu den



Abbildung 2: Ruine eines Waschhauses mit Kohlenkeller.

Bauingenieuren der Hochschule Augsburg suchte, um eine genaue Vermessung der von der Überbauung oder sogar Zerstörung bedrohten Gebäudereste zu erstellen.

Im Rahmen ihrer Bachelorarbeit haben die beiden Absolventen Benjamin Bauer und Christoph Janitzky mit Satellitenunterstützung einen hochpräzisen Gürtel aus neuen Vermessungspunkten um das Lagergebiet eingerichtet. Die so geschaffenen Festpunkte waren damit über Lage und Höhe in das Landeskoordinatennetz eingebunden. Damit konnten von beliebigen Standorten innerhalb des Lagergebietes aus mittels einer tachymetrischen Aufnahme Gebäudereste, verbliebene Kellergeschosse oder Fundamentstreifen in Zentimetergenauigkeit eingemessen und in Kartenform dargestellt werden. Die damit verbundene Aufmerksamkeit in den Medien und bei den zuständigen Behörden führte zu einer Neubewertung der inzwischen freigelegten Gebäudereste. Wie sich zeigt, geben die zum Teil unerwartet gut erhaltenen Grundmauern und Keller zum Teil noch Aufschluss über die frühere Nutzung und die Konstruktion der Gebäude (Abb. 2). Aus Augenzeugenberichten und Archivmaterial, vor allem Luftbildern der US-Luftwaffe, die das Gelände vor und nach seiner Bombardierung fotografiert hatte, können die ehemaligen Lagergrenzen, verschiedene Ausbaustände und Details wie der ehemalige Lagerzugang rekonstruiert werden (Abb. 3).

Auf der Grundlage dieses Lageplanes der ehemaligen KZ-Außenstelle soll der Entwurf für eine Gedenkstätte erarbeitet werden, die die Bodendenkmäler schützt und für Besucher zugänglich und erlebbar

macht. Im Rahmen eines Entwurfsgutachtens, das als interdisziplinäres Projekt mit Studierenden des 4. Semesters Bauingenieurwesen und des 4. Semesters Architektur im Sommersemester 2013 bearbeitet wurde, sollte aufgezeigt werden, wie die baulichen Reste gesichert, präsentiert und damit künftig erfahren werden können als Ort der Erinnerung sowie als Anregung zur Auseinandersetzung mit der Geschichte und zur Vermittlung historischer Kenntnisse über den Nationalsozialismus.

Dazu waren, eingebettet in ein Ausstellungskonzept, ein Eingangsgebäude mit Räumen für Ausstellungen und Seminare sowie Schutzdächer für die Gebäudereste des ehemaligen Lagers zu entwickeln. Schulen oder Einrichtungen der Erwachsenenbildung sollen die Dokumentationsstätte im Rahmen ihrer Projektarbeit nutzen können.

Es ist eine Aufgabe der zeitgenössischen Architektur, dieser gesellschaftspolitisch bedeutenden Thematik einen angemessenen architektonischen Rahmen zu geben. Die Ergebnisse sollen als Diskussionsgrundlage für das

Abbildung 3: Luftbild des Lagers nach der Bombardierung, überlagert mit dem Aufmaßplan der Gebäudereste (Verfasser: B. Bauer, C. Janitzky).



Abbildung 4: Entwurfsteilnehmer auf dem Gelände des ehemaligen Außenlagers bei Gablingen.

weitere Vorgehen dienen. Sie stellen eine äußerst wertvolle Vorarbeit für den Umgang mit den zum Teil sehr großen Gebäuderesten dar und machen deutlich, welche Herausforderung, aber auch welche große Chance sich hier für die Region ergibt, ein tragfähiges Konzept zum Erhalt und zur Sichtbarmachung dieses geschichtlichen Denkmals zu entwickeln (Abb. 4).

Die Gebäudereste können zum Teil nur noch aus Luftbildern rekonstruiert werden, da vor allem von den Unteraktsbaracken nur verdichtete Kiesfundamente erhalten geblieben sind. Andere Ruinen wurden in den Nachkriegsjahren überbaut oder verändert. Für die Aufgabenstellung des Semesterentwurfes wurde bewusst eine Bearbeitung des gesamten Geländes angenommen, obwohl dies nur eines der möglichen Szenarien für den Umgang mit dem großen Gelände ist.

Schwerpunkte der Aufgabe waren der Schutz der sehr umfangreichen und gut erhaltenen Gebäudereste der ehemaligen Lagergebäude durch archäologische Sicherung und Überbauung mit Schutzdächern, die bauliche Aufwertung des Gesamtgeländes als Gedenkstätte sowie die Ergänzung der Anlage durch ein Besucherzentrum (Abb. 5). Es konnte so einerseits eine große Bandbreite von gestalterischen Lösungen untersucht werden, andererseits liegen zu allen erhaltenen Gebäuderesten nun Erkenntnisse darüber vor, wie aufwändig eine Sicherung durch Schutzdächer sein würde.

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit an Gebäudeentwürfen und Tragwerken stellt für Studierende im 4. Fachsemester eine besondere Herausforderung und in ihrem Studium Neuland dar. Dieser Herausforderung



Prof. Susanne Gampfer

#### Hochschule Augsburg

Fakultät für  
Architektur und Bauwesen  
Telefon +49(0)821 5586-2079  
susanne.gampfer@hs-augsburg.de

#### Fachgebiete

- Hochbaukonstruktion
- Baustoffkunde
- Ökobilanzierung und Nachhaltigkeit von Baustoffen und Konstruktionen



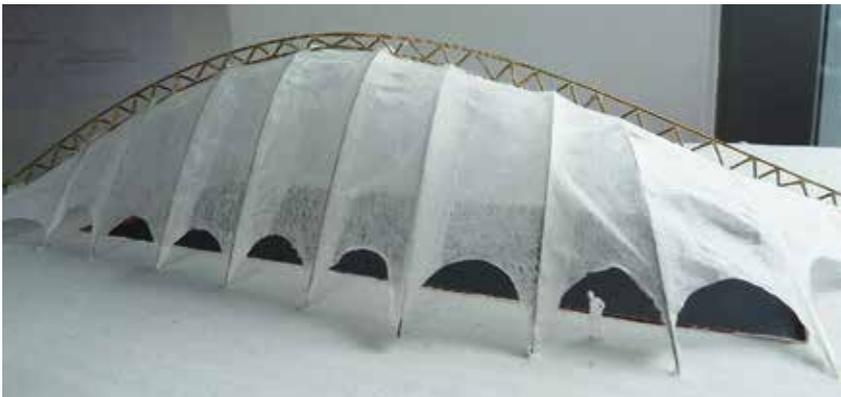
Abbildung 5: An den Ruinen der ehemaligen Lagergebäude lassen sich Nutzung und frühere Baukonstruktion noch ablesen.

haben sie sich in herausragender Weise gestellt. Aus der Zusammenarbeit mit der jeweils anderen Disziplin haben sie neue Erkenntnisse für ihre eigene Arbeit gewonnen und diese in ihre Ausarbeitung integriert. Die Bearbeitung erfolgte in mehreren Abschnitten, die jeweils bei einem ‚Expertengespräch‘ zwischen den planenden Architekten und Bauingenieuren diskutiert wurden. Hieraus ergab sich auch jeweils die konkrete Anforderung für den nächsten Bearbeitungsschritt. Sowohl bei den Architekturentwürfen als auch im Ergebnis der Grundlagenprojektarbeit konnte dadurch ein Niveau erreicht werden, wie es im 4. Fachsemester nicht selbstverständlich ist.

Exemplarisch sollen hier zwei der Entwürfe für die Gestaltung der Gedenkstätte vorgestellt werden, die auch für die vertiefte Zusammenarbeit von interdisziplinären Teams ausgewählt worden sind:

Larissa Kary ist mit ihrem Entwurf für organisch geformte, leicht wirkende Überdachungen ein ansprechender Vorschlag für den Umgang mit den Mauerresten des Arbeitslagers gelungen. Den an Blättern erinnernden Überdachungen stellt sie ein abstrahiertes Lagergebäude als Besucherzentrum gegenüber (Abb. 6, 7). Durch die Zusammenarbeit mit dem Team der Bauingenieure konnte sie eine realisierbare Konstruktion

Abbildung 6: Vorschlag für eine Schutzüberdachung über den Ruinen der Lagergebäude (Entwurf: L. Kary).



für die Überdachungen entwickeln und damit zu einer für das 4. Fachsemester überdurchschnittlichen Bearbeitungstiefe des Entwurfes gelangen.

Eine völlig andere Herangehensweise wählte Lukas Michl, der die verstreuten Mauerreste der Lagergebäude durch wenige große Interventionen in Sichtbetonbauweise zu einem neuen Ganzen zusammenfasste. Durch große Ausschnitte perforierte Stahlbetonplatten werden zu Schutzdächern über den Ruinen und sind gleichzeitig begehbare Skulpturen und Ausstellungsraum (Abb. 8, 9). Damit entstand eine angemessene und gestalterisch überzeugende Lösung für den Umgang mit dem Bestand des Lagers, die in Kooperation mit dem Ingenieursteam zu einer realistischen und umsetzbaren Konstruktion durchgearbeitet wurde.

Die Projektgruppe aus dem 4. Fachsemester Bauingenieurwesen unter der Projektleitung von Georg Steber hat die beiden Aufgabenschwerpunkte der Grundlagenermittlung und der tragwerksplanerischen Beratung für die beiden beschriebenen Architekturentwürfe mit hervorragenden Ergebnissen gelöst. Die kollegiale Zusammenarbeit und Aufgabenverteilung im Team verlief reibungslos, effizient und ergebnisorientiert. Gleichzeitig gelang es den Mitgliedern der Projektgruppe, auf die Fragestellungen aus zwei sehr unterschiedlichen Entwürfen einzugehen und jeweils angemessene und in der Bearbeitungstiefe sinnvolle Beratungsleistungen zu erarbeiten: Für den Entwurf von Lukas Michl wurden konkrete Berechnungen und statische Vorgaben entwickelt, für die Entwurfslösung von Larissa Kary hingegen grundsätzliche Hinweise zur Formfindung und Umsetzung gegeben.

Diese Form der interdisziplinären Zusammenarbeit zur Erarbeitung von kreativen Entwurfs- und Ingenieursleistungen ist auch bei der Erstellung von realen Gutachten von entscheidender Bedeutung, da die Überprüfung der Umsetzbarkeit für den Entscheidungsprozess der Verantwortlichen ebenso wichtig ist wie die gestalterische Lösung. Für das ehemalige Außenlager in Gablingen stehen nun eine Reihe von außergewöhnlichen Lösungsvorschlägen für die weitere Diskussion über den Umgang mit diesem Ort der Erinnerung zur Verfügung.

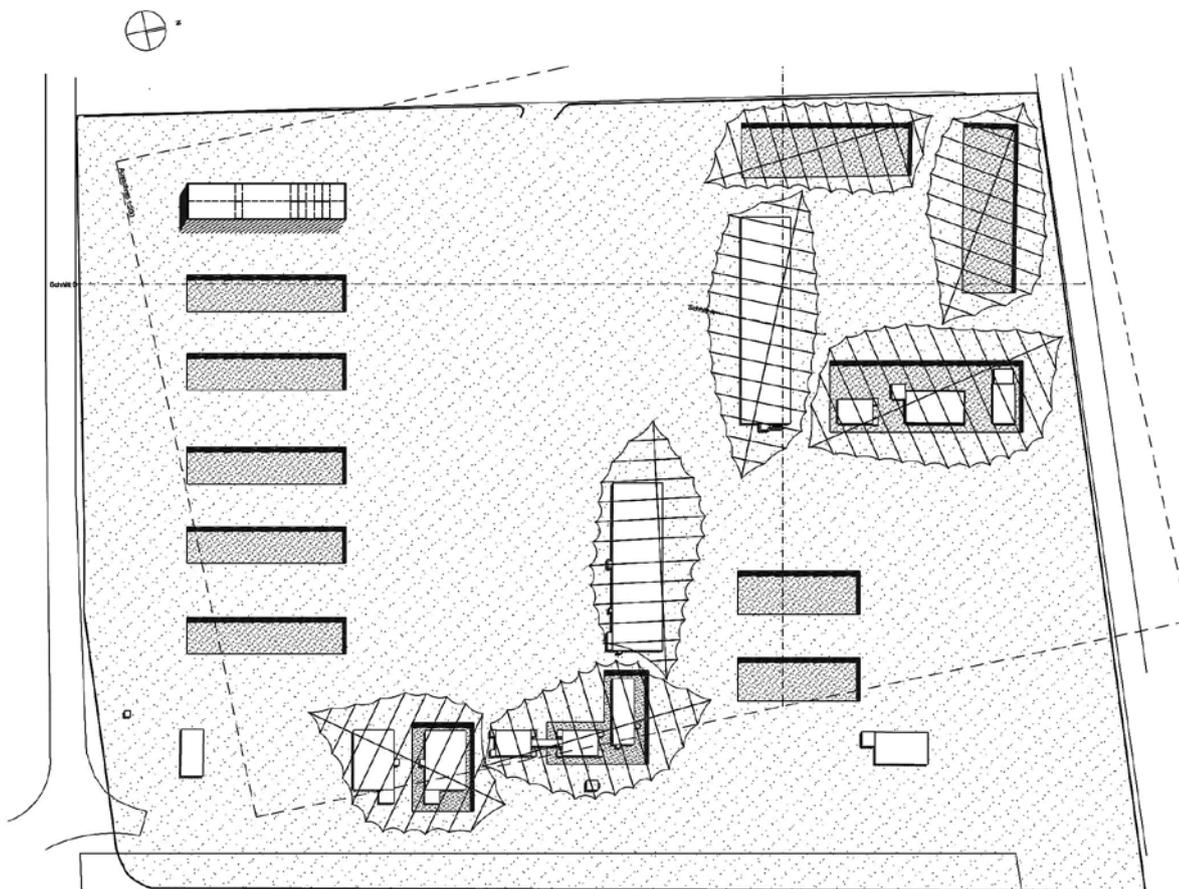


Abbildung 7:  
Lageplan der  
Gedenkstätte  
mit Schutz- und  
Ausstellungsbauten  
(Entwurf: L. Kary).

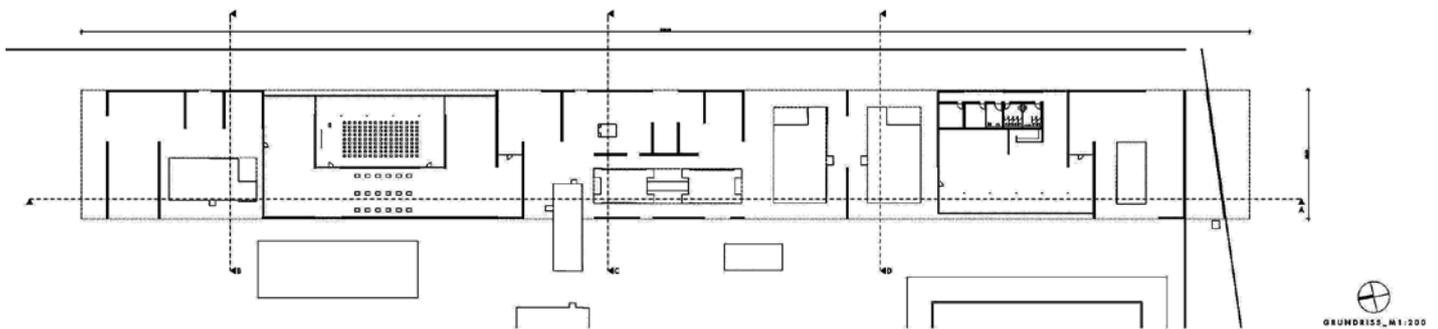


Abbildung 8: Grundriss der Schutzüberdachung über den Gebäuderesten (Entwurf: L. Michl).

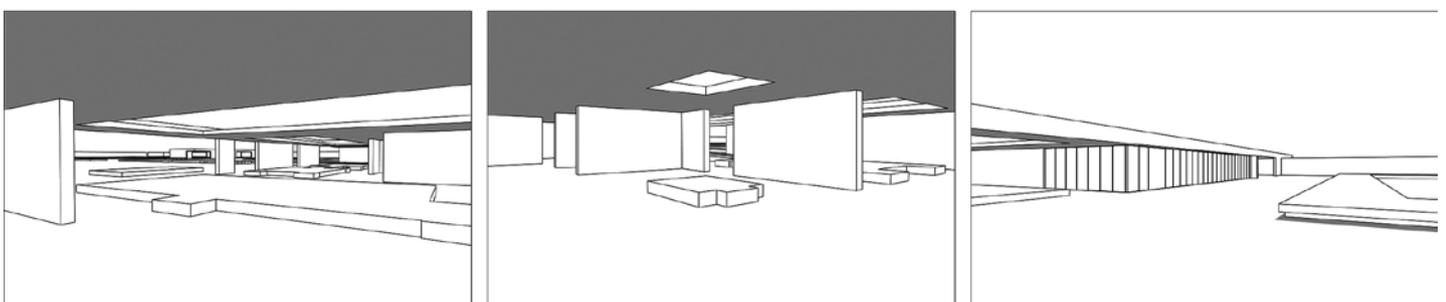


Abbildung 9: Perspektivische Ansichten der Gedenkstätte (Entwurf: L. Michl).

## paperbits – mixed media per Post

Postkarten mit Videofunktion



Prof. KP Ludwig John

Hochschule Augsburg

Fakultät für  
Informatik und Multimedia  
Telefon +49(0)821 5586-3432  
john@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- mobile experience
- usability
- interactive public displays

Paperbits – die Postkarte mit Videofunktion – verbindet die haptisch-emotionalen Qualitäten des traditionellen Mediums Postkarte mit der digitalen Welt. Im Erleben der Nutzer werden dabei einzelne Elemente aus dem binären Datenstrom herausgehoben, festgehalten und in ihrer Bedeutung aufgewertet. Erst der analoge Charakter des Trägermediums Postkarte macht aus dem Handy-Video eine bleibende Erinnerung. Basierend auf den Erfahrungen mit paperbits wurde die Anwendung ShareTag entwickelt. „paperbits“ wie auch die Arbeit über „mobile experience & usability“ nutzen beide NFC-Technologie in Verbindung mit Smartphones. Sie sind entstanden im Rahmen des Masterstudienganges Interaktive Mediensysteme (IMS) an der Hochschule Augsburg, Schwerpunkt mobile experience.

### KONZEPT

#### *Ubiquitous Web*

Per Smartphone sind wir permanent am Netz, erhalten regelmäßig neueste Nachrichten per Push-Funktion oder Informationen aus sozialen Netzwerken und reagieren darauf mit eigenen Mitteilungen, sei es per Text, Bild oder Video. Als Resultat leben wir eingebettet in ein sich permanent steigendes Medienrauschen und es düstert uns nach dem nächsten Infokick aus dem Netz.

#### *Real-Time*

Kurzmeldungen, Fotos oder Videos sollen vor allem schnell an die Adressaten gelangen, sich in Echtzeit in den Nachrichtenstrom eingliedern. Ein Strom, der nie versiegt, der ständig Neues hervorbringt. Die Meldung von eben, schon vergessen und alt in der Stunde danach. Etwas herauszuheben aus dem formatierten Datenstrom ist schwer. Etwas dauerhaft aufzuheben – um es zum Beispiel länger zu erinnern – umso schwerer.

#### *Postkarten*

Seit fast 150 Jahren erfüllen Postkarten eine ähnliche Funktion. Weitaus umständlicher in Handhabung und Transport kündeten auch sie in kurzen Text-Bild-Mitteilungen ihren Adressaten von persönlichen oder offiziellen Begebenheiten. Dekoriert mit landestypischen Briefmarken reist die Botschaft über Tage vom Sender

zum Empfänger. Einmal gelesen wird sie oft über längere Zeit aufgehoben, evtl. herumgezeigt oder mit der Bildseite sichtbar als Erinnerung und Dekoration an die Wand geheftet.

#### *Paperbits*

Mit ihrem Mixed Media Ansatz vereinen paperbits-Karten Qualitäten beider Welten in sich. Eine digital aufgenommene Videobotschaft wird kodiert und mit einer klassischen Motivpostkarte, ergänzt durch handschriftliche Notizen und versehen mit einer Briefmarke, an den Empfänger verschickt. Dieser kann sich das Video auf dem Screen abrufen und betrachten, aber auch ganz ohne Technik die Postkarte einfach bestaunen und lesen und sie dann zum Aufbewahren womöglich an die Wand hängen. Auch das Video hängt dann unsichtbar mit an der Wand, wird somit aufbewahrt und kann immer wieder abgerufen werden.

Technisch kommt dabei dem Smartphone die Schlüsselrolle zu, sowohl bei Produktion und Kodierung seitens des Absenders als auch beim Betrachten.

### TECHNISCHE UMSETZUNG

#### *NFC*

Paperbits nutzt NFC-Technologie. In modernen Smartphones wird diese Technologie seit einiger Zeit als Standard mit angeboten. Dabei können NFC-Tags mittels eines im Telefon verbauten Sensors sowohl beschrieben als auch ausgelesen werden. Diese müssen für das Smartphone nicht sichtbar, sondern können unter (nichtmetallischen) Oberflächen verborgen sein. Paperbits-Karten werden in einem speziellen Verfahren hergestellt, wobei zwischen zwei Papierlagen ein NFC-Tag eingebracht wird. Das Aussehen der Postkarte bleibt davon unberührt. Format und Design unterliegen keinen Einschränkungen. Die Handhabung der paperbits-Karte bietet alle Möglichkeiten einer herkömmlichen Postkarte.

#### *App*

Mittels der paperbits-App (kostenlos im PlayStore erhältlich) kann nun ein auf dem Smartphone befindliches Video auf den in der Karte befindlichen NFC-Tag kodiert werden. Das Video wird hierzu auf den Server



paperbits-Karten könnten  
herkömmliche Grusskarten  
bald ablösen.

der paperbits-cloud im Internet geladen. Dieser liefert eine zum Video gehörende eindeutige URL zurück, die dann als Text-String auf den Tag geschrieben wird. Der Empfänger wiederum liest mit seinem NFC-fähigen Smartphone diesen Link über die paperbits-App aus und erhält das zur Postkarte gehörige Video.

#### PRAKTISCHE ERPROBUNG

Das paperbits-Konzept funktioniert seit Sommer 2012 prototypisch. In der praktischen Erprobung mit einer manuell produzierten Kleinauflage von Karten erwies sich die Technik als robust und gut nutzbar. Selbst lange Postlaufzeiten über mehrere Wochen ließen das Video unbeschadet sein Ziel erreichen. Technische Feinheiten der App wurden in der Erprobungsphase laufend weiter optimiert.

#### Erfahrungen

Paperbits-Karten mit digitalen wie analogen Inhalten zu versehen und zu verschicken, erfordert einen etwas höheren Aufwand als die Nutzung nur eines der verwendeten Medien. Zu beobachten war, dass der höhere Grad an Beschäftigung mit dem Gegenstand bei der Herstel-

lung zu besonderer Kreativität und Engagement bei den Absendern führte. Videos wurden durchaus mehrmals aufgenommen, um sie besonders gut wirken zu lassen. Der Text auf der Karte wurde durch Zeichnungselemente ergänzt. Besonders schöne Briefmarken wurden ausgewählt zum Verschicken.

Über den Umgang mit paperbits-Karten bei uneingeweihten Adressaten kann bisher noch wenig verlautet werden. Bisher erfolgte die Nutzung der Karten eher im unmittelbaren Umfeld der Entwickler, so dass vor allem vorinformierte Empfänger die Karten erhielten und nutzten. Hier wurden die Karten allerdings durchaus mit Neugier betrachtet und im Anschluss vor allem als Artefakte teilweise über Monate aufbewahrt und immer wieder vorgezeigt.

#### Technikvergleich

Gegenüber der möglichen Alternativtechnik QR-Code, mit dem ebenfalls Internetlinks auf Drucksachen verankert werden können, weist paperbits eine Reihe von Vorteilen auf. An erster Stelle zu nennen ist hier die vollkommene gestalterische Freiheit beim Design der Karten, die nicht durch auffällige grafische

Paperbits wurde mit guter Resonanz mehrfach öffentlich präsentiert, so auch auf Fachkonferenzen in Hagenberg (NFC-Kongress) und Dornbirn (UDay XI).



Muster beeinträchtigt wird. Auch kann die auf der Karte gespeicherte Information nicht durch äußere Einflüsse wie Übermalen oder Verblässen unzugänglich gemacht werden. Der NFC-Tag liegt geschützt im Inneren der Karte. Ihm können Inhalte zudem vollkommen frei zugewiesen werden, individuell von Karte zu Karte oder auch gleichbleibend über eine gesamte Auflage hinweg.

Nachteil sind die höheren Produktionskosten der Karten und die erst aufkeimende Durchsetzung des Smartphone-Marktes mit NFC-fähigen Geräten. Bisher unterstützen noch nicht alle Smartphone-Hersteller die NFC-Technik. Wir gehen jedoch davon aus, dass eine zunehmende Anzahl attraktiver NFC-Anwendungen den bereits existierenden Trend hin zu NFC noch verstärken wird.

#### AUSBLICK

Im April 2013 wurde nach Vorgaben des Entwicklerteams die erste Auflage maschinell hergestellter paperbits-Karten bei einer Firma aus dem süddeutschen Raum produziert. Gespräche mit einem Partner zur Markteinführung des Produktes sind auf dem Weg.

Wir sehen paperbits-Karten derzeit noch als Premiumprodukt, das zu besonderen Anlässen verschickt wird.

Denkbar sind hier Werbekampagnen von Firmen, Institutionen oder für Kulturereignisse. Aber auch Grußbotschaften bzw. Einladungen zu besonderen privaten Anlässen oder für besonders geschätzte Personen sind attraktive Anwendungsmöglichkeiten.

Basierend auf den praktischen Erfahrungen mit paperbits wurde mittlerweile eine weitere Spielart des Konzeptes realisiert. Seit März 2013 steht die Android-App ShareTag im PlayStore zum Download bereit.

Speziell gestaltete NFC-Aufkleber erlauben es, mit ShareTag praktisch jede Art Printprodukt mit digitalen Inhalten zu verbinden. Die Idee ist dabei, den Sticker ähnlich einer Briefmarke anzubieten und zu benutzen.

Die ShareTag-App ist zudem in der Lage, eine größere Bandbreite von Medieninhalten zu handhaben.

So können neben Videos auch Audioaufnahmen oder Fotoserien mit ShareTag auf die NFC-Sticker verlinkt werden.

Die derzeit verfügbare Version von ShareTag funktioniert technisch zuverlässig. Weiterentwickelt und erprobt werden müssen noch – vor allem gestalterische – Details wie Format und Aussehen der ShareTag-Sticker. Benutzertests zeigten, dass insbesondere diese nicht-technischen Aspekte des Projektes genauer betrachtet und überarbeitet werden müssen, um die Akzeptanz und Nutzbarkeit der Anwendung weiter zu verbessern.

Paperbits und ShareTag entstanden im Masterstudiengang Interaktive Mediensysteme der Hochschule Augsburg.

#### Weitere Informationen unter:

[www.mobile-experience.de](http://www.mobile-experience.de)

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

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

## mobile experience & usability 2013

Near Field Communication (NFC) und Augmented Reality (AR) im Fokus

Zwei Themenbereiche stehen aktuell im Fokus des Forschungsschwerpunktes *mobile experience & usability*: Near Field Communication (NFC) und Augmented Reality (AR). In beiden Fällen geht es uns darum, die in Smartphones inzwischen ubiquitär verfügbare Technik konzeptionell schlüssig einzusetzen, Anwendungsideen prototypisch zu realisieren und aus Nutzersicht zu evaluieren.

### NFC-ANWENDUNGEN

#### *Near Field Communication*

Near-Field-Communication-Technik gehört inzwischen zur Standardausstattung moderner Smartphones. Zum einen gibt es das Interesse der Wirtschaft, NFC als weitere Möglichkeit für bequemes, schnelles und sicheres Bezahlen insbesondere kleinerer Beträge zu etablieren. Darüber hinaus erleichtert NFC die Datenkommunikation von Mobilgeräten entweder untereinander oder mit peripheren Geräten wie z. B. einem Drucker.

Im Bereich *mobile experience & usability* wurde auch im zurückliegenden Jahr die Arbeit an NFC-Projekten kontinuierlich fortgeführt.

Nach Anwendungen für eLearning (Yan Yan Xu, *lingualark*) und enhanced environments (InSight), die beide online im Detail dokumentiert sind, adressiert das Projekt *paperbits* dezidiert den Consumer-Bereich für NFC-Anwendungen (s. auch Beitrag „*paperbits*“).

#### *ONSPEC*

Auch das gerade fertig gestellte Projekt *ONSPEC* nutzt NFC. Es lässt sich in die Kategorie ortsbasierte Spiele einordnen. Die Nutzer dieser App registrieren sich online als Mitspielende und erhalten einen mit NFC-Technik ausgestatteten und mit dem *ONSPEC*-Logo versehenen Anstecker.

Die Mitspieler müssen sich also vor Beginn des Spiels nicht unbedingt persönlich kennen. Durch den während des Spiels gut sichtbar an der Kleidung zu tragenden *ONSPEC*-Sticker sind sie trotzdem leicht als Mitspieler untereinander identifizierbar. Ziel des Spiels ist es, Punkte zu sammeln, die man anderen Mitspielern abjagt – jedoch nicht virtuell online, sondern durch physischen Kontakt untereinander.

Es geht darum, den *ONSPEC*-Sticker des Gegners mit dem eigenen NFC-fähigen Smartphone direkt zu berühren. Die *ONSPEC*-Spieler müssen sich also gegenseitig am Spielort ausfindig machen und dann möglichst geschickt das eigene Smartphone kurzzeitig auf dem Sticker des Gegenspielers platzieren, um den Punkteübertrag zu realisieren.

Details zu technischen Anforderungen und zum Spielprinzip sind auf der Projekt-Website [www.mobile-experience.de](http://www.mobile-experience.de) ausführlich beschrieben.

Darüber hinaus sei ausdrücklich auf den sozialen Aspekt dieses ortsbasierten Spiels hingewiesen. *ONSPEC* befördert zwischenmenschliche Kommunikation auf mehreren Ebenen. Digitale Technologie stellt sich dabei nicht selbst in den Mittelpunkt, sondern lenkt die Aufmerksamkeit der Mitspielenden vom technischen Gerät weg und hin zu einer intensiven Wahrnehmung der unmittelbaren Umgebung.

Denkt man dieses Spielkonzept konsequent weiter, ergeben sich Anwendungsmöglichkeiten in sehr praktischen Zusammenhängen wie z. B. in den Bereichen Teambuilding oder Kommunikationstraining.

#### *Augmented Reality*

Ebenfalls um die Verschränkung von digitaler und physischer Welt zu einem sich für die Nutzer ergänzenden Gesamterlebnis geht es bei unseren Augmented-Reality-Projekten.

In Kooperation mit der Firma *Metaio* ([www.metaio.de](http://www.metaio.de)) wurden verschiedene Konzepte entwickelt und teilweise realisiert. Dabei schrieben wir Alltagsgegenständen eine virtuelle Bedeutungsebene zu, die mittels *Junaio*-AR-Browser über das Smartphone aufgerufen werden kann. Der Anwender richtet dabei die Kamera seines Smartphones auf den augmentierten Gegenstand. Sobald dieser als AR-Objekt erkannt wird, ruft der Browser die hinterlegten Zusatzinformationen aus dem Netz ab und zeigt diese halbtransparent überlagert auf dem Kamerabild des Smartphones.

#### *Augmented-Reality-Workshop*

Die Spannweite der AR-Inhalte reicht dabei von reinem Text über Bilder und Animationen bis hin zu interaktiven Anwendungen. Experimentiert wurde mit



Prof. KP Ludwig John

Hochschule Augsburg  
Fakultät für Gestaltung  
Telefon +49(0)821 5586-3432  
[john@hs-augsburg.de](mailto:john@hs-augsburg.de)

#### Forschungsgebiete

- mobile experience
- usability
- interactive public displays



Abbildung 1: ONSPEC (links)  
Abbildung 2: Augmented-Reality-Workshop mit Metaio.de (rechts).



Produktverpackungen, für die zusätzliche Produktinformationen angezeigt werden, oder auch mit der Nutzung des Mensatablets der HSA als Trigger zur Anzeige der Speisepläne der nächsten Tage.

Auch bei Ausstellungsgestaltungen kann die AR-Technik als sinnvolle Ergänzung im klassischen Galerieambiente genutzt werden. Im Projekt „Movin' Klee“ arbeitet ein Team des Masterstudienganges Interaktive Mediensysteme der Hochschule Augsburg derzeit an der Umsetzung eines digitalen Ausstellungsbegleiters für die im Herbst dieses Jahres beginnende Schau „Paul Klee und das Fliegen“ im H2-Glaspalast.

#### *AR-Projekt Movin' Klee*

Ergänzend zur Ausstellung von Bildern und Objekten werden hier digitale Inhalte via Smartphone bereitgestellt, die in AR-Manier die ausgestellten Werke überlagern.

Augmented Reality baut dabei eine Brücke von der traditionellen Kunst Paul Klees hinein in unsere Zeit. So werden Bildvorlagen von Paul Klee als Animationen interpretiert bzw. Objekte über spielerische Inhalte zugänglicher gemacht.

Die konzeptionelle Herausforderung des Projektes besteht dabei in einer ausgewogenen Interaktionsgestaltung. Die Smartphone-Nutzung soll nicht in Konkurrenz zur Wahrnehmung der Originalwerke treten, sondern diese noch eindringlicher hervorheben.

Speziell jüngere Nutzergruppen könnten damit stärker für das Ausstellungserlebnis begeistert werden, so die Überlegung. Von November 2013 bis Februar 2014 kann die AR-Anwendung „Movin' Klee“ von Besuchern der Ausstellung „Paul Klee und das Fliegen“ selbst ausprobiert werden.

Links und weitere Informationen zu Arbeiten aus dem Bereich mobile experience: [www.mobile-experience.de](http://www.mobile-experience.de)

#### **UX-LAB**

Die Einrichtung des UX-Lab an der Fakultät für Gestaltung im letzten Jahr stellte das Thema Usability an der HSA auch technisch auf ein professionelles Fundament.

In mehreren Kursen, sowohl des BA- als auch des MA-Studienganges Interaktive Medien, sind User Experience (UX) Studies fester Bestandteil des Curriculums.

Das vorhandene Equipment im Lab erlaubt dabei sowohl Untersuchungen von klassischen Screenanwendungen (Webseiten für Desktop, Tablet) als auch die Evaluation von Apps auf dem Smartphone. Selbst Installationen im Raum wurden im vergangenen Semester Nutzerstudien unterzogen.

#### *UX-Lab-Test für ADAC*

In Kooperationen mit dem ADAC-Technikzentrum Landsberg wurde zu Beginn dieses Jahres eine Untersuchung zum Wahrnehmungsverhalten beim Autofahren durchgeführt.



Bewertet werden sollte die Anordnung von Bedienelementen im Fahrerbereich hinsichtlich intuitiver Benutzbarkeit. Untersucht wurden 6 Mittelklassefahrzeuge unterschiedlicher Hersteller.

Insgesamt 8 Testpersonen fuhren dabei mit jedem der Fahrzeuge standardisierte Testrunden auf einem Gelände der Bundeswehr. Während der Fahrt wurden den Probanden Aufgaben zur Bedienung z. B. der Klimaanlage, des Radios oder des Tempomats gestellt.

Die Testfahrten wurden per Video aufgezeichnet und im Anschluss statistisch ausgewertet.

Insbesondere Fragen der Fehlerrobustheit und des Ablenkungspotenzials bestimmter Bedienkonzepte waren hier von Interesse.

Ein Bericht über den Test, die Ergebnisse und Empfehlungen erschien in der ADAC Motorwelt (Ausgabe Juli 2013). Weitere Informationen: [www.ux-lab.de](http://www.ux-lab.de).

Abbildung 3: UX-Lab-Test mit dem ADAC (links).  
Abbildung 4: Augmented-Reality-APP für die Ausstellung „Paul Klee und das Fliegen“ (rechts).

## Die Industrie vernetzen? Aber sicher!

SINeLab - Secure Industrial Networked Systems Laboratory



Prof. Dr. Rolf Winter

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik

Telefon +49(0)821 5586-3441  
rolf.winter@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Netzwerkkonstrukturen
- Internetprotokolle
- Routing & Switching
- Energiemanagement

Die Industrie befindet sich im Wandel. Produktionsstätten, Fertigungsstraßen, Verkehrsanlagen, Logistikzentren, Energienetze und viele weitere, früher vollkommen isolierte industrielle Anlagen werden zunehmend vernetzt und durch komplexe IT-Systeme gesteuert. Diese Systeme werden verstärkt das Ziel von externen Angriffen und es ist zu befürchten, dass die Zahl der Angriffe im Bereich der Industrie-Automation weiter steigen wird.

Zum einen ist der potenzielle Schaden hoch und reell, d.h. es können nicht nur virtuelle Güter, sondern auch Anlagen physisch zerstört und weitreichender Schaden angerichtet werden. Zum anderen fehlt es an ausreichender Überprüfung hinsichtlich der Sicherheit dieser Systeme. Aber nicht nur in puncto Sicherheit wird hier von vielen Unternehmen, Behörden und öffentlichen Einrichtungen Neuland betreten, sondern auch bei der Vernetzung. Zudem fehlt geschultes Personal. Diese Lücke muss in den nächsten Jahren geschlossen werden, denn die Vernetzung an sich wird ein Aspekt von wachsender Bedeutung für viele Unternehmen, die bisher mit dem Thema, insbesondere der Vernetzung der Automationsanlagen über das Internet, kaum Erfahrung gemacht haben.

Die Hochschule Augsburg schafft hier mit der Gründung des SINeLab (Secure Industrial Networked Systems Laboratory) ein zentrales Labor für „sichere vernetzte Industrie und Automation (Industrie 4.0)“. Die Aufgabenschwerpunkte liegen hier bei der Forschung, Unterstützung von kleinen und mittleren

Unternehmen (KMUs) und der Schulung im Bereich der industriellen Vernetzung und Sicherheit. Das Leistungsspektrum des im Aufbau befindlichen SINeLab wird zusehends erweitert und soll letztendlich folgende Punkte umfassen:

- Sicherheitsüberprüfungen von industriellen Kommunikationskomponenten und IT-Systemen
- Testentwicklung und Durchführung von Protokollkonformität und Systemverhalten (evtl. Entwicklung von Standardverfahren in diesem Bereich)
- Unterstützung in der Produktentwicklung von KMUs
- Auftragsforschung im Gebiet sichere vernetzte Industrie und Automation
- Schulung und Zertifizierung von Personal im Bereich Netzwerktechnik
- Lehrplattform für die Themen sichere Netze und Datenkommunikation
- Laborumgebung für Drittmittel-geförderte Forschungsvorhaben

Die ersten industriellen Partner arbeiten schon mit dem SINeLab zusammen. Dabei sind es insbesondere Unternehmen aus der Region, aber auch Firmen aus dem europäischen Ausland, die die Dienste des SINeLab in Anspruch nehmen. In den kommenden Monaten wird das Labor weiter auf- und ausgebaut und wird so hoffentlich nach und nach zum Kompetenzzentrum Vernetzte Industrie der Region und darüber hinaus.

## Die Vermessung des Internets – das EU-Projekt mPlane

Internationales Forschungsprojekt

Das Internet ist über die Jahre rapide gewachsen und selbst heute wächst es noch in viele Dimensionen exponentiell. Als die ersten Netzknoten in den operativen Betrieb gingen, war der Erfolg des Internets und seine heutige, allgegenwärtige Durchdringung kaum vorstellbar. Das zeigt sich an vielen Stellen. So ist beispielsweise der Adressraum des ursprünglichen Internetprotokolls ausgeschöpft. Auch sind viele heutige Sicherheitsmechanismen erst spät hinzugefügt worden, weil Sicherheit am Anfang der Entwicklung des Internets keine bedeutende Rolle spielte. Interessanterweise gibt es viele Dinge, die wir heute noch nicht über den operativen Zustand des Internets wissen.

So ist es etwa kaum mit vertretbarem Aufwand möglich herauszufinden, wie die Router im Internet miteinander verbunden sind. Das Internet (ohne Mithilfe der Netzbetreiber) zuverlässig zu kartografieren, ist eine Mammutaufgabe. Oder, wenn Facebook beim Endanwender „langsam“ ist, ist es sehr aufwändig herauszufinden, wo es genau im Netz zu Problemen kommt, denn das Internet ist das größte, je gebaute verteilte System und dadurch fällt es selbst Netzbetreibern häufig schwer, eine präzise Fehleranalyse durchzuführen. Den operativen Zustand des Netzes konstant und möglichst genau zu überwachen, war am Anfang der Entwicklung des Internets auch kein primäres Ziel. Das Fehlen einer Möglichkeit, genau dies zu tun, spüren zunehmend alle Internetnutzer vom einfachen Haushalt bis zum globalen Backbone-Betreiber. Das EU-Projekt mPlane hat es sich zum Ziel gesetzt, hier ein System zu entwickeln, welches ermöglichen soll, das Netz der Netze besser zu analysieren, Fehler präzise zu finden und Fragen über das Internet zu beantworten, die wir heute noch nicht beantworten können.

Die Hochschule Augsburg arbeitet im Rahmen des Projekts mit vielen bekannten Netzbetreibern, Netzausrüstern, Forschungsinstituten und Universitäten zusammen. Insgesamt sind 16 Partner am Projekt beteiligt, unter anderem Telefonica, Telecom Italia, Alcatel Lucent, NEC, die ETH Zürich, Eurecom und die Politecnico di Torino. Gemeinsam arbeitet man an einer Architektur, die es ermöglichen soll, alle Beteiligten, die am Betrieb und der Nutzung des Internets interessiert sind, in die Lage zu versetzen, wichtige Informationen und Parameter über den aktuellen „Zustand“ des Internets zu erfassen. Dies zu ermöglichen ist zum einen technisch sehr aufwändig, denn man muss diese neue Funktionalität in das existierende Internet möglichst überall einbringen. Schon in der Vergangenheit haben sich solche Neuerungen als sehr schwierig erwiesen. Zum anderen gibt es organisatorische und wirtschaftliche Bedenken, denn Informationen zur Verfügung zu stellen – insbesondere wenn es um Netzprobleme geht – ist etwas, was einige Organisationen als sensibel und geschäftskritisch einstufen würden. Daher sind die Anforderungen an das zu entwickelnde System in vielerlei Hinsicht besonders hoch.

Das mPlane-Projekt läuft seit Ende 2012 und hat eine Laufzeit von 36 Monaten. Mit vielem steht man noch am Anfang, aber die Weichen sind gelegt und das Timing ist günstig, denn das Interesse an einer solchen Plattform ist groß. Die Arbeiten der Hochschule sollen natürlich nicht rein akademisch bleiben. Das mPlane-Team arbeitet mit Hochdruck an einer einsetzbaren Lösung für den Endanwender. Der Plan ist es, die Studenten und Mitarbeiter der Hochschule mit einzubeziehen, sobald die erste Betaversion fertiggestellt ist (Ende des Wintersemesters 2013/14 ist derzeit anvisiert). Man darf gespannt bleiben.



Prof. Dr. Rolf Winter

Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik

Telefon +49(0)821 5586-3441

rolf.winter@hs-augsburg.de

Forschungsgebiete

- Netzwerkarchitekturen
- Internetprotokolle
- Routing & Switching
- Energiemanagement

## Intelligente Kameras und effiziente eingebettete Systeme

Prof. Dr. Gundolf Kiefer, Michael Schäferling, M.Sc., Fakultät für Informatik



Prof. Dr. Gundolf Kiefer

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik  
Telefon +49 (0) 821 5586-3329  
gundolf.kiefer@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Embedded Systems
- FPGA-Entwicklung
- Bildverarbeitung
- Betriebssysteme

### Projektmitarbeiter

Michael Schäferling M.Sc.



Michael Schäferling

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik  
Fakultät für Informatik  
Telefon +49 (0) 821 5586-3333  
michael.schaeferling@hs-augsburg.de

### Fachgebiet

- Programmierte Logik

Die Arbeitsgruppe „Effiziente Eingebettete Systeme“ befasst sich mit der Effizienz kleiner, portabler Rechner und kann nach diesem Berichtsjahr wieder auf zahlreiche neue Ergebnisse sowie vier Publikationen und einen Messeauftritt zurückblicken. Ein wesentliches Ereignis ist der erfolgreiche Abschluss des BMBF-Projektes „Triokulus“, das bei einer Laufzeit von rund drei Jahren mit über 260.000 Euro gefördert wurde. Es befasste sich speziell mit der Entwicklung „intelligenter Kameras“, die anspruchsvolle Bildverarbeitungsaufgaben bereits in der Kamera selbst lösen können, um das daran angebundene System zu entlasten.

Im Rahmen des *Triokulus*-Projektes konnte einer der ersten Studierenden des an unserer Hochschule neu angebotenen Studienganges „Master of Applied Research“ seine Arbeit beginnen. Matthias Pohl arbeitet mittlerweile bereits an seiner Masterarbeit und stellt sein Thema in einem eigenen Artikel genauer vor.

Verstärkt wird das Team derzeit von Victor Lomas, Doktorand an der Nationalen Autonomen Universität von Mexiko, der sich im Rahmen eines sechsmonatigen Forschungsaufenthaltes mit der FPGA-basierten Objekt-Erkennung befasst.

Die Entwicklung und Optimierung von portablen Systemen, die die Lage und Orientierung von Objekten oder Personen im Raum erkennen, war ein wesentliches Ziel des *Triokulus*-Projektes. Im Projektverlauf wurden hierfür verschiedene Komponenten in Form von Software- und Hardware-Modulen zum Einsatz in der Bildverarbeitung und speziell auch für 3D-Tracking-Aufgaben entworfen, wobei im folgenden die aktuellsten Entwicklungen näher vorgestellt werden. Insbesondere kleine mobile Plattformen, wie beispielsweise autonome Roboter, profitieren von der Entwicklung und dem Einsatz effizienter eingebetteter Systeme und Algorithmen. Auch dieser Anwendungsfall wurde im Rahmen des *Triokulus*-Projektes untersucht und durch die Demonstrator-Plattform „Spotty“ realisiert.

Neben diesen Aktivitäten beschäftigt sich die Arbeitsgruppe auch mit der Forschung und Entwicklung im Bereich konfigurierbarer Rechner-Architekturen. So stellt der ParaNut-Prozessor eine hoch-skalierbare Prozessor-Architektur dar, welche entsprechend ver-

schiedenartiger Problemstellungen konfiguriert werden kann. Das Ziel ist eine effiziente, leistungsstarke und offene CPU-Architektur.

### OPTISCHES TRACKING MIT EINGEBETTETER HARDWARE

Die Bestimmung der Lage und Position von Objekten anhand natürlicher Merkmale, also ohne jeglichen Markierungen am Objekt, stellt algorithmisch eine große Herausforderung dar. Üblicherweise ist für eine solche Aufgabe ein leistungsstarker, PC-basierter Rechner notwendig. Das bereits im Forschungsbericht 2012 vorgestellte „Mobile Augmented-Reality-System (MARS)“ enthält hingegen nur stromsparende, leistungsschwache Prozessoren sowie zwei FPGA-basierte „intelligente Kameras“. Die Software des MARS konnte im vergangenen Jahr etwa um einen Faktor von 10 beschleunigt werden, so dass jetzt eine flüssige Interaktion möglich sind. Abbildung 1 zeigt das aktuelle MARS-System in Aktion.



Abbildung 1: Die vom MARS-System erkannten Objekte werden lagerichtig markiert, wobei auch Details eines Objektes, wie zum Beispiel die Anschlüsse des Evaluations-Boards (unten), farblich gekennzeichnet und aussagekräftig beschriftet werden.

Da FPGAs nicht immer zur Verfügung stehen (zum Beispiel in handelsüblichen Smartphones), wurden in dieses System auch Methoden integriert, die es erlauben, dass nicht mehr jedes Bild vollständig neu auf Bildmerkmale untersucht werden muss. Vielmehr wird nun der Optische Fluss („Optical Flow“) zweier aufeinander folgender Bilder für die Lagebestimmung erkannter Objekte genutzt. Weiterhin ist es mit dieser Lösung sogar möglich, 3D-Positionsdaten von Objekten mit nur einer einzelnen Kamera zu bestimmen. Auf einem aktuellen

Smartphone (Sony Xperia arc S, Android 2.3, Qualcomm Snapdragon MSM8255, 1x ARM @1,4 GHz, 512 MB RAM) konnten so eine durchschnittliche Bildrate von um die 10 Bilder pro Sekunde erreicht werden.

#### FLowsURF - EIN HARDWARE-MODUL ZUR DETEKTION VON ECHTZEIT-DETEKTION VON PUNKT-MERKMALEN

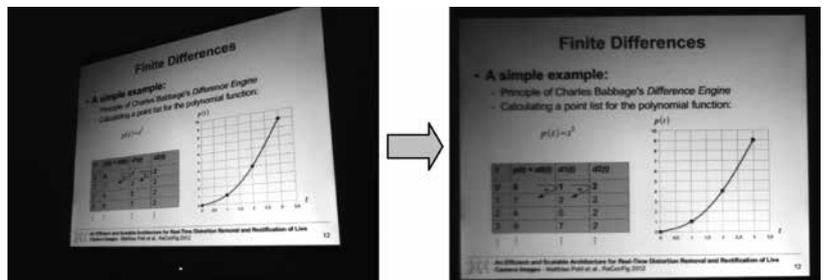
Moderne Tracking-Algorithmen nutzen für die Erkennung von Objekten so genannte Punkt-Merkmale. In einem ersten Schritt muss der Algorithmus das gesamte Bild auf „interessante“ Bildbereiche hin untersuchen (Detektor-Phase). Für die gefundenen Punkt-Merkmale werden anschließend Deskriptoren, was in etwa einem Fingerabdruck entspricht, berechnet, die in einem abschließenden Schritt, dem „Matching“, mit bekannten „Fingerabdrücken“ vorab erlernter Objekte verglichen und diesen zugeordnet werden können. Gerade jedoch der erste Schritt, die Detektion der interessanten Bildregionen, ist sehr anspruchsvoll und hängt von der Größe des zu untersuchenden Bildes ab. Im Triokulus-Projekt wurde ein Hardware-Modul zum Einsatz in intelligenten Kameras entwickelt und implementiert, das diesen Schritt für beliebige Bildgrößen in Echtzeit ausführt. Damit zählt es nicht nur zu den schnellsten Implementierungen seiner Klasse, sondern ist im direkten Vergleich auch sehr ressourceneffizient und ist zum Beispiel bereits in mittelgroßen FPGAs der Spartan-Serie (Xilinx) integriert worden.

Weitere Informationen finden Sie in dem Bericht von Matthias Pohl auf Seite 241.

#### NITRA+ – EIN HARDWARE-MODUL ZUR TRANSFORMATION VON KAMERABILDERN IN ECHTZEIT

Vielfältige Algorithmen aus dem Bereich der Bildverarbeitung benötigen „ideale“ Bilddaten, beispielsweise um Tiefeninformationen aus Stereobildern zu gewinnen. Bedingt durch Ungenauigkeiten im Herstellungsprozess von Kamerasystemen weisen Kamerabilder jedoch meist Linsenverzeichnungen auf und Stereo-Bilder liegen typischerweise nicht in einer Ebene.

So stellen die Entzerrung und Rektifizierung von Kamerabildern eine Aufgabe dar, die in Bildverarbeitungssystemen oft durchgeführt werden muss, jedoch insbesondere eingebetteten Systemen einen Großteil ihrer Leistungsfähigkeit aberlangt.



In enger Zusammenarbeit mit der Firma *FORTech GmbH* wurde das Hardware-Modul *NITRA* („Non-linear Image Transformation“) zum Einsatz in FPGA-basierten intelligenten Kameras entwickelt, welches solche Bildtransformationen „on-the-fly“ ermöglicht. Dieses Modul tastet das Originalbild hierzu nicht-linear ab, wobei der Abtastvorgang des Ursprungsbilds und damit die durchzuführende Transformation durch Polynome beschreiben wird. Im aktuellen Berichtszeitraum konnte das Modul nun so erweitert und optimiert werden, so dass das Modul nun nicht mehr auf die Entzerrung und Rektifizierung von Bilddaten beschränkt ist, sondern auch komplexere Bildtransformationen, wie in Abbildung 2 dargestellt, durchgeführt werden können. Zudem konnten weiterhin Ressourcen eingespart und damit die Effizienz des Moduls nochmals verbessert werden.

#### EIN HARDWARE-MODUL ZUR ERSTELLUNG VON TIEFENKARTEN ZUR ENTFERNUNGSMESSUNG IN ECHTZEIT

Eine oftmals wünschenswerte Eigenschaft autonomer Roboter-Systeme ist die Vermeidung von Kollisionen mit Menschen oder Objekten. Das System muss also feststellen können, ob und in welcher Entfernung sich ein fremdes Objekt befindet. Die hierzu benötigten Umgebungsinformationen können durch die Berechnung so genannter „Tiefenkarten“ gewonnen werden. Eine Tiefenkarte enthält kodierte Informationen über die Entfernung zu Objekten, welche sich im Blickfeld der Kamera befinden. In Abbildung 3 ist im oberen Bildschirmbereich eine solche Tiefenkarte und unterhalb eines der entsprechenden Kamerabilder zu sehen.

Zur Erstellung von Tiefenkarten werden zunächst ideale Stereo-Bilder benötigt: Eventuell vorhandene Linsenverzeichnungen müssen vorab eliminiert werden und die Bilddaten müssen rektifiziert sein, also in einer

Abbildung 2: Ein schräg aufgenommenes Bild wird so entzerrt, dass die Schrift für den Betrachter wieder lesbar wird.

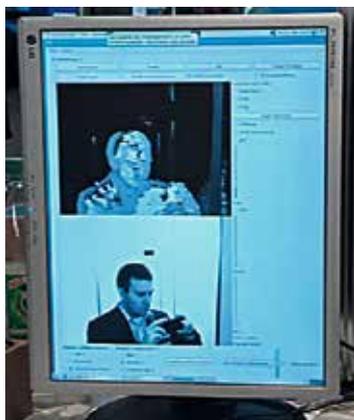
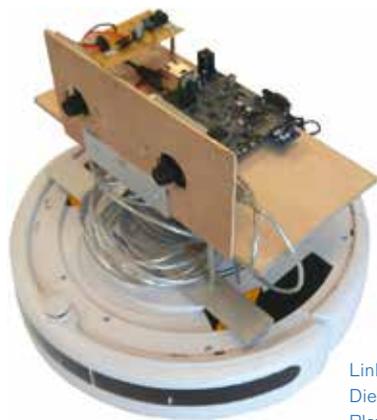


Abbildung 3: Erstellung von Tiefenkarten in Echtzeit im FPGA: Während die Hände (nah zur Kamera) hell dargestellt werden, ist der etwas weiter entfernte Körper dunkler dargestellt.(vorgestellt auf der Embedded World 2013).

Ebene liegen. Für diese beiden Aufgaben kann z. B. das oben beschriebene *NITRA+*-Modul verwendet werden. Anhand des horizontalen Versatzes, der so genannten Disparität zwischen linkem und rechtem Bild, kann nun der Abstand zum entfernten Objekt berechnet werden. Im Rahmen einer Bachelor- und einer studentischen Projektarbeit wurde ein Hardware-Modul entwickelt, das die entzerrten und rektifizierten Stereo-Bilder der Kamerasensoren entgegen nimmt und in Echtzeit die entsprechenden Tiefeninformationen in Form einer Tiefenkarte ausgeben kann. Damit finden alle Berechnungen bereits in der „intelligenten“ Stereo-Kamera statt, und das eigentliche System erhält transparent die Tiefenkarte.

#### SPOTTY – EINE AUTONOME, SEHENDE ROBOTER-PLATTFORM

Mit dem Ziel der autonomen Navigation im Raum mittels optischer Verfahren wurde in Zusammenarbeit mit der Firma *Mixed Mode GmbH* die mobile Roboter-Plattform „Spotty“ entwickelt. Der Roboter sollte sich zum einen in unbekanntem Terrain frei bewegen können und gleichzeitig die Umgebung in einer Karte erfassen. Zudem sollten vorab angelegte Gegenstände vom Roboter wiedererkannt und entsprechend in der Umgebungskarte markiert werden. Zur Realisierung dieser Aufgaben kommen verschiedene Algorithmen zur Kollisionsvermeidung, Lokalisierung, Kartografierung der Umgebung, Wegfindung und Objekterkennung zum Einsatz. Durch die Auswahl jeweils für die verschiedenen Aufgabenstel-



Links: Abbildung 4:  
Die autonome Roboter-Plattform „Spotty“.



Abbildung 5: Eine durch den autonomen Roboter erstellte Umgebungskarte: unbekannte Hindernisse sind hellgrau, bekannte Gegenstände rot und das aktuelle Sichtfeld dunkelgrau dargestellt.

lungen optimaler Verfahren und auch mittels Kombination mehrerer Algorithmen für einen Aufgabenbereich konnte für die Ausführung aller nötigen Rechenschritte ein stromsparendes eingebettetes System (ARM-basiert) als Hardware-Plattform genutzt werden. So werden beispielsweise zur Vermeidung von Kollisionen Tiefenkarten verwendet, zur Erkennung vorab erlernter Objekte kommt ein zweistufiges Verfahren zum Einsatz: zunächst werden die Bilddaten der Kamera mit dem schnellen „Viola-Jones“-Algorithmus untersucht. Befindet sich ein bekannter Gegenstand im Blickfeld der Kamerabilder, so kommt zur präzisen Positionsbestimmung der rechenaufwändigere „SURF“-Algorithmus zum Einsatz. Abbildung 4 zeigt die mobile Roboter-Plattform, eine durch den Roboter erstellte Umgebungskarte ist in Abbildung 5 dargestellt.

#### FAZIT

Der Einsatz effizienter Hardware-Strukturen, welche beispielsweise in FPGA-Bausteinen implementiert werden können, und die Entwicklung optimierter Algorithmen ermöglichen unter anderem die Realisierung anspruchsvoller Bildverarbeitungsaufgaben in eingebetteten Systemen. In der Arbeitsgruppe „Effiziente Eingebettete Systeme“ wurden mehrere Hardware-Strukturen entwickelt, welche aufwändige Rechenschritte bereits in intelligenten FPGA-Kameras durchführen können. Die daran angebotenen Systeme werden dadurch entlastet, was selbst die Durchführung aufwändiger Bildverarbeitung auch in stromsparenden, autonomen eingebetteten

Systemen erlaubt. Der praktischen Nutzen und die Einsatzfähigkeit der im Laufe des Triokulus-Projektes entwickelten Software- und Hardware-Module konnte durch mehrere Demonstratoren veranschaulicht und fortwährend auf nationaler und internationaler Ebene interessiertem Publikum vorgestellt werden.

Auch weiterhin ist es das Hauptziel der Arbeitsgruppe „Effiziente Eingebettete Systeme“ sich der Herausforderung zu stellen, das Leistungspotential eingebetteter Systeme tatsächlich auszuschöpfen. Dieses Ziel wird beispielsweise durch die aktuellen Arbeiten am ParaNut-Prozessor verfolgt.

#### PUBLIKATIONEN

- [1] Matthias Pohl, Michael Schäferling, Gundolf Kiefer, Plamen Petrow, Egmont Woitzel und Frank Papenfuß: „An Efficient and Scalable Architecture for Real-Time Distortion Removal and Rectification of Live Camera Images“, IEEE International Conference on ReConFigurable Computing and FPGAs, Cancun, Mexiko, 2012
- [2] Michael Schäferling, Ulrich Hornung und Gundolf Kiefer: „Object Recognition and Pose Estimation on Embedded Hardware: SURF-Based System Designs Accelerated by FPGA Logic“, International Journal of Reconfigurable Computing, Ausgabe 2012, Artikel-ID: 368351
- [3] Ulrich Hornung, Michael Schäferling und Gundolf Kiefer: „Markerlose optische Objekt- und Posen-

#### DIE ARBEITSGRUPPE "EFFIZIENTE EINGEBETTETE SYSTEME":

##### Kompetenz-Felder:

- FPGA-Entwicklung
- Effiziente Software für Mikrocontroller
- Bildverarbeitung, insbesondere maschinelles Sehen (Computer Vision) und optisches Tracking

##### Möglichkeit zur...

- ... Durchführung von "Master of Applied Research"-Projekten
- ... Betreuung von kooperativen Promotionen
- ... Betreuung von Abschlussarbeiten (Master, Bachelor)

##### Das BMBF-Projekt „Triokulus“:

- Titel: Triokulus – Effiziente Bildverarbeitung für 3D-Trackingsysteme
- Förderlinie: BMBF „IngenieurNachwuchs“
- Fördersumme: 260.000 Euro
- Laufzeit: 3,5 Jahre Juli 2009 – März 2013

##### Partner:

- FORTECH Software GmbH
- Mixed Mode GmbH
- Universität Augsburg

- bestimmung mit eingebetteter Hardware“, Konferenz „Go-3D: Computergraphik für die Praxis“, Rostock, 30. August 2012
- [4] Ulrich Hornung, Matthias Pohl, Michael Schäferling, Michael Seider und Gundolf Kiefer: „Bildverarbeitung mit eingebetteten Systemen“, embedded projects Journal, Ausgabe 16, Feb. 2013, S. 10–12
  - [5] Messeauftritt auf der embedded world 2013

## 3D-Bildverarbeitung für die zahnmedizinische Forschung

Kooperationsprojekt mit der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der LMU München



Prof. Dr. Peter Rösch

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik  
Telefon +49(0)821 5586-3327  
peter.roesch@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Medizinische Bildverarbeitung und Visualisierung

Ziel einer seit 2007 bestehenden Forschungs-Kooperation mit Prof. Dr. Kunzelmann (Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der LMU München) ist die Verbesserung der Patienten-Versorgung z.B. durch die Charakterisierung und Weiterentwicklung von Füllungswerkstoffen. Das Wintersemester 2012/2013 wurde als Forschungssemester dazu genutzt, bestehende Ansätze weiterzuentwickeln und neue Projekte durchzuführen. Hauptthemen waren das Schrumpfungsverhalten von Kompositfüllungen und der Einfluss von Poren auf die Haltbarkeit von Glasionomerzement-Restaurationen. Dazu wurden neuartige Bildverarbeitungs-Algorithmen erarbeitet und unter Verwendung freier Software-Bibliotheken implementiert. Durch eine enge Verzahnung mit laufenden Doktorarbeiten konnte erreicht werden, dass die entstandene Software in aktuellen Studien routinemäßig eingesetzt wird. Mehrere Beiträge zu internationalen Konferenzen, die auf den gemeinsamen Ergebnissen basieren, wurden eingereicht und auch akzeptiert. Die neuen Erkenntnisse werden direkt in Lehrveranstaltungen zur Bildverarbeitung, Visualisierung und Programmierung einfließen und so auch den Studierenden der Hochschule zugutekommen.

### SCHRUMPFUNGSVERHALTEN VON KOMPOSIT-ZAHNFÜLLUNGEN

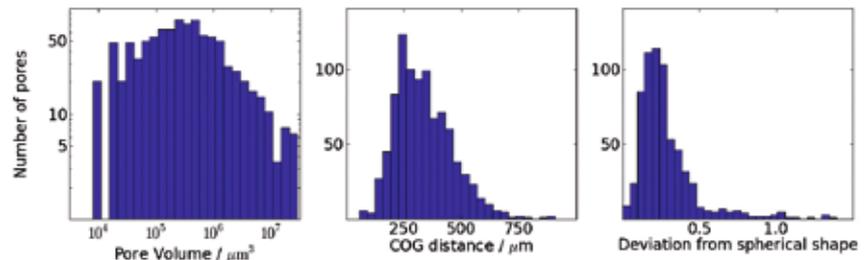
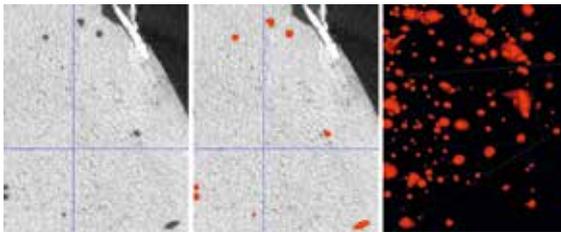
Zahnfarbene Komposit-Zahnfüllungen sind vor allem im Frontalzahnbereich sehr beliebt und werden auch für Zahnverbreiterungen eingesetzt. Bei größeren Füllungen kommt es jedoch aufgrund der Schrumpfung des Werkstoffs während der Polymerisation zu Problemen, insbesondere zu Randspalten und zu mechanischen Spannungen, die von Patienten als unangenehm empfunden werden. Voraussetzung für die Vermeidung dieser Probleme ist ein detailliertes Verständnis der Faktoren, die die Polymerisationsschrumpfung beeinflussen. In der Literatur finden sich unterschiedliche Hypothesen wie z.B. die Erwartung, dass die Schrumpfung bei Materialien, deren Polymerisation durch blaues Licht initiiert wird, zur Lichtquelle hin erfolgt. Zur Überprüfung solcher Hypothesen reicht es nicht aus, die prozentuale Schrumpfung der gesamten Probe zu bestimmen. Es ist vielmehr notwendig, lokale Materialbewegungen innerhalb des Volumens („Schrumpfungs-Vektoren“)

quantitativ zu bestimmen. Zu diesem Zweck können kleine Glaskügelchen unter das zu untersuchende Material gemischt werden. Erzeugt man vor und nach der Polymerisation hoch aufgelöste, dreidimensionale Bilder, können lokale Schrumpfungs-Vektoren aus der Verschiebung der einzelnen Kügelchen bestimmt werden, wobei die Identifikation korrespondierender Kugeln in den Bildern und die Bestimmung der Verschiebungen zunächst manuell erfolgte [1].

Ziel unseres Projekts war, die Bestimmung dieser Verschiebungs-Vektoren zu automatisieren und so die Analyse einer größeren Zahl von Proben zu ermöglichen. Dazu wurde ein neues Bildverarbeitungs-Verfahren erarbeitet und 2009 als Vortrag auf der Konferenz „Computer Assisted Radiology and Surgery“ (CARS) präsentiert [2]. Dr. Y. C. Chiang setzte dieses Verfahren im Rahmen einer Studie ein, für die er anlässlich einer Tagung der IADR-CED (International Association for Dental Research – Continental European Division) mit dem „Senior Robert Frank Award for Basic Science“ ausgezeichnet wurde. Im Jahr 2010 wurden die Ergebnisse dann in einer Fachzeitschrift veröffentlicht [3]. Etwas später begann Frau D. Kaisarly mit der Untersuchung von 27 Proben, wobei die Randbedingungen systematisch variiert wurden. Während des Wintersemesters 2012/2013 fand die Auswertung dieser Versuchsreihen statt. Durch Optimierungen der Software konnte die Rechenzeit von rund einer Woche auf einen Tag pro Datensatz reduziert werden, was die Analyse umfangreicher Reihenuntersuchungen praktikabel macht. Erste Ergebnisse wurden 2013 von Frau Kaisarly auf mehreren internationalen Konferenzen der IADR präsentiert. Weitere Veröffentlichungen in Fachzeitschriften werden folgen.

### POREN IN GLASIONOMERZEMENTEN

Glasionomerzemente sind in der Herstellung und Verarbeitung günstig, so dass entsprechende Füllungen meist von den gesetzlichen Krankenkassen übernommen werden. Ein Nachteil der Materialien ist, dass sie sich bei intensiver Beanspruchung stark abnutzen, was sie für Kauflächen weniger geeignet macht. Ein aktuelles Forschungsthema in der zahnärztlichen Werkstoffkunde ist die Optimierung von Glasionomerzementen bezüglich



der Verschleißfestigkeit. Es ist bekannt, dass bei der Herstellung und Verarbeitung von Glasionomern Poren entstehen und es ist plausibel, dass Anzahl, Größe, Form und räumliche Verteilung der Poren die mechanischen Eigenschaften des Materials mitbestimmen. Ziel eines gemeinsamen Projekts, das während des Forschungssemesters entscheidend vorangetrieben werden konnte, ist die quantitative Charakterisierung der Porosität von Glasionomern. Dazu werden hoch aufgelöste, dreidimensionale Mikro-CT-Bilder der Proben erstellt, auf denen sich Poren dunkel darstellen. Die Poren werden segmentiert und ihre Oberflächen anschließend interaktiv visualisiert (Abb. 1). Darüber hinaus wird eine quantitative Auswertung mit dem Ziel durchgeführt, die Verteilungen der Poren-Volumina, -Abstände und -Formen zu erhalten (Abb. 2). Eine detaillierte Darstellung der Methode findet sich in aktuellen Beiträgen zu internationalen Konferenzen [4, 5].

Frau R. Zweifler untersuchte im Rahmen ihrer Doktorarbeit 31 Glasionomerzement-Proben verschiedener Hersteller, so dass eine größere Menge an Daten zur Verfügung steht. Es zeigte sich, dass die Bildverarbeitungs-Software in allen Fällen plausible Ergebnisse liefert und die automatisch erzeugten Video-Sequenzen einen guten Eindruck der qualitativen Eigenschaften der Proben vermitteln. Derzeit wird eine statistische Auswertung mit dem Ziel durchgeführt, Zusammenhänge zwischen Porosität und der experimentell im „Kausimulator“ bestimmten Abnutzung zu quantifizieren.

#### DANKSAGUNG

Prof. Dr. Karl-Heinz Kunzelmann verdanke ich die Möglichkeit, mein Forschungssemester an der Klinik für Zahnerhaltung und Parodontologie verbringen zu können. Vielen Dank auch an den Leiter der Klinik, Prof. Dr. Hickel, der mir sein künftiges Emeritenzimmer als Arbeitsplatz zur Verfügung gestellt hat. Den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Klinik möchte ich

für die freundliche Aufnahme und die Unterstützung in allen technischen und organisatorischen Fragen danken. Frau Kaiserly hat mich bei der Weiterentwicklung der Software durch konstruktive Rückmeldungen unterstützt und Frau Zweifler hat mir ihre Daten zur Erprobung von Bildverarbeitungs- und Visualisierungsverfahren zur Verfügung gestellt, vielen Dank dafür! Der Hochschulleitung und der Fakultät für Informatik, insbesondere unserem Dekan, danke ich für die Genehmigung des Forschungssemesters und die Unterstützung bei der Antragstellung.

#### LITERATUR

- [1] N. Inai, N. Katahira, K. Hashimoto, J. Tagami, A. Hirakimoto, S. J. Marshall, G. W. Marshall: Microfocus X-ray CT Analysis of Shrinking Direction in Resin Composite. IADR/AADR/CADR 80th General Session (2002) Abstract Nr. 2014.
- [2] P. Rösch, Y.-C. Chiang, K.-H. Kunzelmann: Quantification of local polymerisation shrinkage from 3D micro CT images of dental composites. International Journal of Computer assisted Radiology and Surgery 4 (Suppl. 1) (2009) 200.
- [3] Y.-C. Chiang, P. Rösch, A. Dabanoglu, C.-P. Lin, R. Hickel, K.-H. Kunzelmann: Polymerization composite shrinkage evaluation with 3D deformation analysis from micro CT images. Dental Materials 26 (2010) 223–231.
- [4] K.-H. Kunzelmann, P. Rösch: 3D Porosity Quantification in Set Glassionomer Cements. Journal of Dental Research 92 (2013) 481.
- [5] P. Rösch, R. Zweifler, K.-H. Kunzelmann: 3D Image Processing for the Characterisation of Glass Ionomer Cement Porosity from micro CT Images. International Journal of Computer assisted Radiology and Surgery 8 (Suppl. 1) (2013) 246.

Abbildung 1 (links): Schnitt durch ein dreidimensionales Mikro-CT-Bild einer Glasionomerzement-Probe (links), Überlagerung der segmentierten Poren (rot, Mitte), Visualisierung der Poren-Oberflächen (rechts).

Abbildung 2 (rechts): Verteilungen der Poren-Volumina (logarithmische Skalen, links), der Abstände zwischen den Poren-Schwerpunkten (Mitte) sowie der Abweichung der Poren von der Kugelform (rechts) für die Probe aus Abb. 1.

## Usability Engineering

Von der Forschung in die Praxis



Prof. Dr.-Ing. Christian Märtin

Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik

Telefon +49(0)821 5586-3454  
christian.maertin@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Rechnerarchitektur
- Intelligente Systeme
- Mensch-Computer-Interaktion
- Software-Technik

Forschungsgruppe Automation in Usability Engineering (AUE)

Dipl.-Wirt.-Inf. (FH)  
Christian Herdin, M.Sc.

Dipl.-Inf. Jürgen Engel, M.Sc.

Die Forschungsgruppe Automation in Usability Engineering (AUE) arbeitet an Methoden und Werkzeugen zur pattern- und modellbasierten Entwicklung und automatischen Generierung interaktiver Systeme. Im Mittelpunkt stehen grafische Benutzungsoberflächen für Web-, Server-, Desktop- und mobile Software-Applikationen. Neben Forschung im Bereich des Usability Engineering betreibt die Arbeitsgruppe zusammen mit der Professur für E-Commerce, Prof. Dr. Norbert Gerth, auch das Uselab-I der Fakultät für Informatik. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die verschiedenen Forschungsarbeiten und schildert beispielhaft die Durchführung des Usability-Tests des Web-Portals eines mittelständischen Auftraggebers.

### FORSCHUNG IM BEREICH USABILITY ENGINEERING

Neben Pattern- und Patternsprachen-Editoren, Pattern-Browsern und Generatoren, die Spezifikationen in XML und PLML (Pattern Language Modeling Language) auswerten, entstehen in der Forschungsgruppe AUE Entwicklungsansätze für domänenspezifische Systeme. Die Ergebnisse werden regelmäßig auf internationalen Tagungen vorgestellt und publiziert. Auf der PATTERNS 2012, Nizza/Frankreich, wurde unsere Methodik mit dem Best Paper Award ausgezeichnet. Im Jahr 2013 waren wir mit drei Beiträgen auf der 15th International Conference on Human-Computer Interaction, HCII 2013, in Las Vegas vertreten [2, 3, 4].

In einer kooperativen Promotion zwischen der Universität Rostock, Lehrstuhl für Softwaretechnik, Prof. Dr. Peter Forbrig, und der Hochschule Augsburg widmet sich unser Masterabsolvent Jürgen Engel der Integration bestehender und neuartiger Generierungs- und Evaluations-Ansätze in das von ihm entwickelte PaMGIS-Framework. Wobei ein besonderer Schwerpunkt auf der Transformation von Patterns zwischen verschiedenen Abstraktionsniveaus und für unterschiedliche Zielumgebungen liegt. Darüber hinaus entsteht eine einheitliche Spezifikationsprache für die automatische Auswertung von Softwarepatterns zu Generierungszwecken. In den zurückliegenden Monaten gelang die Entwicklung der Patternspezifikationsprache PPSL, die in ihrer Mächtigkeit weit über die Beschreibungs-

möglichkeiten bisheriger Standard-Spezifikationsprachen wie PLML hinausgeht. Details zu PPSL werden in [1, 2] beschrieben.

In unseren Arbeiten der letzten Jahre haben wir uns intensiv mit den Möglichkeiten der modellbasierten Entwicklung interaktiver Systeme befasst. Das Forschungsgebiet, das sich seit den 1980er Jahren unter dem Begriff Model-based User Interface Development (MBUID) etabliert hat, erforscht die Möglichkeiten und Verfahren zur (semi-)automatischen Konstruktion interaktiver Systeme durch Auswertung verschiedener Kategorien von Software-Modellen. Es bestehen dabei enge Verbindungen zum Forschungsgebiet Model-Driven Architecture (MDA), das sich seit mehr als zehn Jahren der Konstruktion lauffähiger Software aus UML-Modellen widmet.

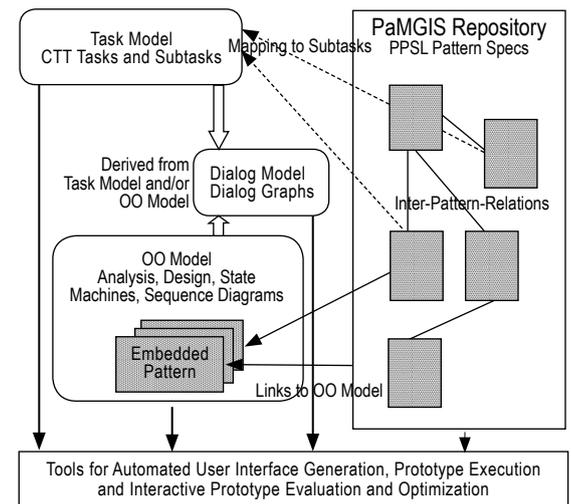


Abbildung 1: Auswertung von Modellen und Patterns für die automatische Konstruktion interaktiver Systeme.

In unseren Ansätzen verwenden wir neben objektorientierten Modellen auf UML-Basis im Wesentlichen sogenannte Task-Modelle (Aufgabenmodelle). Wie wir durch von uns realisierte prototypische Entwicklungswerkzeuge und Vorgehensweisen zeigen konnten, eignen sich Software-Muster (Patterns) sehr gut dazu, die klassischen MBUID-Modelle zu verfeinern und domänenspezifisch zu ergänzen. In [3] schildern wir, wie unser Ansatz einige der noch fehlenden Details („missing

links“) zur Vervollständigung eines vollautomatischen Generierungsprozesses für interaktive Benutzeroberflächen liefern konnte. Bild 1 zeigt unseren aktuellen Ansatz schematisch.

Ein weiterer Schwerpunkt im Rahmen unserer Arbeitsgruppe ist die Modellierung von Geschäftsprozessen und deren interaktive Anbindung an die Business-Logik. Im Rahmen von studentischen Projektarbeiten und mehreren Bachelorarbeiten untersuchen wir, wie unser Ansatz dazu genutzt werden kann, Hochschul-Geschäftsprozesse, die mit der S-BPM-Methodik (subject-oriented business process modeling) spezifiziert wurden, benutzerfreundlicher zu visualisieren. Dabei kooperieren wir mit dem Softwareanbieter Metasonic AG, Pfaffenhofen.

Mit Fujitsu Technology Solutions (München, Augsburg, Paderborn) kooperieren wir seit 2011 im Bereich Usability Engineering für Server-Steuerungssoftware und bei der Anpassung dieser Software für mobile Umgebungen. Dazu wird im Rahmen von Bachelor- und Masterarbeiten das Uselab-I der Fakultät für Informatik eingesetzt.

Das Uselab-I ermöglicht es uns auch, im Rahmen von Auftragsprojekten kommerzielle Websites, Portale sowie mobile Apps im Hinblick auf ihre Usability und User Experience zu untersuchen. Im nachfolgenden Kapitel beschreiben wir, wie ein solcher Test abläuft. Beispielhaft wird dies gezeigt an der Evaluation des Web-Portals der in Augsburg ansässigen Dr. Grandel GmbH.

#### USABILITY-EVALUATIONEN KOMMERZIELLER WEBSITES

Die benutzerfreundliche Gestaltung des eigenen Internetangebots oder der eigenen Software rückt für immer mehr Unternehmen in den Vordergrund und spielt für Marketing und Verkaufserfolg eine zentrale Rolle. Die Ursachen hierfür liegen auch am dynamisch wachsenden Markt bei mobilen Endgeräten, die durch ihre neuartigen Bedienkonzepte von den Entwicklern immer mehr Benutzerschnittstellen-Know-how fordern.

Um eine benutzerfreundliche Homepage oder anwendungsfreundliche interaktive Software zu konzipieren oder auch um Ergebnisse eines Redesigns auf ihre Effektivität zu hinterfragen, greifen immer mehr Unternehmen auf sogenannte Usability-Muster [1] und

Usability-Tests zurück. Damit soll neben der Qualität der interaktiven Benutzerschnittstelle auch eine optimale User Experience erreicht werden. Der klassische Aufbau eines solchen Usability-Tests besteht aus einem Vortest, dem sogenannten Pretest, dem eigentlichen praktischen Test der Website oder Software und einem abschließenden Posttest. Bevor ein solcher Test beginnen kann, ist eine Vielzahl an Vorbereitungen nötig, um einen erfolgreichen und kundenorientierten Testablauf zu garantieren.

Als Erstes findet eine Vorbesprechung mit dem Kunden statt. In dieser geht es um seine Wünsche und Ziele, die wichtigsten Grundlagen für einen erfolgreichen Usability-Test. In dem hier dargestellten Beispielprojekt war der Auftraggeber die Dr. Grandel GmbH aus Augsburg, einer der führenden Hersteller auf dem Markt für Kosmetikartikel und Nahrungsergänzungsmittel.

Zur Vorbesprechung mit dem Kunden gehört sowohl die Auswahl der richtigen Zielgruppe als auch die Zielfestlegung, auf welche der Anwendertest anschließend zugeschnitten wird.

In unserem Beispiel war es dem Kunden wichtig, die Zielgruppe der 20- bis 35-jährigen, internetaffinen Konsumentinnen aus Großstädten zu erreichen.

Da ein sehr hoher Anteil dieser Zielgruppe sich über das Internet über Konsumprodukte informiert und diese auch häufig bereits online einkauft, stand der neu gestaltete Webauftritt der Firma im Mittelpunkt des Usability-Tests. Basierend auf diesen Kriterien erfolgte die Ausarbeitung der Szenarien und Unterlagen für die Fragebögen des Pre- und Posttests und die Auswahl der Testkandidatinnen.

Zunächst entsteht bei dem Evaluationsprojekt der Entwurf des Fragebogens für den Pretest, der vor dem eigentlichen Test mit der Website stattfindet. Der Pretest besteht aus einem Fragebogen mit einem begleitenden Interview. Der Test dient dazu, Vorwissen oder auch Meinungen zu einem bestimmten Themenfeld bereits im Vorfeld zu erfahren. Er dient auch zur Validierung der Testkandidaten. So kann etwa über eine Frage nach der Internetnutzung und der Interneterfahrung festgestellt werden, ob der Nutzer wirklich internetaffin ist.

Bei den Fragen kommen unterschiedliche Fragentypen zum Einsatz. So gibt es sowohl Mehrfachauswahlfragen, so genannte Multiple-Choice-Fragen, bei denen die Antworten bereits vorgegeben sind, als auch offene Fragen, bei denen der Testkandidat eine freie Antwort geben kann, die nicht vorgegeben ist (Abb. 2).

Lesen Sie Frauenzeitschriften/Magazine, wenn ja, welche und wie häufig blättern Sie darin?			
<hr/>			
Nutzen Sie das Internet als Informationsquelle, um sich über Produkte zu informieren?			
<input type="radio"/> regelmäßig	<input type="radio"/> häufig	<input type="radio"/> manchmal	<input type="radio"/> nie
Welche Seiten nutzen Sie, wenn Sie sich über Kosmetik informieren möchten?			
<hr/>			

Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Pretest für die Dr. Grandel GmbH.

Wird der Fragebogen in Anwesenheit des Interviewers bearbeitet, kann dieser gezielt nachhaken und nachfragen, was z. B. zu einer bestimmten Antwort geführt hat, oder Hilfestellung zu den Fragen geben. Die Ergebnisse des Fragebogens werden in der Auswertungsphase bewertet und gegebenenfalls aggregiert. Bei unseren Testfragen stellte sich heraus, dass die meisten Probandinnen entweder regelmäßig Frauenmagazine wie etwa Instyle oder Vogue lesen oder kaum bzw. gar keine Presseerzeugnisse in diesem Bereich nutzen.

Im Anschluss an den Pretest findet der eigentliche Usability-Test statt. Hierfür wird im Vorfeld ein Szenario entworfen, das eine mehrteilige Storyline für den Test beinhaltet: Eine Ausgangssituation, welche die Testhintergründe näher betrachtet und den Testkandidaten helfen soll, sich in ihrer Rolle besser zurechtzufinden. Der Rest der Storyline ist in mehrere Abschnitte, so genannte Tasks unterteilt. Diese Tasks bestehen aus typischen Aufgaben, die der Anwender auch später mit dem fertigen Produkt oder der Homepage durchführt.

Beim Projekt Dr. Grandel GmbH gehörte zur Ausgangssituation für die Testkandidatinnen, dass diese über eine Anzeige in einem Frauenmagazin auf Produkte der Dr. Grandel GmbH aufmerksam wurden und sich nun genauer über das dort beworbene Produkt informieren möchten. Einen Task des Szenarios ist es für

die Probandinnen, mit Hilfe der Dr.-Grandel-Website herauszufinden, was der Wirkstoff „Hyaluron“ bewirkt, der in vielen Produkten (z. B. Feuchtigkeitscremes) enthalten ist.

Nachdem die Testszenario-Erstellung abgeschlossen war, erfolgte der eigentliche Test mit 10 Probandinnen der Zielgruppe im Uselab-I der Hochschule Augsburg. Bei diesem Test wurden mit Hilfe der Usability-Software-Systeme Tobii-Studio und MORAE die einzelnen Aktionen der Kandidatinnen während des Tests festgehalten. Hierzu zählen unter anderem die Anzahl der Mausclicks, die Erfolgsrate, Zeit für einen Task, Mimik und Eye-Tracking-Daten.

Eye-Tracking wird hierbei verwendet, um zu erkennen, was eine Probandin wirklich gesehen hat. Befragungen ermöglichen es zwar herauszufinden, welche Informationen tatsächlich wahrgenommen wurden, jedoch nicht, ob eine Kandidatin sich an bestimmte Informationen nicht mehr erinnert, obwohl sie sie gesehen hat.

Durch zusätzliches Eye-Tracking bieten sich einige interessante neue Auswertungsmethoden für den Kunden an. Sogenannte Heat Maps (Abb. 3) zeigen an, auf welche Stellen sich die Testkandidaten für wie lange fixiert haben. Die Farbcodierung entspricht dabei einer Temperaturskala: Je länger eine bestimmte Stelle betrachtet wurde, umso wärmer wird diese dargestellt. In unserem Beispiel (Abb. 3) ist zu erkennen, dass die Testkandidatinnen nur den ersten Absatz der Erklärung intensiv gelesen haben, den zweiten Absatz aber kaum noch beachtet haben. Der Rest der Webseite wurde nur ganz kurz oder gar nicht beachtet (z. B. Footer der Website). Eine weitere Auswertungsform ist die Focus Map. Diese stellt dar, was der Testkandidat alles fokussiert hat und was nicht. Mit Hilfe eines Glaze Plots (Abb. 4) kann nachverfolgt werden, auf welche Bereiche des Bildschirms der Testkandidat wie lange geschaut hat und in welcher Reihenfolge er dies genau getan hat.

Darüber hinaus gibt es noch die statistische Auswertung des Tasks „Was ist Hyaluron eigentlich?“. Diese ergab, dass durchschnittlich 10 Mausclicks erforderlich waren, um die Seite mit der Erklärung des Wirkstoffs im Internetauftritt der Dr. Grandel GmbH zu finden. Die durchschnittliche Dauer betrug hierbei 2:30 Minuten, bei einer Erfolgsquote von 100 %. Fazit für diesen

Task ist somit, dass die Informationen relativ schnell gefunden wurden, jedoch die Texte auf der Seite nicht komplett durchgelesen wurden, da es den Kandidatinnen hier zu viel Lesetext war. Diese Aussage wurde durch die sogenannte Think-aloud-Methode unterstrichen. Think aloud bedeutet, dass der Testkandidat während des Tests seine Gedanken laut mitteilt, damit diese digital festgehalten werden können.



Abbildung 3: Aggregierte Heat Map der Webseite „Was ist Hyaluron eigentlich?“.

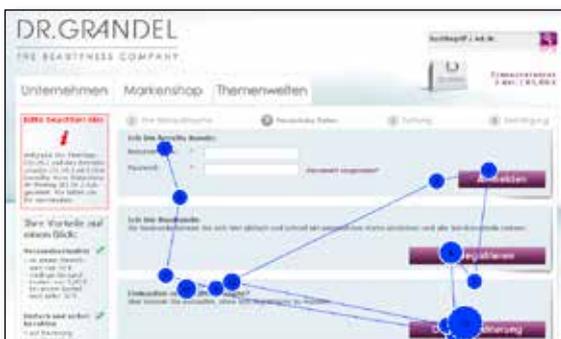


Abbildung 4: Glaze Plot einer Kandidatin beim Bestellprozess im Onlineshop.

Anschließend an den eigentlichen Test erfolgte jeweils der Posttest. Der Posttest besteht wie der Pretest aus einem Fragebogen mit einem geführten Interview. Bei diesem werden Fragen zu bestimmten Tasks des Szenarios gestellt oder danach gefragt, was den Kandidaten

gut oder weniger gut gefallen hat. Der Fragebogen ist wie der des Pretests aufgebaut und besteht auch hier aus Multiple-Choice- und offenen Fragen (Abb. 5).

Wie fanden Sie den Gesamteindruck des Webauftritts von Dr. Grandel?

---

Gibt es etwas, das Sie verändern würden?

---

Abbildung 5: Ausschnitt aus dem Posttest der Firma Grandel.

Die Auswertung ergab hier, dass viele Probandinnen die Dr. Grandel Webseite als farblich sehr angenehm empfanden und es sich um eine gestalterisch gelungene Webseite handelt. Einige Probandinnen fanden jedoch, dass in Bezug auf Übersichtlichkeit noch Spielräume bestünden. Dementsprechend wurden als Veränderungsvorschläge genannt, die Texte etwas zu kürzen und das Menü zu reduzieren.

Zum Abschluss jedes Usability-Tests gehört die Abschlusspräsentation beim Kunden, in der die Auswertungen des Tests präsentiert werden. Hier werden neben den Evaluationsergebnissen auch die Verbesserungsvorschläge und Experten-Meinungen des Evaluations-Teams mit einbezogen, um den Internetauftritt oder die Software des Kunden noch benutzerfreundlicher zu gestalten und erkannte Usability-Probleme zu beheben.

- [1] <http://www.usability.gov>
- [2] Martin, C., Herdin, C., Engel, J.: Patterns and Models for Automated User Interface Construction – In Search of the Missing Links, in: M. Kurosu (Ed.), Human-Computer Interaction, Part I, HCII 2013, LNCS 8004, pp. 401–410, Springer, Heidelberg (2013)
- [3] Engel, J., Herdin, C., Martin, C., Forbrig, P.: Formal Pattern Specifications to Facilitate Semi-Automated User Interface Generation, in: M. Kurosu (Ed.), Human-Computer Interaction, Part I, HCII 2013, LNCS 8004, pp. 300–309, Springer, Heidelberg (2013)
- [4] Forbrig, P., Martin, C., Zaki, M.: Special Challenges for Models and Patterns in Smart Environments, in: M. Kurosu (Ed.), Human-Computer Interaction, Part I, HCII 2013, LNCS 8004, pp. 340–349, Springer, Heidelberg (2013)

## Steuerung und Programmierung von mobilen Robotern

Kooperation mit den KUKA Laboratories



Prof. Dipl.-Ing. Georg Stark

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik  
Telefon +49 (0) 821 5586-3461  
georg.stark@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Echtzeitsysteme
- Robotik
- Digitale Bildverarbeitung (3D)
- Software-Entwurf

Die Roboter der ersten Generation in den achtziger Jahren waren noch ohne Sensoren und fest installiert. Später wurde versucht, Roboter mit Sensoren auszustatten, um ihre Aufgaben dynamisch an Werkstücke und Fertigungsumgebung anzupassen. Der logisch nächste Schritt ist die Mobilität. Erste Versuche gab es zwar schon früher, indem man Roboter auf Linearachsen oder schwenkbaren Plattformen montiert hatte. Die technischen Möglichkeiten, Roboter auf omnidirektionale Plattformen zu montieren, die frei und sicher navigieren können, sind allerdings erst heute gegeben. Handhabungsroboter übernehmen zusätzlich Transportaufgaben. Bearbeitungsroboter können an mehreren Orten flexibel eingesetzt werden. Die heutigen Kundenanforderungen verlangen nach einer großen Produktvielfalt. Diese wiederum erfordert hochflexible Fertigungsverfahren.

Im Rahmen von Forschungsarbeiten im Labor für CIM & Robotik wurde die universelle Robotersteuerung MRobot entwickelt. Sie kann an eine große Bandbreite unterschiedlicher Robotertypen angepasst werden. Zusätzlich ist sie mit einer Sensorschnittstelle und Echtzeitsimulation ausgestattet. Wichtigstes Merkmal ist die eingesetzte Softwaretechnologie. Diese stellt eine Kombination aus modellbasierter, komponentenorientierter und objektorientierter Programmierung dar. Die Vorteile dieser Technologie sind einfache Programmierbarkeit und niedrige Kosten für Entwicklung und Wartung.

In den Jahren 2009–2012 beteiligte sich das Labor für CIM & Robotik von Prof. Georg Stark als Unterauftragnehmer der Firma Schunk an dem von der Europäischen Union geförderten Forschungsprojekt ECHORD-KANMAN [STA2]. Das Ziel war die Entwicklung von kostengünstigen, robusten Systemen zur Erkennung und Lokalisierung von Werkstücken bei der Handhabung und Bearbeitung durch mobile Roboter. Die gefundene Lösung ist die seitliche Montage einer intelligenten 3D-Kamera am Robotergreifer. Zur sicheren Lokalisierung und Identifizierung sind die zu greifenden Werkstücke mit Markern ausgestattet. Für die Demonstration des Konzepts wurde ein Leichtbauroboter LWA3 von Schunk eingesetzt.

### Kooperation mit KUKA Laboratories

Auf Grund meiner früheren beruflichen Tätigkeit gibt es seit vielen Jahren eine enge Zusammenarbeit mit KUKA, die im Rahmen meines jetzigen Forschungssemesters vertieft wurde. Dabei habe ich mich schwerpunktmäßig mit der Steuerung und Programmierung von mobilen Robotern beschäftigt.

### MOBILE ROBOTER BEI KUKA

#### youBot



Abbildung 1: Forschungsroboter youBot (KUKA).

Der *youBot* (Abb. 1) ist ein mobiler Roboter, der für Ausbildung und Forschung entwickelt wurde. Er besteht aus einer omnidirektionalen Plattform mit vier Mecanum-Rädern (diese erlauben das freie Verfahren und Drehen, ohne die Ausrichtung der Räder zu verändern), einem oder zwei Roboterarmen mit jeweils fünf Achsen und einem Steuerungs-PC. Die Ansteuerung der Antriebe erfolgt über EtherCat, einem Echtzeit-Ethernet. Als Sensoren werden 2D- und 3D-Kameras sowie Laser-scanner und Infrarotsensor unterstützt. Der *youBot* stellt ein sehr offenes System dar, das vom Anwender erweitert werden kann.

#### omniRob

Der *omniRob* (Abb. 2) ist ein Konzeptroboter für die mobile Manipulation und dient der Evaluierung neuer Technologien, beispielsweise in den Bereichen der Mensch-Roboter-Kollaboration, Bahnplanung und Vision, auf Robustheit und Praxistauglichkeit. Er ist

ebenfalls mit vier Mecanum-Rädern ausgestattet. Der omniRob kann mit bis zu zwei Leichtbauroboterarmen ausgestattet werden. Diese sind hochgenau, schnell und mit einer hochentwickelten Sensorik ausgestattet. Dadurch eignen sich diese Arme auch für ein Fertigungsumfeld, in dem Personen arbeiten. Ein wesentliches Merkmal sind zwei in sicherer Technologie ausgeführte Laserscanner, die drei Aufgaben erfüllen:

1. Erkennen von Kollisionsobjekten, insbesondere Personen
2. Erfassung des Arbeitsbereichs als zweidimensionale Karte
3. Navigation mit Hilfe der erstellten Karte.

Steuerung und Programmierung erfolgen mit der von KUKA neu entwickelten Software Sunrise.

#### omniMove

Diese mobile Plattform ist für besonders große Nutzlasten bis 20 t bei höchster Genauigkeit ausgelegt. Sie kann noch nicht mit der Sunrise-Software betrieben werden.

#### ANWENDUNGSBEREICHE

##### Handhabung und Transport

Moderne Fertigungsverfahren erfordern flexiblen Transport, kombiniert mit hochgenauer Handhabung. Beispiele sind das Kommissionieren von Paletten und die Versorgung von Werkzeugmaschinen/Fertigungszellen mit Werkstücken und Werkzeugen.

##### Bearbeitung großer Bauteile

Bei sehr großen Bauteilen, z. B. Flugzeugkomponenten oder Flügeln von Windkraftanlagen, müssen die Bearbeitungsmaschinen mobil sein. Trotzdem ist hohe Genauigkeit gefordert. Entscheidend ist die Genauigkeit des Andockens und Referenzierens zum Bauteil.

##### Inspektion und Test

Für die Inspektion gilt das Gleiche wie für die Bearbeitung großer Bauteile. Ein Beispiel für räumlich verteilte Geräte sind Spülmaschinen in einem Testfeld, die be- und entladen sowie inspiziert werden.



Abbildung 2: Konzeptroboter omniRob (KUKA).

#### STEUERUNG MOBILER ROBOTERSYSTEME - BESONDERE PROBLEMSTELLUNGEN

##### Paralleles kinematisches System – Synchronisation

Als kinematisches System werden mechanische Einrichtungen mit mehreren steuerbaren räumlichen Freiheitsgraden bezeichnet. Bei mobilen Robotern stellen Plattform und Roboterarme solche parallelen Kinematiken dar. Abb. 3 zeigt die schematische Darstellung der kinematischen Eigenschaften des Gesamtsystems mit zwei Armen. Die Plattform hat zwei translatorische und einen rotatorischen Freiheitsgrad. Die besondere Aufgabe der Steuerungssoftware besteht darin, Plattform und Arme gleichzeitig zu verfahren und dabei geeignet zu synchronisieren. Dies kann auf der Regelungsebene, der Steuerungsebene des Bahninterpolators und im Anwendungsprogramm durch Synchronisationsoperationen erfolgen.

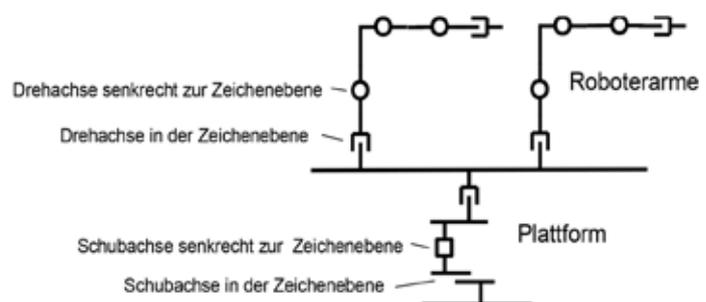
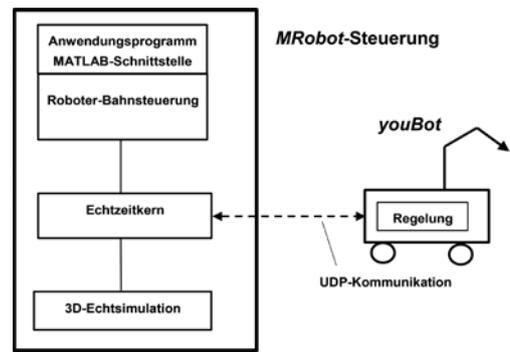


Abbildung 3: Kinematische Struktur des Gesamtsystems mit zwei Roboterarmen.

Abbildung 4:  
Gesamtstruktur  
der MRobot-  
Steuerungssoftware.



### Redundantes kinematisches System

Ein frei bewegliches Objekt besitzt 6 Freiheitsgrade, ein Roboterarm zusammen mit der mobilen Plattform aber 8, 9 oder 10 Freiheitsgrade. Die Gesamtkinematik ist somit redundant. Die zusätzlichen Freiheitsgrade können eingesetzt werden, um zusätzliche Anforderungen zu erfüllen. Die Bewegung kann so erfolgen, dass Kollisionsobjekten ausgewichen wird oder zusätzliche Optimierungsziele erfüllt werden, wie z. B. zeitoptimale oder beschleunigungsminimale Bewegung.

### Geeignete Programmier- und Bedienschnittstelle

Die aufgabenbezogene Programmierung von Plattform und Armen muss effizient und sicher erfolgen. Ausschlaggebend dafür ist die Art der Programmiersprache mit Zusatzbibliotheken und Programmierumgebung. Bezogen auf die beiden Roboter youBot und omniRob stehen zwei Konzepte zur Verfügung:

- Objektorientierte Programmierung, basierend auf Java und der Programmierumgebung Eclipse: Diese wird mit der Sunrise-Workbench unterstützt. Der Hauptvorteil ist die mächtige, universelle Programmierbarkeit von Anwendungen.
- Domänenspezifische Programmierung, basierend auf MATLAB: Sprachen wie MATLAB-Skript sind imperative Sprachen, die auf spezifische Anwendungsbereiche (Domänen) ausgerichtet sind.

Wesentlich für einen reibungslosen Betrieb sind einfache und sichere Bedieneinrichtungen, die die Bedürfnisse des Personals vor Ort berücksichtigen.

### Sicherheit

Mobile Roboter werden in dynamisch veränderlichen Fertigungsumgebungen eingesetzt, in denen auch Personen tätig sind. Deshalb ist der Personenschutz eine besonders wichtige Aufgabe. Gewährleistet wird er durch mehrere mit sicherer Technik ausgestattete Laserscanner, die Personen und andere Kollisionsobjekte schnell und sicher erkennen.

### STEUERUNG DES FORSCHUNGSROBOTERS youBOT MIT DER SOFTWARE MROBOT

Die Steuerung des youBot durch MRobot erfordert eine Erweiterung dieser Software. Die resultierende Struktur zeigt Abb. 4.

- Die Bedien- und Programmierschnittstelle muss so erweitert werden, dass auch die Bewegungsachsen der Plattform sowohl einzeln als auch gemeinsam mit dem Roboterarm verfahren werden können. Es wird auch eine Nullraum-Bewegungsart realisiert. Bei raumfestem Werkzeug kann die Plattform verfahren werden, wobei die Armstellung automatisch angepasst wird.
- Die Bahnsteuerung ist direkt mit MATLAB-Skript implementiert. Der Interpolator muss auf 8 Achsen erweitert werden, um die drei logischen Bewegungsachsen der Plattform mitzuarbeiten. Für den fünfachsigen Roboterarm wird eine eigene Rücktransformation implementiert.
- Der Echtzeitkern wird um eine Schnittstelle zur Ansteuerung der youBot-Bewegungsachsen erweitert. Aus Aufwandsgründen wird ein Konzept gewählt, MRobot auf einem externen Rechner auszuführen und die mobile Plattform mit Roboterarm über Ethernet und das UDP-Protokoll<sup>1</sup> anzusteuern.
- Die Softwarekomponente zur Realisierung der 3D-Echtzeitsimulation wird um zusätzliche Körper und die kinematische Kette zur Modellierung der Plattform erweitert.

Die Anwendung der MRobot-Software für den mobilen Roboter youBot hat gezeigt, dass Architektur und Implementierung übersichtlich und flexibel sind, so dass eine schnelle und sichere Erweiterung durchgeführt werden kann.

### STEUERUNG DES KONZEPTROBOTERS OMNIROB MIT DER SOFTWARE SUNRISE

Die Zielsetzung von KUKA besteht darin, eine universell einsetzbare Steuerungssoftware mit den folgenden Eigenschaften zu entwickeln:

- Sensorbasierte, hybride, objektbezogene Bewegungssteuerung
- Unterstützung von Multikinematiken
- offene, dynamisch anpassbare Steuerungsarchitektur
- mächtige Programmierschnittstelle
- ausreichende Sicherheit für den Betrieb von Robotersystemen auch in unmittelbarer Nähe zu Personen.

<sup>1</sup> User Datagram Protocol, einfaches Netzwerkprotokoll

Das Ergebnis dieser Entwicklung ist die Steuerungssoftware Sunrise. Die wichtigsten Realisierungsmerkmale sind:

- Die Gesamtsoftware ist global in Anwendungsprogramme mit Programmierschnittstelle (Sunrise API) und Steuerungskern aufgeteilt.
- Das wichtigste strukturelle Merkmal des Kerns ist eine Middleware-Software<sup>2</sup> zur Realisierung einer weitgehend offenen Steuerungsarchitektur. Es werden die wichtigsten Kommunikationsmodelle unterstützt. Der Verbindungsaufbau zwischen den Anwendungs- und Systemkomponenten der Steuerung erfolgt dynamisch zur Laufzeit. Es gibt spezielle Funktionen zur Vermeidung und Auflösung von Verklemmungen.
- Die Operationen der Steuerung werden durch Aktionsprimitive definiert. Diese selektieren und konfigurieren dynamisch zur Laufzeit die benötigten Ressourcen der Steuerung so, dass zeitlich in sich abgeschlossene Roboteroperationen generiert werden. Diese bestehen aus hybrider Bewegungsbeschreibung (positions- und/oder kraftgesteuert), Werkzeugoperation und Abbruchbedingungen. Der Aufruf von Aktionsprimitiven durch die API erfolgt durch Sunrise Primitive Records (SPR), die Rückmeldung durch Sunrise Service Records (SSR).
- Die Anwendungsprogrammierung erfolgt in JAVA mit Hilfe der Sunrise-Workbench. Diese stellt eine mächtige Entwicklungsumgebung mit einer großen Anzahl an Klassenbibliotheken zur Verfügung.
- Die bereitgestellten Klassen können grob in zwei Gruppen aufgeteilt werden:
  - Direkter Zugriff auf Geräte wie Roboter, Sensoren, Kommunikationskanäle
  - Verfahren für die unterschiedlichsten Anwendungen, z. B. für Programmausführung, Bewegungssteuerung, Sensordatenauswertung, Berechnungen.
- Thematisch sind die Klassen zu folgenden Modellen zusammengefasst: Application, Controller, Motion, Concurrency, Execution, Device, IO, Sensor.
- Für die Steuerung der mobilen Plattform omniRob stehen spezielle Geräte- und Verfahrensklassen zur Verfügung.

<sup>2</sup> als Middleware wird eine Softwareverteilungsplattform bezeichnet

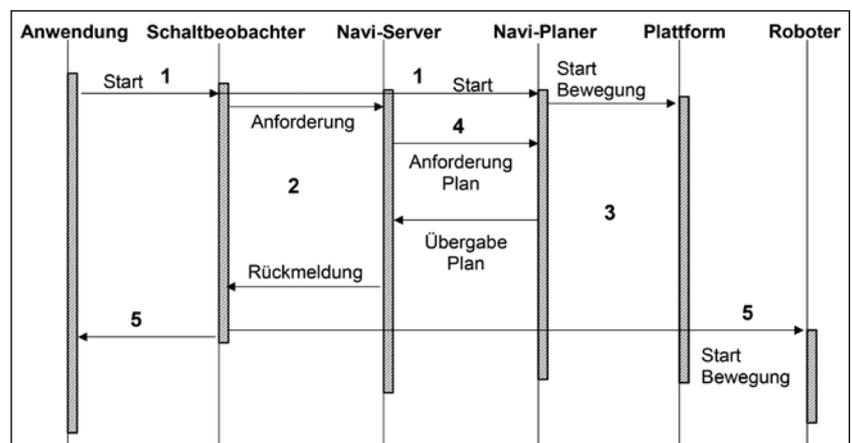
#### REALISIERUNG EINER BAHNSCHALTFUNKTION FÜR MOBILE ROBOTER

Was für Roboterarme selbstverständlich ist, nämlich eine Bahnschaltfunktion, fehlt bisher für die Bewegungssteuerung der mobilen Plattform unter Sunrise. Mit einer Bahnschaltfunktion kann in einem vorgegebenen räumlichen oder zeitlichen Abstand vom Zielpunkt der Bewegungsbahn ein Schaltsignal erzeugt werden. Dieses kann verwendet werden, um andere Prozesse zu steuern, z.B. Starten einer Werkzeugoperation oder Anhalten einer Roboterbewegung.

Zunächst wird eine Realisierung außerhalb der standardisierten Programmierschnittstelle Sunrise-API angestrebt. Später soll die Integration erfolgen. Abb. 5 zeigt das Sequenzdiagramm der beteiligten Prozesse.

- Anwendung
  - In diesem Prozess wird das Anwendungsprogramm ausgeführt. Es startet den Schaltbeobachter und den Navi-Planer (1).
- Schaltbeobachter
  - Dies ist ein zusätzlicher Prozess innerhalb des Anwendungsprogramms, der als Client mit dem Navi-Server kommuniziert und die aktuellen Daten der Bewegungsplanung beschafft (2). Sobald die Bedingungen für das Schaltsignal erfüllt sind, wird dieses ausgelöst und der Anwendungsprozess benachrichtigt (5).
- Navi-Server
  - Dieser Prozess läuft im Navigationsrechner ab. Er beschafft kontinuierlich die aktuellen Planungsdaten (4) und übergibt diese an den Schaltbeobachter (2).

Abb. 5: Sequenzdiagramm für die realisierte Bahnschaltfunktion des omniRob



- Navi-Planer  
Dies ist der Hauptprozess im Navigationsrechner. Er berechnet auf Grund der vorgegebenen Zielposition, der aktuellen Position und den Bildern der beiden Laserscanner die zu fahrende Bewegungsbahn und steuert die Plattformbewegung (3). Die Bewegungsplanung wird auch an den Navi-Server übergeben (4).
- Plattform  
Ausführungsprozess für die Plattform
- Roboter  
Ausführungsprozess für den Roboterarm.

#### PROGRAMMIERUNG MOBILER ROBOTERSYSTEME

Für die Programmierung muss zunächst bekannt sein, welche Information dargestellt werden soll. Erst dann stellt sich die Frage, wie diese Information mit geeigneten Datenstrukturen und Algorithmen, und diese wiederum mit geeigneten Sprachen implementiert wird. Bezogen auf die Steuerung einer mobilen Plattform sind die folgenden Informationen besonders wichtig:

- Beschreibung der Bewegungsbahn: Trajektorie, Geschwindigkeitsprofil
- Bedingungen
- Synchronisation mit anderen Prozessen
- Ausnahmesituationen und die dafür erforderlichen Reaktionen
- Sicherheitsanforderungen und einzuhaltende Beschränkungen, z.B. für maximal zulässige Geschwindigkeiten, Sicherheitsabstände und erlaubte Flächen.

#### SPRACHKONZEPTE FÜR DIE ANWENDUNGSPROGRAMMIERUNG

Bezüglich der Anwendungsprogrammierung stehen zwei Sprachkonzepte zur Verfügung.

##### 1. Objektorientierte Programmierung, basierend auf JAVA

Mit dieser sehr weit verbreiteten Programmiersprache und den Zusatzbibliotheken wird ein Maximum an Funktionalität zur Verfügung gestellt. Die objektorientierte Programmierung bietet viele Vorteile bei der Pflege und Weiterentwicklung der Software. Im Vergleich zu domänenorientierten Sprachen ist der Quellcode umfangreicher und komplexer. Mit Hilfe von zusätzlichen

Maßnahmen können diese Nachteile teilweise wieder ausgeglichen werden.

##### 2. Imperative Programmierung mit einer domänenspezifischen Sprache

Diese Sprachen sind auf bestimmte Anwendungsbereiche (Domänen) zugeschnitten. Da die Anwendungsbereiche der Sprache in der Regel eng begrenzt sind, besitzen die Sprachelemente bereits implizit eine sehr umfangreiche und detaillierte Bedeutung. Da somit weniger explizite Information zur Verfügung gestellt werden muss, ist der Umfang des Quellcodes geringer (dies gilt für alle Fachsprachen).

Die Komplexität der Informationsdarstellung der beiden Sprachkonzepte wurde anhand einer Testaufgabe verglichen. Sie besteht darin, mit einem Roboter eine periodische Linie (z.B. Sägezahn) auf einer beliebig ausgerichteten Fläche zu zeichnen. Die domänenspezifische Programmierung wurde mit der Programmiersprache von MRobot durchgeführt, die auf MATLAB basiert.

	$n_1$	$n_2$	$N_1$	$N_2$	$n$	$N$
<b>MRobot</b>	27	44	106	150	71	256
<b>Sunrise</b>	37	74	166	201	111	367

Tabelle 1: Vergleich der Textkomplexität der Programmierung einer Testaufgabe von MRobot und Sunrise mit Hilfe der Halstead-Metrik

Die textuelle Komplexität kann mit der Halstead-Metrik [HAL] gemessen werden. Ein Programm wird als eine formale Darstellung von Information betrachtet, die bei einer vereinfachten Betrachtungsweise nur aus Operatoren (aktive Objekte) und Operanden (passive Objekte) besteht. Deshalb werden die vier Kenngrößen, die Anzahl der unterschiedlichen Operatoren  $n_1$  und Operanden  $n_2$  sowie die Anzahl der insgesamt verwendeten Operatoren  $N_1$  und Operanden  $N_2$  ermittelt. Die jeweiligen Summen  $n=n_1+n_2$  und  $N=N_1+N_2$  beschreiben die Vokabulargröße und die Implementierungslänge. Für die Implementierung der Testaufgabe mit MRobot und Sunrise ergeben sich die Kennzahlen in Tabelle 1. Anschließend wird gezeigt, wie durch Zusatzmaßnahmen die Komplexität von Sunrise-Programmen wieder reduziert werden kann.

### ZUSATZMASSNAHMEN ZUR VERBESSERUNG VON QUALITÄT UND EFFIZIENZ

In Bezug auf die Programmierung werden unter Qualität die Fehlerfreiheit, aber auch Übersichtlichkeit, Erweiterbarkeit und Wartbarkeit verstanden. Mit dem Begriff Effizienz der Programmierung wird der personelle, finanzielle und zeitliche Aufwand beschrieben. Die Schwierigkeit bei der Realisierung von Software besteht darin, aus der Gesamtmenge der möglichen Sprachelemente die optimalen auszuwählen (Konkretisierungsaufgabe). Die Probleme beim Verstehen und Kommunizieren eines Programms bestehen darin, die Menge der vorhandenen Sprachelemente richtig zu interpretieren (Abstraktionsaufgabe). Beide Aktivitäten, Realisierung und Verstehen, sollen durch die Zusatzmaßnahmen unterstützt werden.

#### Mächtige Entwicklungsumgebung

Die Sunrise-Workbench bietet umfangreiche Unterstützung sowohl für die Realisierung als auch für die Analyse von Anwendungsprogrammen. Es wird u. a. eine besondere Perspektive mit mehreren Sichten (View) bereitgestellt. So unterstützen diese die grafische Darstellung der für die Anwendung definierten Koordinatensysteme oder die Darstellung und Anpassung der Eigenschaftsparameter, z. B. Gravitationsvektor für die Kraftregelung.

#### Anwendungsspezifische Funktions-/Klassenbibliotheken und Vorlagen

Mit Hilfe zusätzlicher Bibliotheken wird mehr implizite Information bereit gestellt. Dadurch verringert sich die Textkomplexität, ebenso auch die semantische Lücke für den Programmierer. Für die Testaufgabe wurde die Sunrise-Programmierung mit Hilfe von drei anwendungsspezifischen Funktionen optimiert. Die Vokabulargröße der Halstead-Metrik verringert sich dadurch von 111 auf 95 und die Implementierungslänge von 367 auf 321. Vorlagen helfen ein für den Anwendungsfall optimal strukturiertes und fehlerfreies Programmgerüst zu erstellen.

#### Integrierte Simulation

Eine in die Entwicklungsumgebung integrierte Simulationskomponente hilft, sowohl die Bewegungsoperationen als auch die Ablaufsteuerung zu überprüfen und zu optimieren.

Für die Simulation können sowohl proprietäre Systeme des Steuerungsherstellers als auch universelle Systeme eingesetzt werden. Für eine realistische Simulation der Steuerungsfunktionalität muss die Möglichkeit gegeben sein, das spezifische Verhalten der Steuerung über eine spezielle Schnittstelle (RRS-Schnittstelle)<sup>3</sup> zu integrieren.

#### Ausblick

Die mobile Robotik ist ein wichtiger Schritt, um die Kundenanforderungen nach einer großen Produktvielfalt zu erfüllen. Dies führt zu hochflexiblen Fertigungsumgebungen, in denen Mensch und Maschine eng kooperieren. Robotersysteme werden so zu wichtigen Fertigungsassistenten. Die technischen Anforderungen an solche Systeme können jedoch nur erfüllt werden, wenn deren zunehmende Komplexität beherrschbar bleibt. Dies bedeutet, dass die Softwaretechnik so weiterentwickelt und angepasst werden muss, dass sowohl die Systemprogrammierung als auch die Anwendungsprogrammierung effizient und qualitativ hochwertig bleiben.

#### LITERATUR

- [HAL] Halstead, H.M.: Elements of software science. Elsevier, New York, 1977.
- [LOC] KUKA youBot User Manual. Locomotec, Version 0.86.1, Augsburg, 2012.
- [SEU] Scheurer, C.: Kollisionsfreie Bahnplanung. Vortrag, KUKA Laboratories, Augsburg, 2013.
- [SHA] Sharma, S.: Unified Approach to Motion Planning by Coordinating Mobility and Manipulability for the KUKA youBot. Master Thesis, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, 2012.
- [STA1] Stark, G.: Programmierung mit Matlab. Hanser, 2009.
- [STA2] Stark, G.; Arrosquipa, I.: Entwicklung eines Konzepts zur Handhabung und Bearbeitung von Werkstücken mit Hilfe einer Greiferkamera. Forschungsbericht, Hochschule Augsburg, 2012.
- [TAN] Tan, J.; Ning, X.: Unified Model Approach for Planning and Control of Mobile Manipulators. International Conference on Robotics & Automation, Seoul/Korea, 2001.

<sup>3</sup> Realistische Robotersimulation.

## Java-CUDA-Abstraktion im Kontext der massiven Parallelisierung physikalischer Simulationen

Masterarbeit in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Augsburg



Matthias Klaß, B.Sc.

matthias.klass@hs-augsburg.de

Stefan Krottil, M.Sc.,

Fraunhofer IWU

Prof. Dr. Gerhard Meixner

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik

Telefon +49(0)821 5586-3457  
gerhard.meixner@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Software-Entwicklung
- Software-Architekturen
- Enterprise Computing
- Theoretische Informatik  
Hochschule Augsburg

Die steigenden Anforderungen an die Hardware zur immer detailgetreueren Simulation physikalischer Anwendungsfälle erfordern neue Wege zur Erschließung von Rechenleistung. Während die auf CPUs bereitstehenden Ressourcen mittlerweile verlangsamt wachsen, verfügen Grafikkarten über enorme Rechenkapazitäten, die sich mit jeder Generation verdoppeln. Auf einer modernen CPU stehen derzeit zwischen 8 und 16 Hardware-Threads zur Verfügung. Dagegen können auf den GPUs (Graphics Processing Units) handelsüblicher Hochleistungsgrafikkarten mehr als 2000 Threads parallel ausgeführt werden. Durch Nutzung dieser Ressourcen können rechenintensive numerische Simulationen, für die früher kostspielige Spezialhardware in Rechenzentren gebraucht wurde, für den PC auf dem Schreibtisch entwickelt werden. Die Projektgruppe RMV des Fraunhofer Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) in Augsburg entwickelt seit mehreren Jahren unter Leitung von Stefan Krottil mit Unterstützung von Studenten der Hochschule Augsburg eine Echtzeit-Fluid-Simulation, die gezielt GPU-geeignete Algorithmen nutzt, um einen entsprechenden Geschwindigkeitsvorteil zu erzielen. Die Simulation eignet sich besonders gut für die Parallelisierung auf der GPU, da jede Simulationszelle eigenständig berechnet werden kann und somit keine Synchronisation notwendig ist. Die Studenten der HSA sind dabei in Form von Praxisseminaren und Abschlussarbeiten an dem Projekt beteiligt.

### CUDA – COMPUTE UNIFIED DEVICE ARCHITECTURE

Um die große Menge an Threads verwalten zu können, stellt NVIDIA mit CUDA eine eigene Hardware-Architektur zur Verfügung, die mit CUDA-C als Programmiermodell eingesetzt werden kann. Der Programmierer erhält damit die Möglichkeit, Daten vom Hauptspeicher auf die GPU zu kopieren und darauf operierende Algorithmen in Form von Funktionen (sog. Kernels) zu realisieren, die simultan von den vielen CUDA-Threads abgearbeitet werden. Durch die optimale Nutzung dieser SIMT (Single Instruction, Multiple Thread)-Architektur beim auszuführenden Code sowie der Berücksichtigung spezieller GPU-Speicherarchitekturen lässt sich im Gegensatz zur CPU eine wesentliche Geschwindigkeitssteigerung erzielen und eine Simulation von Flüssigkeit

in Echtzeit realisieren, die per CPU berechnet nur ruckelnd darstellbar ist.

### NACHTEILE DER NATIVEN CUDA-PROGRAMMIERUNG

Die native Programmierung der Grafikkarte beinhaltet dabei wesentliche Probleme. Typischerweise sind massiv parallele Algorithmen, die insbesondere auf die GPU-Architektur optimiert sind, komplex. So ist z. B. die rein sequenzielle Form der Summierung aller Elemente eines Arrays eine Anfängeraufgabe im Programmieren. Dagegen benötigt eine effiziente parallele Implementierung (Algorithmus von Blelloch) mehrere Schleifen, Synchronisation und komplexe Speicherarchitekturen. Bei der Implementierung von derart komplexen Algorithmen wird in der Industrie häufig auf testgetriebene Entwicklung zurückgegriffen. Allerdings lässt sich unter Nutzung von Bordmitteln keine Hilfsfunktion in einem CUDA-Kernel direkt aus C aufrufen. Zudem ist das Debuggen von CUDA-Anwendungen auf Grund der meist auf Speicheradressen beschränkten Fehlermeldungen schwierig.

Gleichzeitig ist die Programmierung von CUDA-Anwendungen sehr umständlich. Vor jeder Kernel-Ausführung muss spezifiziert werden, welche Speicher mit wie viel Byte wo alloziert und welcher Speicherinhalt kopiert werden muss sowie wann der Speicher wieder freigegeben werden soll.

### JAVA-CUDA-ABSTRAKTION

Dass die oben genannten typischen Nachteile in der Programmiersprache Java nicht auftreten, ist eine der wesentlichen Stärken des höheren Abstraktionsniveaus. Fehlermeldungen produzieren einen aussagekräftigen Stack-Trace. Zum Testen des Codes stehen leistungsfähige Bibliotheken wie JUnit zur Verfügung. Entwicklung und Debugging werden durch mächtige IDEs unterstützt.

Eine native GPU-Unterstützung ist leider in dieser Sprache (noch) nicht vorhanden. Dies führte in der Vergangenheit dazu, dass verschiedene Universitäten und Unternehmen begannen, selbst Bibliotheken zur Abstraktion zu entwickeln. Aktive Entwicklungen finden sich hier z. B. an der Syracuse-Universität von New York (Rootbeer), an der Stanford-Universität (Delite) sowie vom Unternehmen AMD (Aparapi). Diesen Bibliotheken ist im Ablauf Folgendes gemein:

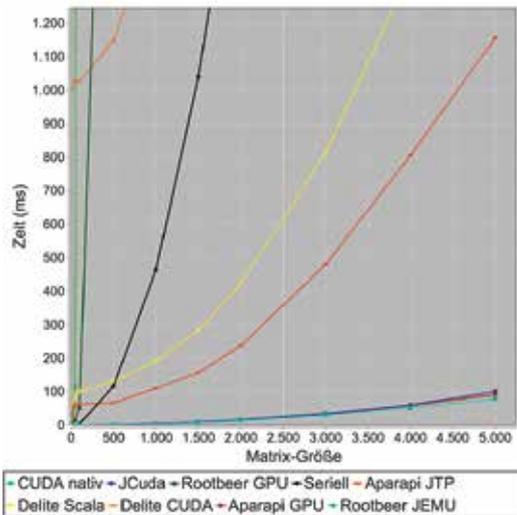


Abbildung 1:  
Vergleich der  
Bibliotheken am  
Beispiel Mandel-  
brot-Berechnung.

Über eine API wird eine Menge an Java-Code spezifiziert, der später auf der GPU ausgeführt werden soll. Dieser Quelltext wird z. B. durch Einlesen des vom Java-Compiler erzeugten Bytecode in eine Zwischendarstellung gebracht und analysiert. In diesem Schritt werden Optimierungen, z. B. das Zusammenlegen von Schleifen, durchgeführt und untersucht, welche Variableninhalte auf die GPU kopiert und welche Daten anschließend wieder zurückkopiert werden müssen. Anschließend wird aus der Zwischenrepräsentation CUDA-Quelltext generiert und dieser kompiliert und ausgeführt. Die Brücke zwischen nativer und Java-Ausführung bildet dabei typischerweise das Java-Native-Interface (JNI). Die konkrete Ausprägung der Code-Umwandlung variiert dagegen stark. Aparapi generiert beispielsweise den Cuda-C-Code zur Laufzeit, während Delite und Rootbeer einen eigenen Zwischenschritt zur Umwandlung einziehen. Das Programmsystem JCuda liefert dagegen nur einen Java-Wrapper für die Verwendung von nativem Cuda-C-Code.

#### EVALUATION DER BIBLIOTHEKEN

Leider kann die Leistungsfähigkeit sowie die praktische Einsatztauglichkeit auf Basis der existierenden Publikationen nur äußerst unzureichend eingeschätzt werden. Eine wesentliche Aufgabe der Masterarbeit war daher, die Bibliotheken und insbesondere deren Quelltexte, Strukturen und Ausführungsgeschwindigkeiten in Gänze zu untersuchen und diese dabei gegen eine rein native Vorgehensweise zu vergleichen. Zur Evaluation der Geschwindigkeiten wurden insbesondere die Matrix-Multiplikation, die Berechnung von Mandelbrot-Fraktalen und das Jakobi-Verfahren zur Lösung von Poisson-Gleichungen eingesetzt.

Die Ausführungszeiten zur Berechnung von Mandelbrot-Fraktalen der unterschiedlichen Bibliotheken sind in der beigelegten Abbildung dargestellt. Die schnellsten beiden Bibliotheken sind Aparapi und JCuda, wobei JCuda bis auf einen minimalen, hier nicht zu sehenden Overhead, mit der nativen Kurve überein-

stimmt. Delite und Rootbeer liegen dagegen abgeschlagen oberhalb der seriellen Ausführungszeit.

Im Anschluss an die Analyse und das Benchmarking bezüglich Standardbeispielen wurde im Rahmen der Masterarbeit der bestehende Simulator des IWU unter Nutzung der erfolgversprechendsten Bibliothek Aparapi portiert. Diese ermöglicht die Implementierung aller vorgegebenen Testfälle und zeigt dabei gleichzeitig ein gutes Laufzeitverhalten. In Kauf zu nehmen ist dabei, dass durch den eingeführten Overhead die Ausführungsgeschwindigkeit auf rund ein Drittel im Vergleich zur nativen Variante sinkt.

#### AUSBLICK

Im weiteren Verlauf werden nun der portierte Simulator und die zugrunde liegende Bibliothek erweitert sowie bestehende Beschränkungen entfernt. Die bisherige strikte Trennung der Speicherbereiche verschiedener Kernels, mit der Konsequenz unnötiger Kopiervorgänge, wurde bereits ausgeräumt. Im Fokus steht nun, dass eine performante Programmierung nur unter Nutzung von primitiven Arrays möglich ist. Die Verwendung von Java-Objekten und -Klassen ist weder zur eigentlichen Berechnung noch zur Strukturbildung innerhalb der Applikation möglich. Aus den bereits evaluierten Bibliotheken können hier diverse Konzepte übernommen und in Aparapi eingebaut werden, so dass statt einer an der GPU orientierten eine auf die Problemstellung konzentrierte Programmierung ermöglicht wird. Es gibt also noch einiges zu tun, weshalb das IWU und die Hochschule Augsburg eine Weiterführung der Kooperation auf diesem Gebiet planen.



Abbildung 2:  
Bildschirmfoto der  
Java-Portierung  
des Simulators.

## Fit für Solarstromspeisung

Computergestützte Dimensionierung regionaler Stromnetze - Ein interdisziplinäres Projekt der Fakultät für Informatik und der Fakultät für Elektrotechnik



Prof. Thomas Rist

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik

Telefon +49(0)821 5586-3249  
thomas.rist@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Medieninformatik
- Mensch-Computer-Interaktion
- Multimodale Bedienkonzepte
- Künstliche Intelligenz
- Datamining

Auf Grund günstiger Förderbedingungen wurde in den letzten Jahren ein rasanter Zuwachs an Photovoltaik- (PV)-Anlagen verzeichnet. Laut monatlicher Veröffentlichung der Bundesnetzagentur [1] erreichte die Summe der installierten Leistung aller geförderten und bei der Agentur registrierten PV-Anlagen im Juni 2013 einen Wert von 34.186 MWp. Folgt man Prognosen der Energiewirtschaft [2], so mögen die jüngsten Novellierungen des EEGs (Erneuerbare Energien Gesetz) den Zubau zwar etwas verlangsamen, jedoch keinesfalls stoppen.

Der steigende Anteil an Solarstrom trägt einerseits zur Umsetzung der Energiewende bei, stellt jedoch andererseits die Übertragungsnetzbetreiber vor die Herausforderung, bestehende und neu einzurichtende Netze bedarfsgerecht und gleichzeitig zukunftsicher zu dimensionieren. Weil der weitere Zubau von PV-Anlagen überwiegend in privater Hand liegt, ist er jedoch im Detail schwer voraussagbar. Benötigt werden daher geeignete Werkzeuge, mit denen sich, ausgehend von einer bestehenden Netzinfrastruktur in einem Ortskontext, unterschiedliche Zubauszenarien durchspielen und Implikationen auf die Netzkapazität aufzeigen lassen.

Die Netzkapazität, also die Aufnahmefähigkeit von Versorgungsnetzen für weitere PV-Anlagen, ist durch die maximale Belastung der installierten Betriebsmittel wie Kabel oder Transformatoren im Netz begrenzt. Für den Zubau einzelner PV-Anlagen muss vom Netzbetrei-

ber jeweils eine Netzberechnung durchgeführt werden, die im Ergebnis aufzeigt, ob die vorhandene Netzkapazität ausreichend ist, um die Vorgaben der Spannungsqualität [3] einzuhalten. Diese Berechnungen erfolgen in der Regel mit einem Netzberechnungsprogramm wie es in Abbildung 1 dargestellt ist. Die Aussagekraft von Berechnungsergebnissen hängt entscheidend davon ab, dass auf der Einspeiseseite die bereits installierten und geplanten PV-Anlagen Berücksichtigung finden.

### IPDS - EIN INTERAKTIVES PLANUNGSWERKZEUG FÜR DEN NETZAUSBAU

Führt die Netzberechnung zu dem Ergebnis, dass Ausbaumaßnahmen im Netz notwendig werden, gilt es für den Netzbetreiber, sein Netz vorausschauend zu planen. Installationen im Bereich der Energieversorgung weisen eine Lebensdauer von bis zu 60 Jahren auf, weshalb hier auch zukünftige Entwicklungen mitberücksichtigt werden müssen. Eine Abschätzung des möglichen Zubaupotenzials für PV-Anlagen ist daher unabdingbar.

In einer Kooperation zwischen den Fakultäten Elektrotechnik und Informatik wurde im Sommersemester 2013 im Rahmen einer studentischen Projektarbeit mit der Entwicklung des interaktiven Planungswerkzeugs IPDS zur Netzdimensionierung begonnen. Zweck des Systems ist es, dem Netzplaner einen aussagekräftigen Überblick zu verschaffen, welche Stromkreise in einer Ortschaft vorhanden sind und, nach Stromkreisen aufgeschlüsselt, wie viel Solareinspeisepotenzial aufgrund noch unverbaubarer Dachflächen vorhanden ist. Nachfolgend werden die beiden wichtigsten, derzeit von IPDS abgedeckten Anwendungsfälle kurz aufgezeigt.

*Anwendungsfall „Stromkreise einer Ortschaft interaktiv anzeigen“:* Als Datengrundlage zur Visualisierung der Stromkreise dienen Katasterkarten mit darin eingezeichneten Stromkreisen. Dieses Kartenmaterial liegt in digitaler Form als PDF-Datei vor und stammt aus dem Geoinformationssystem eines regionalen Netzbetreibers. IPDS liest die Kartendaten ein, identifiziert in einem Scan-Vorgang die darin verzeichneten Stromkreise und Gebäudegrundflächen und führt für diese grafische Objektrepräsentationen ein. Zum einen wird hierdurch ein interaktives Arbeiten mit der Kartendarstellung ermöglicht. Zum anderen werden grafische

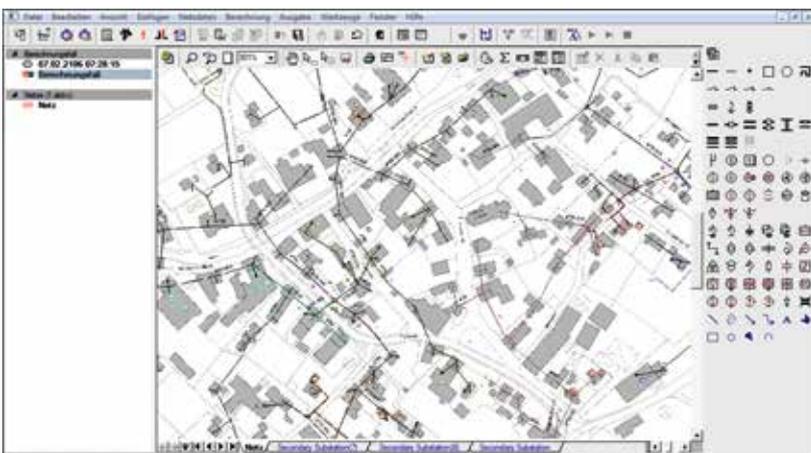


Abb.1: Berechnung der vorhandenen Netzkapazität mit dem Netzberechnungsprogramm PowerFactory von DlgSILENT.



Abb. 2: Interaktive Visualisierung von Stromkreisen einer Ortschaft mit dem System IPDS.

Objekte referenzierbar, etwa über ebenfalls interaktiv auswählbare textuelle Bezeichner. Der Screenshot in Abbildung 2 illustriert die Arbeitsweise: Nach dem Scan-Vorgang werden die erkannten Objekte als Verzeichnisbaum (im Fenster „Stromkreise“) aufgelistet. Bei Auswahl eines Stromkreisobjekts wird dieser im Kartenfenster zusammen mit den an diesen Stromkreis angeschlossenen Gebäuden farblich hervorgehoben. Wie bei Kartenvisualisierungen üblich, unterstützt IPDS Ein- und Auszoomen sowie Verschieben des dargestellten Kartenausschnitts.

*Anwendungsfall „Einspeisepotenzial abschätzen“:*

Grundlage der Einspeisepotenzialabschätzung ist die Summe der in der interaktiven Karte markierten Gebäudegrundflächen, wobei eine Markierung auf verschiedene Weise erfolgen kann:

- Markierung der Gebäude eines Stromkreises. Hier erfolgt die Auswahl über den Verzeichnisbaum der Stromkreise (vgl. Anwendungsfall 1).
- Markierung einzelner Gebäude – sie erfolgt durch direkte Auswahl des Objekts in der Kartendarstellung (vgl. Abb. 3).
- Markierung durch grafische Gruppierung in der Karte. In diesem Fall schließt der Nutzer die zu markierenden Objekte in einen rechteckigen Rahmen oder in einen beliebig formbaren Polygonzug ein (vgl. Abb. 4).
- Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, einzelne

Objekte aus einer Gruppe auszuschließen, etwa Kirchen oder denkmalgeschützte Anwesen, auf deren Dächern nicht mit der Installation von PV-Anlagen zu rechnen ist.

Nach jeder abgeschlossenen Markierungsoperation wird der ermittelten Gebäudegrundfläche eine potenzielle Nutzfläche für PV-Anlagen gegenübergestellt. Diese Berechnung erfolgt über einen manuell einstellbaren Parameter („Nutzfaktor“), der realistisch zwischen 35 und 60 Prozent der Grundfläche liegt, wenn man davon ausgeht, dass in vielen Ortschaften Satteldächer mit einer Neigung von 30–45 Grad vorherrschen und Dachflächen wegen Dachfenstern, Gauben, Kaminaussparungen etc. selten vollständig mit PV-Modulen zugebaut sind.

Mit der derzeitigen Version von IPDS lassen sich die eingangs erwähnten Netzkapazitätsberechnungen bereits deutlich vereinfachen und realitätsnaher durchführen. Die von IPDS ermittelte potenzielle Nutzfläche für weiteren PV-Zubau gestattet es, akkuratere Abschätzungen für künftige Einspeiseleistungen zu machen und so Netzkapazitätsberechnungen wie z. B. mit dem in Abbildung 1 gezeigten Programm PowerFactory für unterschiedliche PV-Zubauszenarien durchzuführen.

Ausbaumaßnahmen im Netz können somit, neben den bereits installierten PV-Anlagen, unter Berücksichtigung von möglichen PV-Zubauszenarien geplant



Michael Wiest M.Sc.

Hochschule Augsburg  
Fakultät für Elektrotechnik  
Telefon +49(0)821 5586-3575  
michael.wiest@hs-augsburg.de



Abb. 3 (links): Auswahl eines einzelnen Gebäudes.



Abb. 4 (rechts): Auswahl einer Gebäudegruppe.



Abb. 2: Interaktive Visualisierung von Stromkreisen einer Ortschaft mit dem System IPDS.

werden. Dies ermöglicht eine vorausschauende und langfristige Planung der Netze und legt so die Grundlage für eine in der Zukunft sichere und stabile Energieversorgung. Eine passgenauere Planung reduziert zudem die Kosten für weitere kurzfristige Ausbaumaßnahmen, die sonst dem Netzbetreiber und letztendlich dem Verbraucher zur Last fallen würden.

#### WEITERENTWICKLUNG VON IPDS

Zentraler Ansatzpunkt für eine signifikante Verbesserung einer Einspeiseabschätzung ist der im zweiten Anwendungsfall eingeführte Nutzfaktor. Dieser berücksichtigt derzeit nur die im Kartenmaterial verzeichneten Gebäudegrundflächen – nicht die tatsächlich vorliegenden individuellen Gebäudedachformen und deren geografische Ausrichtungen.

Ein Gedanke zur Weiterentwicklung von IPDS ist daher, als weitere Informationsquelle Luft- oder Satellitenbildaufnahmen heranzuziehen, diese mit den Katasterkarten in Deckung zu bringen, dann eine automatische Klassifikation der Gebäudedachflächen durchzuführen und mit dem Klassifikationsergebnis den Parameter Nutzfaktor für jedes Gebäude individuell zu setzen.

Einige Vorarbeiten hierzu wurden bereits durchgeführt. So ist es bereits möglich, eine vom Google-Maps-API-Service [4] gelieferte Luft- bzw. Satellitenbildaufnahme einer Ortschaft im Kartenanzeigefenster unter

die Katasterkarte zu legen und mittels Schieberegler deren Sichtbarkeit (Transparenz) stufenlos zu variieren (vgl. Abb. 5). Durch die Überlagerung lässt sich eine bestimmte Gebäudegrundfläche der Katasterkarte mit einem Ausschnitt des Satellitenbilds assoziieren, das im Normalfall das dazugehörige Gebäudedach aus der Vogelperspektive zeigt. Die Unterlegung mit einer Luftbildaufnahme aus Vogelperspektive erlaubt es dem Nutzer, die Dachformen genauer zu betrachten und so ggf. den Nutzfaktor an die vorliegenden Gegebenheiten anzupassen. Versorgt ein Netzstrang beispielsweise ein Neubaugebiet mit einheitlicher Flachdachbebauung, so ist ein geringer Nutzfaktor angemessener, als wenn einheitlich Satteldächer mit Nord-Süd-Ausrichtung vorliegen würden.

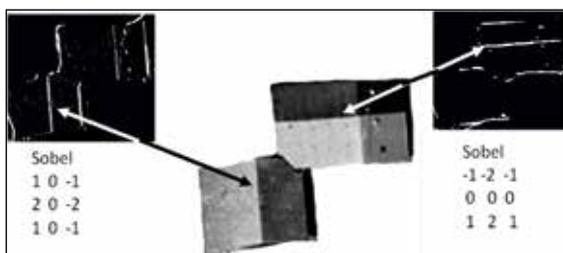
Derzeit müssen allerdings Katasterkarte und Google-Maps-Karte noch manuell zur Deckung gebracht werden; die bei der Luftbildaufnahme vorhandene perspektivische Verzerrung gegenüber der in Parallelprojektion vorliegenden Katasterkarte ist ebenfalls noch nicht korrigiert.

Im Hinblick auf die automatische Dachklassifikation wurden bereits erste Experimente mit einfachen Kantendetektionsfiltern (u.a. Sobel) durchgeführt. Vergleichsweise zuverlässig sind mit solchen Filtern Satteldächer nebst deren Ausrichtung zu erkennen, da bei Aufnahmen dieser Dachform aus der Vogelperspektive heraus der Dachfirst als parallel zur Objektbegrenzung laufende Kante hervortritt (vgl. Abb. 6). Aus der Ausrichtung einer Firstkante im Bild kann darüber hinaus auf die Nord-Süd- bzw. Ost-West-Ausrichtung des Satteldachs geschlossen werden.

Zusammen mit der Ausrichtung entsprechend den Himmelsrichtungen lässt sich der Nutzfaktor einer bestimmten Gebäudefläche somit wesentlich akkurater angeben, als wenn hier nur auf einen vereinheitlichten Standardwert zurückgegriffen werden kann. Liegt beispielsweise ein symmetrisches Satteldach mit 40 Grad Neigung und Nord-Süd-Ausrichtung vor, so kann dafür ein höherer Nutzfaktor (z. B. 65%) angesetzt werden, der als Abschätzung für eine maximale Verbauung der Dach Südseite steht.

Bei anderen Dachformen (u.a. Walmdächer oder auch Flachdächer mit Aufbauten) stoßen einfache Kan-

Abb. 6: Erkennung von Satteldächern mit einfachen Kantefiltern. Dachfirsten treten deutlich als zur Seitenbegrenzung parallel verlaufende Kanten hervor.



tendetektionsfilter allerdings schnell an ihre Grenzen, so dass dort entweder auf einen standardisierten Nutzfaktor zurückgegriffen werden muss, oder aber ein aufwändigeres, weitere Bildmerkmale berücksichtigendes Klassifikationsverfahren zum Einsatz kommen müsste, um einen für die Dachfläche individuell passenden Nutzfaktor zu ermitteln.

Mit IPDS lassen sich verschiedene Zubauszenarien durchrechnen, wobei der Netzplaner zumindest eine Obergrenze aufgrund der vorhandenen Gebäudegrundflächen (und in der weiteren Version unter Berücksichtigung von Dachformen) abschätzen kann. Interessant ist dann letztlich noch die Frage, inwieweit sich aus einer PV-Zubauhistorie einerseits und dem noch vorliegenden maximalen Zubaupotenzial andererseits, eine realistische Prognose über den tatsächlich noch zu erwartenden PV-Zubau herleiten lässt. Prinzipiell lässt sich diese Fragestellung mit Methoden des Data Minings bearbeiten, vorausgesetzt, man scheut nicht den Aufwand, der mit der Einrichtung einer umfangreichen Datensammlung und vermeintlich relevanten Einflussgrößen einhergeht (angefangen bei baulichen und soziodemografischen Gegebenheiten einer Örtlichkeit bis hin zu den jeweils geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen).

#### DANKSAGUNG

Der hier vorgestellte IPDS-Prototyp wurde von Informatikstudierenden im Rahmen einer Projektarbeit im Sommersemester 2013 implementiert. Für Engagement und Ausdauer gebührt der Gruppe herzlicher Dank.

IPDS reiht sich ein in eine Reihe weiterer Systeme, deren Entwicklung im Kontext der vom BMBF geförderten deutsch-neuseeländischen Forschungskoope-ration IT4SE, Förderkennzeichen 01DR12041 angestoßen wurden.

Gezielte Anwendung findet IPDS im Forschungsprojekt „Netzplanung unter Unsicherheiten“ der Fakultät für Elektrotechnik in Kooperation mit der Technischen Universität Braunschweig.

#### VERWEISE

- [1] [www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de): Photovoltaikanlagen – Datenmeldungen sowie EEG-Vergütungssätze, August 2013.
- [2] M. Reichmuth: Die EEG-Mittelfristprognose bis 2016. Online-Artikel der Zeitschrift für Energiewirtschaft, Recht, Technik und Umwelt, Rubrik: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 13.8.2013 [www.et-energie-online](http://www.et-energie-online).
- [3] VDE-AR-N 4105, Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für den Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, VDE-Anwendungsregel, August 2011.
- [4] <https://developers.google.com/maps/>

## Interaction Engineering

Wege zur natürlichen Mensch-Computer-Interaktion



Prof. Dr. Michael Kipp

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik

Telefon +49(0)821 5586-3509

michael.kipp@hs-augsburg.de

www.hs-augsburg.de/~kipp

### Forschungsgebiete

- Multimodalität
- Mensch-Computer-Interaktion
- Natural User Interaction

Obwohl einfache Touchscreens seit über zehn Jahren im Alltag im Einsatz sind – man denke an Bank- oder Ticketautomaten – hat erst das Aufkommen von Smartphones und Tablets seit etwa 2007 dafür gesorgt, dass Touch-Interaktionen auch im Bereich des Personal Computing allgegenwärtig sind. Insbesondere Multitouch, also das gleichzeitige Erfassen von mehreren Fingern, ermöglicht eine Vielzahl komplexer Anwendungen, von der 3D-Animation bis zur Robotersteuerung.

Angetrieben durch den boomenden Computerspielmarkt kamen in den letzten Jahren neben Multitouch etliche weitere Eingabegeräte mit modernster Sensortechnologie auf den Markt – mit aggressiven Niedrigpreisen. Nintendo machte 2006 den Anfang mit der Wii Remote (wiimote) mit eingebautem Beschleunigungssensor und Infrarotkamera für ca. 40 EUR, welche die Interaktion über Hand- und Armgesten (z. B. Wischen) erlaubt. 2010 setzte Microsoft mit der Kinect, einer Tiefenkamera mit integrierter Erkennung der menschlichen Gestalt in Form eines 3D-Skeletts, für ca. 100 EUR neue Maßstäbe. Diese erlaubt bessere Gestenerkennung ("der Körper als Controller") und das Reagieren des Computers auf Distanz und Orientierung des Benutzers (z. B. Menü im Fernseher einblenden, wenn Benutzer nah genug und zugewandt). Letzteres hat als Forschungsfeld der proxemischen Interaktion seit 2010 einiges Aufsehen erregt. Für 2013 ist nicht nur die Kinect 2.0 angekündigt, mit erhöhter Präzision und neuen biometrischen Messfähigkeiten, sondern auch die *leap motion*, ein kleines Kästchen für 80 EUR, das sich auf die Erfassung von Händen spezialisiert und somit eine differenzierte Fingersteuerung erlaubt, z. B. zum Navigieren in 3D-Räumen oder zum Bedienen virtueller Musikinstrumente.

Grundsätzlich geht es um die Frage: Wie können wir "besser" mit Computern interagieren? Dabei geht es um Effizienz und schnelle Erlernbarkeit, aber immer mehr auch um subjektive Empfindungen wie Vertrautheit, Kontrolle und Spaß. Der Umgang mit den neuen Eingabegeräten soll eine neue „natürliche“ Interaktion erlauben, in der Forschung spricht man hier von *Natural User Interaction* (NUI). Damit sind Interaktionstechniken gemeint, die schnell erlernbar sind und so dem Benutzer in kürzester Zeit ein Gefühl von Kontrolle

und Meisterschaft geben können (Wigdor, Wixon, 2011). Dies wird u. a. dadurch erreicht, dass sich die zur Interaktion gedachte Bewegung an „natürliche“ Bewegungen anlehnt (z. B. die Wischbewegung zum Scrollen) und sich so den kognitiven und motorischen Erfahrungsraum des Benutzers zunutze macht. Aufgabe der Forschung ist es, solche Interaktionstechniken aufzufinden, in verschiedenen Kontexten zu evaluieren und ihre definierenden Charakteristika zu beschreiben. Da die Entwicklung stark von den technischen Gegebenheiten getrieben wird, entstand 2012 an der Hochschule Augsburg das Fach *Interaction Engineering*. Das bedeutet: Interaktion – von technischer Seite gedacht.

### NATÜRLICHE MULTITOUCH- UND GESTENSTEUERUNG IM BEREICH 3D-ANIMATION

Der Bereich der 3D-Animation ist besonders interessant für Interface-Entwicklung, da hier viele Freiheitsgrade (degrees of freedom) gleichzeitig manipuliert werden müssen. So navigiert man zum Beispiel durch einen 3D-Raum durch Verschiebung (3 Freiheitsgrade) und Drehung (3 Freiheitsgrade) oder manipuliert die Pose eines virtuellen Charakters (pro Gelenk 3 Freiheitsgrade). 2010 untersuchten wir an der Universität des Saarlandes die Möglichkeiten von Multitouch, unter diesen Bedingungen effizient und intuitiv zu interagieren (Kipp, Nguyen 2010). Die Methodik erfordert den Entwurf des Multitouch-Interfaces und den parallelen Entwurf eines konventionellen Interfaces (i. d. R. mit Maus und Tastatur) zum Vergleich. In den empirischen Wissenschaften nennt man Letzteres die *Kontrollbedingung*. In einer Benutzerstudie werden dann beide Interaktionstechniken erprobt und mit Hilfe von objektiv messbaren Größen verglichen. Häufig sind dies Ausführungsdauer, um eine bestimmte Aufgabe zu erledigen, oder Abweichungen von der Idealbewegung. 2010 entwickelten wir darüber hinaus ein Maß für Koordination, das misst, inwieweit eine Bewegung in allen drei Dimensionen (x, y, z) parallel stattfindet oder sequenziell (z. B. erst in der xy-Ebene, dann entlang der y-Achse).

Darauf aufbauend untersuchten wir die Möglichkeit, mit der Kinect einen Bewegungspfad zu manipulieren (Raber, Nguyen, Kipp 2013). Die Idee der neuen Interaktionstechnik *MotionBender* ist, dass jede Animation

eine Bewegungsspur zeichnet und dass man diese Spur nun mit den eigenen Händen leicht „biegen“ könne, um die Animation zu verbessern (Abb. 1). In einer Benutzerstudie wurde dies mit einem Mausinterface verglichen. Dabei zeigte sich, dass die Kinect-basierte MotionBender-Technik sowohl effizienter ist als auch koordiniertere Bewegung förderte (s.o.). Im Fragebogen zogen die Teilnehmer MotionBender dem Mausinterface vor, empfanden es als einfacher und es machte ihnen mehr Spaß.

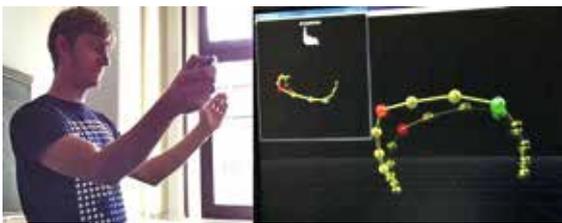


Abbildung 1: MotionBender ist eine Studie zu einem gestenbasierten Interface zur Anpassung von 3D-Animationskurven.

Die besprochenen Interaktionstechniken sind dabei eher als Bausteine für zukünftige Softwarelösungen zu verstehen und weniger als marktreife Entwicklungen. Derzeit läuft eine weitere Forschungsbemühung in Kooperation mit Quan Nguyen vom Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI, Saarbrücken), der ein wichtiges Gesetz der Mensch-Computer-Interaktion, das sog. *Fitts' Law*, im Kontext Multitouch untersucht. Fitts' Law stellt bei einer zielgerichteten Bewegung (z. B. einen Knopf drücken) einen mathematischen Zusammenhang zwischen Ab-

stand zum Ziel, Größe des Ziels und Ausführungsdauer her. Dies erlaubt Vorhersagen zur Ausführungsdauer bei gegebenem Abstand bzw. der Zielgröße, was wiederum beim Interface-Design von Bedeutung ist. Unklar ist derzeit, inwiefern Kombinationen von Operationen (Translation, Rotation, Skalierung) sich mathematisch in dieser Formel spiegeln. Dies untersuchen wir nun für den Fall Multitouch. Erste Analysen zeigen, dass es für die Kombination Translation und Rotation günstigere und weniger günstige Randbedingungen geben kann. Ziel der Forschung ist es, zukünftige Interfaces automatisch so anzupassen, dass die günstigen Randbedingungen hergestellt werden (Nguyen, Kipp, in Vorbereitung).

#### NATÜRLICHE INTERAKTION MIT GEBÄRDENSPRACH-AVATAREN

Eine weitere Forschungslinie der Mensch-Computer-Interaktion untersucht das Potenzial von virtuellen Menschen als Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine. Der Vorteil virtueller Menschen ist am offensichtlichsten im Bereich Gehörlosigkeit und Gebärdensprache (Abb. 2).

Obwohl Internetangebote vorwiegend visuell sind, können Gehörlose Schwierigkeiten haben, diese Angebote in gleichem Maße wahrzunehmen wie Hörende. Statistisch gesehen verlassen ca. 80 % der Gehörlosen mit einer enormen sprachlichen Rückständigkeit ihre Gehörlosenschule. Eine erfolversprechende, langfristige Lösung zur Realisierung durchgehender Barrierefreiheit von Internetangeboten für gehörlose Menschen kann in der Entwicklung eines Avatars liegen,

Abbildung 2: Virtuelle Menschen könnten Barrierefreiheit für Gehörlose durch automatische Übersetzung von Inhalten in Gebärdensprache herstellen.



der dynamische Texte von Internetseiten automatisch in Gebärdensprache (DGS) übersetzen kann. Obwohl es weltweit bereits mehrere Projekte zu diesem Thema gegeben hat, liegen die besten Werte für die Verständlichkeit von Gebärden-Avataren bei etwa 60 %. Dazu hat das Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2010-2011 eine Studie in Auftrag gegeben, um zu klären, inwieweit ein Projekt mit Gebärden-Avataren wesentliche Fortschritte in der Erreichung von Barrierefreiheit im Internet erzielen könnte und unter welchen Bedingungen dies gewährleistet ist. Diese Studie wurde von meiner Forschergruppe "Embodied Agents" im Exzellenzcluster Multimodal Computing and Interaction,

Saarbrücken, durchgeführt (siehe auch <http://embots.dfki.de/projects/bmas-project.html>) und resultierte in zwei internationalen Publikationen (Kipp et al. 2010a; 2010b) und einem Artikel in der Gehörlosen-Fachzeitschrift DAS ZEICHEN – Zeitschrift für Sprache und Kultur Gehörloser (Matthes et al. 2012).

2012 durfte ich unsere Resultate in einen Gastvortrag auf dem Di-Ji-Kongress *Verständlich informiert – im Job integriert* vor einem breiten Publikum, zu dem auch gehörlose Experten gehörten, in Berlin vorstellen.

#### INTERACTION ENGINEERING UND NUI AN DER HS AUGSBURG

Die Konzepte der Natural User Interaction werden u.a. in dem Wahlpflichtfach *Interaction Engineering* und in Projekten des Studiengangs Interaktive Medien (6. Semester) praktisch angewandt. Die Arbeitsweise ist jeweils stark projektorientiert und resultiert in den meisten Fällen in lauffähigen, validierbaren Prototypen.

Mit nonverbaler Kommunikation beschäftigte sich das IAM6-Projekt *make a move* (Team: Brand, Frosch, Brosche, Maier, Baumann, Ott, Benndorff, Müller; Betreuung Gestaltung: Prof. J. Müller). Grundlage ist die Theorie der Proxemik des Wissenschaftlers Edward Hall (1966), nach der die menschliche Interaktion in Abstandszonen unterteilt werden kann. In dem Spiel, in dem es vordergründig um das Flirten mit einer unbekanntem Frau in einer Bar geht, werden dem Benutzer grundlegende Regeln der nonverbalen Kommunikation, u. a. auch Distanzverhalten/Proxemik, bewusst gemacht (Abb. 3). Weitere Infos unter <http://www.aseriousgame.de>.

Auch im Wahlpflichtfach Interaction Engineering entstanden im WS 2012/13 mehrere Prototypen, die sich entweder mit einem Multitouch-Thema oder einem Kinect-Thema auseinandersetzen:

Im Projekt *Flagnect* (Jacobs, Stachulla) wurde die Kinect verwendet, um das in der Schifffahrt verwendete „Winkeralphabet“ im Museumskontext umzusetzen: Ein Besucher betritt das Museumsexponat und kann dort mit entsprechender Armhaltung interaktiv Nachrichten erstellen, die auf einer Leinwand dargestellt werden. Das Projekt *Kinect-Scroll* (Naphausen, Riegler, siehe <http://vimeo.com/65678074>) setzte sich mit der Frage auseinander, wie ein natürliches und effektives Scrollen



Abbildung 3: Im Projekt "make a move" können Benutzer nonverbales Verhalten in Flirtsituationen spielerisch erlernen.

mit Armgestik erreicht werden kann. Zwei Spielprojekte setzten bekannte Brettspiele um, indem sie die Kinect-Sensorik nutzten (3D-Twister, Schmittutz, Kastenhuber) oder Multitouch-Techniken einsetzten (*touchongo*, Ebeling, siehe <http://youtu.be/JrwjeeuyJPI>).

Die Prototypen der studentischen Projekte zeigen immer wieder eindrücklich, dass neue Eingabegeräte wie die Kinect nicht nur Effektivität und Effizienz steigern können, sondern dass auch eine ganz neue Qualität des Kontrollgefühls im Sinne einer Natural User Interaction erreicht wird. Im Studiengang *Interaktive Medien* hat die Hochschule Augsburg durch die starke Verzahnung von Design- und Programmierausbildung ideale Voraussetzungen, um das Forschungsfeld der Natural User Interfaces aktiv mitzugestalten und in Zusammenarbeit mit der Industrie zur Anwendung zu bringen.

#### LITERATUR

- [1] Hall, E.T. (1966): *The Hidden Dimension*, Garden City.
- [2] Kipp, M., Nguyen, Q. (2010): *Multitouch Puppetry – Creating Coordinated 3D Motion for an Articulated Arm*. In: *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*, ACM Press.
- [3] Kipp, M., Nguyen, Q., Heloir, A. (2011): *Machbarkeitsstudie zur Abschätzung der Nutzungsmöglichkeiten von Gebärdenavataren – Abschlussbericht*, Forschungsbericht 417, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, ISSN 0174-4992.
- [4] Kipp, M., Nguyen, Q., Heloir, A. and Matthes, S. (2011a): *Assessing the Deaf User Perspective on Sign Language Avatars*. In: *Proceedings of the 13th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS)*, ACM Press.
- [5] Kipp, M., Heloir, A. and Nguyen, Q. (2011b): *Sign Language Avatars: Animation and Comprehensibility*. In: *Proceedings of the 11th International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA-11)*, Springer.
- [6] Matthes, S., Kipp, M., Nguyen, Q., Heloir, H. (2012): *Gebärdensprachavatare aus der Sicht gehörloser NutzerInnen*. In: *DAS ZEICHEN - Zeitschrift für Sprache und Kultur Gehörloser*, Nr. 91, Signum-Verlag, S. 406–416.
- [7] Raber, F., Nguyen, Q., Kipp, M. (2013): *MotionBender: A Gesture-based Interaction Technique For Editing Motion Paths*. In: *Proc. of the 14th IFIP TC13 Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT 2013)*.
- [8] Wigdor, D., Wixon, D. (2011): *Brave NUI World – Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture*, Morgan Kaufmann.

#### FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN VON PROF. DR. M. KIPP

Keynote-Vortrag “Tools for Multimodal Behavior Analysis and Synthesis” auf dem 4th Nordic Symposium on Multimodal Communication, Göteborg, Sweden 2012.

Gastvortrag „Gebärdensprachavatare im Internet – Möglichkeiten und Grenzen“ auf dem Di-Ji-Kongress Verständlich informiert – im Job integriert, Aktionsbündnis für barrierefreie Informationstechnik (AbI), Berlin 2012.

Mitglied des Senior Programme Committee der 12th International Conference on Intelligent Virtual Agents, Santa Cruz/USA 2012.

## Embedded Linux lehren mit GnuBlin

Wie wir mit GnuBlin einen frustreduzierten Einstieg in das komplexe Gebiet „Embedded Linux“ schaffen.



Prof. Dr. Hubert Högl

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik

Telefon +49(0)821 5586-3195  
hubert.hoegl@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Embedded Systems
- Embedded Linux
- Open-Source-Software
- Systemnahe Programmierung

Das GnuBlin Projekt begann in der Informatik im Jahr 2011. Seither wurde es in einigen Projekten und in der Lehre im Fach Embedded Linux verwendet. Das Projekt besteht im Wesentlichen aus einem preiswerten Rechner (siehe Abb. 1) und einer begleitenden Website [1], die sich besonders an den Anfänger richtet.



Abbildung 1: Die GnuBlin Rechnerplatine.

### MIT GNUBLIN LERNEN

In diesem Bericht geht es um die Lehre mit GnuBlin im Fach Embedded Linux [2].

Im Wesentlichen ist dieser Text die Kurzform eines Artikels, den ich auf der Embedded World Conference 2013 eingereicht habe (siehe [1] plus einige Ergänzungen über die aktuellen Projekte im Sommersemester.

Linux wird schon lange auf Servern und Desktop Rechnern verwendet, in den letzten Jahren ist das Anwendungsspektrum des freien Betriebssystems jedoch noch einmal enorm gewachsen, man denke an Geräte wie Tablet PCs, Smartphones und eingebettete Rechner für Steuerungsaufgaben. Die Verwendung von Linux auf allen Nicht-PCs wird meist als Embedded Linux bezeichnet.

Mit der stetig wachsenden Zahl an unterschiedlichsten Linux-betriebenen Geräten geht auch der Bedarf an gut ausgebildeten Informatikern einher, die dazu fähig sind, in kurzer Zeit kreativ neue Geräte und Anwendungen zu entwickeln. Das Gebiet zeigt wunderbar die ganze Bandbreite der Technischen Informatik mit den Teilgebieten

- Kenntnis von Mikrocontroller Hardware
- Kenntnis von Betriebssystemen
- Linux Kernel Programmierung (Treiber)
- Systemnahe Programmierung
- Anwendungsprogrammierung
- Web-Programmierung
- Linux Administration
- Open Source Software Engineering

Im Idealfall würde man schon ein paar Grundkenntnisse in einem oder mehreren der Teilgebiete haben. Viele der Studenten, die sich für das Fach interessieren, bringen aber nur einen geringen Teil an Vorkenntnissen mit, so dass der Anfang oft schwer fällt.

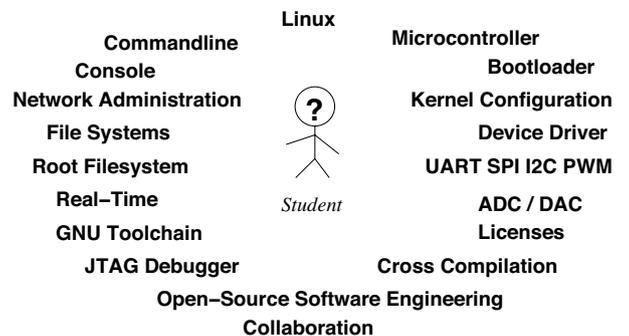


Abbildung 2: Der Student, umgeben von zunächst verwirrend vielen Begriffen.

Mein Ansatz ist es, allen Interessierten den Kurs zu ermöglichen – egal welche Vorkenntnisse vorhanden sind. Gelegentlich kann sich der „Appetit“ auf das Fach auch erst im Laufe von ein paar Wochen einstellen. Um möglichst vielen Teilnehmern ein motivierendes Gefühl am Anfang zu geben, habe ich die Inhalte in Bereiche mit unterschiedlich hohen Einstiegsbarrieren gegliedert:

Der Neuling kann sofort das GnuBlin Board über ein USB Kabel an einen PC oder an ein Notebook anstecken und über eine interaktive Kommandozeile (shell) damit Erfahrung sammeln. Eine sehr niedrige

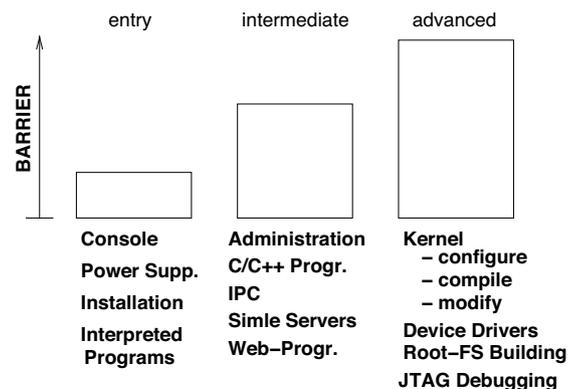


Abbildung 3: Die Barriere für den Zugang soll am Anfang möglichst niedrig sein.

Barriere haben auch interpretierte Sprachen wie Bash, Lua, PHP, Perl, Python und Ruby, alle diese kann man mit GnuLin verwenden. Die nächst höhere Stufe umfasst tiefergehende Kenntnisse in der Verwaltung eines Linux Rechners und die Programmierung und das Debugging von Anwendungen und Servern in C und C++. Die höchste Zugangshürde hat die Arbeit mit dem Linux Kernel (Anpassung durch Konfiguration) und die Programmierung von eigenen Gerätetreibern.

Neben einer Reihe von Pflichtversuchen aus den unterschiedlichen Teilgebieten (siehe oben) sollen die Studenten in kleinen Gruppen auch an Projekten arbeiten, die fast alle Aspekte der Entwicklung von einfachen Webbasierten Geräten aufweisen sollen:

- Sensoren und/oder Aktoren anschliessen
- Strukturierter Software-Aufbau durch Abstraktion der Hardware-Schnittstellen
- Logging
- Zugang über einen Web Browser zur Konfiguration und Bedienung
- Stromversorgung
- Automatisches Booten in die Applikation

Der Aufbau der Software soll im Wesentlichen wie in der folgenden Abbildung aussehen:

Der Web-Zugang wird durch einen kleinen Web Server ermöglicht, meist wird der kleine lighttpd verwendet. Im einfachsten Fall wird über die CGI Schnitt-

stelle des Web Servers auf einen selbstprogrammierten Server zugegriffen, der die eigentliche Anwendung enthält, der Logmeldungen schreibt und der auch auf Sensoren und Aktoren (externe Hardware) zugreift. Über eine telnet- oder ssh-Anbindung kann man von Außen auch über eine Kommandoschnittstelle zugreifen.

#### PROJEKTE

Die Ergebnisse der Projekte aus dem Sommersemester 2013 sind unter dem Link [3] zusammengestellt. Die „Tiefe“ der Bearbeitung ist sehr unterschiedlich, aber das soll ja gerade die Veranstaltung ausmachen. Insgesamt waren es 14 Projekte, bearbeitet von 21 Studenten.

1. Ansteuerung einer selbstgebauten LED Matrixanzeige
2. irCube - ein schöner Würfel der von einem Smartphone Web-Interface angesteuert wird und Infrarot Steuersignale für beliebige Geräte der Unterhaltungselektronik ausgibt.
3. I2C LED Modul mit TLC59116
4. Telemetrie beim Hochschulprojekt Starkstrom
5. Arch Linux auf GnuLin
6. Experimente mit RFID/NFC
7. Python Wrapper für C++ API
8. Essential Web Control: Eine Web- oder UDP Schnittstelle zur Ansteuerung der GnuLin I/O Kanäle.

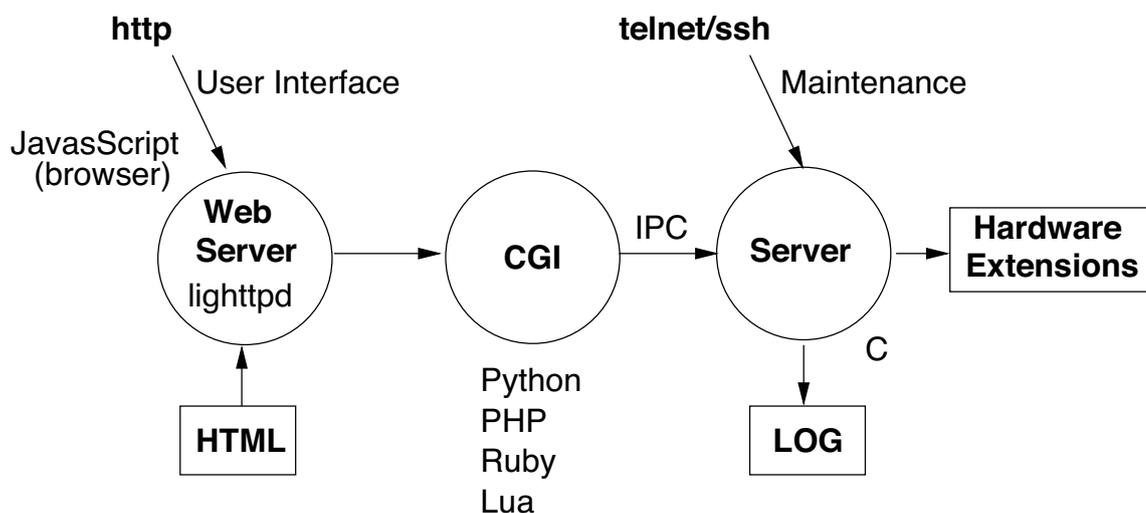


Abbildung 3:  
Umfang einer  
typischen Projekt-  
aufgabe.

9. Ansteuerung eines 3D-Druckers und andere Experimente
10. Temperatur/Luftfeuchte messen und andere Experimente
11. Lüfterregelung mit einem LM75 (I2C) Temperaturfühler und einem über PWM angesteuerten Lüftermotor.
12. Wetterballon: Gnublin hängt als Nutzlast an einem mit Helium gefüllten Ballon. Während des Aufstieges misst Gnublin laufend die Temperatur und meldet seine GPS Koordinaten über ein Mobilfunk-Modem an eine Bodenstation.
13. PowerPi: Tool zum Administrieren und Steuern von 434Mhz Steckdosen und Gpio's (Raspberry Pi statt Gnublin)
14. Ansteuerung eines Schrittmotors

(Nähere Informationen zur Entstehungsgeschichte des Projektes sind nachlesbar im Forschungsbericht 2012.)

**Weitere Informationen unter:**

<http://www.gnublin.org>

<http://www.elinux.org>

**LITERATUR**

- [1] Hubert Högl, Teaching Embedded Linux with Gnublin, Embedded World Conference, Nuremberg, February 2013. <http://elk.informatik.fh-augsburg.de/pub/ew13/article.pdf>.  
Vortragsfolien auf <http://elk.informatik.fh-augsburg.de/pub/ew13/slides.pdf>.
- [2] Veranstaltung "Embedded Linux" <http://elk.informatik.fh-augsburg.de/hhweb/elinux/index.html>.
- [3] Projekte aus dem Sommersemester 2013  
<https://elk.informatik.fh-augsburg.de/dav/elinux-13-berichte/>.

## Keep an Eye on the Pi

Der Raspberry Pi als günstige und trotzdem leistungsfähige Plattform für die Sehforschung

Eine der spannendsten Entwicklungen der letzten Jahre in der IT-Welt sind Einplatinencomputer (Single-Board Computer, kurz SBC). Sie stammen von eingebetteten Systemen ab und besitzen neben Standardschnittstellen wie Ethernet und USB eine Anzahl von Schnittstellen, die sich gewöhnlich nicht in Desktop-Systemen finden (GPIO, ADC/DAC, UART, SPI, I2C). Ihre vergleichsweise hohe Leistungsfähigkeit und die vielfältigen Schnittstellen erlauben die Verwendung als preiswerten Ersatz in Einsatzfeldern, die bisher Desktop-Systemen vorbehalten waren.

### RASPBERRY PI

Der Raspberry Pi (Abb. 1) ist der prominenteste Vertreter der Einplatinenrechner. Er wurde ursprünglich von der Raspberry Pi Foundation mit dem Ziel entwickelt, die Verbreitung von Computer- und Programmierkenntnissen unter Schülern und Studenten zu verbessern. Seinen Namen erhielt der Raspberry Pi (Engl: „Himbeerkuchen“) aus der Tradition, Computer nach Früchten zu benennen und der Idee, einen Python-Interpreter (Pi) in der Hardware zu implementieren [1]. Dies wurde zwar nicht umgesetzt, trotzdem ist Python die Sprache der Wahl für die Entwicklung mit dem RPi. Alternativ können auch andere Programmiersprachen verwendet werden. So existiert seit 2012 ein für den RPi optimiertes Java 8 SDK [2].

Herzstück des RPi ist der SoC Broadcom BCM2835, der eine ARM11 CPU inklusive einer Gleitkommarecheneinheit, einen Graphikprozessor und SDRAM integriert (Tabelle 1) [3]. Damit erreicht der RPi eine Leistung vergleichbar einem 300 MHz



Abbildung 1:  
Einplatinencomputer  
Raspberry Pi Modell B  
(Bildquelle: [1])

Pentium II mit einer Grafikleistung, die einer Xbox 1 entspricht.

System-on-a-Chip	Broadcom BCM2835
CPU	ARM1176JZF-S (700 MHz)
GPU	Broadcom Videocore IV (250 MHz)
Arbeitsspeicher (SDRAM)	512 MB
USB	2 x USB 2.0
Video	HDMI, Composite
Audio	Stereo (analog), HDMI (digital)
Nicht-flüchtiger Speicher	SD (SDHC und SDXC) / MMC / SDIO
Netzwerk	SMSC LAN9512 10/100 Mbit Ethernet
Schnittstellen	GPIO, SPI, I <sup>2</sup> C, UART, CSI, DSI
Leistungsaufnahme	5 V, 700 mA (3,5 W)
Größe	85,6 x 53,98 x 17 mm

Tabelle 1: Hardware-Spezifikationen des Raspberry Pi, Modell B[1]

### DIE PUPILLE – MEHR ALS NUR EINE BLENDE

Die Pupille dient im Auge als Blende zur Regulierung der einfallenden Lichtmenge und damit dem Schutz der Netzhaut vor Überbelichtung. Der durchschnittliche Pupillendurchmesser beträgt 2 bis 9 mm. Da die einfallende Lichtmenge mit dem Quadrat des Pupillendurchmessers korreliert, kann diese durch die Pupille um den Faktor 20 reduziert werden [4], wobei die Pupillenreaktion auf einen Lichtstimulus ca. 200 bis 450 ms benötigt [5].

Neben Licht können auch andere Reize, z. B. laute Geräusche, eine Pupillenreaktion auslösen. Aber nicht nur physikalische Reize, auch sogenannte „psychosensorische“ Reaktionen wie etwa Schmerz, Angst, Stress, Aufregung, mentale Anstrengungen und andere starke Emotionen [6] erweitern die Pupille. Auch das Interesse an einem potentiellen Partner führt zu erweiterten Pupillen [7], die passenderweise als Schönheitsideal gelten. Das in der Tollkirsche enthaltene Gift Atropin wurde deshalb früher von Frauen zur Erweiterung der Pupillen



Dipl.-Inf. (FH)  
Torsten Straßer, M.Sc.

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik  
torsten.strasser@hs-augsburg.de

Forschungsinstitut  
für Augenheilkunde  
der Universität Tübingen  
torsten.strasser@uni-tuebingen.de  
www.eye-tuebingen.de

### Co-Autoren

Markus Wirth  
Felix Weichmann

### Forschungsgebiete

- Elektrophysiologie des Sehens
- Biosignal-Analyse
- Pupillographie
- Medizinische Softwareentwicklung
- Medizinische Datenverarbeitung

benutzen, woher sein Name „Belladonna“ („schöne Frau“) rührt [8].

Dieses Beispiel zeigt, dass auch viele pharmakologisch wirksame Substanzen einen Effekt auf die Pupillen haben. Medikamente und Drogen können zur Verengung bzw. Erweiterung führen. In Verkehrskontrollen wird deshalb der „Taschenlampentests“ bei Verdacht auf Drogenkonsum genutzt: Während LSD, Cannabis oder Kokain die Pupillen erweitern, führen Opiate (Heroin, Morphin) oder Ecstasy zu ihrer Verengung [9].

Da die Pupillenreaktion Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels aus Nerven und Muskeln ist, kann sie auch durch verschiedenste Störungen oder Krankheiten beeinflusst werden [4]. Dem Arzt können die Pupillen damit Hinweise für die Diagnose von ophthalmologischen, neurologischen und anderen Erkrankungen geben [10].

#### PUPILLOGRAPHIE

Die Pupillographie ist die Aufzeichnung des Pupillendurchmessers über die Zeit [10]. Sie erlaubt die exakte Bestimmung der zeitlichen und räumlichen Parameter der Pupillenreaktion [4]. Die Pupille wird dazu mit einer Videokamera aufgenommen und aus den aufgezeichneten Bildern wird der Pupillendurchmesser bestimmt. Mit aktuellen Desktop-Rechnern ist dabei eine Echtzeitauswertung des Pupillendurchmessers bei Frameraten von 60 Frames pro Sekunde (fps) und höher möglich, was für die meisten Anwendungsfälle ausreichend ist [10].

Während der Aufzeichnung wird die Pupille mit Infrarotlicht beleuchtet. Im Gegensatz zum menschlichen Auge sind Videokameras sensitiv für dieses. Da die Iris unab-



Abbildung 2: Bild eines Auges bei Infrarotbeleuchtung. Die Iris erscheint unabhängig von ihrer tatsächlichen Farbe in hellem Grau, die Pupille in tiefem Schwarz.

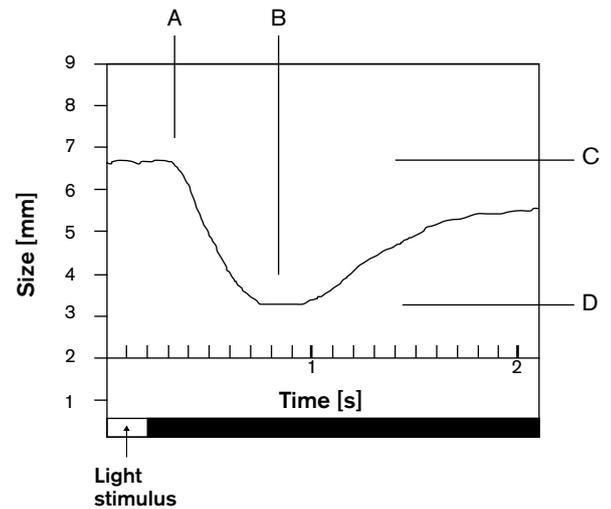


Abbildung 3: Pupillogramm eines gesunden Probanden in Reaktion auf einen Lichtstimulus von 200 ms. A: Beginn der Konstriktion, B: Dauer der Konstriktion, C: Ausgangsdurchmesser, D: maximale Änderung (Bildquelle: [4]).

hängig von ihrer Farbe unter Infrarotlicht in hellem Grau erscheint, die Pupille dagegen in tiefem Schwarz (Abb. 2), wird die Auswertung der Bilder dadurch vereinfacht.

#### RASPUPIL - VIDEO-GESTÜTZTE BESTIMMUNG DES PUPILLENDURCHMESSERS

Für die Pupillographie werden oft entweder Eigenentwicklungen [11], [12] oder teure Standardgeräte verwendet. Eine Anpassung an neue Anforderungen ist bei diesen oft nur bedingt möglich.

Ziel der Projektarbeit war es, ein günstiges und offenes Pupillographie-System auf Basis des RPi zu entwickeln, da dieser eine hohe Leistung bei einem günstigen Preis bietet. Die Eignung des entwickelten Systems sollte anhand der Wiederholung der kürzlich veröffentlichten Studie „Pupil constrictions to photographs of the sun“ [13] überprüft werden. In dieser Studie kommen die Autoren zum Ergebnis, dass das Betrachten von Fotografien der Sonne eine stärkere Konstriktion der Pupillen auslöst, als Bilder mit anderen Motiven (Abb. 4).



Abbildung 4: Beispiel für eine Bildserie. Alle Bilder besitzen die gleiche Durchschnittshelligkeit. (Bildquelle: [13]).

## VERWENDETE HARD- UND SOFTWARE

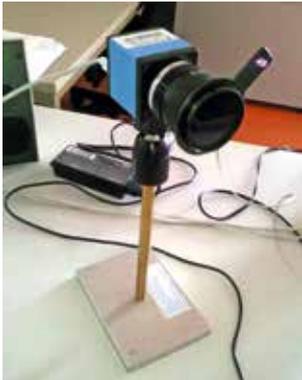


Abbildung 5: Für die Aufzeichnung verwendete Industriekamera mit Infrarot-LED.

Das Pupillographie-System besteht aus zwei RPi: ein RPi für die Aufzeichnung und Auswertung der Pupillenreaktion, ein weiterer für die Präsentation der Stimuli.

Die Videobilder werden mit einer USB CCD Industriekamera (DMK 21AU04, The Imaging Source Europe GmbH) aufgezeichnet (640 x 480 Pixel, 8 Bit, 60 fps). Als Objektiv wird eine 50mm TV-Lens (Pentax Ricoh Imaging Co., Ltd.) mit einem Infrarot-Durchlassfilter (Schneider GmbH) verwendet (Abb. 5).

Als Betriebssystem kommt Raspian zum Einsatz, eine auf Debian basierende Linux Distribution [14]. Die Entwicklung der Software erfolgte mit dem Oracle Java 8 SDK und JavaFX [15]. Der verwendete SoC Broadcom BCM2835 bietet eine direkte Unterstützung für die Ausführung von Java Bytecode [16], was für hohe Performanz sorgt [17].

## INSTALLATION UND KONFIGURATION

Im Internet sind inzwischen viele Anleitungen zur Installation des RPi verfügbar [18], weshalb hier nicht weiter darauf eingegangen wird. Dasselbe gilt für die Installation von Java [19].

Obwohl der RPi bereits von Haus aus eine beeindruckende Leistung bietet, kann diese durch Übertakten noch gesteigert werden. Dies geschieht durch Anpassen der Konfigurationseinstellungen in der Datei `/boot/config.txt`, die als Ersatz für ein konventionelles BIOS dient [20]. Ein bricken, wie es von Mikrocontrollern bekannt ist, ist beim RPi nicht möglich. Wir konnten den RPi mit einer Taktrate von 1100 MHz stabil betreiben.

## INSTALLATION DER KAMERA UNTER RASPIAN

Da der Hersteller der Industriekamera nur Treiber für Microsoft Windows bereitstellt, ist deren Installation unter Raspian mit einigem Aufwand verbunden. Zwar ist die Kamera kompatibel mit der USB Video Class (UVC) [21], verwenden allerdings eine eigene Interface Class [22]. Dies führt dazu, dass die Kamera nicht erkannt wird. Durch Patchen des `uvevideo`-Treibers und Neukompilation des Kernels konnten wir dieses Problem beheben. Eine Anleitung dazu findet sich in [23] und [22]. Nach erfolgreicher Kompilation steht die Kamera unter `/dev/video0` zur Verfügung. Der Zugriff auf die Kamera aus Java wurde mit Hilfe der Bibliothek `v4l2j` [24] realisiert.

## BENUTZEROBERFLÄCHE

Die Benutzeroberfläche dient der Steuerung der Messung, der Anzeige der Videobilder und deren Auswertung. Sie wurde mit Java 8 und JavaFX 2.2 implementiert. Als Entwicklungsumgebung wurde Netbeans 7.3 und der JavaFX Scene Builder 1.1 Early Access eingesetzt (Abb. 6).

## PUPILLENDETEKTION UND BESTIMMUNG DES PUPILLENDURCHMESSERS

Der für die Detektion der Pupille und der Bestimmung deren Durchmessers verwendete Algorithmus stammt ursprünglich aus einer am Forschungsinstitut für Augenheilkunde Tübingen entwickelten Software



Abbildung 6: Screenshot der fertigen Anwendung während einer Messung. Die Auswertung des Pupillendurchmessers erfolgt dabei in Echtzeit

[11], [12]. Der in C/C++ implementierte Algorithmus detektiert die Pupille durch Selektion von Pixeln auf Basis eines Schwellwertes, der aus der Durchschnittshelligkeit des Bildes. Zusätzlich wird für jedes Pixel die Helligkeit der Nachbarpixel betrachtet. Aus den selektierten Pixeln wird der Schwerpunkt bestimmt, der dem Zentrum der Pupille entspricht. Aus der Pixelanzahl (= Fläche) kann der Durchmesser der Pupille bestimmt werden.

#### OPTIMIERUNG DER PUPILLENDETEKTION DURCH VERWENDUNG DER GPU

Der ursprüngliche Algorithmus iteriert mit mehreren Schleifen mehrfach über die Pixel des Bildes, was sich für den RPi leider als nicht performant genug erwies.

Neben der CPU besitzt der RPi eine leistungsfähige GPU, die OpenGL ES 2.0 [25] unterstützt. OpenGL ES 2.0 ist eine Programmierschnittstelle zur Entwicklung von 2D und 3D-Computergrafik [26].

Um die Performanz der Pupillendetektion zu erhöhen, wurde der Algorithmus in der OpenGL Shading Language (GLSL) als Shader implementiert. Shader werden von der GPU für jedes Texel eines Bildes parallel ausgeführt. Dadurch konnten die Schleifen des ursprünglichen Algorithmus entfallen. Im Fragment-Shader wird die Helligkeit des bearbeiteten Pixels mit der Durchschnittshelligkeit des Bildes verglichen. Diese wird durch das sogenannte Mip Mapping berechnet, bei dem automatisch verkleinerte Versionen des Bildes durch Mittelung benachbarter Pixel berechnet werden. Bei entsprechender Verkleinerung erhält man damit den Mittelwert der Helligkeit des Originalbildes.

Für das Ausführen des Shaders wird die im JogAmp-Projekt [27] enthaltene OpenGL Implementierung JOGL verwendet. Dabei kommt die Technik des Offscreen-Rendering mit einem Framebuffer Objekt (FBO) [28] zum Einsatz.

Das Ergebnis des Shaders ist ein Bild, in dem nur noch zur Pupille gehörende Pixel enthalten sind. Aus diesen kann dann, analog dem originalen Algorithmus, der Pupillendurchmesser bestimmt werden. Die entsprechende Funktion wurde in C implementiert und wird über Java Native Access (JNA) [29] aufgerufen.

#### ERGEBNISSE

Im Rahmen der Projektarbeit wurde erfolgreich ein Pupillographie-System basierend auf einem RPi realisiert. Durch Anpassungen der Konfiguration des Betriebssystems und Verlagerung der Pupillendetektion in die GPU, konnte die Verarbeitungsgeschwindigkeit auf bis zu 20 fps erreicht werden. Dieser Wert kann wahrscheinlich durch Verwendung von proprietären Erweiterungen weiter verbessert werden.

Während des Forschungstags der Fakultät für Informatik wurde eine Messreihe mit acht Probanden durchgeführt. Unsere Ergebnisse konnten die in der Studie beschriebenen Ergebnisse [13] bestätigen: Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der Dauer der Pupillendilatation, abhängig vom Motiv des gezeigten Bildes (Abb 7).

Die Ergebnisse dieser Projektarbeit wurden als Beitrag für die jährliche Konferenz der European Association for Vision and Eye Research (EVER 2013) eingereicht. Unser Beitrag mit dem Best-Paper-Award der in der Sektion Electrophysiology, Physiological Optics, Vision Sciences ausgezeichnet. Die Präsentation der Ergebnisse erfolgt im Rahmen der EVER im September in Nizza, Frankreich.

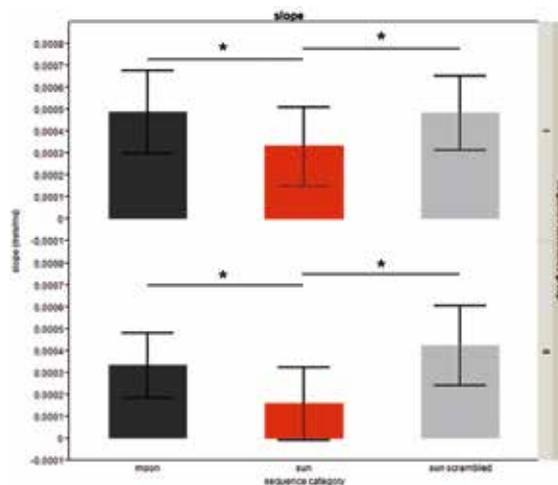


Abbildung 7: Geschwindigkeit der Pupillendilatation in Abhängigkeit vom gezeigten Motiv (kleinerer Wert -> langsamere Dilatation). Sternchen zeigen signifikante Unterschiede im paarweisen Vergleich (Tukey's HSD).

Außerdem wird unser Pupillographie-System im Rahmen des Pupillcolloquium, einem internationalen Kongress zur Pupillenforschung, im September in Point Clear, Alabama, USA, vorgestellt werden.

#### DANKSAGUNG

Für die Einführung in die Physiologie der Pupille möchten wir uns bei Prof. Dr. Barbara Wilhelm, Prof. Dr. Helmut Wilhelm und Dr. Tobias Peters bedanken. Für die Hilfe bei der Implementierung der Pupillendetektion und die Bereitstellung des verwendeten Algorithmus möchten wir uns bei Prof. Dr. Frank Schaeffel bedanken. Zuletzt möchten wir uns auch bei der Fakultät Informatik für die Bereitstellung der benötigten Geräte und die Unterstützung bei der Teilnahme an der EVER 2013 bedanken.

- [1] Wikipedia, "Raspberry Pi," Wikipedia, Die freie Enzyklopädie, 2013. [Online]. Available: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Raspberry\\_Pi&oldid=121490691](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Raspberry_Pi&oldid=121490691). [Accessed: 19-Aug-2013].
- [2] T. Wiedt, "Early Access of Java SE 8 for ARM Now Available," The Java Source, 2012. [Online]. Available: [https://blogs.oracle.com/java/entry/developer\\_preview\\_of\\_java\\_se](https://blogs.oracle.com/java/entry/developer_preview_of_java_se). [Accessed: 19-Aug-2013].
- [3] „FAQs.“ [Online]. Available: <http://www.raspberrypi.org/faqs>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [4] H. Wilhelm, "Disorders of the pupil,," Handbook of clinical neurology, vol. 102, pp. 427–66, Jan. 2011.
- [5] I. E. Loewenfeld, The Pupil: Anatomy, Physiology, and Clinical Applications, 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1999, p. 1590.
- [6] E. H. Hess and J. M. Polt, "Pupil Size in Relation to Mental Activity during Simple Problem-Solving,," Science (New York, N.Y.), vol. 143, no. 3611, pp. 1190–2, Mar. 1964.
- [7] J. L. Andreassi, Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response, 5th ed. Mahwah, New Jersey, United States: Lawrence Erlbaum Assoc Inc, 2006, p. 538.
- [8] H. Czycholl, „Was unsere Augen über uns verraten,“ Die Welt, 2009. [Online]. Available: <http://www.welt.de/wissenschaft/article4620190/Was-unsere-Augen-ueber-uns-verraten.html>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [9] G. Schmidt and R. Algeier-Föll, „Pupillenveränderungen,“ Drogen-Wissen, 2012. [Online]. Available: [http://www.drogen-wissen.de/DRUGS/DW\\_GE/pupillenveraenderungen.shtml](http://www.drogen-wissen.de/DRUGS/DW_GE/pupillenveraenderungen.shtml). [Accessed: 19-Aug-2013].
- [10] H. Wilhelm and B. Wilhelm, "Clinical applications of pupillography,," Journal of neuro-ophthalmology : the official journal of the North American Neuro-Ophthalmology Society, vol. 23, no. 1, pp. 42–9, Mar. 2003.
- [11] F. Schaeffel, "Kappa and Hirschberg ratio measured with an automated video gaze tracker,," Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry, vol. 79, no. 5, pp. 329–34, May 2002.
- [12] M. Choi, S. Weiss, F. Schaeffel, A. Seidemann, H. C. Howland, B. Wilhelm, and H. Wilhelm, "Laboratory, clinical, and kindergarten test of a new eccentric infrared photorefractor (PowerRefractor),," Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry, vol. 77, no. 10, pp. 537–48, Oct. 2000.
- [13] P. Binda, M. Pereverzeva, and S. O. Murray, "Pupil constrictions to photographs of the sun,," Journal of vision, vol. 13, no. 6, pp. 1–9, Jan. 2013.
- [14] "Raspbian." [Online]. Available: <http://www.raspbian.org>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [15] "JDKTM 8 Early Access Releases," java.net, 2013. [Online]. Available: <http://jdk8.java.net/download.html>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [16] A. Ltd., "Jazelle," 2013. [Online]. Available: <http://www.arm.com/products/processors/technologies/jazelle.php>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [17] R. Bair, "JavaFX on Raspberry PI," FX Experience, 2012. [Online]. Available: <http://fxexperience.com/2012/12/javafx-on-raspberry-pi>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [18] J. Karres, "Raspberry Pi: Raspbian installieren,," JANKARRES, 2012. [Online]. Available: <http://jankarres.de/2012/08/raspberry-pi-raspbian-installieren>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [19] B. Courington and G. Collins, "Getting Started

- with Java® SE Embedded on the Raspberry Pi,” Oracle Technology Network, 2013. [Online]. Available: <http://www.oracle.com/technetwork/articles/java/raspberrypi-1704896.html>. [Accessed: 19-Aug-2012].
- [20] “RPiconfig,” elinux.org, 2013. [Online]. Available: <http://elinux.org/index.php?title=RPiconfig&oldid=280136#Overclocking>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [21] Wikipedia, “USB Video Class,” Wikipedia, Die freie Enzyklopädie, 2013. [Online]. Available: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=USB\\_Video\\_Class&oldid=116436057](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=USB_Video_Class&oldid=116436057). [Accessed: 19-Aug-2013].
- [22] A. Caspari, “Using The Imaging Source Video Devices on Linux,” unicap. [Online]. Available: [http://unicap-imaging.org/tis\\_devices\\_en.htm](http://unicap-imaging.org/tis_devices_en.htm). [Accessed: 19-Aug-2013].
- [23] “LinuxTV media\_build.” [Online]. Available: [http://git.linuxtv.org/media\\_build.git](http://git.linuxtv.org/media_build.git). [Accessed: 19-Aug-2013].
- [24] “v4l4j.” [Online]. Available: <https://code.google.com/p/v4l4j/>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [25] P. Mortensen, “Raspberry Pi VideoCore APIs,” elinux.org, 2013. [Online]. Available: [http://elinux.org/index.php?title=Raspberry\\_Pi\\_VideoCore\\_APIs&oldid=279680#OpenGL\\_ES](http://elinux.org/index.php?title=Raspberry_Pi_VideoCore_APIs&oldid=279680#OpenGL_ES). [Accessed: 19-Aug-2013].
- [26] K. Group, “OpenGL ES The Standard for Embedded Accelerated 3D Graphics,” 2013. [Online]. Available: <http://www.khronos.org/opengles>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [27] “JogAmp - graphics, audio, media and processing libraries.” [Online]. Available: <http://jogamp.org>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [28] Wikipedia, “Framebuffer Object,” Wikipedia, Die freie Enzyklopädie, 2013. [Online]. Available: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Framebuffer\\_Object&oldid=116040645](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Framebuffer_Object&oldid=116040645). [Accessed: 19-Aug-2013].
- [29] “Java Native Access (JNA).” [Online]. Available: <https://github.com/twall/jna>. [Accessed: 19-Aug-2013].

## Informationsfilme für Ecofund e.V.

Kommunikation lokaler und globaler Zusammenhänge mit animierten Kurzfilmen

In einer Kooperation mit dem deutschen Umweltverein Ecofund e.V.<sup>1</sup> erstellten 20 Studierende des Bachelorstudiengangs Interaktive Medien im Sommersemester 2013 informative Animationen. Ziel des Projektes war die anwendungsorientierte Reflexion von Darstellungsmöglichkeiten des aufklärenden Informationsfilms im interkulturellen Dialog, die Umsetzung in kurzen Animationsclips sowie die Nutzung unterschiedlicher Projekttools in der Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner. Eingebunden in das Projekt waren darüber hinaus die renommierte Grafikagentur McCann Ericson<sup>2</sup> mit dem Regionalbüro in Dakar und das senegalesische IT-Startup Inaota<sup>3</sup>.

Herstellung und Erhalt einer lebenswerten Umgebung erfordert das konstruktive Miteinander unterschiedlicher Menschen, den Abgleich ihrer Vorstellungen und ein Ausgleich berechtigter Interessen. Für die angehende Kommunikations- und Medienexperten ist das Engagement für eine intakte Umwelt in einer Welt der globalen Stoffkreisläufe eine große Herausforderung. In unserem Semesterprojekt nahmen wir diese Aufgabe mit dem international agierenden Partner Ecofund am Beispiel senegalesischer, mauretanischer und kapverdischer Umweltschutzprojekte an.

Ein gerechter Interessenausgleich muss nicht nur aktuelle Machtkonstellationen berücksichtigen, sondern auch die einflussarmen lokalen Mitspieler berücksichtigen und einbinden. Dazu gehört Aufmerksamkeit für die sprachlosen Naturzusammenhänge, für Habitate und Biodiversität zu schaffen. In der Auseinandersetzung mit den von Ecofund unterstützten senegalesischen Umweltprojekten zeigte sich sehr anschaulich, dass Lebensqualität und Umweltschutz eng miteinander verknüpft sind. Die Zerstörung der Meeresfauna durch verantwortungsloses industrielles Überfischen und die Verschmutzung z. B. mit Kunststoffteilen entzieht der lokalen Bevölkerung die Möglichkeit zur Selbstversorgung und Entfaltung. Der Münchener Soziologe Ulrich Beck beschreibt dies sehr treffend mit dem Begriff ökologische Enteignung<sup>4</sup>. Wir nahmen uns entsprechenden realen Umweltproblemen des Senegals an. Das Überfischen der Küste geschieht durch internationale Konzerne und die Abholzung von Waldbestand im Senegal tötet „unsere“ Singvögel. Da-

kar und Augsburg lagen nach dem Projekt nicht mehr so weit auseinander.

Innerhalb des Semesterprojektes entstanden sieben Animationsfilme, die entweder konkrete Umweltprojekte erklären oder über die Arbeitsweise von Ecofund informieren. Ecofund unterstützt kleine lokale Umweltinitiativen durch Strukturierung und Veröffentlichung ihrer Vorhaben auf [www.ecofund.org](http://www.ecofund.org). Die Projekte gewinnen dadurch das Vertrauen z. B. der Dorfgemeinschaften und stärken die Handlungskompetenz und das Selbstbewusstsein der Menschen gegen die oft abstrakten und anonymen Bedrohungen ihrer Heimat. Ecofund nennt die örtlichen Initiatoren der Projekte „Champions“. Beispiel eines Champion ist Augustin aus Diemering in der Casamance im Süden des Senegal, der über die Veröffentlichung seines Projektes über die Webplattform 39 zusätzliche Unterstützer und Zugang zur Finanzierung seines Projektes bekam. Eine von ihm organisierte ornithologische Untersuchung erfasste fünf Vogelarten, die in diesem Gebiet heimisch sind. Andere Champions wie Sidi kümmern sich um den Schutz der Zugvögel im mauretanischen Banc d'Arguin oder wie José und sein Sohn Tommy um den Schutz von bedrohten Schildkröten- und Vogelarten auf den kapverdischen Inseln. Ecofund e.V. identifiziert, strukturiert und fördert lokales Engagement, indem sie Unterstützer mit Champions und deren konkreten Projekten verbindet<sup>5</sup>.

Nach dem gemeinsamen Vorbereitungstreffen in Augsburg hielten wir mit Ecofund-Mitbegründer Markus Faschina und seinen Mitarbeitern in Dakar kontinuierlich über Skype und verschiedene Arbeitsplattformen Kontakt. Dies sicherte eine intensive thematische Auseinandersetzung und ermöglichte eine zuverlässige Rückmeldung zu Storyboard und Umsetzung.

Kernthema war der erklärende Informationsfilm. Obwohl er inzwischen durch Plattformen wie YouTube sehr populär ist und in vielfältigen Variationen vom verwandten Propaganda- und Lehrfilm über den drastischen staatlichen Präventionsfilm, dem industriellen Lernvideo bis hin zum animierten Infotainment auftritt, gibt es wenig theoretische Auseinandersetzung zum Thema. Dies werden wir innerhalb des im Wintersemester 2013 beginnenden Forschungsprojektes E-Transform nachholen und dabei thematisch auch den



Prof. Jens Müller

Hochschule Augsburg

Fakultät für Gestaltung

Telefon +49(0)821 5586-3419

[jens.mueller@hs-augsburg.de](mailto:jens.mueller@hs-augsburg.de)

Fachgebiete

- 3D-Visualisierung
- Dreidimensionales Gestalten
- Animation
- Spieleentwicklung

interaktiven Animationen im Rahmen des Gamification widmen. Wir haben uns dem Thema im Rahmen des hier vorgestellten Projektes mit gelungenen Fallbeispielen genähert, unter anderem mit historischen Beispielen von Disney<sup>6</sup>. Auf diesem Gebiet liegen jedoch auch eigene Produktionen vor, z. B. der erfolgreiche Kurzfilm „Unsere kleine Welt“<sup>7</sup>, durch den auf Vermittlung des damaligen Co-Regisseurs Josef Buchner dieses Projekt startete. Die in unserem Projekt realisierten Ergebnisse nutzten den für Kurzfilme bewährten Workflow: Rebriefing, Medienanalyse, Entwurf von Storyworlds, Storyboard-Entwicklung, Modelling, Texturing, Animation, Lighting, Rendering. Da das Seminar im Rahmen der Veranstaltung *Raum und Orientierung* stattfand, wurden die Teilprojekte mit 3D-Software oder unter Verwendung von 3D-Funktionen in Animationsprogrammen erstellt.

Die folgenden Projekte werden auf YouTube zu sehen sein. Im Web wird unter [http://www.hs-augsburg.de/~jmueller/\\_seminare/2013/13s\\_Ecofund](http://www.hs-augsburg.de/~jmueller/_seminare/2013/13s_Ecofund) über den Stand des Projektes informiert.

**Un monde en Plastique.** Ein Kurzfilm von Madita Herpich, Carina Nusser und Lisa Wölfel.

Der Kurzfilm „Plastikwelten“ fordert mit einer dystopischen Zukunftsfiktion zum Schutz der Umwelt auf und möchte für einen verantwortungsbewussten Umgang mit Kunststoffen sensibilisieren. In diesem Alptraum passt sich die Meeresfauna an ihre vermüllte Umgebung an und besteht selbst weitgehend aus Kunststoffen. Die Menschen sind darauf angewiesen, diese Art von Nahrung zu essen. Der Film beginnt damit, dass eine Plastikflasche ins Meer geworfen wird. Dem Betrachter eröffnet sich ein Blick in eine irrwitzige Unterwasserwelt. Ein Angler fängt einen dieser kunststoffhaltigen Fische und bereitet ihn als Mahlzeit zu. Beim Essen verursacht der Fisch ein hässliches, plastiktypisches Geräusch.

**Moussas Wald.** Ein Kurzfilm von Christian Reichart, Saskia Wiedenroth und Matthias Zeug.

Der fiktive Champion Moussa entdeckt beim Spaziergang Schildkröten. Leider werden diese Schildkröten von Wilderern gefangen oder sie werden im Müll. Moussa möchte die Umwelt erhalten und wendet sich deshalb per Internet an Ecofund. Er

bekommt schnell Hilfe. Moussa und die von Ecofund finanzierten Helfer werfen den Müll in einen großen Container und stellen eine Informationstafel auf, um über Wilderei aufzuklären. Parallel zu dieser Story klärt unsere Animation per Infografik und Sprache über die konkreten Dienstleistungen von Ecofund auf. Information, Dialog und Aktion werden als Leistungen der Organisation Ecofund anschaulich dargestellt. Der Film verwendet abstrakt-geometrische 3D-Elemente und wendet sich gleichzeitig an lokale und globale Zuschauer.

**The Story Behind.** Ein Kurzfilm von Thomas König, Alexander Mersdorf und Marcel Möstel.

Augustin lebt in der Nähe eines großen Waldes, der unter Wilderei und Abholzung leidet. Um den Wald zu schützen möchte Augustin einen großen Zaun um den Wald bauen, den er aus eigener Tasche nicht finanzieren kann. Ecofund bietet Augustin nun die Möglichkeit, sein Vorhaben auf einer Webplattform zu präsentieren und Sponsoren zu finden. Kurze Zeit später gehen einige Spenden ein und der Zaun wird gebaut. Durch den Erhalt des Waldes ist es möglich, einige neue Vogelarten zu entdecken! Die Entstehungsgeschichte und die Idee hinter Ecofund sollen durch den Film deutlich werden. Der Zuschauer wird wie in einem Bilderbuch durch die lustige und unterhaltende Animation der Story geführt. Dabei werden die teilweise komplizierten Sachverhalte auf das Wesentliche konzentriert und dem Zuschauer schnell und leicht verständlich zugänglich gemacht.

**Das Ecofund-Prinzip.** Animationsclips von Christina Leupold, Silke Luitz, Noah Mayer und Philipp Panacek.

Drei kurze Animationsclips visualisieren das Ecofund-Prinzip. Zu Beginn wird ein konkretes Problem dargestellt, z. B. unabsichtliche Fischsterben durch verlorene und weggeworfene Nylonnetze, die Gefährdung der seltenen Meeresschildkröten oder die Zerstörung von Vogelnestern durch hohe Wasserstände. Der Mittelteil der Filme zeigt jeweils einen Aktivist, der ein Problem erkannt hat und mit Hilfe von Ecofund zur Lösung des Problems beiträgt. Mit der erfolgreichen Rettungsaktion wird der Protagonist in Anlehnung an die Bildmarke von Ecofund grün.



Screenshots aus den Animationsfilmen der Hochschule Augsburg (obere Reihe: Un monde en Plastique, Standing together, The Story Behind; untere Reihe: Moussas Wald, Banc d'Argui, Jeder kann ein Champion sein).

**Standing together for a greener future.** Ein Kurzfilm von Dennis Schnurer, Anna Saslawskij und Simone Ebeling.

Das 10-sekündige Intro visualisiert die Ecofund-Idee, indem aus der Bildmarke eine kleine symbolische Geschichte entwickelt wird. Auf einer bedrückend trüb eingefärbten Erdkugel stehen die von der Bildmarke bekannten Figuren. Einer dieser Menschen ist der Ecofund-Champion. Er setzt sich für den Schutz der Umwelt ein und wird grün dargestellt. Er streckt auf der Suche nach Mitstreitern seine Hände aus und berührt andere Menschen, die seine Idee unterstützend ebenfalls grün eingefärbt werden. Die grüne Kraft greift auf den Planeten über. Sobald die Erde vollständig ergrünt ist, erscheint nach einer Kamerafahrt die gesamte Wort-Bildmarke von Ecofund. Die Erdkugel bildet dabei den Buchstaben o im Namen Ecofund. Das Intro dient als animiertes Logo und als Vorspann vor Projektpräsentationen.

**Jeder kann ein Champion sein.** Ein Kurzfilm von Adrian Gerle und Celine Haller.

Alle können mithelfen, unsere gemeinsame Umwelt zu schützen. Jeder kann ein Champion im Sinne von

Ecofund sein, es braucht dazu keine besonderen Kräfte. Zu Beginn des Kurzfilms ziehen sich die Darsteller das Outfit des Champions an. Sofort rennen sie zu ihren Projektstandorten. Dort beginnen sie, ohne Zeit zu verlieren, mit ihrer Arbeit. Nach einigen Detailaufnahmen der arbeitenden Champions erkennt der Zuschauer das Projekt, zuerst in Naheinstellung und anschließend die Auswirkungen des Projekts in einem Panoramabild. Mit dem Slogan Jeder kann ein Champion sein ruft der Film zum Engagement auf.

**Banc d'Argui.** Ein Kurzfilm von Florian Pfeil und Simon Wyzgala

Viele europäische Zugvögel fliegen Richtung Mauretania, wenn in Europa der Winter einbricht. Vor Ort werden sie von lärmenden Baumaschinen, die ihren Lebensraum vernichten, vertrieben. Wir zeigen die Auswirkung auf die Vögel und ihr Habitat. Die Vögel flüchten, einige sterben. Doch dann tritt der Champion auf, der sich vor den Wald stellt. Er errichtet Zäune und klärt mit Hinweistafeln auf. So wird die Abholzung gestoppt. Die Vögel überleben.

<sup>1</sup> Ecofund e.V.: <http://www.ecofund.org>

<sup>2</sup> McCANN ERICKSON, Dakar, Senegal: <http://mccann.com>

<sup>3</sup> <http://afriqueitnews.com/2012/06/14/afriqueitnews-com-lance-inaota-start-up-challenge/>

<sup>4</sup> vgl. Ulrich Beck: Risikogesellschaft. Frankfurt am Main 1986 S. 50ff und ders.: Weltrisikogesellschaft. Frankfurt am Main 2007 S. 79

<sup>5</sup> [http://www.ecofund.org/what-is-ecofund/page?page=the\\_story\\_behind](http://www.ecofund.org/what-is-ecofund/page?page=the_story_behind)

<sup>6</sup> z.B. Walt Disney: Our friend the Atom. 1954. <http://www.youtube.com/watch?v=QDcJW1XSXN0> und Walt Disney: Magic Highway U.S.A. 1954. [http://www.youtube.com/watch?v=eOq\\_oP9TPD4](http://www.youtube.com/watch?v=eOq_oP9TPD4)

<sup>7</sup> Johannes Berner, Josef Buchner, Janine Ilg, Thomas Kohlbauer: Unsere kleine Welt. Animierter Infofilm. 2007. <http://www.hs-augsburg.de/klima>

## PPS-Software für Karbontüren des neuen Airbus A350

Zwei Themen für hochkomplexe Steuerungsprozesse



Prof. Dr. Rainer Kelch

### Hochschule Augsburg

Fakultät für  
Allgemeinwissenschaften  
Telefon +49(0)821 5586-3476  
rainer.kelch@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- SAP-R/3-Programmierung
- webbasierte betriebliche Anwendungsprogrammierung
- Software- und Geschäftsprozessmodellierung
- E-Learning
- Transformatoren und Generatoren

Generische Ansätze für die Entwicklung einer flexiblen anpassbaren ABAP-basierten Produktionsplanungs- und -Steuerungssoftware für getaktete Fertigungslinien als Erweiterung des SAP ERP Standards für hochwertige Standardkomponenten

*Eurocopter delivers the first Airbus A350 XWB jetliner passenger door, highlighting its innovative capabilities in composite technology, Donauwörth, Germany, May 23, 2012*<sup>1</sup>



Abbildung 1: Der Airbus A350 auf seinem ersten großen Testflug am 15.6.2013 in Toulouse<sup>2</sup>.

Der neue Airbus A350, nahezu komplett aus Karbon gebaut, hat seinen Jungfernflug im Juni 2013 erfolgreich überstanden. Die acht Passagiertüren aus Karbon werden von Eurocopter in Donauwörth gebaut. Die Produktions-Planungs- und -Steuerungssoftware für den Bau dieser Türen ist eine Erweiterung des SAP-Standards. Sie wurde von der Hochschule Augsburg durch Prof. Dr. Rainer Kelch, Fakultät für Allgemeinwissenschaften, in Kooperation mit Sopra Group Schrobenhausen entwickelt und ist seit Juli 2013 im Einsatz.

Die SAP-Erweiterung soll eine getaktete Produktion mit verschiedenen Fertigungslinien abdecken können. Über einen interaktiven virtuellen Leitstand soll es möglich sein, nicht nur den Produktionsprozess zu beobachten, sondern auch steuernd eingreifen zu

können. Ziel war es, ein Konzept zu entwickeln, das es ermöglicht, diese Anforderungen für die Produktion beliebiger Standardteile in einer getakteten Produktion umsetzen zu können.

Aufgrund der Komplexität der Anforderung wurde dieses PPS-Projekt (intern VLP-SP genannt) in zwei klar separierbare und über eine Schnittstelle softwaretechnisch koppelbare Teilprojekte aufgeteilt: VLP-SP-Logik und VLP-SP-View. Zur Realisierung beider Projekte folgen zwei Berichte.

Da es sich hier um die Produktion von sehr hochwertigen und teuren Gütern handelt, ist der Begriff SAP ERP (Enterprise Resource Planning) von besonderer Bedeutung, da eine optimierte Produktion einen ressourcenschonenden Umgang für Material, Finanzen und Arbeitskräfte bedeutet.

### MOTIVATION UND ZUSAMMENARBEIT MIT KOOPERATIONSPARTNERN

Die entwickelte SAP-Erweiterung, deren MVC-Architektur den Anforderungen genügt, stellt eine Schnittstelle zu einer Präsentationslogik zur Verfügung, um eine sehr flexible Visualisierung zu ermöglichen. Die SAP-Erweiterung, auf der hier aufgesetzt wurde – wie auch die Visualisierungsschicht selbst – wurde in Zusammenarbeit mit Sopra Group Schrobenhausen und Eurocopter Donauwörth realisiert.

Der Kooperationswunsch mit der Hochschule Augsburg wurde von der Schrobenhausener Firma Sopra Group (internationaler Konzern, Hauptsitz in Frankreich) an den Autor dieser Artikel herangetragen. Sopra baut kundenspezifische SAP-Lösungen und ist in dieser Sache u.a. bei Eurocopter stark eingebunden. Nachdem Sopra in den letzten Jahren mit immer mehr Augsburger Absolventen der Wirtschaftsinformatik ihre SAP-Kompetenz gewinnbringend erweitern konnte, lag es nahe, ein größeres Drittmittelprojekt im SAP-Umfeld zu starten. Bei der Zusammenarbeit wurde abwechselnd in Schrobenhausen, Donauwörth und Augsburg an der Softwarelösung gearbeitet. Aus der erfolgreichen Zusammenarbeit entstanden weitere Folgeaufträge.

<sup>1</sup> Quelle: [http://www.eurocopter.com/site/en/press/Eurocopter-delivers-the-first-Airbus-A350-XWB-jetliner-passenger-door-highlighting-its-innovative-capabilities-in-composite-technology\\_919.html?iframe=true&width=700](http://www.eurocopter.com/site/en/press/Eurocopter-delivers-the-first-Airbus-A350-XWB-jetliner-passenger-door-highlighting-its-innovative-capabilities-in-composite-technology_919.html?iframe=true&width=700)

<sup>2</sup> Quelle: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/A350\\_First\\_Flight\\_-\\_Low\\_pass\\_03.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/A350_First_Flight_-_Low_pass_03.jpg)

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!



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

www.vrbank-hg.de

Visionen brauchen Freiraum.



Neue Ideen und Inspiration

Jeder Mensch hat etwas, das ihn antreibt.

Eine starke Bank für eine Region

 **VR-Bank**  
Handels- und Gewerbebank

Pioneering new technologies  
Pioneering new technologies



**Aufbrechen** in die faszinierende Welt der **Mikro- und Leistungselektronik**

z.B. in den Bereichen Fertigung, Projektmanagement und Entwicklung

Sensor-Technik Wiedemann GmbH · Am Bärenwald 6 · 87600 Kaufbeuren  
Telefon: +49 8341 9505-0 · Telefax: +49 8341 9505-55 · www.sensor-technik.de  
Personalabteilung Frau Nicole Lauchner · bewerbung@sensor-technik.de

  
Sensor-Technik Wiedemann GmbH  
Mobil-Steuerungen und Messtechnik

## Entwurf eines kundenspezifisch anpassbaren Monitorings von hochwertigen Standardkomponenten

Karbondüren für den Airbus A350



Prof. Dr. Rainer Kelch

### Hochschule Augsburg

Fakultät für  
Allgemeinwissenschaften  
Telefon +49(0)821 5586-3476  
rainer.kelch@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- SAP-R/3-Programmierung
- webbasierte betriebliche Anwendungsprogrammierung
- Software- und Geschäftsprozessmodellierung
- E-Learning
- Transformatoren und Generatoren

Die Karbondüren des neuen Airbus A350 sollen in einer getakteten Fertigungslinie gebaut werden. Die zugehörige PPS-Software soll als eine komplett SAP-basierte ABAP-Anwendung (VLP-SP) realisiert werden. Dieser Artikel beschäftigt sich mit dem Teilprojekt VLP-SP-View, das auf der SAP-Erweiterung VLP-SP-Logik aufbaut, deren MVC-Architektur den Anforderungen genügt, um durch ihre Schnittstelle zu einer Präsentationslogik eine sehr flexible Visualisierung für den geforderten Leitstand zu ermöglichen. Die SAP-Erweiterung, auf der hier aufgesetzt wurde, wurde – wie auch die Visualisierungsschicht selbst – in Zusammenarbeit mit Sopra Group Schrobenhausen und Eurocopter Donauwörth realisiert. Über den Leitstand soll der Produktionsprozess beobachtet werden können. Dazu sollen relevante Zustandsvariablen visualisiert werden. Bei Bedarf soll es möglich sein, ändernd in die Produktion einzugreifen: z. B. durch Neuuzuordnung von Aufträgen, durch Ein- bzw. Ausplanen von kompletten Turaufträgen.

### ANFORDERUNG

Ein Standardteil, Assembly genannt, z. B. eine Tür eines Passagierfliegers, besteht wiederum aus sehr vielen Teilen. Hauptkomponenten (auch Singleparts genannt) als essentieller Bestandteil eines Standardteils setzen sich aus vielen Einzelteilen zusammen und werden vormontiert geliefert und in den Produktionsprozess eingeplant. Fertigungsaufträge und Assemblies bzw. Montageaufträge und Singleparts sollen mit ihren zugeordneten Materialien und Statuswerten (Produktionsfortschritt, Verfügbarkeit, usw.) visualisiert werden. Bei Bedarf sollen über den Leitstand Änderungen an den Zuordnungen vorgenommen sowie Veränderungen der ursprünglich geplanten Produktion durchgeführt werden können.

### BENÖTIGTE EIGENE DATENBANKTABELLEN

Um die geforderte Flexibilität für das konzerninterne produktsspezifische Customizing zu ermöglichen, sind eigene Customizing-Tabellen notwendig. Über diese Tabellen kann die komplette Produktion kundenspezifisch und produktspezifisch angepasst werden. Sie werden von der VLP-SP-Logik zur Verfügung gestellt.

Zur Darstellung der für den Leitstand notwendigen Daten werden eigene Tabellen für die zugehörigen

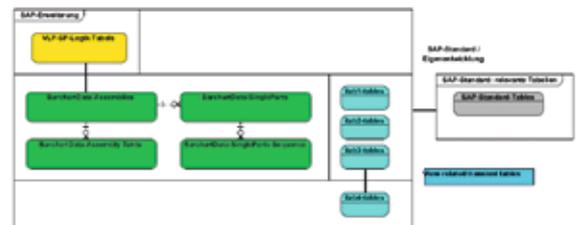


Abbildung 1: Datenmodell der SAP-Erweiterung – vereinfachte auszugswise Darstellung.

Bewegungsdaten benötigt: zwei für Assemblies bzw. Singleparts, und zwei für die zeitlich differenzierte Betrachtung der Assemblies bzw. Singleparts (grün dargestellt in Abb. 1).

Die Tabelle der Assembly-Visualisierungsdaten enthält zu jedem Fertigungsauftrag pro Montagematerial alle benötigten Daten für die Darstellung der Rückmelde-Statuswerte im Balkendiagramm.

Die Tabelle der Singlepart-Visualisierungsdaten enthält zu jedem Fertigungsauftrag pro Montagematerial und allen zugeordneten Hauptkomponenten mit ihren Montageaufträgen alle benötigten Daten für die Darstellung der Rückmelde-Statuswerte im Balkendiagramm.

Die Tabelle der Assembly-Visualisierungsdaten pro Takt enthält takt- und statusspezifische Datensätze zu allen Fertigungsaufträgen zu Montagematerialien.

Die Tabelle Singlepart-Visualisierungsdaten pro relevantem Vorgang enthält vorgangsspezifische Datensätze zu allen Montageaufträgen zu Hauptkomponenten.

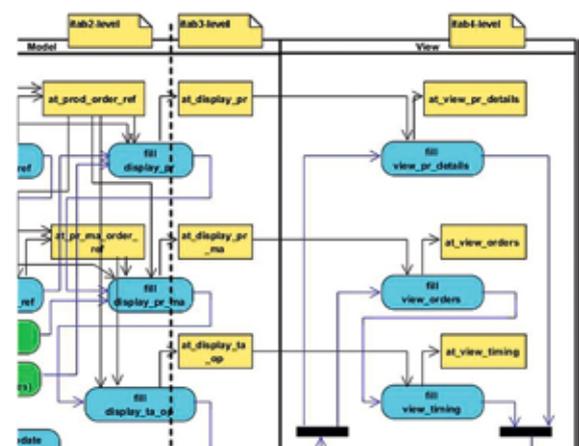


Abbildung 2: Datenfluss- und Datenebenenansicht für die Leitstand-Anwendung – vereinfachte auszugswise Darstellung.

#### DATENFLUSS IN DER ANWENDUNGSARCHITEKTUR

Die von der VLP-SP-Logik bereitgestellte Architektur liefert die transiente Datenebene itab3 (s. Abb. 2), die logisch für die Visualisierung ausreicht, aber in einer weiteren Datenebene (itab4) nochmals verändert wird, damit die konkret verwendeten Visualisierungstechniken damit effektiv umgehen können.

#### VISUALISIERUNGSTECHNIKEN FÜR EIN ECHTZEIT-COCKPIT FÜR DIE PRODUKTIONSHALLEN

Der in Abb. 3 zu sehende Leitstand enthält nur Testdaten ohne Bezug auf konkrete Aufträge.

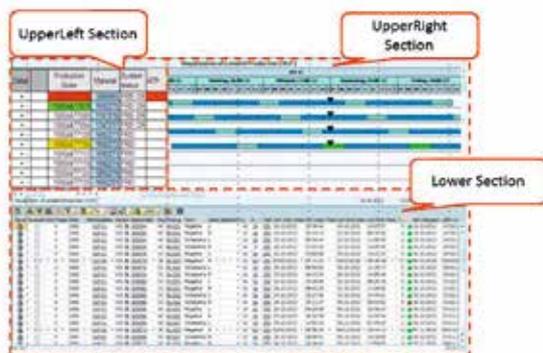


Abbildung 3: Leitstand-Anwendung mit allen drei Bereichen eingeblendet.

Man kann einen dreigeteilten Bildschirm erkennen, der durch den Anwender (typischerweise der Planer) leicht verändert werden kann. Vorgeschaltet ist ein hier nicht abgedrucktes Selektionsbild, auf dem Einstellungen vorgenommen werden können, die z. B. die betrachtete Zeitperiode, Skalierung, Auswahl der Materialien u.ä. betrifft.

Das Cockpit ist eingeteilt in

#### ■ Lower Section

Tabellarische Darstellung der Assemblies. Der Statuswert für die Bedarfstermine wird farblich angezeigt. Es können Notizen mit einer Wertung (Statuswert) eingetragen werden. Die Fertigungsaufträge der Assemblies sind mit der SAP-Standard-Transaktion verlinkt. Mit diesem Teil arbeitet die Steuerung und Planung. In der Produktion wird die Lower Section ausgeblendet.

#### ■ Upper Left Section

Tabellarische Darstellung der Singleparts und ihre Zuordnung zu Assemblies sowie die Anzeige der relevanten Statusvariablen.

#### ■ Upper Right Section

Dies ist der Bereich, in dem Balkendiagramme mit einer in der Legende erklärten Farbcodierung passende Statuswerte visualisieren. Bei Bedarf werden auch pro Singlepart die relevanten Vorgänge mit ihren aktuellen Statuswerten angezeigt.

Über hier ausgeblendete Drucktasten kann die komplette Funktionalität durch den Planer verwendet werden. Sollte bei der Beobachtung des Cockpits eine Situation entstehen, die eine Umplanung erfordert, kann dies hier – in der Regel durch eine Neuordnung (Reassign) von Singleparts zu Assemblies (genauer durch Neuordnung der zugehörigen Aufträge), durch Ein- bzw. Ausplanen von Aufträgen erfolgen.

Eine Rückmeldung der Takte durch die Arbeiter an den Planer und durch den Planer an das System führt dazu, dass mit einem expliziten Refresh (Refresh wird auch automatisch alle 15 Minuten durchgeführt) die Diagramme und die Anzeige der Zustandswerte durch Farbcodierung aktualisiert werden.

## Generischer Ansatz für die Optimierung einer ABAP-basierten, adaptiven und taktgesteuerten SAP ERP PPS-Eigenentwicklung

Karbontüren für den Airbus A350



Prof. Dr. Rainer Kelch

### Hochschule Augsburg

Fakultät für  
Allgemeinwissenschaften  
Telefon +49(0)821 5586-3476  
rainer.kelch@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- SAP-R/3-Programmierung
- webbasierte betriebliche  
Anwendungsprogrammierung
- Software- und Geschäfts-  
prozessmodellierung
- E-Learning
- Transformatoren und  
Generatoren

Die Karbontüren des neuen Airbus A350 sollen in einer getakteten Fertigungslinie gebaut werden. Die zugehörige PPS-Software soll als eine komplett SAP-basierte ABAP-Anwendung (VLP-SP) realisiert werden. Dieser Artikel beschäftigt sich mit dem Teilprojekt VLP-SP-Logik, die es ermöglichen soll, Aufträge für Singleparts Aufträgen für Assemblies – bei Bedarf neu – zuzuordnen. Umlanungen sollen direkt auf die SAP-Standard-Transaktionen verzweigen und gegebenenfalls notwendige Bestellungen, Materialbewegungen usw. auslösen. Eine Zuordnung zwischen Materialtyp und Auftragstyp wird über Zuordnungstabellen realisiert. Die Unterscheidung zwischen Fertigungs- und Montageauftrag wird in dieser Eigenentwicklung verwendet, um Statuswerte für Türen bzw. Türkomponenten unterscheiden zu können. Es soll auch möglich sein, über eine Lernkurve die Taktung flexibel zu verändern, um ressourcenschonend produzieren zu können.

### MOTIVATION

Die SAP-Erweiterung, die hier entwickelt wurde, wurde in Zusammenarbeit mit Sopra Group Schrobenhausen und Eurocopter Donauwörth im Rahmen eines Drittmittelprojekts realisiert.

Auf diesem Projekt setzt ein weiteres Projekt auf, das die Möglichkeiten einer effizienten Visualisierung über einen interaktiven Leitstand ergründet und eine konkrete Lösungsmöglichkeit implementiert. Es wird eine nutzbare Schnittstelle für einen Leitstand geschaffen. Die angestrebte SAP-Erweiterung soll die in der Produktionssteuerung bisher eingesetzte Lösung, bei der relevante Produktionsdaten über eine zentrale Excel-Tabelle verwaltet werden, ablösen. Weiterhin soll die Software so generisch konzipiert werden, dass sie nicht nur für diese Türen eines Passagierfliegers verwendet werden kann, sondern für nahezu beliebige Teile in einer getakteten Produktion.

Die erwähnte Excel-Lösung führt bei immer größer werdendem Datenvolumen zu Performanceproblemen. Eine komplett eigene Lösung ist hingegen sowohl im Erstellen als auch in der Wartung zu aufwändig. Durch eine geschickte Architektur (Änderung der relevanten Produktionsparameter sind möglich ohne Programm-

code-Änderungen) des für die Erweiterung benötigten Datenmodells kann zusätzlich dafür gesorgt werden, dass die derzeit im Einsatz befindliche, sehr aufwändige und komplexe Steuerung von Karbontüren flexibel gelöst ist. Darüber hinaus können ähnlich zu produzierende Produkte mit derselben Software und denselben Datenbanktabellen gesteuert werden. Dazu ist ein generischer Ansatz erforderlich.

### ANFORDERUNG

Ein Standardteil, Assembly genannt, z. B. eine Tür eines Passagierfliegers, besteht wiederum aus sehr vielen Teilen. Hauptkomponenten (auch Singleparts genannt) als wichtiger Bestandteil eines Standardteils setzen sich aus vielen Einzelteilen zusammen und werden vormontiert geliefert und in den Produktionsprozess eingeplant. Für den Ablauf der gesamten Produktion können essentielle Hauptkomponenten (auch Singleparts genannt) identifiziert werden, ohne die die Produktion nicht fortgesetzt werden kann. Die Produktion der Hauptkomponenten gehört nicht zum Funktionsumfang der zu entwerfenden Software, d.h. sie werden als produziert vorausgesetzt. Man kann deren Produktionsstatus verfolgen und darauf z. B. durch Neuordnungen reagieren, aber deren Produktion selbst nicht beeinflussen. Für den Leitstand müssen sowohl die Assemblies als auch die Singleparts mit ihrem Status (Produktionsfortschritt, Verfügbarkeit, usw.) angezeigt werden können. Eine Veränderung der ursprünglich geplanten Produktion soll ebenfalls über den Leitstand möglich sein.

Ein SAP-Fertigungsauftrag wird mit einer komplexen SAP-Standard-Transaktion gepflegt. Statuswerte des Auftrags werden durch andere Standard-Anwendungen gesetzt. Statuswerte des Auftrags werden von anderen Anwendungen abgeprüft und in Abhängigkeit von deren Werten werden weitere Prozesse angestoßen. Eine Unterscheidung zwischen Fertigungsaufträgen für Assemblies bzw. Montageaufträgen für Singleparts, wie es bei dieser Anwendung praktiziert wird, existiert nicht im SAP-Standard. Sie wird aber in dieser Eigenentwicklung benötigt, um Statuswerte für Assemblies bzw. Singleparts unterscheiden zu können.

Vorrichtungen dienen in den ersten Produktionstakten dazu, die Singleparts für die Montage aufzu-

nehmen, bevor das vormontierte Assembly zu anderen Arbeitsplätzen in der getakteten Produktion geht. n Vorrichtungen dienen m verschiedenen Assembly-Typen in einer gemäß Pipelining-Prinzip parallel laufenden Fertigung, bevor auf serielle Montage gewechselt wird. Es muss möglich sein, Assemblies und Singleparts den passenden Vorrichtungen zuordnen zu können.

**PROZESS-SICHT AUF DIE PPS-ANFORDERUNG FÜR AIRBUS-TÜREN**

Das in Abb. 1 skizzierte BPMN-Diagramm zeigt vereinfacht den kompletten Ablauf für die Produktionsplanung und -steuerung unter Berücksichtigung der nutzbaren SAP-Standard-Anwendungen.

Die erstellte SAP-Erweiterung greift in vielen Stellen des BPMN-Diagramms ein, überwiegend aber in der Lane „Fertigungsauftrag eröffnen“ (vierte von oben). Um das Diagramm übersichtlich zu halten, wurden hier die Absprünge zu/von der Eigenentwicklung nicht modelliert.

**BENÖTIGTE EIGENE DATENBANKTABELLEN**

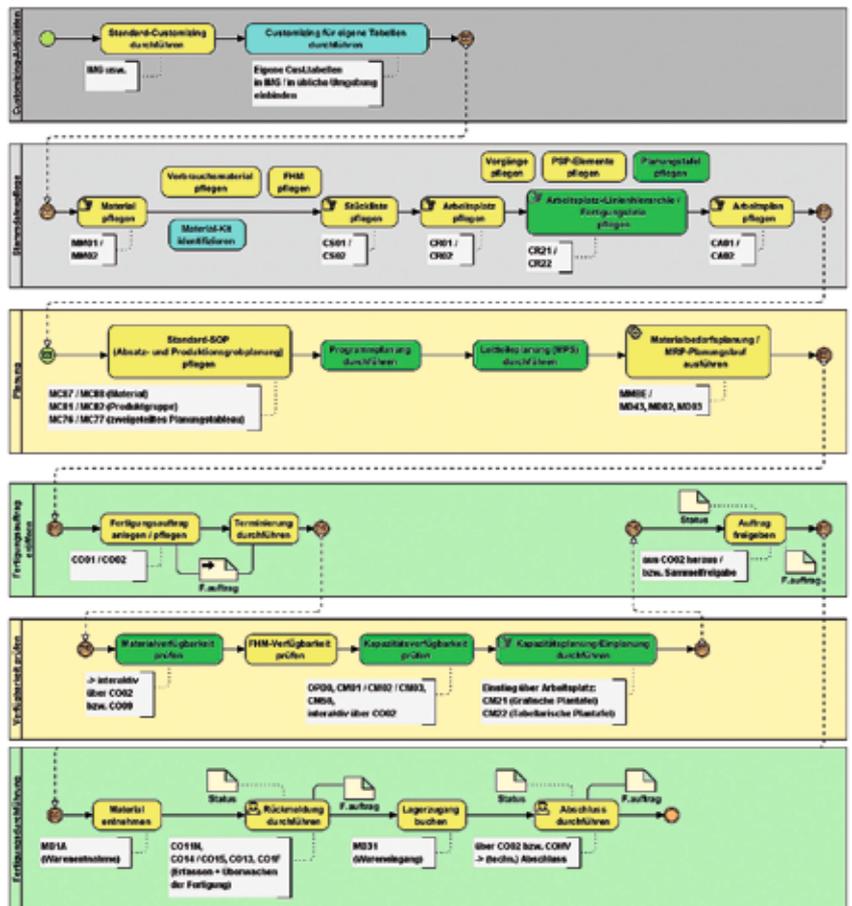
Um die geforderte Flexibilität für das konzerninterne Customizing zu ermöglichen, sind mehrere Customizing-Tabellen notwendig (gelb in Abb. 2). Eine Tabelle für Fertigungslinien dient der Definition verschiedener Versionen, wodurch für die Produktion eine Art Lernkurve abgebildet werden kann. Die Bearbeitungsschritte (SAP-intern als Vorgänge aus Arbeitsplänen definiert) werden in einer Taktabelle definiert. Der Zustand der zu produzierenden Teile (Fertigungsauftrag für Assembly) bzw. der benötigten Hauptkomponenten (Montageauftrag für Singlepart) wird über viele verschiedene Detailattribute und einstellbare Zustandswerte definiert. Von diesen Zustandswerten hängt die gesamte Produktionssteuerung ab.

Während der Customizingphase für das konkrete Produkt muss definiert werden, welche Hauptkomponenten für welche Assemblies benötigt werden und welche Vorrichtungen in den Produktionshallen für welche Assemblies benötigt werden. Dazu werden Customizingtabellen benötigt, über die die passende Zuordnung erfolgt und assemblyspezifisch bzw. werkspezifisch die erlaubten bzw. geforderten Kombinationen von Vorrich-

tungen, Hauptkomponenten und Assemblies definieren.

Während des produktiven Einsatzes (konkrete Aufträge) werden SAP-Standardaufträge verwendet, aus denen die VLP-SP-Logik die zugeordneten Materialien ausliest und über die Zuordnungstabellen, die beim Customizing gefüllt wurden, in passenden Bewegungsdatentabellen die zugehörigen Auftragszuordnungen vornimmt. Zur Darstellung der für den Leitstand notwendigen Daten werden eigene Tabellen für die zugehörigen Bewegungsdaten benötigt (grün in Abb. 2): zwei für Assemblies bzw. Singleparts, und zwei für die zeitlich differenzierte Betrachtung der Assemblies bzw. Singleparts. Sie werden von der VLP-SP-View verwendet. Zur weiteren Verarbeitung werden zur Laufzeit transiente Tabellen (blau in Abb. 2) benötigt. Für die Anbindung an die SAP-Standard-Geschäftsprozesse

Abbildung 1:  
BPMN-Diagramm:  
SAP-Geschäftsprozess  
für die Türenproduktion.



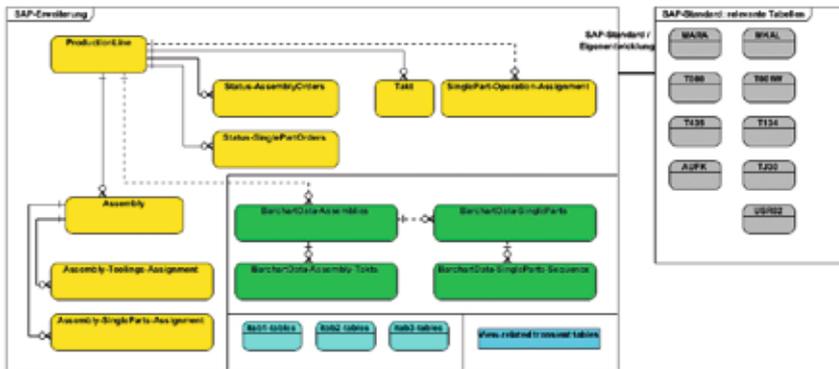


Abbildung 2: Datenmodell der SAP-Erweiterung – vereinfachte, auszugsweise Darstellung.

(siehe Abb. 1) müssen die hier neu eingeführten Tabellen über Prüftabellen mit den Standard-Tabellen (in Abb. 2 grau dargestellt) verknüpft werden sowie in der programmierten Anwendungslogik die relevanten Datenbankeinträge aktualisiert werden.

#### STATUS UND ZUSTANDSVARIABLEN

Es soll ein „Status-Tracking“ und die Möglichkeit, bei Bedarf durch „Umhängen“ von Singleparts sowie durch Ein- bzw. Ausplanen von Fertigungsaufträgen die Produktion zu optimieren, so realisiert werden, dass diese Funktionalität ergonomisch unkompliziert in einer Art Leitstand visualisiert wird. Dazu gilt es, in der Anwendungsschicht der Architektur sowie im Datenmodell Erweiterungen vorzunehmen, die sowohl allen Anforderungen genügen, als auch die Standardfunktionalität maximal nutzen.

Für das Monitoring und Umhängen werden als Rückmeldung von der Produktion an die Anwendung Statuswerte verschiedener Statusvariablen benötigt, die z.T. automatisch, z.T. manuell bestimmt werden. Fortschritte und Ereignisse in der Produktion verändern diese Statuswerte (auch „Zustandsvariablenwerte“ genannt). Uns interessieren mehrere Status im gesamten Prozess, immer unter dem Aspekt der Fertigung bzw. Montage.

Die Zustände der folgenden vier Objekte sind relevant:

- Gesamt-FAUF: Zustand des Fertigungsauftrags
- Taktspezifischer FAUF: Zustand des Takts eines FAUF
- Gesamt-MAUF: Zustand des Montageauftrags
- Vorgangsspezifischer MAUF: Zustand des Vorgangs eines MAUF

Dabei werden die Zustände dieser Objekte durch  $n$  Zustandsvariablen definiert. Wir unterscheiden dabei Fertigungsauftrag (FAUF für Montagematerial, d.h. die komplette Tür) und Montageauftrag (MAUF für Singleparts, d.h. die wichtigsten Baugruppen pro Türtyp, die i. allg. ein K.o.-Kriterium bei Nichtverfügbarkeit für die Produktion darstellen). Ein Zustand kann mehrere Zustandsvariable beinhalten, d.h. ein konkreter Zustandswert wird durch Werte-Tupel identifiziert. Aus Platzgründen im Rahmen dieses Forschungsberichts verzichten wir hier auf weitere Details.

#### MVC-ANSATZ FÜR DIE REALISIERUNG MIT ABAP OBJECTS

Es wurde die in Abb. 3 dargestellte Klassen-Architektur entwickelt. Die Model-View-Controller-Logik, basierend auf einem Factory-Ansatz, ist unschwer zu erkennen. Weiterhin wurden zwei Interfaces verwendet, die als globale Container für Konstanten und innerhalb der Klassenlandschaft für den Datenaustausch über Attribute dienen.

Die geforderte Funktionalität sollte im aktuellen konkreten Fall mittels der UI-Technologie „Dynpro-basierte SAP-Transaktionen“ unter Nutzung des SAP GUI Control Frameworks realisiert werden. Für die MVC-Architektur ist dies allerdings irrelevant.

#### DATENFLUSS IN DER ANWENDUNGSARCHITEKTUR

Innerhalb des Models sind drei transiente Datenebenen, im View eine weitere Ebene von Bedeutung für den Datenfluss.

Für die Initialisierung der im Leitstand verwendeten Daten werden SAP-Standard-Stammdaten verwen-

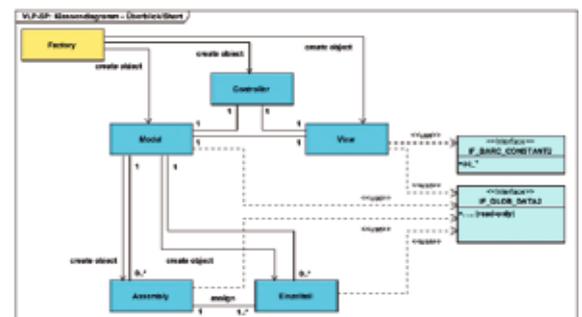


Abbildung 3: Klassendiagramm für die Leitstand-Anwendung (Vereinfachte Darstellung).

det, aus denen für die Balkendiagramm-Darstellung die passenden persistenten Tabellen aktualisiert werden. Danach wird eine Zuordnung von Singleparts zu Assemblies nach einem zu bestimmenden Algorithmus durchgeführt. Diese Daten werden dann im Model in der ersten Datenschicht (itab1-level in Abb. 4) transient gespeichert. Im nächsten Schritt werden Objektreferenzen auf Assemblies und Singleparts (itab2-level) erzeugt und bilden damit die zweite transiente Datenschicht des Models. Die dritte transiente Ebene im Model (itab3-level) dient gleichzeitig als Übergabe an die View.

Bereits jetzt vorliegende Folgeaufträge bestätigen die positive Kooperation. Die inzwischen bereits über ein Jahr laufende Kooperation der drei Institutionen war auch in den heißen Phasen durch entspannte und positive Atmosphäre geprägt.

Das realisierte Projekt VLP-SP-Logik ermöglichte erst die Implementierung des gewünschten Leitstands. Dies ist im Rahmen eines weiteren Projekts durchgeführt worden und wird in einem weiteren Artikel des diesjährigen Forschungsberichts der Hochschule Augsburg beschrieben.

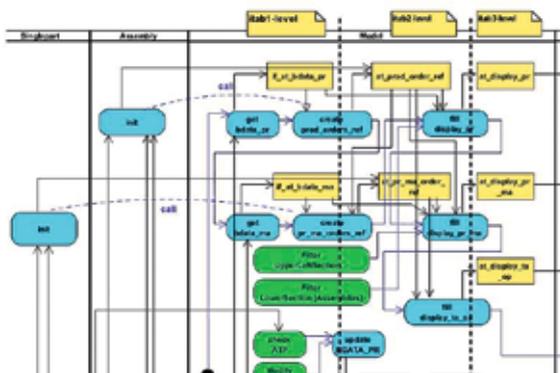


Abbildung 4: Datenfluss- und Datenebenenansicht für die Leitstand-Anwendung – vereinfachte auszugsweise Darstellung.

Sollte sich später die Notwendigkeit ergeben, dass die initial vorgenommene Zuordnung von Singleparts zu Assemblies (bzw. die der zugehörigen Fertigungsaufträge) geändert werden muss, so kann dies über die Reassign-Funktionalität durchgeführt werden. Umfangreiche Prüfungen sorgen dafür, dass hier nur das umgehängt werden darf, was sinnvoll ist.

#### FAZIT UND AUSBLICK

Die Kommunikation zwischen den fachlichen Experten von Eurocopter und der SAP-Kompetenz von Sopra in Verbindung mit der langjährigen Erfahrung in der Analyse, Modellierung und Entwicklung von ABAP-basierten Anwendungen an der Hochschule Augsburg waren die Erfolgsgaranten für dieses anfangs kleine Projekt, das sich zu einem komplexen und mächtigen Tool entwickelt hat.

## Neu: Das Institut für Holzbau (IfH)

Dienstleistungen für Unternehmen in der Region



Prof. Dr.-Ing.  
François Colling

### Hochschule Augsburg

Fakultät für  
Architektur und Bauwesen  
Telefon +49(0)821 5586-3109  
francois.colling@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Konstruktiver Ingenieurbau
- Holzbau
- Baustatik

### Mitgliedschaft

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

### Markus Brand

Telefon +49(0)821 5586-3136  
markus.brand@hs-augsburg.de

### Henrik Boll

Telefon +49(0)821 5586-3143  
henrik.boll@hs-augsburg.de

Aus der bisherigen „PÜZ-Stelle“ für Holzbau im Kompetenzzentrum Konstruktiver Ingenieurbau (KKI) entstand nun das „Institut für Holzbau“ (IfH). Mit Beschlüssen des Präsidiums und des Senats vom Juli 2013 wurde das IfH mit eigener Geschäftsordnung als wissenschaftliche Einrichtung der Hochschule Augsburg anerkannt.

Die „PÜZ-Stelle“ für Holzbau wurde 2005 von der Obersten Bauaufsicht in Deutschland (DIBt, Berlin) als einzige Stelle einer (Fach-)Hochschule in Bayern dazu berechtigt, „hoheitliche“ Aufgaben durchführen – darunter die Prüfung von Baustoffen und Bauteilen, Durchführung der bauaufsichtlich vorgeschriebenen Überwachung von Holzbaubetrieben und Vergabe der zugehörigen Übereinstimmungszertifikate (Ü-Zeichen).

Derzeit läuft die Akkreditierung nach der Bauproduktenverordnung auf der Basis der harmonisierten europäischen Normen. Mit dieser Zertifizierung/Notifizierung wird das IfH die Tätigkeiten europaweit ausführen dürfen. Damit verbunden ist auch die Vergabe der jeweiligen europäischen Übereinstimmungszeichen (CE-Zeichen).

### DIENSTLEISTUNGEN FÜR FIRMAN/BETRIEBE AUS DER REGION

Das IfH bietet als Dienstleistung für Firmen/Betriebe einen breiten Katalog an Materialuntersuchungen an:

- Untersuchungen zur Erlangung einer bauaufsichtlichen Zulassung,
- Mithilfe bei der Optimierung von Bauprodukten,

- Versuche an Schrauben, Nägeln und Klammern zur Einstufung in bestimmte Tragfähigkeitsklassen,
- Abscherversuche an Bohrkernen zur Ermittlung der Tragfähigkeit von Verklebungen von Hallenträgern aus Brettschichtholz (Abb. 1 und 2),
- Materialuntersuchungen im Zusammenhang mit gerichtlichen oder privaten Gutachten, sowie vieles mehr.

### PERSÖNLICHES

Der Leiter des IfH, Prof. Dr. François Colling, ist als einziger Vertreter einer (Fach-) Hochschule in Deutschland Mitglied im Sachverständigenausschuss für Holzbau des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) in Berlin. In diesem obersten Gremium der Bauaufsicht werden Fragen der Standsicherheit sowie bauaufsichtliche Zulassungen beraten.

Daneben ist er Mitglied im Spiegelausschuss Holzbau des Normenausschusses Bauwesen (NABau) im DIN. In diesem Ausschuss werden die Europäischen Holzbau-Normen „gespiegelt“ und beraten.

### ÜBERWACHUNGEN

Das IfH führt u.a. folgende Firmenüberwachungen durch:

- Überwachung von Holzbaubetrieben (Holzhausbau): Erteilung des bauaufsichtlich geforderten Übereinstimmungsnachweises (Ü-Zeichen), Abb. 2
- Überwachung von Holzbaubetrieben (Holzhausbau): Erteilung der RAL-Gütezeichen „Holzhausbau – Herstellung“ und „Holzhausbau – Montage“,
- Überwachung von Holzbaubetrieben: Erteilung des RAL-Gütezeichens „Ingenieurholzbau/ Errichtung“.



Abbildung 1: Prüfung von Bohrkernen (links: Prüfvorrichtung, rechts: Scherprobe nach dem Versuch).



Abbildung 2: Werkhalle einer überwachten Firma.

## PROJEKTE

Nachfolgend sind einige Projekte beschrieben, die am IfH im vergangenen Jahr bearbeitet bzw. begonnen wurden.

### ■ Holzketten für Gussformen

(Fa. MAN Diesel&Turbo, Augsburg)

Für die Herstellung von Gussteilen (z. B. Schiffsmotoren) benötigt die Fa. MAN Diesel& Turbo in Augsburg Holzketten, die mit einem speziellen Sand gefüllt werden und Negativformen der Gussteile ent-



Abbildung 3: Nocken-Aufhängung nach Erreichen der Höchstlast.

halten. Für die Herstellung dieser Holzketten werden Furnierplatten und Schrauben verschiedener Hersteller verwendet. Diese Ketten wurden bisher „nach Erfahrung“ gebaut.

Für die betriebsinterne Zertifizierung wurde nun gefordert, diese Ketten entsprechend europäischer Baunormen zu bemessen und auszuführen. In einem ersten Teil wurden die hierfür erforderlichen Materialkennwerte für die Platten und die Schrauben im Zuge von systematischen Versuchen am IfH ermittelt. In Abb. 3 ist eine Nocken-Aufhängung nach Erreichen der Höchstlast dargestellt.

Auf der Grundlage dieser Materialkennwerte sollen in einem zweiten Teil Modellansätze gefunden werden, mit denen eine normgerechte Bemessung der Ketten möglich ist. Hierzu werden u. a. auch Berechnungen mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente durchgeführt (Abb. 4).

### ■ Zulassungsversuche für Brettsperrholz (Fa. Merk Timber GmbH, Aichach)

In bauaufsichtlichen Zulassungen für Brettsperrholz ist geregelt, dass in jeder Brettlage max. 10 Prozent Bretter der nächstniedrigeren Sortierklasse verwendet werden dürfen, ohne dass dies Auswirkungen auf die Tragfähigkeit hat.

Die Fa. Merk Timber GmbH äußerte den Wunsch, aus Gründen der Wirtschaftlichkeit diesen Anteil

Das Institut für Holzbau (IfH) versteht sich als Ansprechpartner für Unternehmen, die im Bereich Holzbau tätig sind. Es initiiert, konzipiert und realisiert Forschungs- und Entwicklungsprojekte, begleitet Innovationen/Produktentwicklungen und führt Materialprüfungen im Sinne von Dienstleistungen durch.

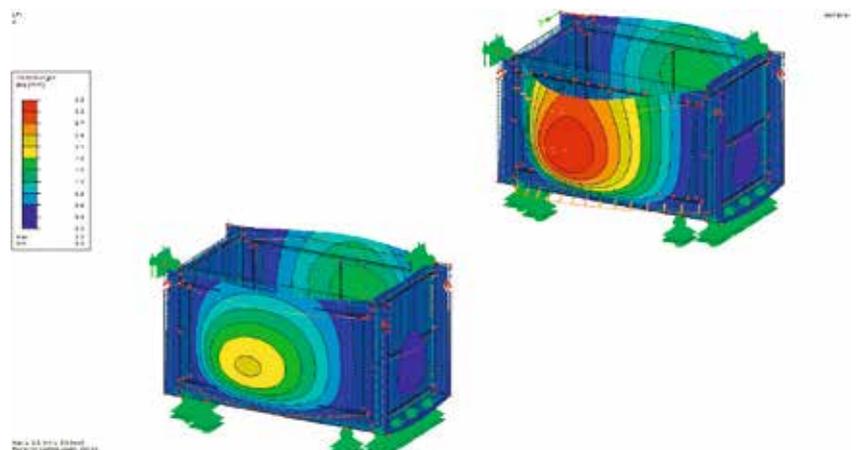


Abbildung 4: Finite-Elemente-Berechnungen einer Kiste.



Abbildung 5: Versuch zur Ermittlung der Biegefestigkeit von Brettsperholzbauteilen.

an „schlechteren“ Brettern zu erhöhen, ohne dabei Einbußen in der Tragfähigkeit befürchten zu müssen. Diese Fragestellung wurde am IfH im Zuge von umfangreichen Versuchen und Simulationsrechnungen untersucht. In Abb. 5 ist ein Prüfkörper mit einem Biegebruch dargestellt.

Die Untersuchungen zeigten, dass in einer Brettlage bis zu 30 Prozent der Bretter der nächstniedrigeren Sortierklasse angehören dürfen, ohne dass dabei die Tragfähigkeit beeinträchtigt wird. Dieses Ergebnis wird derzeit in eine Änderung der Zulassung eingearbeitet.

#### ■ Zulassungsversuche für Stützenfüße

Stützenfüße aus Stahlblechformteilen kommen u. a. bei Pergolen und Carports zum Einsatz. Eine renommierte Holzbaufirma aus der Region will eine bauaufsichtliche Zulassung für vier Typen von Stützenfüßen beantragen. Die zugehörigen Versuche werden derzeit am IfH durchgeführt. In Abb. 6 ist ein Versuch zur Ermittlung der Momententragfähigkeit eines Stützenfußes dargestellt (der Stützenfuß wurde aus Symmetriegründen in zwei Hölzer eingebaut).

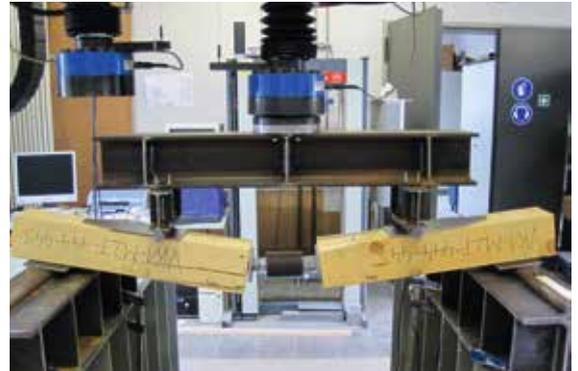


Abbildung 6: Versuch zur Ermittlung der Momententragfähigkeit eines Stützenfußes.

#### ■ Holz-Beton-Verbund

Eine innovative Firma aus Oberfranken will speziell entwickelte Schrauben für den Einsatz in Holz-Betondecken optimieren. Die ersten Untersuchungen hierzu sind angelaufen.

#### ■ Netzwerk Holzbau

Im Rahmen eines Projektes des Zentrales Innovationsprogrammes Mittelstand (ZIM) „Holz+“ soll die Entwicklung innovativer Holzbauweisen unter Einbindung anderer Baustoffe sowie der Nutzung neuer Technologien und Verfahren im Holzbaugewerbe vorangetrieben werden.

Hierzu soll das bereits bestehende Netzwerk Holzbau (Regio Augsburg) so ausgebaut werden, dass Kooperationsprojekte für Verbundlösungen von Holz mit Kohle-/Glasfasern, Beton, Papier u. a. m. auf den Weg gebracht werden können.

Die Hochschule Augsburg ist mit dem IfH Partner in diesem Vorhaben.

# Wer sonst

## unterstützt die Besten von morgen?

Im Rahmen der Initiative »Deutschlandstipendium« fördern wir leistungsstarke Augsburger Studenten. So gewinnen wir die Spitzenkräfte von morgen, hier in unserer Stadt.

**Unser Wort unter Nachbarn:**

Gute Leute, gute Zukunft.

## Ihre Stadtwerke Von hier. Für uns.



**Petra Hutner**  
Studentin

**Lydia Pawlowski**  
swa Personalentwicklung

## Bayerischer Forschungsverbund für effiziente Produkt und Prozessentwicklung durch wissensbasierte Simulation – FORPRO<sup>2</sup>

Hochschule Augsburg forscht an Regeln zur Qualitätssicherung von Simulationen



Prof. Dr.-Ing.  
Michael Schmid

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau und  
Verfahrenstechnik

Telefon: +49 (0) 821 5586-1053  
michael.schmid@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete:

- Wissensbasierte  
Produktentwicklung
- Wärmeübertragung

### Technische Universität München

Phillip Schrieverhoff, M.Sc., et. al.  
Lehrstuhl für Produktentwicklung

### Projektdaten

Titel:  
Bayerischer Forschungsverbund  
für effiziente Produkt- und  
Prozessentwicklung durch  
wissensbasierte Simulation



Förderung:  
Bayerische Forschungsstiftung  
1,999 Mio. Euro  
Gesamtumfang: 4,208 Mio. Euro

Der von der Bayerischen Forschungsstiftung geförderte Forschungsverbund für effiziente Produkt- und Prozessentwicklung durch wissensbasierte Simulation – FORPRO<sup>2</sup> – hat die Zielsetzung, die virtuelle Produkt- und Prozessentwicklung durch den Aufbau eines Simulations-Frameworks zu unterstützen. Dieses Werkzeug soll dem Entwickler in jeder Phase der Produktentwicklung als eine Art Methodenbaukasten und als Hilfestellung situativ den Zugang zu Expertenwissen bei der Simulation bieten.

Während in den vergangenen Jahrzehnten in der Produktion die Herstellungsprozesse stark automatisiert wurden, besteht in der Produkt- und Prozessentwicklung noch erhebliches Potenzial zur Automatisierung, Standardisierung, Virtualisierung und Optimierung von Abläufen. Die Verwendung von Simulationen in der Produktentwicklung nimmt zwar beständig zu, bleibt jedoch in der Breite noch deutlich hinter ihren Möglichkeiten zurück (vgl. [1], [2]). Der Einsatz von Simulation ist dann besonders sinnvoll, wenn Simulationsprogramme nicht nur innerhalb spezialisierter Berechnungsabteilungen, sondern zusätzlich auch in der Entwicklung und Konstruktion entlang des gesamten Produktentwicklungsprozesses (PEP) genutzt werden (vgl. [3]). Dies setzt jedoch die Verfügbarkeit von breit gefächertem und fundiertem Expertenwissen für den Simulationsanwender voraus. Mangelnde Kenntnisse wiederum können zu Fehlern bei der Erstellung von Berechnungsmodellen, wie beispielsweise mangelhafter Abstraktion der Realität, unzulässiger Randbedingungsfestlegung, Anwendung unzureichender Materialmodelle und falscher Interpretation der Ergebnisse führen. Diese Fehler machen die Simulation in der Regel nutzlos und können neben unnötigen Iterationen im PEP schwerwiegende Folgen wie Bauteilversagen und Rückrufaktionen nach sich ziehen (vgl. [4]).

Die Motivation des Forschungsverbundes FORPRO<sup>2</sup> liegt dementsprechend darin, dem Entwickler in jeder Phase der Produktentwicklung den Zugang zu Expertenwissen als Hilfestellung bei der Simulation zu bieten, um ihm das Potenzial der Simulation zugänglich zu machen. Dies soll mittels eines Methodenbaukastens in Form eines wissensbasierten Frameworks geschehen, das auf eine ganzheitliche, simulative Konstruktionsun-

terstützung entlang des Produktentwicklungsprozesses (PEP) abzielt.

Das Vorgehen wird in dem Forschungsverbund exemplarisch in den Bereichen Umformtechnik (Tiefziehen) und Gießereiwesen (Aluminium-Druckguss) dargestellt. Diese Fertigungsverfahren wurden zum einen aufgrund ihrer hohen Relevanz für die bayerische Industrie ausgewählt. Zum anderen sind diese grundsätzlich unterschiedlich, so dass der Übertragbarkeit auf weitere Anwendungen Rechnung getragen wird. In den beiden nachfolgenden Abbildungen sind die im Verbund genutzten Demonstratorbauteile dargestellt.

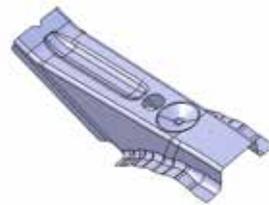


Abbildung 1: Demonstratorbauteil Tiefziehen „Motorträger Mitte L1“ (Quelle: BMW).



Abbildung 2: Demonstratorbauteil aus Aluminium-Druckguss „Verbindungsteil Längsträger-Schweller“ (Quelle: Audi).

Der Produktentwickler eines Bauteils legt dieses in der Regel hauptsächlich nach funktionalen Gesichtspunkten aus. Dies sind beispielsweise Anbindungspunkte zu angrenzenden Baugruppen sowie die Berücksichtigung des zugewiesenen Bauraums, um Kollisionen mit anderen Bauteilen zu vermeiden. Neben den geometrischen Anforderungen sind die mechanischen Eigenschaften des Bauteils, wie Steifigkeiten und Eigenfrequenzen, zu beachten. Diese Anforderungen beeinflussen die Bauteilgestaltung in der frühen Phase des Produktentwicklungsprozesses maßgeblich. Fertigungstechnische Aspekte kann der Produktentwickler aufgrund mangelnden Fertigungswissens oft nicht ausreichend berücksichtigen. Dies führt in der anschließenden Konzeptplanung des Fertigungsprozesses häufig zu Problemen. Bei Tief-

ziehten etwa besteht die Gefahr der Faltenbildung, die in erster Linie durch die Bauteilgeometrie und weniger durch die Gestaltung des Fertigungsprozesses bestimmt wird. Bei Druckussteilen muss die Formfüllung durch eine geeignete Wahl des Angussystems berücksichtigt werden. Dementsprechend kommt es hier häufig nach ersten Fertigungsversuchen zu Iterationen im Entwicklungsprozess, wobei Anpassungen erfolgen müssen, bis die erneute Bewertung des Fertigungsexperten eine für die Herstellbarkeit hinreichend akzeptable Bauteilgeometrie ergibt. Somit besteht das Potenzial, Iterationen und damit Entwicklungszeit einzusparen, wenn dem Produktentwickler bereits frühzeitig Informationen über mögliche Probleme in der Fertigung seines Bauteilentwurfs zur Verfügung gestellt werden.

#### PROJEKTPARTNER UND STRUKTUR DES PROJEKTES

Das Projekt wird von der Bayerischen Forschungsförderung (BFS) mit ca. 2 Mio. Euro gefördert. Weitere Leistungen im Wert von ca. 2,2 Mio. Euro tragen die Industriepartner zum Forschungsverbund bei. Das Projekt ist auf drei Jahre angelegt und startet offiziell im Oktober 2013.

Der Forschungsverbund wird von sechs Partnern aus der Wissenschaft getragen. Darunter sind zwei Lehrstühle der Technischen Universität München: Lehrstuhl für Produktentwicklung (PE) unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann, der auch der Sprecher des Forschungsverbundes ist. Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg) unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk. Lehrstuhl Konstruktionslehre und CAD (CAD) von Prof. Dr.-Ing. Frank Rieg, Universität Bayreuth. Lehrstuhl für Konstruktionstechnik (KTmfk) von Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack, FAU Erlangen-Nürnberg. Außerdem beteiligen sich am Verbund auch zwei Partner aus dem Hochschulbereich: Die Georg-Simon-Ohm-Hochschule Nürnberg (GSO-HS) mit Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Michael Koch und die Hochschule Augsburg (HSA) mit Prof. Dr.-Ing. Michael Schmid. Der Großteil der Fördermittel des Projektes wird zur Beschäftigung von wissenschaftlichen Mitarbeitern verwendet. Auch die Hochschule Augsburg wird im Rahmen des Projektes einen wissenschaftlichen Mitarbeiter an der Fakultät für

Maschinenbau und Verfahrenstechnik einsetzen, der die Möglichkeit zu einer kooperativen Promotion an einer der beteiligten Universitäten erhält.

Die 25 industriellen Partner im Verbund sind: ANSYS Deutschland, AUDI AG, AutoFormEngineering GmbH, B&W Software, BMW AG, CADCON, CG TEC GmbH, Duwe3D AG, DYNAmore GmbH, Federal-Mogul Nürnberg GmbH, Feysinn EDAG GmbH & Co., Flow Science Deutschland, Herold & Co. GmbH, Loesch Verpackungstechnik GmbH, MAN SE, Mekra-Lang GmbH & Co. KG, MTC GmbH, Otto Spanner GmbH, PBU CAD-Systeme GmbH, Ringspann GmbH, Scherdel GmbH, Schlaeger M-Tech GmbH, Schnupp GmbH & Co. Hydraulik KG, Siemens AG – Corporate Technology, Siemens AG – Industry Software.

Aus der Zielsetzung des Forschungsverbundes leiten sich die drei thematischen Schwerpunkte ab: Wissensmanagement, Prozesssimulation und Produktsimulation, die in Form von Arbeitskreisen (AKs) repräsentiert sind.

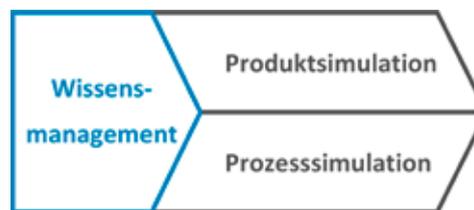


Abbildung 3: FORPRO² Verbundschaubild der Arbeitskreise.

Innerhalb der AKs werden zum einen teilprojektübergreifende Themen- und Problemstellungen adressiert. Zum anderen ergänzen sich die Teilprojektergebnisse und fließen in gemeinsamen Meilensteinen zusammen, die wiederum auf Gesamtverbundebene aggregiert werden.

Im AK Wissensmanagement sind insbesondere die Wissensakquise, Wissensstrukturierung sowie Wissensbereitstellung relevante Themen. Im AK Produktsimulation ist die Absicherung der funktionalen Produkteigenschaften vordergründig. Im AK Prozesssimulation finden vor allem Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren des Fertigungsprozesses für die Produktgestaltung Berücksichtigung.

BEITRAG DER HOCHSCHULE AUGSBURG –  
REGELN ZUR QUALITÄTSSICHERUNG VON SIMULATIONEN

Alle Computersimulationen sind letztendlich Näherungsverfahren. Aus diesem Grund lassen sich Idealisierungs- und Diskretisierungsfehler sowie numerische Fehler nicht vermeiden, sondern höchstens auf ein akzeptables Niveau reduzieren. Selbst wenn diese Fehler für sich alleine genommen noch tragbar sind, können sie sich zu einer unzulässigen Gesamtabweichung kumulieren. Diese Fehler werden von den Simulationsprogrammen häufig nicht erkannt, da automatische Plausibilitätsprüfungen nur bedingt durchgeführt werden. Dies soll beispielhaft am Spannungsplot des Demonstrators in Abb. 4 gezeigt werden. Der eingekreiste Bereich weist einen unrealistisch hohen Spannungsgradienten auf. Obwohl dieses Problem vom Programm nicht automatisch als Fehler erkannt und ausgewiesen wird, könnte es sich um eine Singularität oder um eine falsch eingegebene Randbedingung handeln. Der Simulationsanwender benötigt nun Richtwerte oder Regeln, die ihn den Fehler erkennen lassen und ihm helfen, den Fehler zu bewerten. Somit kann er eine Entscheidung treffen, ob eine erneute Berechnung mit modifizierten Randbedingungen und günstigerer Vernetzung im kritischen Bereich nötig ist.

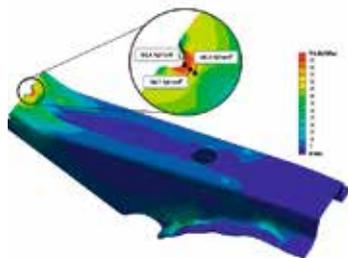


Abbildung 4: mechanische Spannungen [N/mm<sup>2</sup>] im Tiefziehteil-Demonstrator (Quelle: D. Klein, FAU Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik).

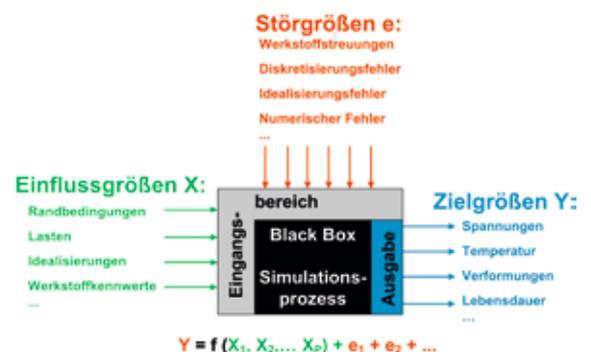
Bei komplexeren Simulationen, wie zur Vorhersage von Fertigungsabweichungen bei der Blechumformung, ist Expertenwissen für den Simulationsanwender unumgänglich. Ohne dieses Expertenwissen können Vorgänge beim Blechumformen wie die Faltenbildung (siehe Abb. 5) oder das Aufsprungverhalten, die von sehr vielen unterschiedlichen Größen und Parametern abhängig sind, nicht richtig vorhergesagt werden (vgl. [5]).



Abbildung 5: Tiefziehteil-Demonstrator; oben: Ideale CAD-Geometrie, unten: mit überzeichnet dargestellter Faltenbildung.

Hauptzielsetzung dieses Teilprojektes ist es, die Auswirkungen der Einfluss- und Störgrößen einer Simulation auf die Qualität der Zielgröße zu untersuchen. Einflussgrößen bei einer Simulation sind z. B. die Werkstoffkennwerte. Bei einer elastostatischen FEM-Berechnung reichen E-Modul und Querkontraktionszahl zur vollständigen Werkstoffbeschreibung aus. Dagegen sind beim nichtlinearen Blechumformen zu einer vollständigen Werkstoffbeschreibung zusätzlich noch die Dichte, eine Fließkurve, Anisotropiewerte und weitere Werkstoffparameter nötig. Als weitere Einflussgrößen gelten die Randbedingungen, die Lasten, Elementtypen sowie die Netzdichte und beim Tiefziehteil auch die Kontaktbedingungen zwischen dem Werkzeug und dem Blech (vgl. [6]). Störgrößen sind z. B. Diskretisierungs-, Idealisierungsfehler und Werkstoffstreuungen. Weitere Störgrößen im Falle des Tiefzieh-Demonstrators sind aber auch für das Blechumformen spezifische Ausprägungen wie das Aufsprungverhalten bzw. die Rückfederung sowie die Kaltverfestigung.

Abbildung 6: Simulationsprozess als Black Box.



Der Simulationsprozess soll deshalb in diesem Teilprojekt als Black Box betrachtet werden (siehe Abb. 4), bei der die Qualität der Zielgrößen am Ausgang sehr stark von den Einfluss- und Störgrößen am Eingang abhängt. Das Wissen, wie die Einfluss- und Störgrößen einer Simulation zu optimieren sind, wird insbesondere bei den Industriepartnern erhoben, aber auch aus eigens durchgeführten Simulationsexperimenten gewonnen. Dieses Wissen wird anschließend strukturiert und es werden daraus rechnerverarbeitbare Wissensrepräsentationen zur Qualitätssicherung von funktionalen Simulationen und zur simulativen Absicherung eines beispielhaften Fertigungsprozesses (Blechumformung) formuliert. Im Anschluss werden die Wissensrepräsentationen von Projektpartnern in ein Assistenzsystem und einen Software-Demonstrator eingebunden.

#### DANKSAGUNG

Unser Dank gilt insbesondere der Bayerischen Forschungstiftung (BFS) und allen Industriepartnern des Verbundes, die dieses Projekt ermöglicht haben. Weiterhin möchten wir uns bei allen am Forschungsverbund beteiligten Mitarbeitern der Projektpartner für die bisherige vertrauensvolle und effektive Zusammenarbeit bedanken.

#### 4. LITERATUR

- [1] Anderl, R.; Eigner, M.; Sandler, U.; Stark, R.: Smart Engineering: Interdisziplinäre Produktentstehung. Springer: Heidelberg 2012.
- [2] Döbler, T.: Simulation und Visualisierung in der Produktentwicklung. FAZIT Schriftenreihe Informations- und Medientechnologie in Baden-Württemberg, Bd. 10, 2008.
- [3] McMahon, C.; Lowe, A.; Culley, S.: Knowledge management in engineering design: Personalization and codification. Journal of Engineering Design, Vol. 15, 2004.
- [4] Blessing, L; Eisenbart, B.: Unterstützung der domänenübergreifenden Produktmodellierung. Zwf Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Vol. 7–8, 2011.
- [5] König, W.: Fertigungsverfahren 4 Umformen. Springer Verlag, 2006.
- [6] Fleischer, M.: Absicherung der virtuellen Prozesskette für Folgeoperationen in der Umformtechnik. Dissertation, Technische Universität München, 2008.

## Kostenkalkulation bei Mehrstellen- und Mehrstückbearbeitung

Prof. Dr.-Ing. Willi Rößner, Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik



Prof. Dr.-Ing.  
Willi Rößner

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
(bis 2013)

willi.roessner@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Produktionstechnik
- Produktionsorganisation
- Konstruktion

Produktivitätserhöhungen in Werkzeugmaschinen lassen sich werkzeugseitig durch die Mehrstellentechnik und werkstückseitig durch die Mehrstücktechnik realisieren. Bei der Mehrstellentechnik wird ein Werkstück an mehreren Wirkstellen gleichzeitig bearbeitet (Beispiel Mehrschnittwerkzeug). Wogegen bei der Mehrstücktechnik im Maschinenarbeitsraum gleichzeitig mehrere Werkstücke bearbeitet werden (Beispiel Mehrspindelmaschine). Ein praktisches Beispiel zum Kostenvergleich von Ein- bzw. Mehrspindelbearbeitungszentren demonstriert die Auswirkungen auf die Kostenstruktur. Hierbei werden mittels Tabellenkalkulation drei Fertigungskonzeptionen hinsichtlich Ausführungskosten und -zeit sowie Grenzstückzahlen verglichen.

Die Kapitalproduktivität einer Fertigungseinrichtung ist betriebswirtschaftlich definiert als das Verhältnis von Kapitaleinsatz zu Ausbringung. Eine Grundlogik der Produktivitätserhöhung besteht darin, dass durch gezielte Zusatzinvestitionen die Produktionsleistung in einem höheren Maß ansteigt als die anfallenden Mehrkosten.

So erreicht man z. B. bei einer Mehrspindelmaschine (Abb. 1) im Vergleich zu einer Einspindelmaschine eine vielfache Fertigungsleistung. Die Zusatzkosten für die Zusatzspindeln, Spannmittel usw. sind dabei geringer als die Investition in Parallelmaschinen.

Kosten- und Zeitreduzierungen sind möglich durch *operative Maßnahmen* des Anwenders und durch die *konzeptionelle Gestaltung* der Werkzeugmaschine (WM) durch den Hersteller.

**Operative Maßnahmen** sind z. B. das Verkürzen von Haupt-, Neben- und Rüstzeiten sowie organisa-

torische Maßnahmen zum Vermeiden von Warte- und Brachzeiten.

**Die konzeptionelle Gestaltung** schöpft alle technischen Möglichkeiten aus, die zu einer Minimierung des Stundensatzes oder zu einer Stückzeitverkürzung führen.

Der nachfolgende Aufsatz konzentriert sich insbesondere auf die konzeptionelle Gestaltung der Mehrstückbearbeitung.

### MEHRSTELLEN- UND MEHRSTÜCKTECHNIK

Die Mehrstellentechnik beruht darauf, dass mehrere Arbeits- oder Schneidelemente bzw. mehrere Werkzeuge gleichzeitig oder zeitlich überlappt am Werkstück wirken. Sie ist bei den spanenden Werkzeugmaschinen sinngemäß als „Mehrschnittbearbeitung“ bekannt.

In dem in Abb. 2 gezeigten **Mehrschnittwerkzeug** (links) sind mehrere Arbeits- oder Schneidelemente in einem Grundkörper zusammengefasst. Mehrere Bearbeitungen lassen sich dann gleichzeitig bzw. nacheinander ohne Werkzeugwechsel ausführen.

Das Kennzeichen der Mehrstücktechnik ist das gleichzeitige Bearbeiten mehrerer Werkstücke in einer Maschine. Ein Beispiel für die Mehrstücktechnik ist die Bearbeitung mit **Mehrspindelmaschinen**.

Im Gegensatz zu Einspindelmaschinen sind bei Mehrspindelmaschinen mehrere Fräs- oder Drehspindeln gleichzeitig im Einsatz. In Abb. 2 (rechts) ist eine Zweispindelfräsmaschine und in Abb. 1 eine Vierspindelmaschine zu sehen. Jeder Spindel ist ein Werkstück zugeordnet.

Die Mehrstellen- oder Mehrstücktechnik erfordert Zusatzinvestitionen, die zunächst den Stundensatz der Maschine erhöhen. Eine überproportionale Stückzeitverkürzung ist somit die zwingende Voraussetzung zum Verringern der Ausführungskosten. Als Nebeneffekt wird die Durchlaufzeit gesenkt.

### KOSTEN- UND ZEITAUSWIRKUNGEN AM BEISPIEL DER MEHRSTÜCKTECHNIK

Die Zusatzinvestitionen für eine parallele Mehrstückbearbeitung sind bei entsprechender Zeiteinsparung ab der Grenzstückzahl  $n_{gr}$  wirtschaftlich.



Abbildung 1: Vierspindel-  
Bearbeitungszentrum  
(STAMA)

$$n_{gr} = \Delta K_1 / \Delta K_m$$

mit

$\Delta K_1$  Zusatzinvestitionen für Mehrstellen- bzw. Mehrstückbearbeitung,  
 $\Delta K_m$  Kosteneinsparung je WS.

Dieser Zusammenhang wurde mittels Tabellenkalkulationsprogramm nachvollzogen. Das Programm basiert auf der klassischen Kostenkalkulation, vergleicht mehrere Investitionsalternativen und enthält zusätzliche Analysefunktionen für bestimmte Fragestellungen. Das Beispiel gilt für ein fiktives Werkstück. Wegen der Anschaulichkeit wurden runde Eingabewerte verwendet.

Zu vergleichen ist eine Maschinenreihe mit ein, zwei und vier Spindeln. Die Vierspindelausführung ist in Abb. 1 dargestellt. Die Maschinenreihe ist aus einer Einspindelmaschine abgeleitet und wurde bis auf vier synchron arbeitende Spindeln erweitert. Entsprechend ist die Zweispindelmaschine aufgebaut (Abb. 3).

Es sind vier Lose pro Jahr zugrunde gelegt. Die Produktlebensdauer des Werkstückes ist mit fünf Jahren angesetzt. Somit werden insgesamt 20 Lose aufgelegt. Die Gesamtstückzahl in Abb. 3 ergibt sich somit aus der Losgröße multipliziert mit 20.

**Fragestellung:** Wie hoch sind die Bearbeitungskosten, die optimalen Einsatzbereiche und die Grenzstückzahlen für die drei Maschinenalternativen?

Das Rechenbeispiel bezieht sich auf die in Tabelle 1 angegebenen Eckdaten. Die Ergebnisse sind in Abb. 3 grafisch dargestellt.

#### Einmalige Vorbereitungskosten:

Sie enthalten Kosten für die Programmerstellung, Spannmittelanpassungen und sonstige Kosten, die einmalig entstehen. Im Beispiel erhöhen sich die Kosten mit der Spindelanzahl, weil die Spannmittel für jede Spindel anzupassen sind.

#### Arbeitsplatzkostensatz:

Der Arbeitsplatzkostensatz ist die Summe aus Maschinenstundensatz und Lohnkostensatz. Im Lohnkostensatz sind alle Lohnaufwendungen incl. Restfertigungsge-meinkosten enthalten.

#### Ausführungszeit je Werkstück:

Sie setzt sich zusammen aus der Programmlaufzeit und

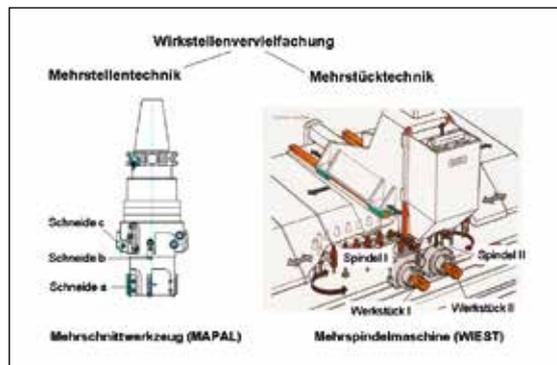


Abbildung 2: Beispiele zur Wirkstellenvervielfachung.

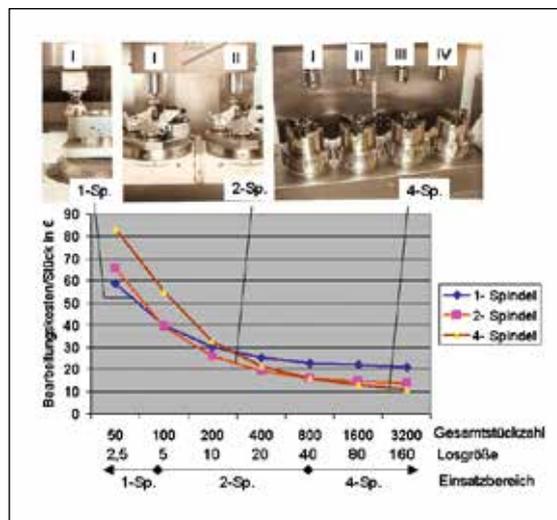


Abbildung 3: Kostenvergleich und Grenzstückzahlen.

			1 Spindel	2 Spindeln	4 Spindeln
1	Einmalige Vorbereitungskosten	€	600,00	800,00	1200,00
2	Arbeitsplatzkostensatz	€/h	80,00	90,00	110,00
3	Ausführungszeit je Werkstück	min	15,5	16,0	17,0
4	Rüstzeit	min	30	45	75

Tabelle 1: Eckdaten zum Kostenvergleich für Ein-, Zwei- und Vierspindelmaschinen.

der Werkstückwechselzeit. Die Programmlaufzeit ist für die drei Maschinen gleich; die Werkstückwechselzeit beträgt je Spindel 0,5 min. Innerhalb der „Ausführungszeit je Werkstück“ werden je nach Spindelzahl ein oder mehrere Werkstücke gefertigt.

#### Rüstzeit:

In Zeile 4 sind die Rüstzeiten, angepasst an die Spindelzahl, eingetragen.

#### ERGEBNIS

Die Kostenkurven für die 1- und 2-Spindel-Maschinen kreuzen sich bei einer Gesamtstückzahl von ca. 100 Stück und bei Bearbeitungskosten von ca. 40 €/Stück (Abb. 3). Für diese Stelle liegt somit die Grenzlosgröße bei 5 Stück (Gesamtstückzahl 100/20 Lose).

Der Kurvenschnittpunkt zwischen einer 2- und 4-Spindel-Maschine liegt bei der Gesamtstückzahl von ca. 800 und bei Bearbeitungskosten von ca. 17 €/Stück. Die Grenzlosgröße ist ca. 40 (Gesamtstückzahl 800/20 Lose).

Die Bearbeitungskosten liegen zwischen ca. 60 €/Stück bei einer Gesamtstückzahl von 50 Stück und ca. 10 €/Stück bei 3200 Stück. Dies zeigt deutlich den Stückzahleinfluss auf die Bearbeitungskosten.

Bei 3200 Stück sind die Bearbeitungskosten einer 4-Spindel-Maschine ungefähr halb so hoch wie die einer 1-Spindel-Maschine.

Die beschriebene Ermittlung der Grenzstückzahlen ist ein Ausschnitt aus dem Funktionsumfang eines **Tabelkalkulationsprogramms**, das vom Autor erstellt wurde.

#### Weitere Funktionen sind:

- a) Detaillierte Kalkulation der Fertigungskosten und der Durchlaufzeit für verschiedene Fertigungsstrukturen.
- b) Daten zur Optimierung von Planungsalternativen und zur Wertstromgestaltung.

- c) Sensitivitätsanalysen bei Änderung von Stückzahlen, Losgrößen, Fertigungstechnologien und Zeiten.
- d) Ermittlung inverser Größen wie z. B. die Grenzinvestitionskosten für eine Maschinenbeschaffung.
- e) Nachprüfung von Vorgaben zur Fertigungsorganisation.

Die Wirkstellenvervielfachung in Form von Mehrstellen- und Mehrstückbearbeitung ermöglicht Kosten- und Zeitreduktionen, setzt aber genügend große, stabile Stückzahlen über einen längeren Zeitraum voraus.

Ebenfalls sind praktische Grenzen hinsichtlich der Genauigkeit zu berücksichtigen. So lassen sich bei kinematisch gekoppelten Werkzeugen keine Einzelmaße justieren, wie dies z. B. bei Verschleiß, Wärmegang oder Vorrichtungabweichungen notwendig sein kann.

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen lassen sich mit der Mehrstellen- und Mehrstücktechnik wirksame Rationalisierungslösungen gestalten. Mit strukturierten Berechnungsmodellen ist darüber hinaus eine hinreichend genaue und transparente Wirtschaftlichkeitsbewertung möglich.

Der Autor möchte die beschriebenen Grundlagen mit praktischen Erfahrungen und Daten anreichern. Er bietet interessierten Unternehmen an, zur Bewertung von Investitionsalternativen einen Rechendurchlauf mit spezifischen Firmendaten durchzuführen.

## Verwertung der Klärschlämme der Kläranlage Augsburg bei der Abfallverwertung Augsburg mit dem Ziel der Phosphat-Rückgewinnung

Lösungsansätze und ihre Machbarkeit

Phosphor ist als so genanntes essentielles Element für viele biologische Prozesse von entscheidender Bedeutung und kann durch kein anderes Element ersetzt werden. Ohne Phosphor keine Landwirtschaft und kein Leben. Nachdem es in ganz Europa keine geeigneten natürlichen Lagerstätten zum Phosphatabbau gibt, ist man auf den Import von Rohphosphat angewiesen. Am Beispiel des Klärwerks Augsburg (KLA) ist zu sehen, dass es durchaus Lösungsvorschläge gibt, wie die hier anfallenden Klärschlämme künftig bei der Abfallverwertung Augsburg GmbH (AVA) verwertet und gleichzeitig die Phosphorverbindungen zurückgewonnen werden können. Die Vorschläge sind Ergebnisse eines Planspiels von Masterstudierenden aus dem Wintersemester 2012/13.

### PHOSPHORVERBINDUNGEN IN ABWASSER UND KLÄRSCHLAMM

Klärschlamm ist die Schadstoffsенke der Abwasserreinigung. Nicht biologisch und chemisch abbaubare Schadstoffe, wie z. B. Schwermetalle oder persistente organische Verbindungen, und mineralische Verbindungen, wie z. B. Phosphate, konzentrieren sich gezielt und gewollt im Klärschlamm. Bei über 96 Prozent aller deutschen Haushalte, die an Kläranlagen angeschlossen sind, fallen jährlich etwa 3 Millionen Tonnen Trockenmasse an Klärschlamm zur Entsorgung an. Etliche Komponenten, insbesondere die Stickstoff- und Phosphorverbindungen haben eine hohe Düngewirkung, die nutzbringend in der Landwirtschaft eingesetzt werden kann. Strenge Auflagen für die Einleitung von Schadstoffen ins Abwasser führten dazu, dass die Konzentration von Schwermetallen und persistenten organischen Verbindungen im Klärschlamm über die Jahre hinweg deutlich gesunken sind. Die Klärschlammverordnung (AbfKlärV) regelt, unter welchen Bedingungen schadstoffarmer Klärschlamm zur Düngung auf Felder und gärtnerisch genutzte Flächen aufgebracht werden darf. Klärschlämme aus ländlichen Regionen erfüllen diese Bedingungen in der Regel und so wurden nach Angaben des Statistischen Bundesamts 2011 von insgesamt etwa 1,9 Mio Tonnen Trockenmasse gut 820.000 Tonnen landwirtschaftlich bzw. landbaulich verwertet. Aus Sicht einer Kreislaufwirtschaft scheint das unmittelbar sinnvoll. Andererseits werden vielfach

Vorsorgeaspekte dahingehend geltend gemacht, dass mit der Klärschlammdüngung auch persistente organische Verbindungen oder auch Krankheitserreger auf die Felder gelangen und sich dort anreichern können. In Deutschland wird daher mittlerweile der größte Anteil an Klärschlamm verbrannt und so die genannten Düngekomponenten dem Stoffkreislauf entzogen.

Besonders deutlich wird diese Problemlage bei den Phosphaten: Stellen Phosphate im Abwasser auf der einen Seite einen Schadstoff dar, da sie zur Überdüngung („Eutrophierung“) von Gewässern führen, sind sie auf der anderen Seite als ein sog. essentielles Element für viele biologische Prozesse wichtig und können durch kein anderes Element ersetzt werden. Ohne Phosphor keine Landwirtschaft und kein (menschliches) Leben. In ganz Europa gibt es keine geeigneten natürlichen Lagerstätten zum Phosphatabbau; die Staaten sind deshalb auf den Import von Rohphosphat und Phosphatdüngern angewiesen. Die Qualität der natürlichen Lagerstätten, z. B. in Marokko, nimmt aber immer stärker ab, da die natürlichen Gehalte an Schwermetallen und Uran in den noch nicht ausgebeuteten Lagerstätten zunehmen. Andererseits zeigen neueste Studien des Umweltbundesamtes, dass etwa die Hälfte des bundesdeutschen Bedarfs an Phosphor durch das Recycling von aus Klärschlämmen und Tiermehl gewonnenem Phosphat gedeckt werden könnte.

Zwar hat der Phosphat-Gehalt im Abwasser tendenziell abgenommen („phosphatfreie Waschmittel“). Aus menschlichen Ausscheidungen gelangen aber nach wie vor erhebliche Mengen ins Abwasser, die entfernt werden müssen, um eine Überdüngung der Vorfluter („Eutrophierung“) zu vermeiden. Dabei werden die Phosphorverbindungen in den Klärschlamm überführt. Wird der Klärschlamm direkt als Dünger auf Felder ausgebracht, was gemäß der so genannten Klärschlammverordnung bei Einhalten bestimmter Schadstoffgrenzwerte und Randbedingungen erlaubt ist, ist der Phosphatkreislauf geschlossen und die Düngewirkung bleibt erhalten. Vor allem aus Vorsorgeaspekten verliert die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung auch für Schlämme, die die o. g. Bedingungen erfüllen, immer mehr an Bedeutung. So hat der Freistaat



Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rommel

### Hochschule Augsburg

Fakultät Maschinenbau und  
Verfahrenstechnik  
Telefon +49(0)821 5586-3164  
wolfgang.rommel@hs-augsburg.de

### Forschungsschwerpunkte

- Ressourceneffizienz
- Recycling
- Aufbereitungstechnik

Bayern seit etlichen Jahren das umweltpolitische Ziel, komplett aus der landwirtschaftlichen Verwertung auszusteigen. Bis auf einige wenige Ausnahmen gibt es als Verwertungspfad nur die thermische Verwertung (Verbrennung) in speziellen Monoverbrennungsanlagen oder durch Mitverbrennung in Kraftwerken, Müllverbrennungsanlagen oder auch Zementfabriken. Beim Verbrennungsprozess gelangen die Phosphatverbindungen aus dem Klärschlamm in die Asche. Bei der Mitverbrennung gehen dabei durch den Verdünnungseffekt die Phosphate unwiederbringlich verloren. Die Asche aus Monoverbrennungsprozessen enthält jedoch so viel Phosphate, dass diese daraus rückgewonnen werden kann.

Derzeit lässt die Kläranlage Augsburg (KLA) ihren mechanisch entwässerten Klärschlamm über einen

Entsorgungsvertrag mit einem privaten Entsorger energetisch verwerten. Etwa die Hälfte der Schlammmenge wird in einer speziellen Klärschlammverbrennung eines privaten Klärschlammverwerters südlich von Augsburg verbrannt, der andere Teil geht an unterschiedliche Kohlekraftwerke eines großen Energieversorgers in ganz Deutschland.

KLA und die Abfallverwertung Augsburg GmbH (AVA) denken jedoch über eine gemeinsame Lösung für die Klärschlammverwertung nach, die eine Entsorgungssicherheit und die Möglichkeit der Phosphat-Rückgewinnung bietet. Die studentische Planspielgruppe hat hierfür in enger Zusammenarbeit mit AVA und KLA Lösungsansätze entwickelt und deren Machbarkeit aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht untersucht.

Tabelle 1: Übersicht über Verfahren zur Phosphatabtrennung

Verfahren	Seaborne-Verfahren	Berliner Verfahren/AirPrex	Aqua Reci Prozess (überkritische Nassoxidation)	KREPRO-Prozess bzw. Kemicond-Verfahren mit P-Rückgewinnung	CAMBI-Prozess mit P-Rückgewinnung durch Nanofiltration	LOPROX-Prozess/PHOXNAN	Nebenstrom-Kristallisation (DHV CrystalactorO)
Phosphorrückgewinnungspotenzial bezogen auf P im Zulauf der KA	> 50%	unbekannt/unterschiedliche Angaben (Anfrage an Dr. Heinzmann, KA Waßmannsdorf - bisher liegt keine Antwort vor, Stand 05.01.13)	> 50%	> 50%	> 50%	> 50%	max 37%
Technischer Stand des Verfahrens	großtechnisch umgesetzt	großtechnisch umgesetzt	Laborversuche zu P-Rücklösung	Pilotanlage (Stand 2007) bzw. halbtechn. gute Resultate oder Verfahren mit Problemen in der großtechnischen Umsetzung, die lösbar erscheinen (Stand 2011)	P-Rückgewinnung im Labormaßstab (Stand 2010) bzw. halbtechn. gute Resultate oder Verfahren mit Problemen in der großtechnischen Umsetzung, die lösbar erscheinen (Stand 2011)	P-Rückgewinnung im Labormaßstab; Laborversuche teilweise erfolgreich	großtechnisch erprobtes Verfahren
Bemerkung	Großtechnische Umsetzung seit 2007, KA Gifhorn	Großtechnische Umsetzung, KA Waßmannsdorf/Berlin		Konkrete Informationen bzgl. einer großtechnischen Umsetzung konnten nicht recherchiert werden	Konkrete Informationen bzgl. einer großtechnischen Umsetzung konnten nicht recherchiert werden		30 Anlagen weltweit (Stand 2007)
Quelle	- Pinnekamp et al (2011) - Esemén (2012)*	- Pinnekamp et al (2011) - Lengemann (2012)	- Pinnekamp et al (2011) - Horn et al (2010)*	- Pinnekamp et al (2011) - Pinnekamp (2007)	- Pinnekamp et al (2011) - Horn et al (2010)	- Pinnekamp et al (2011) - Horn et al (2010)*	- Pinnekamp et al (2011) - Horn et al (2010) - Pinnekamp (2007)

**VERFAHREN ZUR ABTRENNUNG VON PHOSPHATEN AUS ABWASSER, KLÄRSCHLAMM UND KLÄRSCHLAMMASCHEN**

Grundsätzlich ist es möglich, Phosphate direkt aus dem Abwasser (bevor sie in den Klärschlamm gelangen), aus dem nassen Klärschlamm und aus der Asche nach einer Monoverbrennung abzutrennen und rückzugewinnen. Dazu sind in der Literatur diverse Verfahren beschrieben, die zumindest teilweise bereits technisch umgesetzt wurden.

Basierend auf den gegebenen Voraussetzungen bei der Kläranlage und der Abfallverwertung Augsburg sowie technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Überlegungen wurden unterschiedliche Szenarien entwickelt, wie ein Konzept der Klärschlammverwertung mit integrierter Phosphat-Rückgewinnung aussehen kann:

- Stufe 1: Transport des entwässerten Schlammes per Lkw von der KLA zur AVA; dort Mitverbrennung mit dem Müll auf dem Rost bzw. Trocknung (unter Nutzung von Abwärme) und anschließend Mitverbrennung auf dem Rost
- Stufe 2: Entfall der mechanischen Entwässerung des Schlammes bei der KLA, dafür Schlammdruckhin- und Abwasserrückleitung von der KLA zur AVA; Entwässerung und Schlamm Trocknung mit Abwärme sowie Mitverbrennung auf dem Rost bei der AVA
- Stufe 3: Statt Mitverbrennung mit dem Abfall Monoverbrennung in eigener, in die AVA integrierte Anlage sowie Zwischenlagerung der Asche in spezieller Monodeponie

PRISA-Verfahren	Phostrip-Verfahren	P-RoC	Mephrec	Stuttgarter Verfahren	Unitika-Phosnix	Fix-Phos	SEPHOS
35% - 45%	ca. 30%	ca. 40%	ca. 80%	ca. 59%	< 50%	ca. 30%	> 50%
halbtechnische Versuche erfolgreich	großtechnische Umsetzung teilweise erfolgreich	Labor und Technikum	großtechnische Umsetzung in KA Nürnberg 2013 geplant	großtechnische Umsetzung KA Offenburg		Laborversuche erfolgreich; Technik befindet sich noch nicht in Betrieb	im Labormaßstab erfolgreich
	2 großtechn. Anlagen in BRD (nicht in Betrieb), 3 großtechn. Anlagen in Österreich, 14 großtechn. Anlagen in USA (davon 5 in Betrieb), 9 großtechn. Anlagen in Italien*		Seit 2004 Freiberg (Sachsen) Firma Ingitec; Für KA Nürnberg existiert Machbarkeitsstudie	großtechnische Umsetzung (Nov. 2011) Verbandskläranlage des Abwasserzweckverbands Raum Offenburg			
- Pinnekamp (2007) - Pinnekamp et al (2011) - Horn et al (2010)	- Pinnekamp (2007) - Pinnekamp et al (2011) - Horn et al (2010)	- Pinnekamp (2007) - Pinnekamp et al (2011) - Fehrenbach (2012)	- Scheidig (2011) - Wiechmann et al (2012)	- Steinmetz et al (2012) - o.V. (2011) - Weideler (2012)	- Pinnekamp et al (2011)	- Pinnekamp et al (2011) - Fehrenbach (2012) - Horn et al (2010)*	- Pinnekamp et al (2011) - Horn et al (2010)

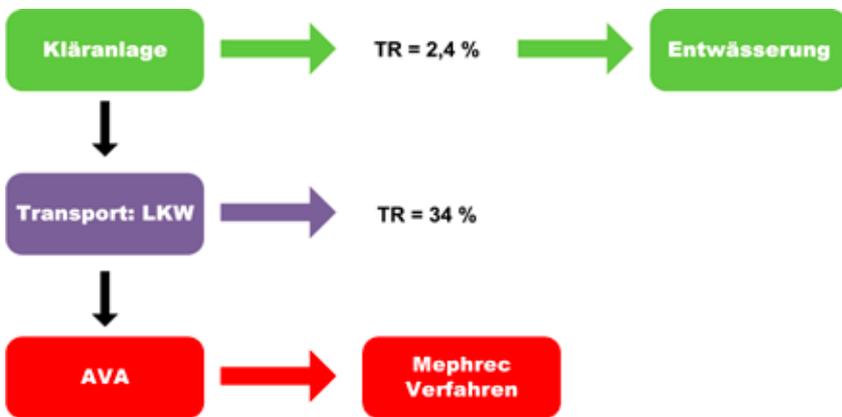
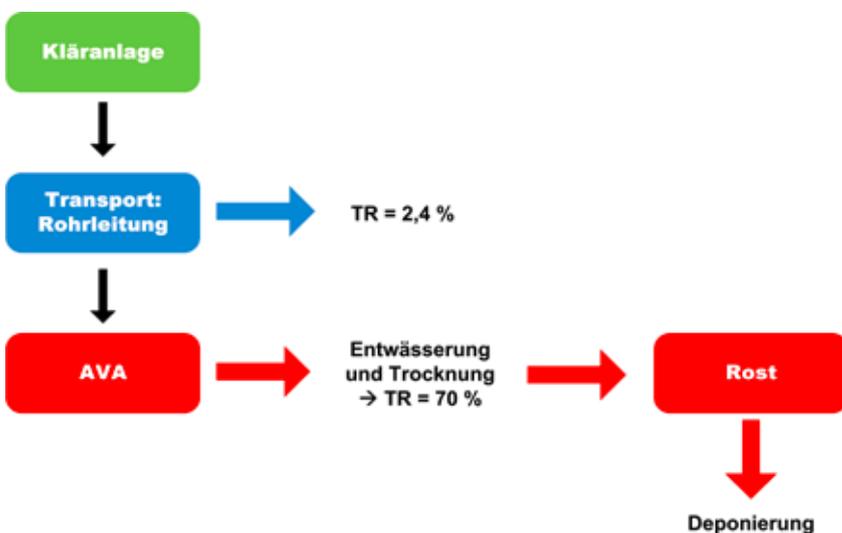


Abbildung 1:  
Szenario „Mephrec“

Die oben dargestellten Szenarien können auf unterschiedlichste Art und Weisen technisch umgesetzt werden. Nach intensiver Diskussion vieler solcher Optionen mit AVA und KLA wurden drei technische Umsetzungsmöglichkeiten näher untersucht:

Abbildung 2: Szenario  
„Monoverbrennung“



#### SZENARIO 1 „MEPHREC“

Das Mephrec-Verfahren kombiniert die thermische Verwertung des Klärschlammes mit der Phosphat-Rückgewinnung. Der Klärschlamm wird hier mit einem TR-Gehalt von 32 Prozent per LKW von der Kläranlage Augsburg zur Abfallverwertung Augsburg transportiert (Abb. 1). Alle Apparaturen für die Sauerstoffschmelzvergasung des Mephrec-Verfahrens müssen für die Umsetzung dieses Szenarios auf dem Gelände der Abfallverwertung Augsburg aufgebaut werden. Das bei der Sauerstoffschmelzvergasung entstehende Gas kann nach durchlaufener Reinigung zum einen in einem Block-Heizkraftwerk verstromt werden und zum anderen als Brenngas für die Müllverbrennungsanlage dienen. Das Szenario zeichnet sich vor allem durch seinen hohen Innovationscharakter und auf der anderen Seite durch das erhöhte Risiko aufgrund der nicht erprobten Technologie aus.

#### SZENARIO 2 „MONOVERBRENNUNG“

Im zweiten Szenario (Abb.2) wird eine Monoverbrennung des Klärschlammes mittels einer Rostfeuerung vorgesehen. Der Klärschlamm wird dabei mittels einer Schlamm-druckleitung von der Kläranlage Augsburg zur Abfallverwertung Augsburg transportiert. Die Rostverbrennungsanlage müsste auf dem Gelände der Abfallverwertung Augsburg aufgebaut werden. Da der Klärschlamm mit einem TR-Gehalt von 70 Prozent verfeuert wird, muss er zuvor noch auf dem Gelände der Abfallverwertung getrocknet werden. Nach der Trocknung wird der Klärschlamm in der Monoverbrennungsanlage verbrannt. Die anfallende Asche wird anschließend auf einer Monodeponie abgelagert. Hier besteht die Möglichkeit zur späteren Phosphat-Rückgewinnung aus der Monoverbrennungsasche. Dieses Szenario zeichnet sich vor allem durch hohen baulichen Aufwand für die Verlegung der Schlamm-druckleitung aus. Der Bau einer Monoverbrennungsanlage bedeutet zudem hohe Investitionskosten. Allerdings besteht bei diesem Konzept die Möglichkeit der späteren Phosphat-Rückgewinnung, da die Monoverbrennungsasche hier deponiert wird. Es bietet sich also vor allem dann an, wenn die Phosphat-Rückgewinnung erst durchgeführt werden soll, wenn es erprobte Technologien mit erwiesener Wirtschaftlichkeit gibt.

### SZENARIO 3 „MITVERBRENNUNG“

In Szenario 3 (Abb. 3) wird die Phosphat-Rückgewinnung vor der Verbrennung realisiert. Zwei Verfahren sind denkbar: Das Stuttgarter und das Seaborne-Verfahren sind beide nass-chemische Verfahren und würden auf dem Gelände der Kläranlage Augsburg umgesetzt. Der Klärschlamm weist einen TR-Gehalt von 32 Prozent nach der Phosphat-Rückgewinnung auf und wird per LKW zur Abfallverwertung Augsburg transportiert. Dort wird er anschließend in der bestehenden Müllverbrennungsanlage mitverbrannt. Auf Seiten der Abfallverwertung Augsburg würde hier keine baulichen Veränderungen bzw. nur ein geringer Aufwand für die Errichtung der Klärschlammbeschickungsanlage anfallen. Auf eine Trocknung des Klärschlammes könnte ebenfalls verzichtet werden. Allerdings fallen hohe Betriebskosten aufgrund des hohen Chemikalienbedarfs bei der nass-chemischen Phosphat-Rückgewinnung an.

### FAZIT

Mittelfristig wird Variante 2 empfohlen. Sie ist am kostengünstigsten, allerdings bei dem derzeitigen Preisniveau für (Roh)phosphate nicht kostendeckend zu betreiben. Falls an einer Phosphorrückgewinnung kein Interesse bestünde, kann mit einer Mitverbrennung gearbeitet werden. Die vorhandene Anlage könnte somit genutzt werden und die Investitionskosten hielten sich in Grenzen.

Soll der Phosphor direkt rückgewonnen werden, ist Szenario 3 zu empfehlen. Hier entstehen bei der AVA keine Investitionskosten und diese Verfahren können zu einem späteren Zeitpunkt sehr einfach am Standort bei der Kläranlage nachgerüstet werden. Zwischen KLA und AVA müsste lediglich ein Abkommen zur Klärschlammverwertung geschlossen werden. Dies würde sich auf die Umwelteinwirkungen auswirken und auch die Transportkosten verringern, da momentan der Klärschlamm über weitere Strecken von bis zu 600 km transportiert wird. Bei einem entsprechenden Gesetz zur Phosphorrückgewinnung kann später ein Rückgewinnungsverfahren unproblematisch umgesetzt werden.

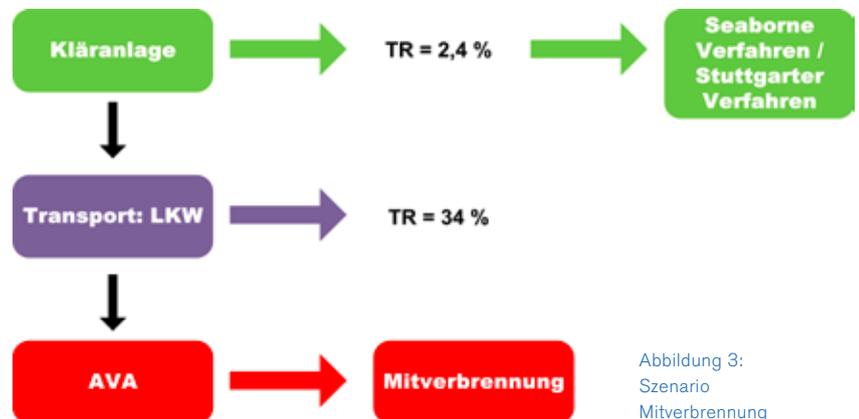


Abbildung 3:  
Szenario  
Mitverbrennung

## CFK/Metall-Hybridbauweisen im Maschinenbau: Innovative Technologien am Beispiel torsionsbelasteter Strukturen

Bayerischer Forschungsverbund CFK/Metall-Mischbauweisen im Maschinen- & Anlagenbau (FORCiM3A)



Dipl.-Ing. (FH)  
Christian Oblinger, M.Eng.

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau und  
Verfahrenstechnik

Telefon +49(0)821 5586-3542  
christian.oblinger@hs-augsburg.de



Prof. Dr.-Ing. André Baeten

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau und  
Verfahrenstechnik

Telefon +49(0)821 5586-3176  
andre.baeten@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Auslegung und Berechnung von Hochleistungs-Faserverbundstrukturen
- Fluid-Struktur-Kopplung mit Schwerpunkt Flüssigkeitsdynamik
- Flugkörperdynamik in der Luft- und Raumfahrt

In enger Kooperation zwischen Wissenschaft (Universitäten, Fraunhofer-Gesellschaft sowie Hochschule Augsburg) und Industrie ist es das Forschungsziel von FORCiM3A, die Anwendungsmöglichkeiten von Bauteilen in CFK/Metall-Mischbauweise für den Maschinen- und Anlagenbau auszuloten und deren Realisierung innerhalb der Region Bayerisch-Schwaben/Oberbayern voranzutreiben. Dieser Forschungsverbund wird von der Bayerischen Forschungsförderung gefördert, wobei sich Fraunhofer und Hochschule Augsburg schwerpunktmäßig mit torsionsbelasteten Bauteilen befassen.

### EINFÜHRUNG

Die Faserverbundtechnologie wird als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts innerhalb der Werkstofftechnik bezeichnet. Schlüsseltechnologien bereiten den Weg vor für neue Produkte, Verfahren sowie Dienstleistungen und sind Impulsgeber für Innovationen in verschiedenen Technologiefeldern [vgl. 1, S. 9]. Faserverbundwerkstoffe bestehen aus einer Matrix (entweder aus Kunststoff, Keramik oder Metall), in die Verstärkungsfasern eingebettet sind. Wesentliche Aufgaben der Matrix bestehen darin, die Fasern in ihrer Form zu halten und sie zu schützen. Kohlenstofffasern zählen neben Aramid- und Glasfasern zu den wichtigsten Fasermaterialien von faserverstärkten Kunststoffen [vgl. 2, S. 148].

Das enorme Leichtbaupotential von Faserverbundwerkstoffen lässt sich in Faserrichtung besonders nutzen, wenn beispielsweise Kohlenstofffasern parallel verlaufen und in Lastpfadriftung angeordnet werden. Ein wesentliches textiles Halbzeug ist in diesem Zusammenhang die sogenannte Uni-Direktionale (UD)-Schicht. Diese ist mit Fasern in einer einzigen Orientierung aufgebaut, wobei im Idealfall alle Fasern parallel angeordnet sind [vgl. 3, S. 44]. Werden diese Fasern vor dem eigentlichen Ablageprozess mit einer Matrix imprägniert, dann spricht man von sogenannten Pre-impregnated Materials, den Prepregs [vgl. 4, S. 365]. Abb. 1 zeigt hierzu eine Aufnahme einer CFK-UD-Probe. Man erkennt deutlich die parallelverlaufenden Kohlenstofffasern, die mit Harz umgeben sind.

<sup>1</sup> CFK: Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff

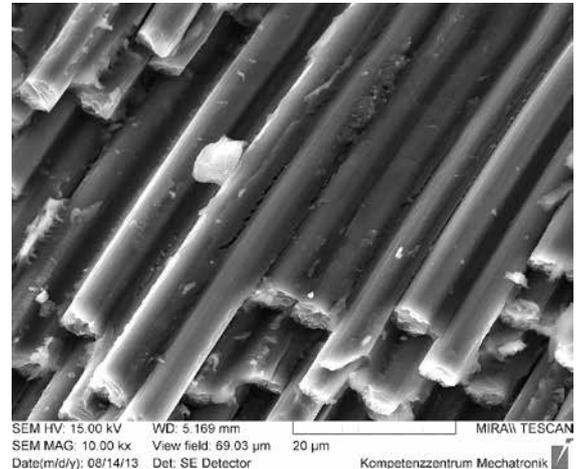


Abbildung 1: Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme einer CFK-UD-Probe.

Komponenten bzw. Bauteile aus Faserverbundwerkstoffen, z. B. kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK), lassen sich optimal an vorherrschende Lastfälle anpassen, weil deren mechanische Eigenschaften bedeutend von der gewählten Orientierung und Anzahl der Fasern abhängen [vgl. 5, S. 6 ff.]. Zusätzlich bieten sie durch ihr anisotropes Materialverhalten sowie ihre hohen gewichtsspezifischen Festig- und Steifigkeiten im Vergleich zu Metallen ein besonderes Leichtbaupotential [vgl. 4, S. 376 ff.]. So bietet beispielsweise im Automobilbau eine CFK-Antriebswelle gegenüber einer konventionellen Stahlantriebswelle eine Masseneinsparung von bis zu 50 % [vgl. 6, S. 2].

In kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) des Maschinen- und Anlagenbaus sowie in weiteren kostensensiblen Bereichen wird häufig auf Metalle und/oder Kunststoffe zurückgegriffen. Ein zentraler Grund für diese Vorgehensweise ist u. a. dem komplexen Verhalten der Faserverbundstrukturen geschuldet, das seinen Ausgangspunkt hauptsächlich in der Anisotropie besitzt. Dadurch ergeben sich Herausforderungen hinsichtlich einer aufwändigen Dimensionierung und Gestaltung auf Komponenten- bzw. Bauteilebene und finanzielle Risiken entlang einer Produktentwicklung. Eine unmittelbare Substitution von metallischen Werkstoffen durch CFK unter Beibehaltung der Bauweise erweist sich im Maschinen- und Anlagenbau, wie auch im Flugzeugbau,

als nicht zielführend, zumal ein Großteil der Potentiale von Faserverbundmaterialien somit nicht genutzt wird. Auch werden lediglich in seltenen Anwendungsfällen des Maschinen- und Anlagenbaus reine CFK-basierte Bauteile zielführend sein. Eine CFK/Metall-Mischbauweise könnte daher verwendet werden, um die jeweiligen Vorteile der einzelnen Werkstoffe optimal zur Geltung zu bringen.

#### STRUKTUR DES FORSCHUNGSVERBUNDES FORCiM3A

Der durch die Bayerische Forschungsstiftung geförderte Forschungsverbund FORCiM3A führt auf dem Gebiet der Faserverbundtechnologie arbeitende und daran interessierte Partner aus Industrie und Wissenschaft innerhalb der Region Bayerisch-Schwaben/Oberbayern zusammen. Koordiniert wird der Forschungsverbund FORCiM3A vom Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung (AMU) der Universität Augsburg und die technisch-wissenschaftliche Organisation obliegt der Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik. Als Sprecher agieren Dr. Markus Lang von Voith Composites in Garching, Prof. Klaus Drechsler von der Fraunhofer-Projektgruppe „Funktionsintegrierter Leichtbau“ des ICT sowie vom Lehrstuhl für Carbon Composites der Technischen Univer-

sität München und Prof. André Baeten (Professur für Leichtbau, Faserverbund und Technische Mechanik) von der Hochschule Augsburg.

Insgesamt besteht der bayerische Forschungsverbund aus elf Industrie- und sieben Wissenschaftspartnern, die die nötige Kompetenzbreite in idealer Weise abdecken (siehe Abb. 2).

Inhaltlich wird der Verbund durch folgende sieben Teilprojekte (TP) repräsentiert:

- TP1: Innovative Hybrid-Bauweisenkonzepte
- TP2: Entwicklung von Auslegungs- und Berechnungsmethoden
- TP3: Material- und Prozesstechnologien
- TP4: Werkstoffeigenschaften
- TP5: Generische Demonstratorbauteile
- TP6: Qualitäts- und Strukturprüfung hybrider CFK-Bauteile
- TP7: Systemsimulation und Validierung

Für das Teilprojekt 1 zeichnet sich die Hochschule Augsburg verantwortlich und die Fraunhofer-Projektgruppe für das Teilprojekt 2. Die einzelnen Teilprojekte sind stark miteinander vernetzt. Es findet hierbei ein reger Austausch zwischen diesen und den Projektpartnern statt.



Dipl.-Ing. Holger Lang

Fraunhofer-Institut für  
Chemische Technologie ICT

Projektgruppe  
Funktionsintegrierter Leichtbau  
Am Technologiezentrum 2  
86159 Augsburg  
Telefon +49(0)821 90678-212  
holger.lang@ict.fraunhofer.de  
www.ict.fraunhofer.de/FIL



Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler

Fraunhofer-Institut für  
Chemische Technologie ICT

Projektgruppe  
Funktionsintegrierter Leichtbau  
Am Technologiezentrum 2  
86159 Augsburg

Technische Universität  
München

Lehrstuhl für Carbon  
Composites  
Boltzmannstraße 15  
85748 Garching bei München

Industriepartner	Forschungspartner
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aerostruktur Faserverbundtechnik GmbH, Gundelfingen</li> <li>▪ AxynTeC Dünnschichttechnik GmbH, Augsburg</li> <li>▪ Biersack Technologie GmbH &amp; Co. KG, Beilngries</li> <li>▪ Chr. Mayr GmbH &amp; Co. KG, Mauerstetten</li> <li>▪ GMA Werkstoffprüfung GmbH, Augsburg</li> <li>▪ Hufschmied Zerspanungssysteme GmbH, Bobingen</li> <li>▪ LEUKA, Weiler-Simmerberg</li> <li>▪ Multivac Sepp Haggenmüller GmbH &amp; Co. KG, Wolfertschwenden</li> <li>▪ SPN Schwaben Präzision Fritz Hopf GmbH, Nördlingen</li> <li>▪ Ott-Jakob Spanntechnik GmbH, Lengenwang</li> <li>▪ VOITH Composites GmbH &amp; Co. KG, Garching</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung (AMU), Universität Augsburg</li> <li>▪ Fraunhofer-Projektgruppe Funktionsintegrierter Leichtbau des ICT, Augsburg</li> <li>▪ Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebebau (FZG), Außenstelle Augsburg, TU München</li> <li>▪ Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik</li> <li>▪ Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb), TU München</li> <li>▪ iwb Anwenderzentrum Augsburg, TU München</li> <li>▪ Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC), TU München</li> </ul>

Abbildung 2: Industrie- und Wissenschaftspartner im Forschungsverbund FORCiM3A.

#### ZIELSETZUNG DES FORSCHUNGSVERBUNDES FORCiM3A

Das Ziel des bayerischen Forschungsverbundes FORCiM3A besteht vornehmlich darin, entsprechendes Know-how aufzubauen, um die Faserverbundtechnologie mit Hybridbauweisen aus CFK- und Metallstrukturen im klassischen Maschinen- und Anlagenbau stärker zu etablieren. Wichtige Aspekte, die es zu berücksichtigen gilt, sind dabei beispielsweise eine CFK-gerechte Auslegung von Komponenten und Bauteilen oder eine Beständigkeit gegenüber betriebsbedingten äußeren Einflüssen (z. B. Temperatur, aggressive Medien). Hinzu kommt eine noch nicht zufriedenstellende Verbindungscharakterisierung zwischen CFK-Bauteilen und Metallstrukturen, die auch eine starke Verbreitung von Faserverbundwerkstoffen im klassischen Maschinenbau verhindert. Eine anforderungsgerechte Gestaltung des Übergangs zwischen CFK- und Metallbauteilen ist daher ein Schwerpunktthema dieses Forschungsverbundes.

Jede Werkstoffart besitzt gewisse Vorzüge im Hinblick auf ihr Einsatzgebiet. So werden Faserverbundmaterialien, z. B. CFK, oft dann eingesetzt, wenn andere Werkstoffe an ihre Grenzen stoßen. Dies ist beispielsweise bei torsionsbelasteten Strukturen in der Regel der Fall, wenn die Steifigkeit von metallischen Wellen z. B. für hohe Drehzahlen nicht mehr ausreichend hoch ist. Gerade im Bereich von Lasteinleitungen sowie Verbindungsstellen sind metallische Strukturen den reinen Faserverbundbauweisen stückweise überlegen, weshalb diese Stellen für den Einsatz metallischer Werkstoffe als prädestiniert erscheinen. Somit ergeben sich Material-Hybridbauweisen. Durch dieses Vorgehen entstehen allerdings neue Hindernisse, beispielsweise bei der Bauteilkonstruktion und -auslegung sowie Realisierung.

Eine intelligente Umsetzung von CFK/Metall-Mischbauweisen in maschinenbauliche Konzepte wird langfristig zu neuartigen und leistungsfähigeren Produkten im Maschinen- und Anlagenbau führen. Dadurch wird diesem Industriezweig innerhalb der Region Bayerisch-Schwaben/Oberbayern die Chance gegeben, neue Potenziale hinsichtlich der Faserverbundwerkstoffe und Faserverbundtechnologie zu heben.

#### ENTWICKLUNG VON HYBRIDEN BAUWEISEN

##### Herausforderungen

Zur generellen Gestaltung und Dimensionierung beispielsweise von Verbindungsstellen zwischen metallischen Wellen und metallischen Naben sind umfassende Werke in der Literatur verfügbar [vgl. 7; 8]. Vergleichbare Methoden sind für eine CFK/Metall-Mischbauweise bis jetzt kaum vorhanden. Im Bereich der torsionsbelasteten Bauteile wie Welle oder Walze aus Faserverbundwerkstoffen ist ein breiter Teil der Grundlagen, besonders für dünnwandige Bauteile, in der Literatur zu finden [vgl. 6]. Als Welle-Nabe-Verbindung ist der Längspressverband lediglich für die Verwendung in dünnwandigen Strukturen, meist Antriebswellen, ansatzweise dokumentiert [vgl. 9]. Für dickwandige Strukturen sowie Kraftereinleitungen und Verbindungstechniken liegen hinsichtlich des strukturellen Verhaltens noch erhebliche Wissensdefizite vor. Das vollständige Potential von Faserverbundwerkstoffen kann allerdings nur dann ausgenutzt werden, wenn auch in diesen Bereichen eine werkstoffgerechte Bauweise zur Anwendung kommt.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird der Fokus darauf liegen, die bereits vorhandenen Richtlinien z. B. hinsichtlich der Berechnung der Faserverbundkomponente und auf neue Fügetechniken für die CFK/Metall-Schnittstelle auszuweiten, um den Technologiereifegrad dieser Bauteile weiter zu erhöhen und eine spätere Anwendung dieser Werkstoffklasse in Anwendungen des Maschinen- und Anlagenbaus zu ermöglichen. Da im Maschinenbau allein schon aus wirtschaftlichen Gründen die in der Luftfahrt verwendeten Verbindungstechnologien (z. B. Nietverbindungen mit Titanbolzen) keine breite Verwendung finden werden, ist die Dokumentation von CFK/Metall-Fügungen durch das derzeit geringere Anwendungsspektrum bei Weitem nicht so umfangreich wie bei der Betrachtung der Umsetzung der reinen Werkstoffe. In FORCiM3A wurden aus diesem Grund charakteristische Problemstellungen dieser Thematik aufgegriffen.

##### Anforderungsprofile im Maschinenbau

Zu Beginn des Forschungsverbundes definierten hauptsächlich die industriellen FORCiM3A-Endanwender aus dem Maschinen- und Anlagenbau ihre Bedürfnisse

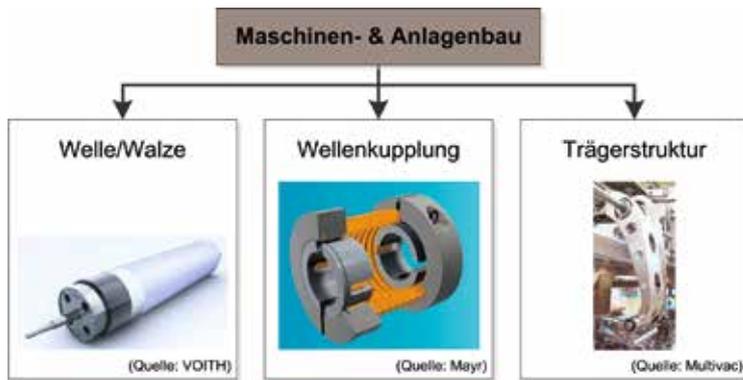


Abbildung 3: Generische Demonstratorbauteile in FORCiM3A.

und Anforderungen an Hybridbauteile. Hinsichtlich einer zukünftigen Verwertbarkeit von Bauweisen- und Verbindungskonzepten sind neben Lastkollektiven sowie erwartete Stückzahlen auch chemische, mechanische, physikalische und thermische Anforderungen an CFK/Metall-Strukturen zu beachten. Die Vielzahl der industriellen Spezifikationen wurde bewertet und auf entscheidende Parameter reduziert.

In dem Konsortium aus Endanwendern und Forschungspartnern wurden hierzu drei generische, praxisnahe Demonstratorbauteile als Technologieträger definiert: Welle/Walze, Wellenkupplung und Trägerstruktur (siehe Abb. 3).

Da diese durch ihren generischen Charakter typische Anforderungen aus dem Maschinen- und Anlagenbau abbilden, soll sichergestellt werden, dass die in FORCiM3A erzielten Forschungsergebnisse für ein breites Anwendungsspektrum Gültigkeit besitzen.

### Bauweisenkonzepte

Die Demonstratorbauteile „Welle/Walze“ sowie „Wellenkupplung“ stellen Arbeitsschwerpunkte von Fraunhofer und Hochschule Augsburg dar.

Eine Wellenkupplung stellt die Verbindung zwischen zwei Wellen dar. Die Verbindung zweier torsionsbelasteter, steifer Strukturen erfordert neben einer möglichst hohen Torsionssteifigkeit auch eine gewisse Flexibilität, um Positionsabweichungen der beiden Wellenachsen relativ zueinander ausgleichen zu können (siehe Abb. 4).

Die Herausforderung bei der Entwicklung ist u. a. darin zu sehen, dass eine hohe Torsionssteifigkeit auf der einen, eine gewisse Flexibilität auf der anderen Seite eine Diskrepanz hinsichtlich der Anforderungen an die Geometrie darstellen. Im Rahmen von FORCiM3A wurde u. a. durch den Einsatz numerischer Methoden ein Design entwickelt, welches durch ange-

passte Durchmesser beide Funktionen erfüllen kann. Durch erste Parameterstudien konnte der Einfluss von v. a. geometrischen Änderungen auf die Funktion des Ausgleichselements analysiert werden. Abb. 5 gibt beispielsweise den Verlauf der Verdrehung aufgrund einer Torsionsbelastung in Abhängigkeit des Innendurchmessers an.

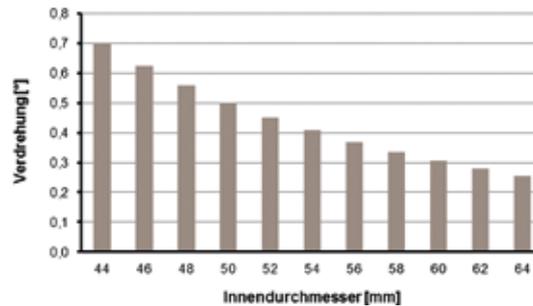


Abbildung 5: Verdrehung in Abhängigkeit des Innendurchmessers.

### FASERVERBUNDGERECHTE FÜGETECHNIK

Das vollständige Leichtbaupotential der Faserverbundwerkstoffe kann nur erreicht werden, wenn in der gesamten Struktur die Charakteristika des Faserverbundes Berücksichtigung finden. Besonders trifft dies auf die Bereiche Krafteinleitung und Verbindungstechnik zu. Herkömmliche Verfahren wie Nieten oder Bolzen erfordern Bohrungen, wodurch die lasttragende Faserstruktur zerstört wird. Im direkten Vergleich mit metallischen Werkstoffen werden derartige Fügetechniken für Faserverbundwerkstoffe als ungeeigneter angesehen. Im Fokus dieses Verbundprojektes stehen somit werkstoffgerechte Fügetechniken, die die makroskopische Faserstruktur und somit das lasttragende Element des Faserverbundes nicht zerstören. Dies trifft v. a. auf den Pressverband, auf innovative formschlüssige



Abbildung 4: Funktionalitäten eines Ausgleichselements.

Fügekonzepte, auf Klebeverbindungen sowie teilweise auf Klemmverbindungen zu.

In FORCiM3A werden von Fraunhofer und Hochschule Augsburg schwerpunktmäßig auf Torsion beanspruchte Bauteile betrachtet. Dabei ist eine flächige radial gleichmäßig verteilte Lasteinleitung gerade bei hohen Drehzahlen unerlässlich. Reibschlüssige Fügeverbindungen wie z. B. der Längspressverband oder eine Innenklemmung stellen faserverbundgerechte Technologien dar, um das Potential der innovativen Materialien vollständig zu nutzen, da die lasttragenden Fasern auf Zug belastet werden. Ein betrachteter Demonstrator besteht aus einer dickwandigen Struktur, sodass verschiedene Einflussfaktoren am Längspressverband hinsichtlich Konstruktionsrichtlinien und Berechnungsmethoden zu untersuchen sind. Zu diesen zählen u. a. der Einfluss der Verformung des Faserverbundbauteils durch den Fügeprozess als auch der Einfluss des Lagenaufbaus der Faserverbundstruktur. Ausgehend von analytischen Dimensionierungsrichtlinien wie z. B. [vgl. 9] wurden Finite-Elemente-Analysen herangezogen, um einerseits die durch die komplexen Belastungen hervorgerufenen Spannungsverteilungen im CFK zu analysieren und andererseits die Faserverbundstruktur der Last entsprechend zu dimensionieren (siehe Abb. 6).

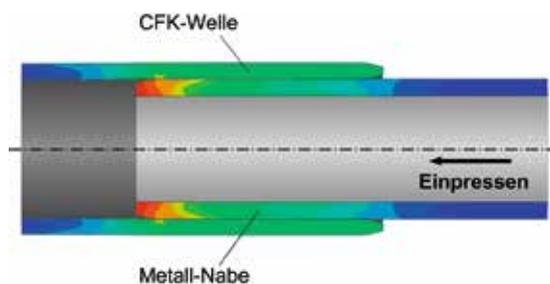


Abbildung 6:  
Finite-Elemente-Analyse  
einer Verpressung.

Hierbei kamen zeitgemäße Berechnungsmethoden wie das wirkebenenbezogene Versagenskriterium nach Puck [vgl. 10] zur Anwendung. Dieses trägt zur Berücksichtigung der Differenzierung im Versagen und Langzeitverhalten entsprechend der Richtung und Art der Belastung bei, welche bei anisotropen Faserverbundwerkstoffen viel deutlicher ausgeprägt ist als bei herkömmlichen, zumeist isotropen Materialien.

#### ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der vorliegende Beitrag setzte sich mit dem bayerischen Forschungsverbund „CFK/Metall-Mischbauweisen im Maschinen- & Anlagenbau“ (FORCiM3A) auseinander. Dieser besteht aus elf Industrie- und sieben Wissenschaftspartnern und lässt sich in sieben Teilprojekte untergliedern. Der klassische Maschinen- und Anlagenbau bietet mit seinen Anforderungsprofilen ein enormes Potential für innovative Weiterentwicklungen zur Realisierung von Produkten in CFK/Metall-Mischbauweise. Ein kleiner Einblick in die Aktivitäten von Fraunhofer und Hochschule Augsburg konnte am Beispiel von torsionsbelasteten Strukturen gegeben werden. Reibschlüssige Fügeverbindungen wie z. B. der Längspressverband oder eine Innenklemmung stellen faserverbundgerechte Technologien dar, um das Potential der innovativen Materialien vollständig zu nutzen. Durch eine erste Bestimmung der strukturmechanischen Eigenschaften mit analytischen sowie numerischen Berechnungsmethoden konnte gezeigt werden, dass die grundsätzlichen Funktionsprinzipien weiterzuerfolgen sind.

#### DANKSAGUNG

Das diesem Bericht zugrunde liegende Verbundvorhaben wird durch Finanzmittel der Bayerischen Forschungsförderung mit 2,2 Millionen Euro für eine Laufzeit von drei Jahren gefördert. Die Autoren bedanken sich bei der administrativen Projektkoordinationsstelle (AMU) sowie bei allen Verbundpartnern für die bisherige vertrauensvolle und angenehme Zusammenarbeit.

#### PROJEKTDATEN

##### Titel:

Bayerischer Forschungsverbund CFK/Metall-Mischbauweisen im Maschinen- & Anlagenbau (FORCiM3A)



##### Förderung:

Bayerische Forschungsförderung  
2,22 Millionen Euro



Bayerische  
Forschungsförderung

##### Laufzeit:

Drei Jahre

#### REFERENZEN

- [1] Ideen. Innovation. Wachstum. Hightech-Strategie 2020 für Deutschland. Hrsg.: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Referat Innovationspolitische Querschnittsfragen, Rahmenbedingungen, Bonn, Berlin (2010).
- [2] Ehrenstein, G. W.: Polymer Werkstoffe. Carl Hanser, München (2011).
- [3] Baeten, A.: Prepreg-Testing (Uni-Direktional) und Simulation mit Abweichungen in der Faserorientierung: Zugversuch. In: Forschungsbericht 2012, Hochschule Augsburg (2012).
- [4] Henning, F.; Drechsler, K.; Chatzigeorgiou, L.: Faserverstärkte Kunststoffe. In: Henning, F.; Moeller, E.: Handbuch Leichtbau. Carl Hanser, München (2011).
- [5] Drechsler, K.: Überblick Leichtbau – Entwicklung, Bedeutung und Disziplinen. In: Themenheft Forschung: Leichtbau. Universität Stuttgart (2007).
- [6] Kleschinski, M.: Antriebswellen aus Faser-Kunststoff-Verbunden. Shaker, Aachen (2007).
- [7] Muhs, D.; Wittel, H.; Jannasch, D.; Voßiek, J.: Roloff/Matek Maschinenelemente. Normung, Berechnung, Gestaltung. Vieweg+Teubner, Wiesbaden (2012).
- [8] Steinhilper, W.; Sauer, B.: Konstruktionselemente des Maschinenbaus 1. Grundlagen der Berechnung und Gestaltung von Maschinenelementen. Springer, Heidelberg (2007).
- [9] Fischer, T.: Der Pressverband als torsionsbelastete Kraftereinleitung in Faser-Kunststoff-Verbund-Wellen. Shaker, Aachen (2005).
- [10] Puck, A.: Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten: Modelle für die Praxis. Carl Hanser, München (1996).

**Gemeinsam sind wir stark**

**KLAUS GRUPPE**

Bauträger München, Augsburg	KLAUS Holding	KLAUS GmbH & Co. KG Schwangastraße 29 86163 Augsburg Fon 08 21 / 26 17 - 01 Fax 08 21 / 26 17 - 201 holding@klaus-gruppe.de <a href="http://www.klaus-gruppe.de">www.klaus-gruppe.de</a>
Tiefbau · Hochbau	KLAUS Wohnbau	
Bauservice-Leistungen	KLAUS Hoch + Tiefbau	
Individuelle Betonfertigteile	ECKLE Tiefbau	
Metallbau	HOLL Tiefbau	
Dachanhebungen und -ausbau	PP Építő Kft.	
Materialverkauf	DINO® Dachhebesystem	

## Engineering Kanuslalom 3: Strukturoptimierung und Fertigung eines CFK-Wettkampfbotes

Projektarbeit im Masterstudiengang „Leichtbau- und Faserverbundtechnologie“



Sabrina Barm, B.Eng.

### Betreuer

Prof. Dr.-Ing. André Baeten

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau und  
Verfahrenstechnik

Telefon +49(0)821 5586-3176

### Projektmitarbeit

- Lianna Gottfried
- Alexander Grimm
- David Thull

Telefon +49(0)157-8796799  
engineering.kanuslalom@  
googlemail.com

Im Rahmen einer studentischen Projektarbeit innerhalb des Masterstudiengangs „Leichtbau- und Faserverbundtechnologie“ wurde ein CFK-Wettkampfbote für die Disziplin Kanuslalom hydrodynamisch analysiert, optimiert und gefertigt. Der vorliegende Beitrag ist das dritte Teilprojekt „Engineering Kanuslalom“. Es wurde im Sommersemester 2012 von der Autorin initiiert und maßgeblich fachlich und unter Leistungssportaspekten erfolgreich geführt. Das Projekt wurde von Carbon Composites e. V. (CCeV) sowie den Firmen SGL Carbon, Aerostruktur Faserverbundtechnik, Sika, LCC der TUM und dem Starkstrom-Team der Hochschule Augsburg unterstützt.

Die Vorgängerprojekte des SS 2012 und des WS 2012/13 haben unter anderem eine fähige Testmethodik zur strömungsmechanischen Geometrie-Optimierung für Kanuslalom-Wettkampfbote geschaffen. Mithilfe dieser Methodik gelang es, in entsprechenden Simulationsreihen Tendenzen zu erkennen, in welcher Weise eine Ausprägungsvariation der verschiedenen Parameter das Fahrverhalten beeinflussen könnte. Diese Erkenntnisse haben die bestehende Praxis bestätigt. Ein bestehendes handelsübliches Bootsmodell hat sich nach den definierten Eigenschaften als fast ideal herausgestellt. Diese Geometrie wurde im Sinne einer weiteren Optimierung modifiziert. In diesem Projekt wird die Optimierung mit der Strukturoptimierung vervollständigt. Nach Stand der Technik sind die gegenwärtigen Boote nicht leichtbaugerecht bzw. nicht ausreichend robust, was zu häufigen Reparaturen und zu einer kürzeren Lebensdauer führt. Zusätzlich wurde auch das Formwerkzeug betrachtet. Es gab Bestrebungen zu einem formflexiblen Formwerkzeug, jedoch wurde aus Zeit- und finanziellen Gründen zur Fertigung des Prototypen ein konventionelles Formwerkzeug verwendet.

### ZUSAMMENFASSUNG DER VORGÄNGERPROJEKTE

In den Vorgängerprojekten EKS1 und EKS2 (EKS: Engineering Kanuslalom) stand die strömungsmechanische Geometrie-Optimierung mittels Simulation im Vordergrund. Im ersten Projekt wurde eine Parametrisierung vorgenommen, eine Unterteilung der globalen Bootsform in einzelne Parameter. Ähnliches wurde auch schon in einer Studie der Universität Poitiers gemacht, jedoch verwendete diese Studie einen genetischen Opti-

mierungsansatz. Im EKS-Projekt wurde eine spezifische Optimierungsmethode verwendet, um Einflussfaktoren gezielter zu ermitteln und sich auf relevante Geometrie- werte zu konzentrieren [EKS1]. Als wichtigste Parameter wurden der Breitengradient, die Kanten geometrie und die Heck-3D-Geometrie definiert und untersucht.

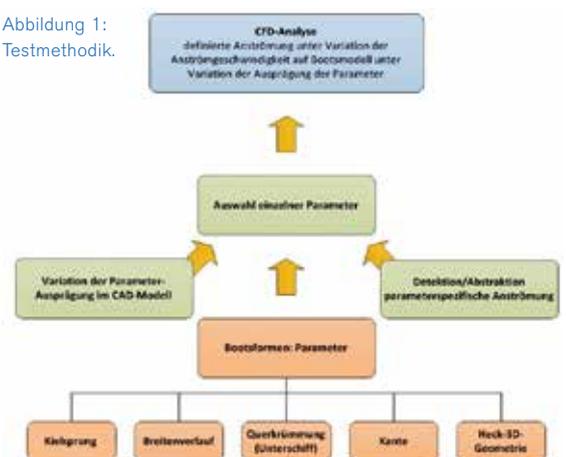
Auf der Industrie- und Forschungsseite sind folgende Partner beteiligt:

- Carbon Composites e.V. (CCeV)
- SGL Carbon
- Aerostruktur Faserverbundtechnik GmbH
- Sika
- LCC der Technischen Universität München
- Starkstrom-Team der Hochschule Augsburg (Formula Student Electric)

### ZUSAMMENFASSUNG DER TEILPROJEKTE

Zur Simulation wurden Anström-Lastfälle, wie sie im typischen Bewegungsmuster von Slalombooten auftreten, entsprechend abstrahiert. Das Quasi-3D-Bewegungsmuster von Slalombooten ist sehr komplex. Für den jeweils ausgewählten Parameter wurden mittels einem 3D-CAD-Programm Testkörper mit verschiedenen Ausprägungen erstellt. In den Simulationsreihen wurde nun ein qualitativer Vergleich erstellt, wie sich die unterschiedlichen Ausprägungen eines Parameters auf das Fahrverhalten auswirken könnten. Abb. 1 zeigt schematisch die Testmethodik.

Abbildung 1:  
Testmethodik.



Zum Ziehen der Rückschlüsse wurden unter anderem Anströmwiderstandswerte oder die Verlagerung des resultierenden Drehpunkts herangezogen. Genaueres kann im Projektbericht EKS1 des SS 2012 und im Bericht des WS 2012/13 (ISOPE-2013-TPC- 193) nachgelesen werden. Die EKS-Studie hat bestimmte Fahreigenschaften als ideal definiert. Erkenntnisse aus den Simulationen haben die Erfahrungswerte aus der Praxis, welche Bootsform nach diesen Eigenschaften ideal ist, bestätigt.

#### ENTWICKLUNG UND BAU DES PROTOTYPEN

##### A Geometrie-Erläuterung

Als ideal wurden in diesem Projekt folgende Fahreigenschaften definiert:

- Gutes Drehvermögen bezüglich einer Heckdrehung
- Gute auftriebsbedingte Beschleunigung nach einer Heckdrehung
- Gute Kantenführung bei gleichzeitig geringer Störströmungsempfindlichkeit (besten Weg zwischen Rundboden-Kastenform)

Nach den empirischen Verfahren entspricht ein Modell „Vajda Supremo“ (Abb. 2) mit harmonischen Geometrie-Verläufen am besten diesen Eigenschaften. Die betreffende Geometrie besitzt einen moderaten Breitengradienten, eine nicht zu scharfe, aber nicht zu ausgeprägte Kanten geometrie (90°, moderate Krümmung) sowie ein Heck mit gemäßigter Volumenverteilung.



Abbildung 2: Vajda Supremo als funktionale Standardgeometrie.

Die Auswertung der numerischen Strömungssimulation an voll umströmten Bootsformen ergab eine recht ähnliche Form, die als optimal fixiert wurde (Abb. 3).

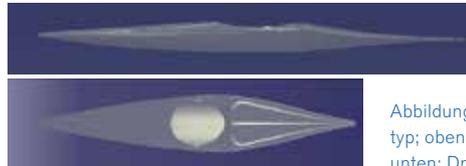


Abbildung 3: EKS-Prototyp; oben: Seitenansicht; unten: Draufsicht.

Die Geometrie des Prototypen erhielt noch einige Modifikationen. Die Kantenkrümmung wurde im Cockpit-Bereich etwas schärfer ausgeprägt. Dies soll eine präzisere und direktere Führung bei immer noch guter Kontrolle in Störströmungen ermöglichen. Im Vorderschiff wurde der Breitengradient leicht reduziert, um eine rautenförmigere Geometrie zu erhalten. Die Maximalbreite, die Maximalbreiten-Position sowie der Breitengradient im Heck blieben unverändert. Das Ziel dieser Geometrie-Modifikation ist die Optimierung des Beschleunigungsverhaltens bei Erhaltung einer guten Dreheigenschaft. Das Deck erhielt im Vorderschiff eine stärkere Wölbung, um ein besseres Auftauchverhalten zu gewährleisten. Ebenfalls modifiziert wurde die Heck-Geometrie. Nach dem Cockpit reduziert sich das Volumen sehr schnell, um leichtere Dreheigenschaften zu gewährleisten.

##### B Struktur des EKS-Prototypen

Das herkömmliche Strukturkonzept ist nicht leichtbaugemäß und wird auch einigen Lastfällen nicht gerecht, was sich durch schnellen Verschleiß oder Strukturschäden äußert. Bei dem EKS-Prototypen wurde den Lasten sowohl durch einen geeigneten Lagenaufbau als auch einen passenden Verstärkungsmechanismus Rechnung getragen.

##### C Verwendetes Material

Als Halbzeug wurde ein HT-Kohlefasergewebe (Sigratex KDK 8042) mit einem Flächengewicht von 200 g/m<sup>2</sup> gewählt. HM-Gewebe hätten ebenfalls zur Auswahl gestanden. Jedoch ist eine lokal zu hohe Steifigkeit in Anbetracht der Lastfälle weniger empfehlenswert. Das Gewebe besaß eine Körperbindung, um für die Teil relativ stark dreidimensional gekrümmte Rumpfgeometrie ausreichend gute Drapierbarkeit gewährleisten zu können.

Beim verwendeten Harzsystem handelt es sich um das Epoxidharz Biresin CR80 von Sika mit dem Härter CH80-10.

Abbildung 5:  
verklebter  
Formblock.



#### D Lagenaufbau

Der Lagenaufbau wurde für die Basis der Ober- und Unterschale jeweils wie folgt gewählt:

##### *Unterschiff:*

4 Lagen Gewebe mit Faserrichtungen  $[(0^\circ/90^\circ) / \pm 45^\circ]_s$

##### *Oberschiff:*

3 Lagen mit Gewebe mit Faserrichtungen

$[(0^\circ/90^\circ) / (\pm 45^\circ) / (0^\circ/90^\circ)]$

Die zusätzliche Lage im Unterschiff erklärt sich aus den dort verstärkt auftretenden Drucklasten.

Im EKS-Prototypen sind die „Verstärkungsrippen“ in Sandwichbauweise ausgeführt, um einerseits bei immer noch geringem Strukturgewicht die globale Beul- und Verformungssteifigkeit zu erhöhen und andererseits insbesondere im Bereich der Fügstellen Lasten von denselben zu nehmen. In Ober- und Unterschiff wurde jeweils eine Längsrippe verbaut, wobei im Oberschiff ein



Abbildung 4:  
Rippenstruktur  
im Unterschiff.

Band aus Kohlefasergewebe in  $(0^\circ/90^\circ)$ -Faserrichtung mit einer Lage, im Unterschiff mit zwei Lagen über dem Sandwichkern verwendet wurde.

Die Längsrippe dient der Erhöhung der globalen Biegesteifigkeit des Rumpfes in Längsrichtung. Weitere Verstärkungsrippen verlaufen kreuzweise zueinander,  $45^\circ$  verschränkt zur Bootsrichtung, wie in der Schemazeichnung (Abb. 4) dargestellt.

Die  $45^\circ$ -Richtung des Rippenverlaufs bedingt sich dadurch, dass die Rippen sowohl in Längsrichtung als auch senkrecht zur Längsachse wirkende Kräfte aufnehmen müssen. Hierbei sind unter anderem Torsion, Kompression des Rumpfes (etwa beim Transport) oder Beullasten durch Wasserdruck zu nennen. Im Unterschiff wurde im Sitzlukubereich zusätzlich eine Querrippe eingeführt, um das auf kleiner Fläche verteilte Fahrergewicht besser zu tragen.

#### FORMWERKZEUG

Wichtigstes Kriterium zur Auswahl eines geeigneten Formwerkstoffes ist eine ausreichende Dichte, damit die spätere Form keine zu großen Porositäten und damit Instabilitäten oder zu schlechte Oberflächenqualität aufweist. Bezüglich des Fräsens wurde das EKS-Projektteam von der Firma Aerostruktur in Gundelfingen unterstützt. In Abstimmung mit dem Firmenpartner bezüglich eines geeigneten Formwerkstoffes wurde Styrodur (Handelsname Jackodur) mit einer Druckfestigkeit von  $300 \text{ kN/m}^2$  gewählt.

Schlussendlich wurden zwei Formblöcke mit jeweils den Maßen  $3,75 \text{ m} \times 0,9 \text{ m}$  aus zwei Schichten mit einer Gesamthöhe von  $30 \text{ cm}$  mit PU-Schaum als Klebstoff aufgebaut, wie es die Abb. 5 zeigt. Auf dem Bild erkennt man auch die Sandsäcke zum Beschweren des Blockes, die das übermäßige Ausdehnen des PU-Schaumes beim Aushärten verhindern sollen.

Anschließend wurde aus den Formblöcken mithilfe eines Portalroboters die Bootsschalen-Geometrien als Negativ gefräst (Abb. 6).

#### FERTIGUNG DES PROTOTYPEN

Als Fertigungsverfahren wurden das VARI-Verfahren (Vacuum-Assisted Resin Infusion, Vakuum-Infusionsverfahren) verwendet. Die Fertigung fand in den

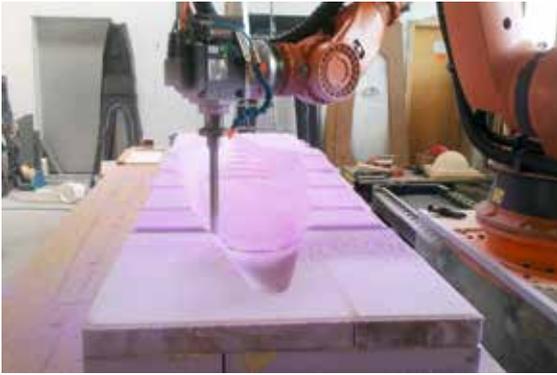


Abbildung 6:  
Fräsen der  
Negativform  
mittels Portalroboter.

Werkstätten des Augsburger Formula-Student-Vereins Starkstrom statt.

Das Starkstrom-Team hatte bereits bei der Fertigung eines Monocoques viel Erfahrung mit dem VARI-Verfahren gesammelt und konnte das EKS-Team mit entsprechendem Know-how unterstützen.

#### A PREFORM-AUFBAU

Der Aufbau der Preform erfolgte als Trockengelege. Das Kohlefasergewebe muss unter Einbehaltung der Faserichtung sorgfältig in alle Krümmungen drapiert werden, jedoch ohne die Rovings zu verschieben oder zu verziehen. Nach dem Auflegen wird durch behutsames Streicheln des Gewebes dasselbige fest an die Form anliegend hineindrapiert. Hat man Faserrichtungen und Anlegen des Gewebes berücksichtigt und die Lage liegt ohne sich zu beulen an, so kann man mit dem Fixieren beginnen. Das Fixieren ist nötig, um das Aufdrapieren der nächsten Lage und den Zusammenhalt innerhalb der Preform für Handling und Harzinjektion zu gewährleisten. Nach dem Drapieren der Basislagen – 4 im Unterschiff, 3 im Oberschiff - mussten die vorher vorbereiteten Sandwichkerne in die Preform eingebracht werden. Zum Einbringen in die Form wurden die Schaumkerne mit einem Heißluftföhn behandelt. Dadurch passten sie den Krümmungen des Bootsrumpfes an. Über die Sandwichkerne wurden im Oberschiff eine, im Unterschiff zwei Lagen eines 12 cm breiten Kohlefaser-Gewebe-Tapes drapiert.

#### B ENTFORMEN

Nach Aushärten bei Raumtemperatur über Nacht konnten beide Bootshalbschalen entformt werden. Hierzu wurden alle überstehenden Teile auf dem Niveau der Formwerkzeugebene eben abgeschliffen. Für die Formwerkzeuge war die Trennlinie jeweils als Ebene zur Seite extrudiert worden und entsprechend gefräst. Somit konnten an beiden Bootshälften die zueinander passenden Stoßebenen zur ersten Verklebung geschaffen werden.

#### C FÜGUNG

Mit einem dickflüssigen, zusätzlich mit Erosil und

gemahlener Kohlefaser verdicktem Harz, wurden beide Bootshälften zusammengefügt. Im Anschluss daran wurden kleine Unebenheiten ebengeschliffen, um den Fügebereich für die Schäftungslagen vorzubereiten.

#### D LETZTE FERTIGUNGSSCHRITTE

Nach dem Schäften wurde der Prototyp getempert. Das Tempern wurde vom Lehrstuhl für Carbon Composites an der TU München übernommen. Die letzten Fertigungsschritte sind der Stillrand und die Lackierung des Bootes. Von diesen beiden Schritten abgesehen ist der Prototyp bereit zur Sitzanpassung an den Athleten und zum Einsatz (Abb. 7).

Das Gewicht des Prototypen liegt bei knapp 7 kg und gehört damit, nach Kenntnis der Autorin, zu den leichtesten bekannten Strukturen für ein Kanuslalom-Wettkampfboot. Zudem lässt die Haptik der Struktur eine größere Festigkeit und Steifigkeit vermuten, als es bei herkömmlich produzierten Strukturen der Fall ist. Dies wird nach der eigentlichen Projektphase in Praxistests überprüft werden.

#### DANKSAGUNG

Das Projektteam wurde von Firmen, Institutionen und Einzelpersonen unterstützt, ohne die das Projekt nicht zu einem solch großen Erfolg hätte geführt werden können. Der besondere Dank des Projektteams gilt:

Abbildung 7:  
einsatzbereiter  
EKS-Prototyp.



- Prof. André Baeten für hervorragende und engagierte Unterstützung in organisatorischen und fachlichen Fragestellungen.
- Der Firma SGL Carbon, insbesondere Michael Heine und Alexander Brodkorb für die Bereitstellung der Kohlefaserhalbzeuge und Beratung in technischen Fragen.
- Johann-Peter Scheitle vom Carbon Composites e.V. für fachlichen Rat und Motivation.
- Der Firma Aerostruktur, insbesondere Wolf Hoffmann, Julian Kallert, Dieter Oppel und der gesamten Belegschaft. Aerostruktur hat das Fräsen der Formwerkzeuge übernommen sowie das EKS-Team in der CAD-Konstruktion und dem Finish der Formwerkzeuge stark unterstützt.
- Der Firma Sika für das gesponserte Harz-System.
- Swen Zaremba vom LCC der TUM für Kontaktvermittlung und das Tempern der Bootsstruktur.
- Dem Team von Starkstrom Augsburg, insbesondere Martin Hummel, für die Bereitstellung seiner Räumlichkeiten, Werkzeuge, Materialien sowie Know-how und tatkräftige Mithilfe während der Fertigung.

#### VERÖFFENTLICHUNGEN

- [1] Barm, S.; Dorsch, J. K.; Rotter, J.: „Parametrisierung und Evaluierung der Formgebungselemente moderner Kanuslalom-Wettkampfbote“. (2012), Projektbericht EKS1.
- [2] Baeten, A.; Barm, S.; Dorsch, J. K.; Gottfried, L.; Rotter, J.: „Boat Shape Optimization for Whitewater Applications“. International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE) Jahreskonferenz, Präsentation + wissenschaftliches Paper (2013) und Projektbericht EKS 2.
- [3] Barm, S.; Gottfried, L.; Grimm, A.; Thull, D.: „Strukturoptimierung und Fertigung eines Kanuslalom-Wettkampfbotes“. (2013), Projektbericht EKS 3.

beraten | planen | überwachen



- Baugrubensicherungen
- Tiefgründungen
- Bodenverbesserungen
- Böschungssicherungen
- Verankerungen
- Bestandserhaltungen
- Unterfangungen
- Injektionen
- Hydrologische Maßnahmen
- Grundwasserabdichtungen
- Auftriebssicherungen
- Umwelttechnik

**IGG**®  
Ingenieurgesellschaft  
Grundbau GmbH

**Unsere Ingenieurleistungen  
begleiten Ihre Grund- und  
Spezialtiefbauprojekte in  
allen Phasen zum Erfolg.**

IGG · Leipziger Straße 93 · 86169 Augsburg · Tel +49 821 74015-0 · Fax +49 821 74015-15 · [www.igg-grundbau.de](http://www.igg-grundbau.de)

## MAI Design: Konstruktion und Aufbau eines Impact-Teststands für CFK-Werkstoffproben

Projektarbeiten im Masterstudiengang Leichtbau- und Faserverbundtechnologie

Im Rahmen des Spitzencluster-Forschungsverbundes MAI Carbon wurde an der Hochschule Augsburg ein mobiler Impact-Prüfstand entwickelt. Diese Testeinrichtung dient der umfassenden Analyse des Impactverhaltens von Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffen unter Low-Speed- und High-Speed-impact. Der Prüfstand ist in zwei studentischen Projektarbeiten im Masterstudiengang „Leichtbau- und Faserverbundtechnologie“ entstanden.

Der Impact Prüfstand ist im Rahmen von MAI-Design als Teilprojekt des Spitzenclusters MAI Carbon entstanden. Ziel von MAI Carbon ist die faserver- und fertigungsgerechte Entwicklung von Bauteilen aus Hochleistungsverbundwerkstoffen, insbesondere kohlenstofffaserverstärkten Polymeren. Der Spitzencluster wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Abb. 1, mit einer Laufzeit von fünf Jahren.



Abbildung 1: offizielles Logo des Spitzenclusters MAI Carbon (Quelle: Carbon Composites e. V., BMBF).

Durch Zusammenarbeit von Industrie- und Forschungspartnern sollen innerhalb des Forschungsvorhabens zielgerichtete Lösungen für die Herstellung von Bauteilen aus Faserverbundkunststoffen (FKV) erarbeitet werden.



Aktuelle Problemstellungen und Defizite sollen durch optimierte FVK-Bauweisen und Fertigungsprozesse kompensiert werden.

Die Struktur des Verbundvorhabens ist in Abb. 2 dargestellt.

Abbildung 2: Struktur des Projektes MAI-Design und Interaktion zu den weiteren MAI-Carbon-Projekten (Quelle: Carbon Composites e.V.).

Zur optimalen Ausnutzung des Leichtbaupotenzials von FVK-Bauteilen sollen fasergerechte Bauweisen unter Berücksichtigung der zugehörigen Fertigungstechnologien erarbeitet werden. Diese sollen in Konstruktions- und Gestaltungsrichtlinien dokumentiert werden, um eine breite Anwendung im industriellen Umfeld zu ermöglichen.

Auf der Industrie- und Anwenderseite sind im Vorhaben MAI-Design folgende Partner beteiligt: EADS-IW, Aerostruktur, Audi, Automation W+R, BMW, CADCON, Eurocopter Deutschland (ECD), ESI, KSB, Premium Aerotec (PAG), Roding, Voith.

Auf der Forschungsseite sind folgende Partner beteiligt: DLR ZLP, HS Augsburg, Fraunhofer ICT (FIL), TU München (LBB, LCC), Universität der Bundeswehr.

### MOTIVATION UND ZIELSETZUNG

Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV) setzen sich aus Fasern und Matrix (Thermoplaste oder Duroplaste) zusammen. Aufgabe der Fasern ist die Aufnahme von Zuglasten, die Matrix überträgt auftretende Drucklasten. Durch den lagewisen Aufbau sowie die variable Faserorientierung bieten Faser-Kunststoff-Verbunde sehr hohes Leichtbaupotenzial. Darüber hinaus überzeugen FKV durch hohe Korrosionsbeständigkeit. Allerdings bestehen auch einige Nachteile, was die Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen betrifft. In diesem Zusammenhang soll besonders die geringe Beständigkeit gegen Impact-Schäden genannt werden. Durch sprödes Materialverhalten kommt es im Fall eines Einschlags zu Delaminationen und Rissen innerhalb der Matrix. Dies hat reduzierte Dauerfestigkeit und Druckfestigkeit zur Folge. Impact-Schäden werden durch unterschiedliche Ursachen hervorgerufen. Im Bereich Flugzeugbau bzw. dem Betrieb von Flugzeugen wären zum Beispiel herunterfallende Werkzeuge oder Vogelschlag zu nennen. Um unterschiedliche Einschlagenergien zu berücksichtigen, sind diverse Tests notwendig. Daraus ergibt sich die Motivation, einen Teststand zu entwickeln und aufzubauen, der veränderliche Einschlaggeschwindigkeiten abbilden kann.

Nach Abschluss des Projektes „Construction and Design of a Test Bed for Impact Analysis of Fiber-Re-



Prof. Dr.-Ing. André Baeten

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Telefon +49(0)821 5586-3176  
andre.baeten@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Auslegung und Berechnung von Hochleistungs-Faserverbundstrukturen
- Fluid-Struktur-Kopplung mit Schwerpunkt Flüssigkeitsdynamik
- Flugkörperdynamik in der Luft- und Raumfahrt

inforced Structures“, das im Wintersemester 2012/13 bearbeitet wurde, konnte der Impact-Prüfstand im Sommersemester 2013 aufgebaut und in Betrieb genommen werden. Dabei waren die zum Betrieb notwendigen Parameter zu bestimmen und gegebenenfalls anzupassen.

#### LASTENHEFT

Das Lastenheft für die Konstruktion des Prüfstandes hat u. a. die folgenden Punkte vorgesehen:

- Konzeption einer variablen Impact-Versuchsanordnung für den Impact-Geschwindigkeitsbereich von 0.1 bis ca. 25 m/s
- Konzepterstellung für eine Messeinrichtung im Low-Speed- und High-Speed-Bereich
- Design einer variablen Spannvorrichtung
- Konzept für eine Online-Visualisierung
- Analyse, ob ein quasi-statischer Biegeversuch mit Hilfe des Low-Speed-Impacts modelliert werden kann

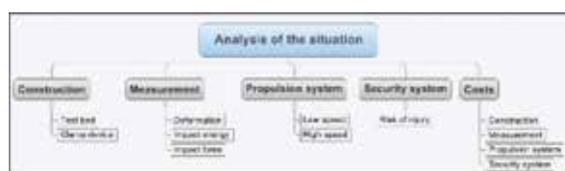
#### ORGANISATION DER PRÜFSTANDENTWICKLUNG UND KONSTRUKTION

Der Impact-Prüfstand wurde von zwei Studentengruppen aus dem Masterstudiengang „Leichtbau- und Faserverbundtechnologie“ konzipiert und aufgebaut. Die erste Gruppe hat sich im Wintersemester 2012/13 mit der Konzeptfindung und Konstruktion befasst, während die zweite Gruppe im Sommersemester 2013 die Komponenten bestellt und integriert hat.

Die erste Projektgruppe hat im Wintersemester 2012/13 in einer sehr strukturierten Bedarfsanalyse ein geeignetes Konzept entworfen, das sich an der Vorgehensweise in Abb. 3 orientiert.

Anhand einer gewichteten Entscheidungsmatrix wurde ein Druckgas-Beschleunigungsrohr für die Realisierung des High-Speed-Impacts ausgewählt. Für den Low-Speed Impact ist ein Pneumatikzylinder

Abbildung 3: Vorgehensweise zur Konzeptentwicklung für den Impact-Prüfstand [1].



ausgewählt worden, der unterhalb des Druckgasrohres installiert ist und über einen Auswahlschalter betätigt werden kann. Die benötigte Messeinrichtung wurde ebenfalls nach einer gewichteten Entscheidungsmatrix ausgewählt. Hierbei hat sich die Lichtschrankenmessung für die Bestimmung der Geschwindigkeit als geeignet herausgestellt. Das ausgewählte Konzept wurde anschließend in CAD auskonstruiert (Abb. 4) und eine Teileliste erstellt.

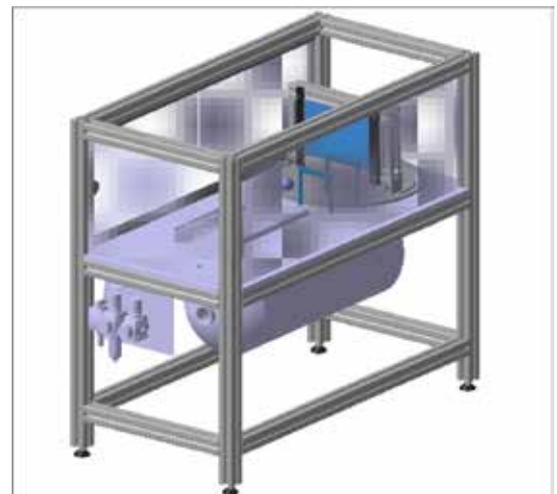


Abbildung 4: CAD-Abbildung des Konzeptes für einen modular aufgebauten Impact-Prüfstand [1].

#### AUFBAU DES TESTSTANDES

Der Impact-Prüfstand besteht aus verschiedenen mechanischen, pneumatischen, elektrischen und messtechnischen Komponenten:

##### Mechanische Komponenten

Der Rahmen des Prüfstandes ist aus Aluminiumprofilen zusammengesetzt. Die Verbindung der einzelnen Profile erfolgt mittels Winkeln im unteren Bereich und Automatikverbindern im oberen Teil. Um eine waagerechte Ausrichtung des kompletten Teststandes zu gewährleisten, wurden verstellbare FüÙe angebracht.

Zur Befestigung der Versuchsplatten kommen Klemmbacken zum Einsatz. Diese sind in den Querstreben des Rahmens durch Nutensteine befestigt und

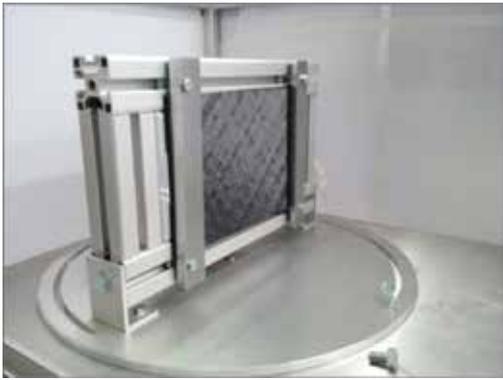


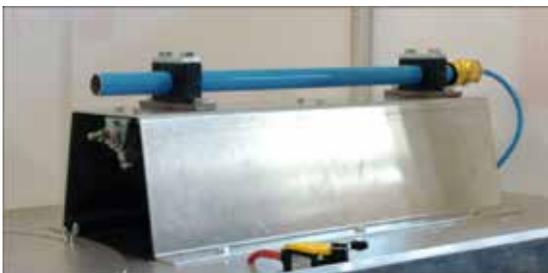
Abbildung 5: Haltevorrichtung mit eingespannter CFK-Probenplatte [2].

somit horizontal verschiebbar. Hierdurch, sowie durch die schrägen Innenflächen der Klemmbacken, ergibt sich eine größtmögliche Flexibilität, was Probengröße und -geometrie betrifft.

Der Rahmen mitsamt Klemmbacken ist wiederum über zwei Winkel mit der Grundplatte verbunden. Diese ermöglicht durch zwei Nuten eine Rotation der Haltevorrichtung in einem Intervall von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$  um die Hochachse. Somit lassen sich unterschiedliche Einschlagwinkel prüfen. In der Stellung  $90^\circ$  ist ein einfaches Platzieren der Testplatten möglich. Mittels zwei Flügelmutter kann die Drehung der Haltevorrichtung festgestellt werden (Abb. 5).

Das Antriebssystem für die Beschleunigung des Impactors besteht aus einem Druckgasrohr für den High-Speed-Impact und einem Pneumatikzylinder für den Low-Speed-Impact (Abb. 6).

Abbildung 6: Antriebssystem des Impact-Prüfstandes mit Druckgasrohr und Pneumatikzylinder [2].



### Pneumatische Komponenten

Die Ansteuerung des Pneumatikzylinders sowie die Regelung der Druckgas-Beschleunigung erfordern eine pneumatische Steuerung, welche in Eigenarbeit der Studenten ausgewählt, beschafft, integriert und geprüft wurden. In Abb. 7 ist der Bedienteil der Pneumatiksteuerung dargestellt.

### Elektrische Komponenten

Die Pneumatikventile sowie die Messperipherie des Impact-Teststandes werden über eine elektrische Schaltung angesteuert und mit 24-V-Gleichstrom versorgt. Die Einspeisung des Stromes in die Anlage und der Signalabgriff der Messperipherie erfolgen über Bananenbuchsen auf der Vorderseite des Bedienfeldes.

Die Buchsen verbinden die extern angeschlossene Spannungsquelle und Auswerteeinheiten mit einer Reihenklemme auf der Rückseite des Bedienfeldes. Hier laufen alle stromführenden Schutz- und Messleitungen zusammen.

### Messtechnische Komponenten

#### A Geschwindigkeitsmessung

Zur Aufnahme der wichtigsten Parameter, die während des Betriebs auftreten, wurden unterschiedliche Sensoren in den Teststand integriert. Dazu zählen u. a. zwei Gabellichtschranken, welche die Geschwindigkeit des Projektils aufnehmen. Beide Lichtschranken sind durch eine Halterung in einer definierten Position befestigt. Nach Montage der Lichtschranken wurde eine Funktionsprüfung durchgeführt. Im Oszilloskop ist die Durchlaufzeit des Projektils zu erkennen als Abstand zwischen den zwei Signalen des Projektildurchtritts durch die Lichtschranken. Der erste Ausschlag stellt das Signal der vorderen Lichtschranke, der zweite das der hinteren Lichtschranke dar. Mit der gemessenen Durchlaufzeit, in Kombination mit dem festgelegten Abstand der beiden Lichtschranken, kann die Projektilgeschwindigkeit ermittelt werden.



Abbildung 7: Antriebssystem des Impact-Prüfstandes mit Druckgasrohr und Pneumatikzylinder [2].

### *B Kraftmessung*

Die Kraft, die während des Einschlags auftritt, soll ebenfalls bestimmt werden. Hierzu ist eine Kraftmessdose, die am Hebelarm der Haltevorrichtung befestigt wird, vorgesehen. Da aber die zur Verfügung gestellte Kraftmessdose einen zu geringen Messbereich bietet und somit im höchsten Fall nur qualitative Messungen möglich wären, wurde hierauf zur aktuellen Zeit verzichtet. Aufgrund der weiteren Bearbeitung der Drehplatte, die den Sensor vorgespannt aufnehmen muss, würde eventuell ein Schaden entstehen, da sich die Aufnahmen je nach Art der Kraftmessdose unterscheiden. Folglich ist momentan die Installation der richtigen Kraftmessdose, die im Laufe der Zeit eintreffen sollte, nicht ohne weiteres möglich.

### FERTIGUNG VON CFK-TESTPLATTEN

Parallel zum Aufbau des Teststandes wurden Versuchsplatten gefertigt, wobei die ersten Testplatten zur Inbetriebnahme des Teststandes geplant waren. Im weiteren Verlauf sollten nach Anpassung von Fertigungsparametern wie Druck und Temperatur qualitativ hochwertigere Platten zu Versuchszwecken hergestellt werden. Sowohl Test- als auch Versuchsplatten wurden aus demselben Material gefertigt. Dabei handelt es sich um das Epoxid-Prepreg FT109 der Firma SGL epo GmbH mit einer Schichtdicke von 0,7 mm (Abb. 8).

Zur Herstellung der Platten kam das Heißpressverfahren zum Einsatz. Bei jedem Pressvorgang wurden zwei Platten gleichzeitig produziert.

### ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Es steht ein funktionsfähiger Impact-Teststand zur Verfügung, der in Forschung und Lehre uneingeschränkt benutzt werden kann und quantitative Aussagen über

das Impactverhalten von CFK-Bauteilen erlaubt. In einem nächsten Schritt muss der High-Speed-Antrieb parametrisiert werden, d. h. es wird untersucht, welcher Luftdruck zu welcher Geschwindigkeit des Projektils führt. Der funktionsfähige Teststand hat in bestimmten Teilen Verbesserungspotenzial, das im Folgenden erläutert wird. Da bei der Elastizität der Faserverbundplatten das Projektil zurückschleudern kann, muss eine weitere Schutzscheibe, die den hinteren Teil der Anlage vor Schäden schützt, eingebaut werden. Diese ist bereits komplett mit Halterung gefertigt und muss lediglich montiert werden.

Aktuell erfolgt die Schaltung des Pneumatikzylinders manuell. Um einen längeren Dauerversuch ohne aufwändiges Bedienen zu ermöglichen, sollte die elektrische Schaltung durch Integration einer Kleinst-SPS erweitert werden. Außerdem sollte ein internes Netzteil eingebaut werden, damit der Betrieb direkt am Hausnetz möglich ist.

Weitere Informationen zum Forschungsverbund

„MAI Carbon“:

<http://www.carbon-composites.eu>

### VERÖFFENTLICHUNGEN

- [1] Schuster, S.; Träger, M.; Schifflholz, M. (2012). „Construction and Design of a Test Bed for Impact Analysis of Fiber-Reinforced Structures,” Bericht zum Masterprojekt „Leichtbau- und Faserverbundtechnologie“ im WS 2012/13
- [2] Schuster, S.; Träger, M.; Lukawsky, M.; Scheppach, P. (2013). „Aufbau, Inbetriebnahme und Bewertung eines Impact-Teststandes für Faserverbundwerkstoffe,” Bericht zum Masterprojekt „Leichtbau- und Faserverbundtechnologie“ im SS 2013



Abbildung 8: Testplatte aus CFK, hergestellt im Faserverbundlabor der Hochschule Augsburg [2].

## MAI-Bildung: Entwicklung einer durchgängigen Ausbildungskette „Faserverbund“

Fachdidaktische Konzeption, Einführung und Evaluation von Curricula für allgemeinbildende Schulen

Das Forschungsvorhaben MAI-Bildung dient der Schaffung einer Bildungsinfrastruktur, die eine durchgängige Ausbildung „Faserverbund“ auf schulischem und universitärem Niveau sicherstellen soll. Im Rahmen dieses Vorhabens sollen Bachelorstudiengänge entwickelt werden, die gemeinsam mit Partnerhochschulen aus der MAI Region (München, Augsburg, Ingolstadt) angeboten werden sollen und die zum Ziel haben, hochqualifizierte Ingenieure für den wachsenden Markt an Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffen (FVK) hervorzubringen.

Das Ziel von MAI-Bildung im Rahmen des Spitzenclusters MAI Carbon ist die Entwicklung einer durchgängigen Ausbildungskette „Faserverbund“ von der frühkindlichen Bildung bis zum Hochschulabschluss. Der Spitzencluster wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Abb. 1, und hat eine Laufzeit von fünf Jahren.



Abbildung 1: offizielles Logo des Spitzenclusters MAI Carbon (Quelle: Carbon Composites e.V., BMBF).

Die Faserverbundtechnologie ist eine Hightech-Technologie. Um sie in Unternehmen einzusetzen, bedarf es hochqualifiziertem, akademischem Fachpersonal. Die Entwicklung der Region im Bereich Faserverbundtechnologie ist zwingend auf die Verfügbarkeit solcher Mitarbeiter angewiesen. Die entsprechenden Studiengänge sind noch nicht ausreichend vorhanden und müssen zur Deckung des Bedarfes konzipiert und eingerichtet werden. Ohne diese Akademiker würde die eingeleitete positive wirtschaftliche Entwicklung auf dem Themenfeld Carbon in der MAI-Region nicht nachhaltig sein können (Abb. 2).

Um die Durchgängigkeit des Bologna-Prozesses vom dualen Ausbildungsberuf bis zum akademischen Abschluss in einer in sich geschlossenen Ausbildungsstruktur im Themengebiet der Faserverbundtechnologie abzuschließen, ist ein eigenständiger (grundständiger) Studiengang „Faserverbundtechnologie“ zu konzipieren und inhaltlich so weit zu gestalten, dass er zeitnah als Voll-/Teilzeitvariante und als „Dualer Studiengang“ im

Rahmen des Projekts M.A.I. Carbon umsetzbar ist

Zu diesem Zweck ist unter dem Dach von MAI Carbon eine Didaktik-Arbeitsgruppe eingerichtet worden, die die inhaltlichen Anforderungen dieses Bachelorstudienganges bearbeiten soll. Diese Arbeitsgruppe soll intensiv durch Wissenschaftler der Universität Augsburg und der Technischen Universität München betreut werden, um vor allem die didaktischen Vorgaben der Industrie in Theorie und Praxis in jedem einzelnen Bildungsmodul für den Lernenden prägend zusammenführen zu können.

Im vorliegenden Vorhaben besteht somit das Ziel, die – für die Faserverbundtechnologie – nötigen Absprachen und Voraussetzungen in den Betrieben und vor allem mit den betroffenen Hochschulen und den zuständigen Berufsschulen zu schaffen, um im Förderzeitraum die notwendigen Voraussetzungen zur Einrichtung dieses Ausbildungsangebotes zu schaffen.

Innerhalb der Konzeptionsphase wird die anschließende Umsetzungsphase nach Möglichkeit so berücksichtigt, dass diese nicht losgelöst von der Konzeptionsphase ist.

### EINORDNUNG DES TEILVORHABENS IN DIE BILDUNGSKETTE

Ein wesentliches Ziel des MAI-Carbon-Teilprojektes MAI-Bildung ist die Förderung der frühkindlichen Technikorientierung, um bereits den Nachwuchs für das Thema Leichtigkeit und Festigkeit zu begeistern.

Unter Berücksichtigung des konzeptionellen Ansatzes des forschenden Lernens soll an der Universität Augsburg eine fachdidaktische Konzeption, Einführung und Evaluation curricularer Einheiten für allgemein bildende Schulen erarbeitet werden. Darüber hinaus soll projektorientiertes Arbeiten in Schülerlaboren erfolgen, um nicht nur die theoretische, sondern auch die



Prof. Dr.-Ing. André Baeten

#### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik  
Telefon +49(0)821 5586-3176  
andre.baeten@hs-augsburg.de

#### Forschungsgebiete

- Auslegung und Berechnung von Hochleistungs-Faserverbundstrukturen
- Fluid-Struktur-Kopplung mit Schwerpunkt Flüssigkeitsdynamik
- Flugkörperdynamik in der Luft- und Raumfahrt

#### Arnold Hopfau, M.Eng.

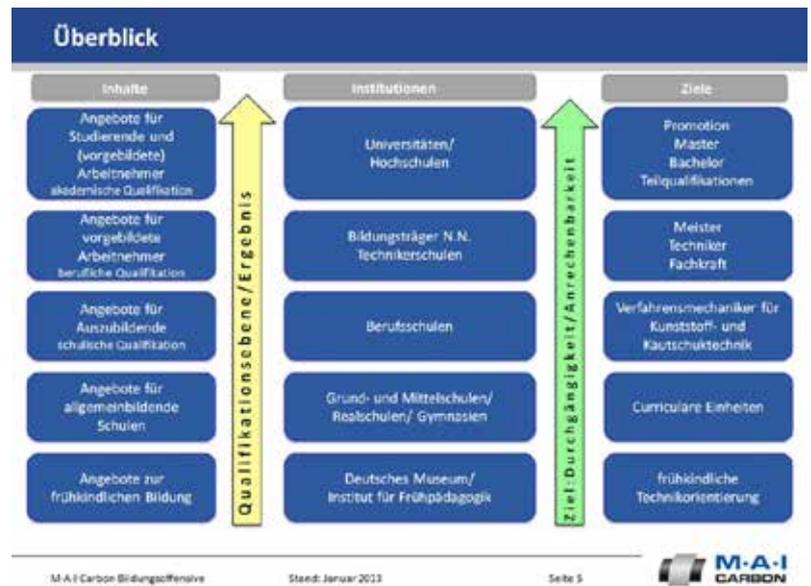
#### Hochschule Augsburg

Telefon +49(0)821 5586-3664  
arnold.hopfau@hs-augsburg.de



Abbildung 2: Einordnung von MAI-Bildung, hier als „Bildungsoffensive“ bezeichnet, in die Carbon-Composites-Strategie des Spitzenclusters MAI Carbon (Quelle: CCEV).

Abbildung 3: durchgängige Ausbildungsstruktur „Faserverbund“ von der frühkindlichen Bildung bis zum Hochschulabschluss (Quelle: CCEV).



praktische Auseinandersetzung mit Faserverbundthemen zu ermöglichen.

An der Hochschule Augsburg soll die Vernetzung der bestehenden Faserverbundkompetenzen weiter vorangetrieben und die Studienmöglichkeiten „Faserverbund“ erweitert werden. In diesem Zusammenhang soll ein neuer, gemeinsamer Bachelorstudiengang Faserverbundtechnologie an den Hochschulen in der MAI-Region, sowohl in Vollzeit als auch berufs begleitend und dual, konzeptionell entwickelt werden.

Darüber hinaus hat MAI-Bildung zum Ziel, die Ausbildungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit CFK-Werkstoffen auf- bzw. auszubauen. Hierzu gehört auch die Weiterbildung und Qualifizierung von Fachpersonal.

Die gesamte Ausbildungskette „Faserverbund“ ist zusammengefasst in Abb. 3 dargestellt.

#### Folgende Partner sind am Teilvorhaben MAI-Bildung unmittelbar beteiligt:

Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung (AMU) der Universität Augsburg (Koordination), Universität Augsburg (Didaktikkonzept weiterführende Schulen), Carbon Composites e.V. (Berufliche Aus- und Weiterbildung), Hochschule Augsburg (Hochschulausbildung)

#### ENTWICKLUNG EINES BACHELORSTUDIENGANGES „FASERVERBUND“

Die Aufgabenstellung für die Hochschule Augsburg gliedert sich in drei mögliche Studienangebote der Studienrichtung „Faserverbundtechnologie“:

##### A Vollzeitstudiengang „Faserverbund“

Unter der Federführung der Hochschule Augsburg werden die Hochschulen München und Ingolstadt gemeinsam einen Vollzeitstudiengang „Faserverbundtechnologie“ konzeptionell entwickeln. Dieser soll auf Basis der an den drei Hochschulen schon vorhandenen,

einschlägigen Studiengängen erarbeitet werden. Für den Teilbereich Verbindungs- und Füge-technik soll auf die Kompetenz der Hochschule Landshut zurückgegriffen werden. Ziel der Kooperation soll es sein, die Breite der möglichen Ausbildungsrichtungen von der Luft- und Raumfahrt über den Maschinen- und den Automobilbau bis zum Hoch- und Brückenbau durch die Einführung von Fachrichtungen an den einzelnen Hochschulen möglichst umfangreich abzubilden. Die erarbeiteten konzeptionellen Inhalte stehen den beteiligten Hochschulen nach Abschluss des Vorhabens zur Umsetzung uneingeschränkt zur Verfügung.

##### B Berufsbegleitender Studiengang „Faserverbund“

In der berufsbegleitenden Variante des Bachelorstudienganges „Faserverbundtechnologie“ wird die inhaltliche Konzeption der einzelnen Module von Professoren der Hochschulen Augsburg, München, Ingolstadt und Landshut sowie von Professoren der Technischen Universität München bzw. deren wissenschaftlichen Mitarbeitern erstellt. Die erarbeiteten Inhalte stehen den beteiligten Hochschulen nach Abschluss des Vorhabens zur Umsetzung uneingeschränkt zur Verfügung.

##### C Verbundstudium „Faserverbund“

Das Ziel des Verbundstudiums ist die Ausbildung qualifizierter junger Fach- und Führungskräfte mit Berufsausbildung und Studium in einem schlanken, integrierten Bildungsgang in 4 Jahren. Die Zielgruppe stellt besonders leistungsfähige und motivierte Schulabgänger mit allgemeiner Hochschulreife oder Fachhochschulreife dar.

Die Ausbildung gliedert sich in die Ausbildung im Betrieb, den Unterricht an der Berufsschule und das Studium an der Hochschule. Im Vorhaben besteht somit das Ziel, die – für die Faserverbundtechnologie – nötigen Absprachen und Voraussetzungen in den Betrieben und vor allem mit den betroffenen Hochschulen und den zuständigen Berufsschulen zu schaffen, um im

Förderzeitraum die notwendigen Konzepte bis zu einer möglichen Umsetzung erarbeiten zu können.

#### KOOPERATION MIT PARTNERHOCHSCHULEN

Im Berichtszeitraum fand ein erstes Treffen mit Vertretern der Fakultät Maschinenbau der Hochschule Ingolstadt statt. Dabei wurden primär die momentan vorhandenen Kapazitäten des Personals, der Räumlichkeiten und der Labore aufgenommen. Von Seiten der Hochschule Ingolstadt wurde das Interesse an einer Zusammenarbeit bekundet, jedoch auf die aktuell sehr hohe Auslastung des gesamten Lehrbetriebs hingewiesen. Eine Entlastung ist zumindest hinsichtlich der Räumlichkeiten ab 2014 und der Labore ab 2015 zu erwarten, wenn hierfür die im Bau befindlichen Neubauten fertiggestellt sind. Großes Interesse an der Beteiligung an einem gemeinsamen Studiengang besteht auch weiterhin von Seiten der Fakultät Maschinenbau der Hochschule Landshut, insbesondere auf dem Gebiet der Verbindungstechnik von Faserverbundwerkstoffen. Auch mit der Hochschule Landshut und der Partnerhochschule München ist man in engem Gespräch.

Als Basis zur inhaltlichen Konzeption dienen die Ergebnisse der CCeV-Arbeitsgruppe Didaktik, bei deren Erarbeitung unter anderem Vertreter der Partnerhochschulen aus MAI-Bildung beteiligt waren. Darauf aufbauend sollen in Zusammenarbeit mit den genannten Hochschulen die einzelnen Module ausgearbeitet werden und weitere Module aus den jeweiligen Vertiefungsrichtungen hinzugefügt werden.

Der Bachelorstudiengang „Faserverbundtechnologie“ soll inhaltlich völlig neu konzipiert werden. Dabei wird auf die Modulbeschreibungen sowohl der beteiligten Hochschulpartner als auch auf Curricula von extern durchgeführten, vergleichbaren Studiengängen zurückgegriffen. Hierbei sind die PFH Göttingen mit dem Bachelorstudiengang „Verbundwerkstoffe/Composites“ und die HS Magdeburg mit dem dualen Bachelorstudiengang „Maschinenbau/Composite Technologien“ zu nennen.

#### NUTZEN FÜR DIE REGIONALE INDUSTRIE

Die Unternehmen erhalten auf diesem Weg der akademischen Ausbildung die Fachkräfte, die sie in ihren

Betrieben benötigen, sind somit wettbewerbsfähig und steigern die Produktivität. Für die Mitarbeiter bedeutet die Qualifizierung die Sicherung des Arbeitsplatzes und den Einstieg in neueste technologische Entwicklungen und deren Anwendung. Die beteiligten Hochschulen schärfen ihr Profil und stärken ihre (strategischen) Partnerschaften mit der Industrie.

#### ZUKÜNFTIGE NUTZUNG DURCH DRITTE

Im Rahmen der „Hochschule Dual“ soll gemeinsam mit den Hochschulen in Ingolstadt, Landshut und München, der TU München und der Universität Augsburg (wissenschaftliche Begleitung) ein Konzept für den Ausbildungsgang „Hochschule Dual“ erarbeitet werden. In der Konzeptionsphase ist ebenfalls die zuständige Berufsschule mit eingebunden.

Für den Vollzeit-Bachelorstudiengang wird mit den o.g. Hochschulen und Universitäten zusammengearbeitet, wobei für den berufsbegleitenden Studiengang ein externer Bildungsträger bei der Konzeption und Umsetzung eingebunden wird. Die Hochschulen Ingolstadt, Landshut und München werden durch die Hochschule Augsburg in Form von Unteraufträgen beauftragt.

Es besteht zudem über die MAI-Region hinaus ein Interesse von weiteren bayerischen Hochschulen an einer Beteiligung am Projekt MAI-Bildung und den Studiengängen zum Thema Faserverbundtechnologie.

#### WEITERE SCHRITTE

In der nächsten Phase folgen weitere Gespräche mit den Partnerhochschulen, mit deren Unterstützung ein Curriculum für die Programme „Duales Studium“, „Vollzeit-Bachelor“ und „berufsbegleitender Bachelor“ Faserverbund entwickelt wird. Denkbar ist hierfür auch eine Fortführung der Arbeitsgruppe Didaktik des CCeV.

Informationen zum Forschungsvorhaben „MAI-Bildung“: <http://www.mai-bildung.de>

## Numerical Simulation of Fiber-Reinforced Material Dynamics

Set-up, verification and application of a numerical simulation chain designed for composite dynamics analysis



Prof. Dr.-Ing. André Baeten

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau und  
Verfahrenstechnik

Telefon +49(0)821 5586-3176  
andre.baeten@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Auslegung und Berechnung von Hochleistungs-Faserverbundstrukturen
- Fluid-Struktur-Kopplung mit Schwerpunkt Flüssigkeitsdynamik
- Flugkörperdynamik in der Luft- und Raumfahrt

The modeling of fiber-reinforced materials goes along with complex issues like the internal structure of the material and generally anisotropic material behavior. The dynamics of such a structure under high dynamic loading is an even more complex task. In this paper, an innovative Lagrange-based approach is highlighted that has been developed to analyze membrane tanks undergoing liquid sloshing phenomena.

The use of innovative materials for engineering applications is driven by particular mechanical and thermal requirements. Several of these requirements are related to the storage and insulation of liquids. Thereby, liquid dynamics is one of the most challenging factors in the tank design because it causes very high unsteady loads on the structure. Performance and safety especially for a manned vehicle contribute to a big extend to the exact knowledge of these loads together with the mass properties (centre of gravity and inertia) at any time during. Composite materials offer new aspects in design-to-application as they provide adjustable stiffness and thermal expansion in a wide range of mechanical and thermal loads. In particular, flexible tank insulation using membranes made of technical fibers look promising concerning the reduction of structural loads and increased reliability. The target of this paper is to highlight an innovative scheme that allows the assessment of mass property disturbances in a membrane tank. The analysis is done by numerical simulation using a three-dimensional time accurate particle-cluster method that has been successfully validated against experimental findings from test cases defined for the analysis of liquid sloshing. Here, the liquid dynamics simulation tool has been coupled with a similar structural modal of the membrane. A comparison of the structural loads due to the liquid-solid interaction will be provided for a rigid tank and for a flexible membrane tank.

### MULTI-LAYER MEMBRANE MODELING

In order to analyze the influence of the wall elasticity on the liquid-structure interaction, a composite material lay-up of the wall has been implemented in the numerical simulation scheme. The way ahead to determine the stresses in such a membrane is according to the following.

Given:

- Number of plies; given a specific ply  $k$
- Fiber orientation angle  $\alpha_k$
- Fiber volume content  $\varphi_k$
- Ply thickness  $t_k$
- Elasticity parameters  $E_{\parallel,k}, E_{\perp,k}, G_{\parallel,k}, \nu_{\perp,k}$
- External loads on the laminate  $\bar{n}_x, \bar{n}_y, \bar{n}_{xy}$

1) Determination of the elasticity law of the laminate:

$$\{\bar{n}\} = [\bar{C}] \cdot \{\bar{\varepsilon}\} \quad (1)$$

with  $C$ , the stiffness matrix of the laminate.

2) Transformation of the deformations into the specific Uni-Directional (UD)-ply coordinate system

3) Determination of the ply tensions according to

$$\{\sigma\}_k = [Q]_k \cdot \{\varepsilon\}_k \quad (2)$$

with  $Q$  the transformed stiffness matrix of one UD-ply.

4) Ply-by-ply strength analysis

According to classical laminate theory, the external loads are related to the strains in a membrane load case according to

$$\begin{pmatrix} \bar{n}_x \\ \bar{n}_y \\ \bar{n}_{xy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{16} \\ A_{21} & A_{22} & A_{26} \\ A_{61} & A_{62} & A_{66} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n Q_{ij} (z_k - z_{k-1}) \quad (4)$$

where  $A_{ij}$  is the sum of all plies  $k$  in dependency of the corresponding fiber orientation.

The quantities  $Q_{ij}$  are computed according to a 4th order tensor transformation  $T$  by the ply orientation angle.

$$Q = TQT^{-1} \quad (5)$$

The matrix  $Q'$  contains the basic ply stiffness coefficients.

$$Q_{yy} = \frac{E_{\perp}}{1 - \nu_{\perp\perp}\nu_{\perp\parallel}}, \quad Q_{xx} = \frac{E_{\parallel}}{1 - \nu_{\parallel\parallel}\nu_{\perp\parallel}}$$

$$Q_{xy} = \frac{\nu_{\perp\parallel}E_{\parallel}}{1 - \nu_{\parallel\parallel}\nu_{\perp\parallel}}, \quad Q_{ss} = G_{\perp\parallel}$$

The mechanical model behind is an equivalent spring model of fibers and matrix, see Figure 1.

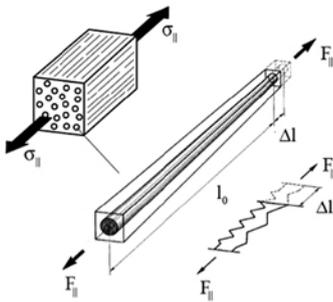


Figure 1:  
Mechanical model  
of fiber and matrix  
stiffness.

The material constants are given in fiber direction and transverse to the fibers. The membrane out-of-plane elongation  $w$  follows a non-linear function for large deflections. Due to the liquid impact on the wall surface, the out-of-plane deflection becomes a function of the membrane properties of the multi-layer compound. Consequently, the second von-Kármán equation is applied to capture the out-of-plane displacement in dependency of the external load and the membrane properties  $A_{ij}$ .

1) Out-of-plane point load (induced by particle-cluster rebound). The geometry of this situation is sketched in Figure 2.

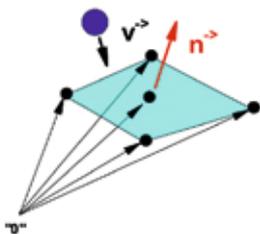


Figure 2: Tank surface  
element and liquid  
particle-cluster impact.

2) The relation between the bending stiffness  $D_{ij}$  and the out-of-plane displacement  $w$  is described by the 1st von Kármán equation

$$(6) \quad D_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2(D_{12} + 2D_{66}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + N_x \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}$$

$$(7) \quad = N_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2N_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + N_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - p_x \frac{\partial w}{\partial x} - p_y \frac{\partial w}{\partial y} + p_z \quad (8)$$

3) The in-plane strain (induced by out-of-plane displacement of all neighbor wall particle-clusters) can be computed according to Figure 3.

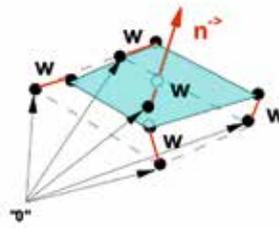


Figure 3: Deformed  
tank surface element  
after impact.

4) The relation between the membrane stiffness and the in-plane strain (induced by all out-of-plane displacements of the neighbor particle-clusters) is given by classical elasto-statics.

The membrane behavior in dependency of the out-of-plane displacement is given by the 2nd von Kármán equation.

$$\frac{1}{A_{11}A_{22} - A_{12}^2} (A_{22} \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} - 2A_{12} \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + A_{11} \frac{\partial^4 F}{\partial x^4} + (A_{22} - A_{12}) \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + (A_{11} - A_{12}) \frac{\partial^2 V}{\partial x^2}) + \frac{1}{A_{66}} \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} = \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w \partial^2 w}{\partial x^2 \partial y^2} \quad (9)$$

Where  $F$  is the Airy stress function and  $V$  the potential of external line loads. The strain compatibility requires from the geometry (see also Figure 4):

$$\epsilon_{x0} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \quad (10)$$

$$\gamma_{xx0} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right) \left( \frac{\partial w}{\partial y} \right) \quad (11)$$

The non-linear model is implemented in the particle-cluster dynamic loading code. The resulting strains and stresses in the laminate dissipate a certain amount of the kinetic energy of the liquid depending on the membrane

stiffness. From a distance corresponding to the membrane thickness, the velocity perpendicular to the wall of each individual particle-cluster within this distance is reduced to zero.

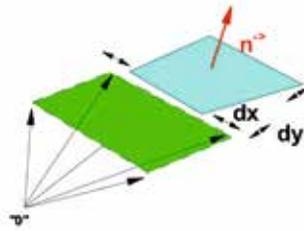


Figure 4: Displacements of the tank surface element after impact.

### 3. SLOSHING SIMULATION

The sloshing simulation was performed using two wall models. The rigid wall model is identical to the model described in [4]. The new elastic wall model is based on the classical laminate theory for orthotropic plates. The model represents a typical visco-elastic membrane behavior. All tanks in the multi-tank configuration are set up with identical wall parameters in terms of attraction / repulsion, friction and damping coefficients. The simulation parameters are listed in Table 1.

Parameter	Tank fill level 0.33
Number of Liquid Particles [-]	15500
Number of Boundary Particles [-]	9800
Total Number of Particles [-]	25300
Particle Mass [kg]	0.033
Particle Diameter [m]	0.0338
Bond Energy Liquid [J]	0.00012
Bond Energy Boundary [J]	0.00012
Repulsion Exponent m [-]	3.4
Attraction Exponent n [-]	1.7
Dissipation Parameter d [-]	0.9995

Table 1: Lennard-Jones parameters for the three-tank configuration.

In Table 2, the material properties of the multi-layer tank membrane are listed. The material stiffness has been adjusted using different membrane thickness.

Carbon-Fiber Reinforced Insulation	Value / Unit
Tensile Strength (fiber direction)	1550 [MPa]
Tensile strength (transverse)	60[MPa]
Young's modulus (fiber direction)	140 [GPa]
Young's modulus (transverse)	10 [GPa]
Laminate fiber orientation angles	(0/90)s
Number of plies (high stiffness)	22
Number of plies (low stiffness)	11
Laminate thickness (high stiffness)	2.4 mm
Laminate thickness (low stiffness)	1.2 mm
Density	1.54 [g/cm <sup>3</sup> ]

Table 2: Material properties of the multi-layer tank structure of the three-tank configuration.

### 4. GENERIC THREE-TANK CONFIGURATION (THREE PRISMATIC TANKS, IDENTICAL SIZE)

In this analysis, three identical generic prismatic tanks [1] have been combined to a three-tank configuration.

The test liquid is water. The tank configuration has been excited to harmonic oscillations w. r. t. x- and z-axis (displacement) and y-axis (rotation), respectively, simulating a typical wave trajectory (Figure 5).

The overall axial force on the tank walls due to liquid sloshing is shown in Figure 6 for the maximum force in x-direction and in Figure 7 for the maximum force in z-direction.

The simulation has been performed using first a rigid wall model, which does not permit any rebound damping due to wall flexibility.

In addition to that, a second simulation with identical parameters has been performed using an elastic wall model.

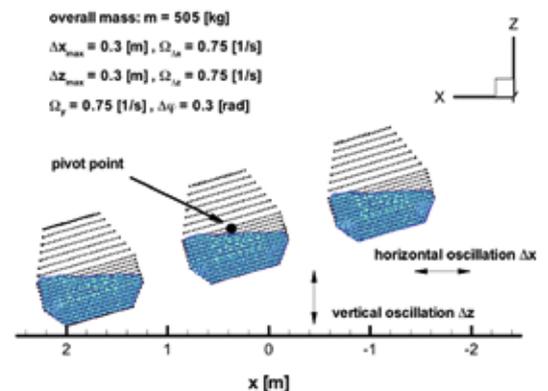


Figure 5: Three-tank configuration (prismatic tanks), displacement and rotation parameters.

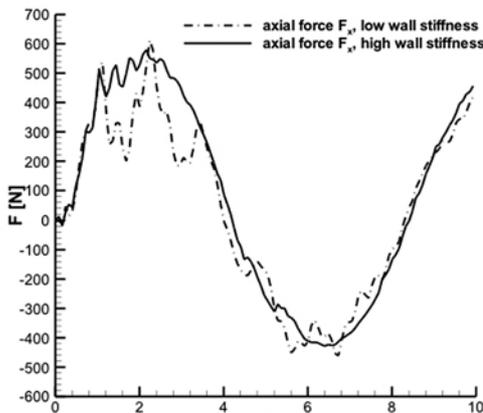


Figure 6: Three-tank configuration (prismatic tanks), maximum force (x-direction).

#### RECOMMENDATIONS FOR ANTI-SLOSHING MEMBRANE

The detailed wall force analysis shows a significant influence of the damping characteristics immediately at the wall on the rebound forces. Thereby, though a model providing no damping at all though a nonlinear damping model based on classical laminate theory for fiber-reinforced composite materials has been analyzed in order to find out the best wall characteristics in terms of structural damping. Here, the non-linear damping model has shown an advantageous rebound force suppression effect.

A favorable wall design providing a sufficient amount of structural damping properties is a multi-layer diaphragm. One possible technical solution consists of fiber reinforced fabric layers stacked with cryogenic-resistant foams. Technical foams are available providing elasticity even for very low temperatures. Therefore, it is recommended that tanks are equipped with a multi-layer diaphragm using fiber reinforced fabrics and foam insulation sheets. The damping can be adjusted via the layer thickness and stacking sequence using the orthotropic material properties.

#### CONCLUSIONS AND OUTLOOK

In the present study, the particle cluster approach has been used to simulate the rebound forces on a partially filled generic three-tank configuration made of composite materials. This analysis provides the basis for a tank wall design optimization in terms of a minimum liquid impact pressure and maximum wall stiffness. The variation of the tank wall structure in terms of stiffness and material combinations has revealed a significant influence of the tank stiffness on the impact forces. The combination of a strong reinforcement fiber material such as Carbon fibers (CFRP) and elastic matrix material made partly of insulation foam reveals lower impact pressure than the

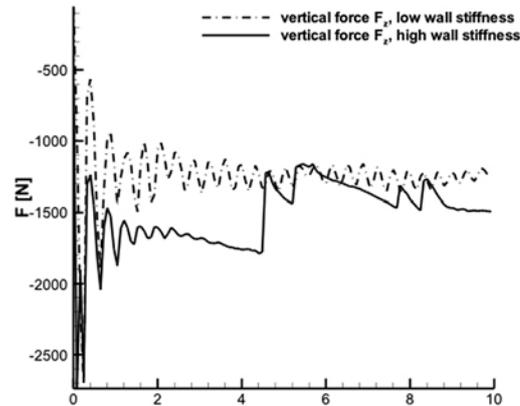


Figure 7: Three-tank configuration (prismatic tanks), maximum force (z-direction).

three-tank configuration with rigid walls, providing no damping.

The elastic wall model shows a huge potential for the use of composite material as structural damping element. The impact forces on the tank walls can be significantly reduced if the walls provide an elastic rebound behavior. A lightweight membrane can be technically realized using fiber reinforced structural layers and insulation layers in a pre-defined stacking sequence.

The next step in the optimization process will be the technical design of such a diaphragm, which is able to sustain the structural loads and extremely low temperatures and to determine the optimum material parameters.

Further Information about the particle-cluster approach <http://www.andre-baeten.de>

#### REFERENCES

- [1] Baeten, A. (2010). "LNG Tank Sloshing Parameter Study in a Multi-Tank Configuration," ISOPE-2010-TPC-212, Beijing, China, June 20-26.
- [2] Baeten, A.; Joerdening, A. (2010). "Spacecraft Thruster Efficiency Optimization with respect to Coupled Solid-Liquid Dynamics," 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Orlando, FL, paper AIAA-2010-1446.
- [3] Baeten, A, Stern, D (2008). "Prediction of Dam Break Hydrodynamic Wall Pressure," ISOPE-2008-TPC-105, Vancouver, Canada, July 06-11.
- [4] Baeten, A (2007). "Liquid Sloshing Simulation Using a Three-Dimensional Particle-Cluster Approach," Phd Thesis, Department of Mechanical Engineering, RWTH Aachen University, Germany.

## HyCOMET-1 A SOUNDING ROCKET RESEARCH PROJECT

Experimental Rockets and Rocket Engines under development by students of the University of Applied Sciences Augsburg



Dipl.-Ing. (FH)  
Moritz Ellerbeck M.Sc.

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau und  
Verfahrenstechnik  
Telefon +49(0)821 5586-3628  
moritz.ellerbeck@hs-augsburg.de



Dipl.-Ing. Thomas Dirlich

### TomsWay E.K.

Telefon +49(0)89 74388388  
buero@tomsway.de

Within the research project HyCOMET-1, conducted by the University of Applied Sciences Augsburg and described in the following, the use of fiber-reinforced composite material for structural components and the propulsion system of sounding rockets on ballistic trajectories is investigated. Due to the requirements this materials family are a promising solution to achieving a higher lift-off capacity.

In order to reach higher altitudes and top velocities with ballistic experimental rockets two elements are required: 1) a lightweight launcher structure and 2) an efficient propulsion system.

On the one hand it is a state of art technology to achieving 1) by utilizing fiber-reinforced composite materials to construct optimized launcher structures. On the other hand 2) up to now is mostly achieved by using rocket engines based on a metallic lightweight design, due to heavy systems requirements, like mechanical and thermal constrains and production restraints.

HyCOMET-1 is a Hybrid-Composite Experimental-Rocket for high altitude ballistic flights and experimental purpose designed and built by students of several faculties at the University of Applied Sciences Augsburg. Project management is settled at the Faculty of Mechanical and Process Engineering. Project priorities are focused on evaluating to which extent it is feasible to exchange standard metallic components in the various subsystems of a rocket with new composite materials as well as a new development of a mission optimized hybrid rocket propulsion system. [1]

### STERN

Since November 2012 HyCOMET-1 is part of the STERN program, organized and funded by the DLR, with its aims at promoting rocket engineering skills and science in students at universities all over Germany. Therefore its main goal is to support and improve the academic education in the field of launch vehicle systems with its components such as launch vehicle structure and propulsion systems design. All projects supported in this program deal with designing and testing small ballistic sounding rockets.

The STERN program has set the following overall requirements for the project:

- In a full flight conducted at ESRANGE in Kiruna, Sweden, the rocket is to reach an apogee of > 3000 m
- The rocket has to surpass Mach 1 and fly at supersonic velocities at one stage of the mission
- In-flight telemetry data has to be transmitted live to the ground during the flight
- Full recovery of all flight equipment has to be provided

### MISSION DESIGN

The HyCOMET-1 launcher is designed as a single stage modularized experimental rocket. Hence one single hybrid rocket engine will lift the vehicle up to the designated altitude.

Based on given requirements Fig. 1 displays HyCOMET-1's flight envelope. Supported by a rail structure at launch the vehicle will be powered for the first 10 s in-flight and continue climbing to apogee until aerodynamic and gravity drag eliminates vertical velocity at approx. 5000 m. An immediately deployed small parachute will return the vehicle to an altitude of about 400 m. At this altitude a larger parachute will decrease drop-speed to 3 m/s till ground contact. On-board electronics transmit in-flight data continually during the whole flight to a ground station.

### LAUNCHER DESIGN

The vehicle itself is composed as a system of modular units with standard interfaces connecting the units to each other. The units are standardized in their diameter,

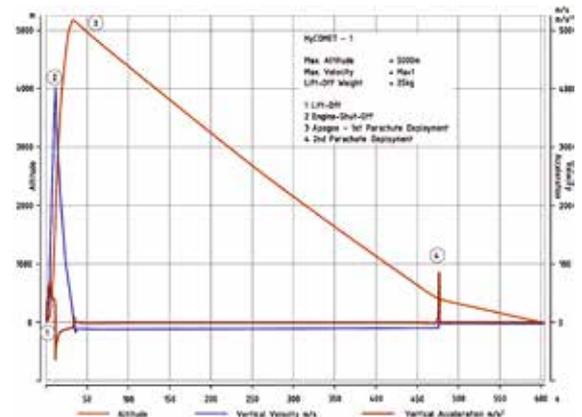


Figure 1: Flight Envelope HyCOMET-1.

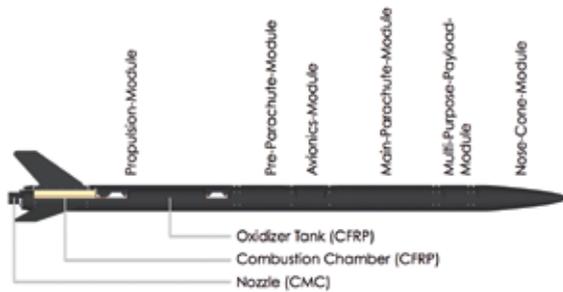


Figure 2: HyCOMET-1 Launch Vehicle

materials, and loadbearing structure to form a rockets hull. Each unit houses a specific function or subsystem of the rocket, e.g. a recovery system or a telemetry unit. Each module is connected by a structural interface to the hull. By this modular assembly it is possible to react easily to mission specific requirements or modifications and achieve optimized mission performance. For example it is simple to exchange different propulsion systems in the rocket. [2]

Fig. 2 below depicts the assembled launcher HyCOMET-1 with the different modules stacked. The main dimensions are about 3000mm in length and 150mm in diameter.[3]

To meet the given requirements in most cases high performance composite materials like carbon fiber reinforced polymers will be applicable. Further fiber reinforcements such as glass or aramid will apply in special areas where required.

### PROPULSION SYSTEM

Hybrid rockets are defined as propulsion systems with fuel and oxidizer in two different chemical phases (e.g. solid/liquid). A typical combination is solid fuel and liquid/gaseous oxidizer. By regulating the flow of the fluid reaction partner the combustion process can be controlled.

The pressurized oxidizer (self-pressurized or externally pressurized) is stored in a tank and is released under controlled conditions before ignition. It flows through the feed system and evaporates partly within an injector unit, which sprays the gaseous/liquid mixture into the combustion chamber. To start the combustion process an igniter system or an exothermal chemical

reaction is required to vaporize the solid fuel grain and allow combustion of fuel and oxidizer. The pressurized reaction products will be accelerated via the expansion nozzle to generate thrust. [4]

Self-pressurized systems use the oxidizers saturated vapor pressure to generate pressure within the tank. External pressurized systems use an additional high-pressure tank with an inert gas to achieve the required pressure for fuel transport. As a result the feed pressure of a self-pressurized system will decrease over burn time as will the combustion chamber pressure. The externally pressurized systems work under a constant transport pressure.

The propulsion system of HyCOMET-1 is a central research and design activity in the project combining the application of composite materials with hybrid rocket propulsion. HyCOMET-1's rocket engine HyER FM is composed of four major components depicted in FIG. 3 below:

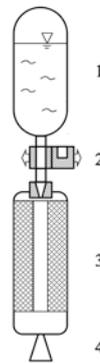


Figure 3: Major Components Hybrid Rocket Engine

- 1) Pressure tank: liquid N<sub>2</sub>O
- 2) Feed/supply system: transport N<sub>2</sub>O in liquid form into the combustion chamber
- 3) Combustion chamber: with HTPB solid fuel
- 4) Expansion nozzle: provide propulsion for the rocket

Due to lightweight requirements and the high weight of a metallic construction the pressure tank (1) and the combustion chamber (3) are implemented in lightweight fiber-reinforced design. The expansion nozzle (4) will be implemented in fiber-reinforced ceramics due to the high thermal and structural loads applying here.

In-depth experiments with the mentioned designs will be conducted by utilizing an engineering model of HyER (HyER EM). Additionally this model will be used to determine the engines parameters and properties. The design of HyER EM is depicted in Fig. 4.



Prof. Dr.-Ing. André Baeten

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau und  
Verfahrenstechnik  
Telefon +49(0)821 5586-3176  
andre.baeten@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Auslegung und Berechnung von Hochleistungs-Faserverbundstrukturen
- Fluid-Struktur-Kopplung mit Schwerpunkt Flüssigkeitsdynamik
- Flugkörperdynamik in der Luft- und Raumfahrt

HyCOMET-1 is a DLR and BMWi funded Project  
Part of DLR – STERN Program  
Project-Code 50RL1257  
Nov. 2012 till Oct. 2015



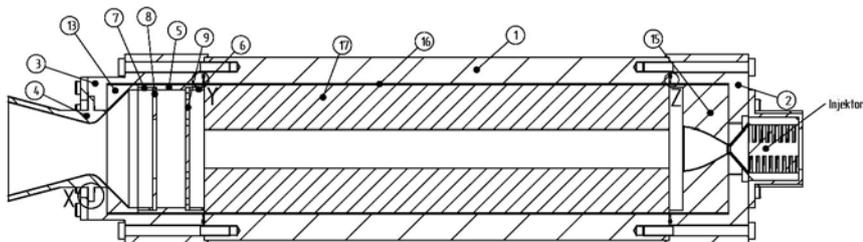


Figure 4: HyER EM ENGINE [5]

#### ORGANISATION

This project is in many substantive sections incorporated into a research and technology background in “Light-weight Construction and Composite Technologies” at the Faculty of Mechanical and Process Engineering at HSA. Involving further faculties with technical and non-technical fields are intentional and worth aspiring to. All development and research work is conducted by students within Bachelor- and Master theses, student projects and a volunteer student group participating in their spare time. The HyCOMET-1 team always welcomes dedicated students willing to participate in many different fields of the project.

HyCOMET-1 also includes local industrial and research partners of HSA to expand the development process with professionals’ knowledge. Therefore workshops and special courses are scheduled with this experts open to all interested student, not only HyCOMET participants.

DLR MORABA (Mobile Rocket Base) and DLR Lampoldshausen support HyCOMET-1 within system reviews and technical advise during several project phases. The final rocket launch will take place in summer 2015 at ESRANGE in Kiruna, Sweden, a european rocket launch facility.

#### ACKNOWLEDGMENT

The authors offer special thanks to the DLR STERN program initiators and program managers for the great opportunity. Also a special thanks to Prof. Dipl.-Ing. Ulrich Thalhofer, vice-president of HSA and Prof. Dr.-Ing. André Baeten for the their great support of the HyCOMET project.

#### REFERENCES

- [1] Ellerbeck, M. and T. Dirlich. 2013. Using Composite Materials for Hybrid Propelled Ballistic Experimental Rockets. 5th EUCASS Conference Proceedings, Munich
- [2] Sener D., and T. Mayer. 2012. Auslegung einer Raketenstruktur für die studentische Experimentalrakete der HS-Augsburg. Project-Thesis. University of Applied Sciences Augsburg.
- [3] Mochnik P., A. Ehlert, K. Razdelenko, P. Schwägele, M. Thalhammer. 2013. Detailierung eines Leichtbau-Strukturkonzepts für eine Experimentalrakete. Project-Thesis. University of Applied Sciences Augsburg.
- [4] Schmucker, R. 1972. Hybridraketenantriebe – Eine Einführung in theoretische und technische Probleme (1st edition). Munich. Goldmann
- [5] Razdelenko K. 2013 Design und Auslegung einer Brennkammer für ein Hybridraketenantriebwerk. BA-Thesis. University of Applied Science Augsburg.

## Research Satellite CEOSAT: Composite Experimental Optical Sloshing Analysis Testbed

Student project aiming at designing, manufacturing, integrating and launching a pico satellite

The satellite CEOSAT (Composite Experimental Optical Sloshing Analysis Testbed) is a research project conducted by the Augsburg University of Applied Sciences (UAS), aiming at establishing the system competence in manufacturing and operating a satellite from a ground station at the UAS. The satellite shall provide a standardized interface to a modular experiment box on board, while the satellite principal structure is made of fiber-reinforced composite material.

The CEOSAT satellite aims at providing full access to space operations with a reasonable budget. CEOSAT is capable of transmitting signals, capturing experimental data onboard and having autonomous guidance and control devices.

A pico-satellite is a cube of 10 cm side length and a maximum weight of 1,3 kg. Although having only small dimensions, the satellite is a complex system providing all relevant components of a full-size satellite. The so-called cubesat standard has been defined by the California Polytechnic State University in order to give research institutions and universities the chance to get access to space at reasonable budget. Figure 1 shows an example for a cubesat.

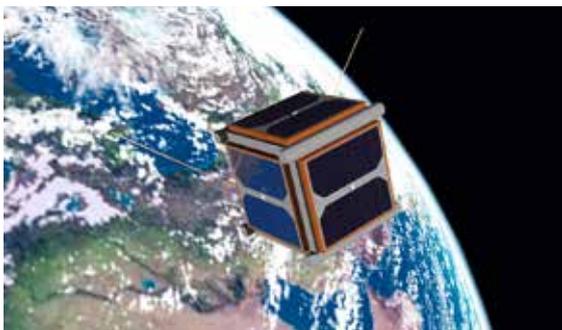


Figure 1: Example of a cubesat with orbital deployer [California Polytechnic State University].

The CEOSAT project was launched in 2010 by a student project in the Bachelor course of mechanical engineering [10]. In the project the basic system components and the required technologies were identified and a budget and time plan was developed.

Based on this business plan, several diploma and bachelor theses have dealt with details of the satellite

setup and operation. The analyses have covered areas of the releasing of the satellite from the launch vehicle [6], the structural and thermal analysis [3] [9], battery and solar cell layout [4] [5] and the design of the guidance and control system [1].

A project within the master course “lightweight construction and composite technology“ has treated the manufacturing process of the satellite’s main structure made of CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic) and GFRP (Glass Fiber Reinforced Plastic) [7]. A bachelor project in cooperation with the *faculty* of IT has analyzed the ground station requirements for a reliable satellite operation from the HSA site [8]. One mechanical component of the ground station is the antenna support structure, which has been designed and constructed in a bachelor project related to CFRP and sandwich technology [2].

### SLUSHING ANALYSIS

Liquid dynamics in microgravity is one of the most challenging factors in spacecraft designing. The performance and safety factors, especially for a manned spacecraft, contribute to a big extend to the exact knowledge of the mass properties (center of gravity and inertia) at any time during the mission. The spacecraft mass changes according to the fuel consumption. Furthermore, the physical characteristics of the residual fuel become an important driver for the dynamics of the spacecraft. The fuel- tank interaction affects the spacecraft’s trajectory mainly in three ways. First, during maneuvers the physical properties rapidly change in accordance with the thruster action. Second, the fuel impact on the tank walls is a limiting factor for the tank structure design as well as for the guidance accuracy of the spacecraft. Third, the thruster system has only limited capacity in terms of fuel resources and thrust for guidance and attitude control. In the same time, it is used to correct the trajectory of the spacecraft if deviations due to fuel sloshing occur. The target of the research satellite CEOSAT is an innovative experiment that provides data of liquid dynamics in microgravity. The data aim at optimizing the thruster control laws of a generic model satellite with respect to liquid dynamics in microgravity. A sketch of the proposed experiment is given in Figure 2.



Prof. Dr.-Ing. André Baeten

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau und  
Verfahrenstechnik  
Telefon +49(0)821 5586-3176  
andre.baeten@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Auslegung und Berechnung von Hochleistungs-Faserverbundstrukturen
- Fluid-Struktur-Kopplung mit Schwerpunkt Flüssigkeitsdynamik
- Flugkörperdynamik in der Luft- und Raumfahrt

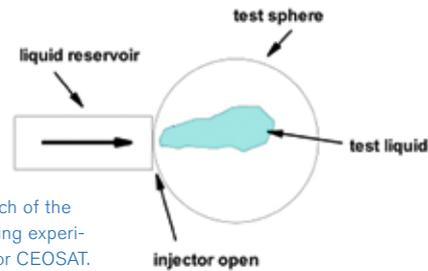


Figure 2: Sketch of the onboard sloshing experiment design for CEOSAT.

The numerical analysis is done by a three-dimensional time accurate particle- cluster method that has been successfully validated against experimental findings from test cases defined for the analysis of liquid sloshing. Here, a partially filled cylindrical tank with two semi-spheres at the extremities has been submitted to forced accelerations and rotations, simulating spacecraft instantaneous thruster ignition and spin maneuvers. Thrust profiles of the full-scale experimental satellite Sloshsat FLEVO have been simulated with this particle-cluster approach. Sloshing effects and impact forces have been found very close to those obtained from the experimental satellite.

#### SATELLITE STRUCTURE DESIGN

The structure of the CEOSAT satellite consists of lightweight materials, to a big extent, of Carbon Fiber Reinforced Plastic (CFRP). This material provides many advantageous properties like high rigidity at low density, load path optimized design and excellent fatigue behavior. The primary structure of CEOSAT is given in Figure 3.

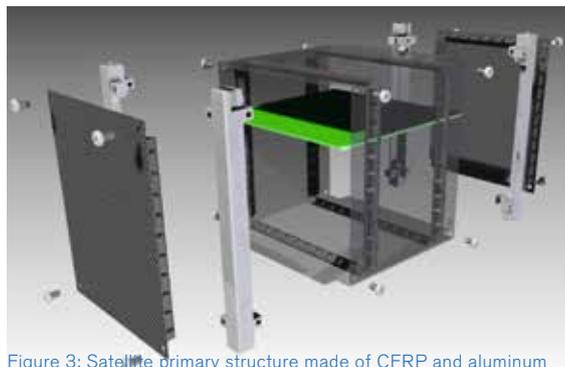


Figure 3: Satellite primary structure made of CFRP and aluminum components [3].

On the other hand, there are some issues to be considered like manufacturing of very complex, small scale components, certification for the required temperature range (+ 50°C down to -270°C) and the heat conductivity of carbon, which is less than a metal.

There is also a hybrid material joining technology to be developed for the interface between the CFRP structure and the guiding rails made of aluminum. These rails are required for a safe launch from the carrier vehicle. Here, contact corrosion is a problem to be solved by additional glass fiber layers as interface.

The Carbon structure must be designed in a way that heat from the electronic components must be conducted to cooler areas of the satellite. As the heat conductivity of Carbon fibers depends on the fiber direction, special attention is given to an optimized fiber alignment not only with respect to mechanical loads, but also to thermal properties. One example for the heat transfer simulation is given in Figure 4.

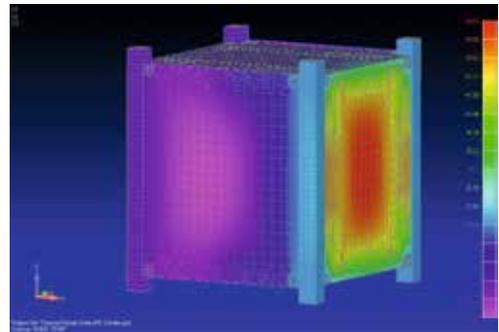


Figure 4: CEOSAT primary structure heat transfer for full sunlight period [3].

#### MODULAR SYSTEM LAYOUT

The CEOSAT pico-satellite shall be designed in a modular setup which enables the same basic platform to be used for different operational configurations. Therefore a standardized interface for the experiment board is required, which is capable to transmitting data from different sensors and sequences of events.

For the first satellite to be launched no later than 2016, a camera will be onboard to take some snapshots of the Earth from a Low Earth Orbit (LEO), 400 – 600 km above the Earth.

The first mission shall prove the system capabilities and technical maturity.

Subsequent satellites, which will consist of up to three cubes aligned in parallel, shall carry experimental platforms, which are able to analyze e.g. the dynamics of liquids in microgravity (sloshing).

#### INDUSTRY PARTNERSHIP AND COLLABORATIONS

Possible synergies at Augsburg UAS are:

##### Faculty of Mechanical and Process Engineering:

- Fluid Dynamics <-> Simulation
- Composite design <-> Construction/ Production Technique/Composite Lab/Lightweight Construction
- Measurement Technique <-> Sensor and Actuator Technique, Data Acquisition and Evaluation

##### Faculty of Electrical Engineering:

- Measurement Technique <-> Architecture of the Electrical Components, Power Supply

##### Faculty of Information Technology:

- Implementation of the Guidance, Control, and Communications Software

Industry partnership is desired and very welcomed in the current state of the project. From the system point of view, suppliers of guidance and control devices and battery supply are required for the next steps in the integration process. At the same time, telecommunications and data management are required to assure a safe transmission of experimental and satellite state data to the Earth.

#### CONCLUSIONS AND OUTLOOK

CEOSAT is on a good way to become a continuous student project. All main system components have been analyzed in diploma / bachelor theses and sub-projects.

It is envisaged to establish a permanent team consisting of students, engineers and professors to ensure a continuous work on the satellite systems and to facilitate the integration process. As demonstrated for the ground

station design, an interfaculty project approach is preferred in order to use synergy effects.

Further Information about CEOSAT:

<http://www.andre-baeten.de>

#### REFERENCES

- [1] Röß, S. (2013). „Auslegung des Lageregelungssysteme eines Pico-Satelliten,” Bachelor Thesis, Augsburg University of Applied Sciences
- [2] Wiedenmann, R.; Mazurenko, A.; Wang, H. (2012). „Konstruktion und Fertigung eines Antennenmastes aus CFK für die Bodenstation zum Betrieb eines Pico-Satelliten,” Group Project Bachelor of Mechanical Engineering, Augsburg University of Applied Sciences
- [3] Stikklas, F. (2011). „Struktur-Layout eines Pico-Satelliten,” Bachelor Thesis, Augsburg University of Applied Sciences
- [4] Schöpf, J. (2011). „Auslegung des Energiespeichersystems eines Pico-Satelliten,” Bachelor Thesis, Augsburg University of Applied Sciences
- [5] Mayer, T. (2011). „Auslegung des Energieversorgungssysteme eines Pico-Satelliten,” Bachelor Thesis, Augsburg University of Applied Sciences
- [6] Jüttner, J. (2011). „Simulation des Aussetzvorgangs eines Pico-Satelliten,” Diploma Thesis, Augsburg University of Applied Sciences
- [7] Bauer, A.; Scheuerer, D.; Oxenbauer, M.; Lerner, I.; Heinlein, L. (2011). „Fertigungskonzept für einen Pico-Satelliten,” Group Project Master of Lightweight Construction and Composite Technology, Augsburg University of Applied Sciences
- [8] Schöler, T.; Baeten, A. (2011). „Konzeption einer Bodenstation für den Betrieb eines Pico-Satelliten,” Group Project Bachelor of IT Technology, Augsburg University of Applied Sciences
- [9] Sauer, D. (2010). „Auslegung des Thermalsystems eines Pico-Satelliten,” Diploma Thesis, Augsburg University of Applied Sciences
- [10] Gall, L.; Gerblinger, T.; Mayer, T.; Kleemann, D.; Lerner, I.; Schindler, M. (2010). „Vorstudie zur Konzeption eines Pico-Satelliten,” Group Project Bachelor of Mechanical Engineering, Augsburg University of Applied Sciences

## Was bedeutet die Energiewende für Verbraucher?

... beantwortet von Prof. Dr.-Ing. Michael Finkel MBA und seinen wissenschaftlichen Mitarbeitern Michael Wiest M. Sc. und Anton Gerblinger, Dipl.-Ing. (FH), Fakultät für Elektrotechnik



Prof. Dr.-Ing. Michael Finkel

Hochschule Augsburg  
Fakultät für Elektrotechnik  
Telefon +49(0)821 5586-3366  
michael.finkel@hs-augsburg.de

### Interview: Prof. Dr.-Ing. Franz Raps, Dekan der Fakultät für Elektrotechnik

**Die Energiewende ist fast drei Jahre nach der Atomkatastrophe von Fukushima ein zentrales Projekt der Bundesregierung mit vielen offenen Fragestellungen. Können Sie den Lesern erläutern, an welchen Fragen die Hochschule Augsburg arbeitet?**

**Finkel:** Die Hochschule Augsburg arbeitet an sehr vielen Fragestellungen, die auch an anderen Stellen in diesem Forschungsbericht vorgestellt werden: Ich konzentriere mich mit meinen beiden wissenschaftlichen Assistenten Michael Wiest und Anton Gerblinger auf die Netzplanung von Niederspannungsnetzen und auf neue Tarifmodelle. Lassen Sie mich das Ganze an einem konkreten Beispiel erklären: Sie wohnen in einem Ort, in dem in den letzten Jahren immer mehr PV-Anlagen installiert wurden. Die vermehrte Einspeisung der PV-Anlagen zur Mittagszeit kann dazu führen, dass mehr Strom erzeugt wird als verbraucht und ins übergeordnete Netz zurückgespeist wird. Dies führt dazu, dass das Netz auch für diese Situation ausgelegt werden muss. In der Arbeit von Anton Gerblinger untersuchen wir, ob durch neue Tarifmodelle Anreize geschaffen werden können, dass dieser Strom erzeugernah verbraucht und somit das Netz entlastet wird. Außerdem simulieren wir die Auswirkungen eines immer größer werdenden Anteils an Eigenverbrauch auf die verschiedenen Marktakteure. In der Arbeit von Michael Wiest geht es darum, wie durch neue intelligentere Komponenten der Netzausbau vermieden bzw. zumindest zielgerichteter und kostengünstiger bewerkstelligt werden kann.

**Arbeiten Sie dabei mit anderen Hochschulen oder Unternehmen zusammen?**

**Finkel:** Bei den beiden genannten Forschungsthemen arbeiten wir eng mit verschiedenen Bereichen der Lechwerke AG und den Technischen Universitäten München und Braunschweig zusammen. Die Zusammenarbeit mit verschiedenen Unternehmen ist mir hierbei besonders wichtig, da hierdurch eine sehr praxisnahe Forschung sichergestellt werden kann und wertvolle Anregungen aus der Praxis direkt in die Forschungsarbeiten mit einfließen.

**Führt der Wegfall der EEG-Vergütung dazu, dass PV-Anlagen nicht mehr wirtschaftlich sind?**

**Gerblinger:** Nein, das wird nicht der Fall sein! Unsere Untersuchungen zeigen, dass bereits heute eine PV-Anlage nur mit einer Vergütung nach dem Börsenpreis von 5 ct/kWh wirtschaftlich betrieben werden kann. PV-Anlagen würden dabei nicht mehr nach der maximal möglichen Leistung, sondern nach einem maximalen Eigenverbrauchsanteil dimensioniert werden. D.h. es wird nicht mehr das komplette Dach mit PV-Modulen ausgestattet, sondern nur noch so viel, dass der Kunde die von der PV-Anlage erzeugte Energie zum größten Teil selbst nutzen kann. Der Überschussstrom wird zu Marktpreisen ins Netz eingespeist.

**Wieso wird Eigenverbrauch der selbst erzeugten Energie immer mehr diskutiert?**

**Gerblinger:** Dies hat mehrere Gründe. Auf der einen Seite steigen die Strompreise immer weiter an. Seit 1990 haben wir einen durchschnittlichen Preisanstieg von 7 Prozent p.a. zu verzeichnen. Größter Preistreiber sind dabei staatliche Umlagen und Abgaben, die aufgrund der Energiewende notwendig sind. Demgegenüber sinken die PV-Anlagenkosten und korrespondierend dazu auch die Einspeisevergütungen. Beides führte bereits im Jahr 2012 zur so genannten Grid-Parity. Dies bezeichnet den Zeitpunkt, ab wann es für Kunden günstiger ist, ihren Strom durch eine PV-Anlage selbst zu erzeugen, anstatt sie vom Stromvertrieb zu beziehen. Somit ist es seit letztem Jahr wirtschaftlich, die selbst erzeugte Energie in den eigenen vier Wänden selbst zu verbrauchen.

**Mit Batteriespeicher kann man den Eigenverbrauch erhöhen. Sind die Speicher noch zu teuer?**

**Wiest:** Ja, Batteriespeicher haben den Vorteil, dass der Verbrauch am Abend auch durch die selbst erzeugten Kilowattstunden gedeckt wird. Je nach Speichergröße kann so viel Energie eingespeichert werden, dass der gesamte Verbrauch eines Tages aus der PV-Anlage und Batterie gedeckt wird. Im Winter fehlt aber wegen der geringen Sonneneinstrahlung oft die Energie, um die Batterie überhaupt zu laden. Hier ist es also kaum möglich, einen Haushalt komplett zu versorgen. Problematisch wird es zudem bei hohen Lastspitzen,

wie zum Beispiel von Wärmepumpen. Hier muss der Batteriewechselrichter auch die nötige Leistung bereitstellen können. Alles in allem sind die Speicherpreise von derzeit rund 2500 €/kWh noch sehr hoch. Eine unserer Studien hat ergeben, dass sich bei der aktuellen Preislage der Speicher gegenüber dem direkten Eigenverbrauch nicht rechnen. Erst bei Reduktion der Speicherpreise von etwa 70 Prozent wird es interessant, die selbst erzeugte Energie im Keller zwischenspeichern.

#### Wirkt sich die PV- und Windeinspeisung positiv auf die Spotmarktpreise aus?

**Gerblinger:** Vermehrte Windeinspeisung führt im ersten Tagesdrittel aufgrund der niedrigen Last zu vermehrt negativen Spotmarktpreisen. Die starke Volatilität der Windeinspeisung sorgt aber dafür, dass in Stunden ohne Wind relativ teure Spitzenlastkraftwerke (Gaskraftwerke) schnell einspringen müssen. Dies erhöht den durchschnittlichen Spotmarktpreis in den Nachtstunden. Die PV-Einspeisung drückt den Spotmarktpreis über die Mittagszeit vor allem in den Sommermonaten stark nach unten. Alles in allem lässt sich somit über den Tag ein Harmonisierungseffekt der Spotmarktpreise beobachten. Die ehemalige Hochpreisphase um die Mittagszeit wird also immer günstiger bzw. die Nachtstunden werden immer teurer.

#### Wie lange dauert es noch, bis wir tageszeitabhängige Strompreise angeboten bekommen?

**Gerblinger:** Dies ist nicht vorherzusagen! Die tatsächlichen Energiepreise am Spotmarkt harmonisieren sich beispielsweise immer mehr, was für Vertriebe den Spielraum für Preisvariabilitäten egalisiert. Des Weiteren wären zumindest im viel diskutierten Haushaltskundenbereich Kundenverlagerungen durch variable Strompreise für Vertriebe aufgrund des Standardlastprofilverfahrens sogar kontraproduktiv. Alles in allem ist demnach der Schrei nach variablen Preisen im Haushaltskundenbereich derzeit mehr ein marketinggetriebenes Phänomen als eine wirklich sinnvolle Alternative auf dem Weg der „Energiewende“.

#### Vor welcher Herausforderung stehen Vertriebe?

**Gerblinger:** Die Wirtschaftlichkeit von Eigenverbrauch

ist wohl die größte Herausforderung für Vertriebe. Kunden werden sich in Zukunft, soweit dies möglich ist, selbst mit Energie versorgen, was wiederum die Energieliefermengen von Vertrieben stark zurückgehen lässt. Dem auf die Lieferung von Energie aufgebauten Geschäftsmodell muss demnach ein Paradigmenwechsel folgen, ohne den Vertriebe in Zukunft nur sehr schwer überlebensfähig sind.

#### Was bedeutet dies alles für die Verteilnetze?

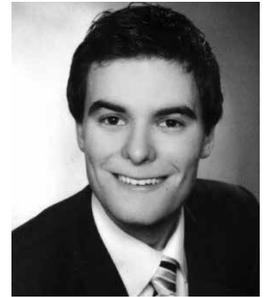
**Wiest:** Zunehmende PV-Leistung führt zu Mehrbelastung der Netze. Die Einspeiseleistungen einzelner PV-Anlagen übersteigen meist den Haushaltsverbrauch, nachdem die Netze ursprünglich dimensioniert wurden. Verstärkend kommt hinzu, dass sich die Einspeiseleistung der PV-Anlagen nicht gleichmäßig auf den Tag verteilt, sondern immer alle Anlagen gleichzeitig produzieren, oder eben gerade nicht. Dies stellt die Verteilnetzbetreiber vor große Herausforderungen.

#### Wieso muss eigentlich das Netz smarter werden?

**Wiest:** Versorgungsnetze bzw. deren Betreiber haben die Aufgabe, die benötigte elektrische Energie mit einer festgelegten Qualität zum Kunden zu liefern. Ein Hauptmerkmal dieser sogenannten Qualität ist die Spannung am Hausanschlusspunkt. Durch die zunehmende Erzeugung in den Verteilungsnetzen wird die Spannung im Netz immer weiter angehoben. Schon heute werden dabei die zulässigen Grenzwerte erreicht oder sogar überschritten. Um dem entgegenzuwirken, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die alle mit Mehrkosten für die Netzbetreiber verbunden sind. Jetzt gilt es natürlich, die technisch beste und kostengünstigste Variante zu finden. Hier setzen zum Teil neue Technologien an, die oft als „smart“ bezeichnet werden.

#### Welche Technologien kommen denn zum Einsatz?

**Wiest:** Diese Frage wird ausführlich in einem Forschungsprojekt untersucht. Eine Standardlösung für die Spannungshaltung in Verteilungsnetzen gibt es nicht. Es gibt, wie gesagt, verschiedene Technologien mit verschiedenen Vor- und Nachteilen. Durch die Reduzierung der Einspeiseleistung von PV-Anlagen auf 70 Prozent oder die Blindleistungsregelung von Wechsel-



Anton Gerblinger  
Dipl.-Ing. (FH)

Hochschule Augsburg  
Fakultät für Elektrotechnik  
Telefon +49(0)821 5586-3590  
anton.gerblinger@hs-augsburg.de



Michael Wiest, M.Sc.

Hochschule Augsburg  
Fakultät für Elektrotechnik  
Telefon +49(0)821 5586-3575  
michael.wiest@hs-augsburg.de

richten kann die Belastung der Netze reduziert werden. Eine weitere Variante stellen regelbare Ortsnetztransformatoren dar. Hier wird die Spannung am Trafoausgang geregelt und somit im Verteilungsnetz so eingestellt, dass sie immer innerhalb der Vorgaben liegt.

**Haben Sie dadurch einen Überblick über das gesamte Netz?**

**Wiest:** Natürlich treten in unterschiedlichen Regionen auch unterschiedliche Probleme auf. Dennoch wird in einer weiteren Abschlussarbeit versucht, die einzelnen Ortsnetze im Netzgebiet der LEW Verteilnetz GmbH anhand charakteristischer Daten zu clustern. Damit können gute Rückschlüsse aus den Ergebnissen einer Untersuchung auf andere Orte mit ähnlichen Problemen übertragen werden.

**Werden Ihre theoretischen Überlegungen in der Praxis erprobt?**

**Wiest:** Ja, in einer Ortschaft in Schwaben mit Problemen im Verteilungsnetz wird derzeit im Rahmen einer Abschlussarbeit untersucht, welche der verschiedenen Varianten zur Spannungshaltung am geeignetsten ist und welche Kosten bei einer Ausbaumaßnahme entstehen. Dabei arbeitet ein Student direkt mit den Planern der LEW Verteilnetz GmbH zusammen. Die Ergebnisse können später auch für die Bewertung der Situation in anderen Verteilungsnetzgebieten herangezogen werden.

**Gerblinger:** Ja, das werden sie! In Zusammenarbeit mit der Lechwerke AG betreuen wir zurzeit drei Pilothäuser in bayerisch Schwaben, die jeweils mit einer PV-Anlage und Batteriespeicher ausgestattet wurden, um Erkenntnisse über deren Arbeitsweise sowie netztechnische und wirtschaftliche Folgen zu gewinnen. Des Weiteren sind wir ein Teil des RWE-Pilotprojektes „Smart Operator“ bei der Lechwerke AG. Hier wird in einem Siedlungsgebiet von Schwabmünchen die Zukunft des intelligenten Netzes sowie der intelligenten Kundenkommunikation getestet.

**Gibt es aus Ihren Forschungstätigkeiten heraus einen Einfluss auf die Lehre?**

**Finkel:** Wie bereits angeklungen ist, werden viele Teilaspekte der Forschungsarbeiten im Rahmen von Bachelor- und Projektarbeiten direkt mit den Industriepartnern bearbeitet. Dies bietet den Studierenden viele Vorteile: Bearbeitung topaktueller Themen, direkter Praxisbezug und Diskussion der Ergebnisse direkt mit den Unternehmen. Wenn die Fragestellung einen längeren Bearbeitungszeitraum erfordert, so kann diese auch im Rahmen des Masters of Applied Research bearbeitet werden. Tobias Kerber beispielsweise beschäftigt sich seit dem Sommersemester 2013 mit dem Blindleistungsfluss im Mittelspannungsnetz. Die Forschungstätigkeiten haben aber auch Einfluss auf die Vorlesungsinhalte: Sei es, dass Teile des Skriptes den neuesten Erkenntnissen angepasst oder dass bestimmte Fragestellungen auch mal in der Vorlesung diskutiert werden und die Studierenden somit für diese Themen sensibilisiert werden.

Weitere Informationen finden Sie in folgenden Veröffentlichungen:

- [1] Finkel, M. et al.: Germans transition towards renewable energy supply – A system thinking approach. CIRED 2013, Stockholm, Juni 2013.
- [2] Gerblinger, A. et al.: Simulation of innovative business cases for household customers in Germany. CIR-ED 2013, Stockholm, Juni 2013.
- [3] Gerblinger, A.; Wiest, M.: Eigenverbrauch in Privathaushalten, Eine Chance mit vielen Facetten. ew, Jg. 112 (2013), Heft 12, 42-45.

# Einfach 2 Wochen testen!



**SMS AN 4 20 20\*** mit ZEITUNG STUDI Vorname Name Straße PLZ Ort

\* Der Versand einer SMS an die 4 20 20 erfolgt zu deinem regulären SMS-Tarif.



**TELEFON**

[08 21] 7 77 23 23



**E-MAIL**

abo@augsburger-allgemeine.de



Alles was uns bewegt

## Machbarkeitsstudien zur Produktion 2020

Autonome Roboterzellen, Objekterkennung und Entscheidungsprozesse in der Garnfertigung



Prof. Dr.-Ing. Markus Glück

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik

Telefon +49(0)821 5586-3154  
markus.glueck@hs-augsburg.de

### Technologie Centrum Westbayern GmbH

Emil-Eigner-Straße 1  
86720 Nördlingen  
Telefon +49(9081)8055-101,  
-104  
glueck@tcw-donau-ries.de  
www.tcw-donau-ries.de

### Fachgebiete

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

Die industrielle Bildverarbeitung (IBV) steht vor einem beispiellosen Siegeszug in der Produktionstechnik, der Fertigungsautomation und Qualitätskontrolle. Laseroptische Sensoren, Scanner, Kamera- und Bildverarbeitungssysteme sind als „künstliche Augen“ in der Inline-Produktionsmesstechnik (= produktionsbegleitende Prozess- und Qualitätskontrolle) nicht mehr wegzudenken. Sie kommen überall dort zum Einsatz, wo mit hohem Tempo ermüdungsfrei und zuverlässig eine Bewertung relevanter Prüfmerkmale im Fertigungsfluss erfolgen muss. Vollständig integriert, verleihen Kameras, Scanner und Sensoren modernen Maschinen die Fähigkeit, zu sehen, zu erkennen und Entscheidungen zu treffen sowie fertigungsbegleitend eine hundertprozentige Qualitätskontrolle vorzunehmen.

Dank des enormen Leistungszuwachses der Kamerasysteme und Rechnertechnik (Hardware) sowie dank der Verfügbarkeit von Standardbibliotheken und Entwicklungsumgebungen der industriellen Bildverarbeitung (Software), sind wirtschaftliche Systemlösungen heute für eine Vielzahl von Prüfaufgaben möglich. So zum Beispiel die Erkennung von Form, Geometrie, Lage und Maßhaltigkeit zugeführter Werkstücke, die Identifikation von Werkstücken und Codierungen, die verlässliche Erkennung von End-, Kontroll- und Handhabungspunkten, die eine korrekte und zuverlässige Montage und Bestückung sicherstellen. Eine individuelle Zusammenstellung dieser Operationen führt zum gewünschten Prüfalgorithmus.

Die industrielle Bildverarbeitung mit ihren Möglichkeiten zur berührungslosen Messung eröffnet aber auch viele neue Anwendungen in zukunftsorientierten Bereichen, wie zum Beispiel die Objekterkennung als Wegbereiter für eine vollautomatisierte Produktbearbeitung mit autonomen Entscheidungsprozessen, wie sie beispielsweise die „Industrie 4.0“ fordert.

Vorgestellt wird eine Machbarkeitsstudie zur autonomen Prozessführung in einer Roboterzelle auf Basis der industriellen Bildverarbeitung und Farberkennung, für die im Rahmen eines Pilotprojekts zur automatisierten Garnrollenhandhabung gemeinsam mit Studierenden der Fritz-Hopf-Technikerschule in Nördlingen und der Textilveredelungsunion GmbH & Co. KG (Leutershausen, Nähe Ansbach) ein Lösungsansatz entwickelt und in der betrieblichen Praxis getestet wurde.

Der immens hohe Kostendruck in der Produktion von Garnrollen erfordert eine möglichst lückenlose Automatisierung von personalintensiven Fertigungsprozessen. Ein besonders aufwändiger und ergonomisch für den Werker anspruchsvoller Prozess ist das Palettieren von Garnrollen sowie die Abnahme dieser farblich zu sortierenden Garnrollen von einem Auslaufband nach einem Färbe- und Trocknungsschritt. Diesen galt es auf eine mögliche Automatisierbarkeit bei flexibler Automation einer vorhandenen Roboterzelle hin zu testen.

### REALISIERUNG EINES TESTAUFBAUS

Eine mit einem Industrieroboter (Typ KUKA KR-30 HA) ausgestattete Roboterzelle am Technologie Centrum Westbayern (TCW) sowie eine mit Hochleistungs-CMOS-Bildsensoren bestückte Farbkamera wurde inklusive einer Beleuchtung an der Decke über dem Auslaufband platziert (Abb. 1).

Die Auswerteroutinen wurden in der Entwicklungsumgebung „Vision Builder“ (National Instruments) realisiert, die Datenübertragung zur Steuerungsumgebung des Roboters (KUKA KRC 2) über einen seriellen I/O-Port aufgebaut. Die Einführung eines benutzerdefinierten Koordinatensystems auf Ebene der Verpackungsoberkante kompensiert Parallaxenfehler. Zur Kalibrierung wird ein Testmuster benutzt, das die Berechnung der geometrischen Verzeichnungen ermöglicht (Abb. 2).

Für die Aufnahme der jeweils ca. 8 kg schweren Garnspulen wurde ein mechatronischer Druckluft-Innengreifer konzipiert, am Roboter integriert und als Tool Center Point (TCP) definiert (Abb. 3).

Die Steuerung der Verfahwege und Werkstückaufnahme erfolgte vollständig autonom auf Basis der Bildanalysen, die mit den Bilddaten der Deckenkamera aufgenommen wurden.

### UMSETZUNG IN DER BETRIEBLICHEN FERTIGUNGSPRAXIS

Nach erfolgreichen Tests und Erstbemusterungen wurden das am Transferzentrum entwickelte Programm und der Greifer auf den bereits beim Kunden vorhandenen KUKA-Palettierroboter erfolgreich übertragen. Zwischenzeitlich hat sich das System bewährt. Nach Geschwindigkeitsoptimierungen werden heute ca. 5.000



Abbildung 1: Testaufbau mit Garnaufnahme unter der Deckenkamera auf der linken Seite und einem Ablagetisch zur farblich korrekten Verpackung auf der rechten Seite.



Abbildung 3: Bildgeführte Garnaufnahme mit Druckluft-Innengreifer vom Abnahmetisch.



Abbildung 4: Technikteam bei der Übergabe an die Textilveredlungsunion (TVU) in Leutershausen (von li. nach re.): Josef Wolf (TCW), Gerhard Bauer (Leiter Technik TVU), Benjamin Roßkopf, Stefan Wieser, Philipp Wagner (alle TCW), Thomas Strauß (TVU).

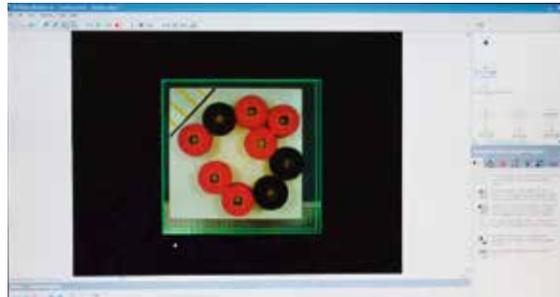


Abbildung 2: Screenshot von Bild- und Farbanalyse und Lokalisierung der einzelnen Garnspulen auf dem Aufnahmetisch.

Garnrollen innerhalb einer Schicht zuverlässig und vollautomatisch in die hierfür vorgesehenen Kartongebinde eingelegt (Abb. 4).

#### SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Anschaulich Schlüsseltechnologien der zukünftigen Produktionstechnik – der „*Produktion 2020*“ – zu demonstrieren und an den Herausforderungen der Systemintegration gemeinsam mit Studierenden, regionalen Firmen und Weltunternehmen zu forschen, das sind die Eckpunkte eines neuen Transfer- und Lehrkonzepts, das am Technologie Centrum Westbayern verwirklicht wurde.

Mit dem Aufbau des Labors für industrielle Bildverarbeitung und dessen Zusammenführung mit dem Labor für Industrierobotik und Produktionsmechatronik wurde eine bedeutsame Lücke des Serviceangebots der Hochschule Augsburg im Institutsbereich am Technologie Centrum Westbayern geschlossen. Dieses Instituts Umfeld steht Studierenden und Lehrenden der Hochschule Augsburg und der Fritz-Hopf-Technikerschule Nördlingen, aber auch industriellen Partnern offen für Lehre, Forschung und Entwicklung, um in enger Verzahnung mit namhaften Technologiepartnern Lehr- und Weiterbildungsangebote sowie Transfer-Serviceleistungen rund um die Produktionstechnik zu optimieren und diese am Markt anzubieten (Abb. 5).



Abbildung 5: Ausbildung im Labor für industrielle Bildverarbeitung und technische Optik am Technologie Centrum Westbayern (TCW) – einem An-Institut der Hochschule in Nördlingen.



Abbildung 6 und 7:  
Sebastian Hippelein und Johann  
Garder mit ihrem Testaufbau  
in der Roboterzelle am Tech-  
nologie Centrum Westbayern.



Kameras und Technologien der industriellen Bildverarbeitung (IBV) sind marktreif. Sie werden immer leistungsfähiger, günstiger und leichter integrierbar, vor allem im Zuge der fortschreitenden Fertigungs- und Prozessautomatisierung, welche die *Produktion 2020* fordert.

Ein schier unerschöpfliches Potenzial an Inspektionsanwendungen lässt sich über die Anwendung und Weiterentwicklung von Methoden der industriellen Bildverarbeitung und eine optimale Beleuchtungstechnik im Produktionsumfeld erschließen. Von zentraler Bedeutung sind die bedarfsgerechte Auswahl leistungsfähiger Komponenten (Beleuchtungen und Kamerasysteme) sowie die Robustheit der Auswertesoftware.

#### DANKSAGUNG

Vielen Dank meinen Institutsmitarbeitern Benjamin Roßkopf, Josef Wolf, Philipp Wagner und Stefan Wieser für die Unterstützung der Versuchsreihen. Gemeinsam bedanken wir uns bei Sebastian Hippelein und Johann Garder (Absolventen der Fritz-Hopf-Technikerschule) und deren Leitern Martin Neumann und Raimond Eberle sowie bei allen nicht namentlich genannten Mitarbeitern unserer Partnerfirmen, vor allem bei der KUKA AG und dem Anwenderunternehmen Textilveredelungsunion GmbH & Co. KG in Leutershausen.

Die Forschungs- und Technologietransferaktivitäten des Technologie Centrum Westbayern – einem Produktionsmechatronik-An-Instituts der Hochschule Augsburg in Nördlingen – werden gefördert aus Mitteln des Freistaats Bayern (Aufbruch Bayern) und der Europäischen Union (EFRE, ESF). Die Einrichtung einer Stiftungsprofessur der Hochschule Augsburg im Umfeld des Technologie Centrum Westbayern (TCW) wurde möglich durch das beherzte Zupacken der „Fritz

und Lieselotte 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, VORTRÄGE UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- [1] M. Glück, J. Wolf, B. Lechner: Forschungsaktivitäten und Aufbau eines neuen Labors für industrielle Bildverarbeitung und Lasermesstechnik am Technologie Centrum Westbayern, Forschungsbericht 2010 der Hochschule Augsburg, S. 41–48.
- [2] Kamera- und Scannereinsatz zur bildbasierten Roboterführung, Inline-Kontrolle und Montageoptimierung mit Industrierobotern, Prof. Dr.-Ing. Markus Glück, Benjamin Roßkopf, Josef Wolf, Vortrag und Veröffentlichung beim Internationalen Forum Mechatronik (IFM 2011) in Cham, 21.09.2011.
- [3] A. Donges, R. Noll: Lasermesstechnik (ISBN 3-7785-2216-7) und Physikalische Grundlagen der Lasertechnik (ISBN 3-7785-1320-6).
- [4] E. Schiessle: Industriesensorik – Automation, Messtechnik, Mechatronik; Vogel Fachbuch Verlag, Würzburg (2010).
- [5] Industrielle Bildverarbeitung – Leistungsfähige Komponenten und Systemintegration, Eröffnungsvortrag Prof. Dr.-Ing. Markus Glück zum 19. Technologieforum „Industrielle Bildverarbeitung IV – Leistungsfähige Komponenten und Systemintegration“ am 12.04.2011 im Technologie Centrum Westbayern, Nördlingen.

## TTZ – Transferzentrum flexible Automation und kooperative Robotik

Herausforderungen und Lösungsansätze für die Produktion 2020 in Transfer, Forschung, Entwicklung

Schlüsseltechnologien einer „Produktion 2020“ – der Produktion der Zukunft – zu demonstrieren und an Herausforderungen der Systemintegration gemeinsam mit Studierenden, regionalen Firmen und Weltunternehmen zu forschen, das sind die Eckpunkte eines Transfer- und Lehrkonzepts, das in einem Technologietransferzentrum (TTZ) der Hochschule Augsburg am Technologie Centrum Westbayern in Nördlingen – einem Produktionsmechatronik An-Institut der Hochschule – verwirklicht wird.

Das dort entstehende Institutsumfeld soll Studierenden, Lehrenden und Partnerunternehmen der Hochschule zur Verfügung stehen, um in enger Verzahnung mit namhaften Technologiepartnern Lehrangebote, Praxisseminare und innovative Technologietransfer Serviceleistungen vor Ort in Nordschwaben anzubieten. Gezielt werden firmen- und fakultätsübergreifende Entwicklungsteams gebildet, die verfügbare neueste Komponenten und Technologien nutzen und voranbringen. Thematischer Schwerpunkt bildet die „Produktionsmechatronik“.

Im Fokus der vielfältigen Projekte und des Aufbaus einer Pilotlinie für die automatisierte Montage von anschaulichen Produktdemonstratoren steht die fakultätsübergreifende Auseinandersetzung mit Forschungs- und Integrationsvorhaben zur Fertigungstechnik der Zukunft, zur sicheren Mensch-Maschine-Kooperation, zur flexiblen Automation mittels neuester Robotertechnik im Sinne der „Industrie 4.0“ sowie die Bearbeitung von Fragestellungen zur Sicherheit moderner Maschinen- und Produktionsinfrastruktur vor unberechtigten Zugriffen und Cyberattacken über das Internet.

Rasant steigende Produktivitätsanforderungen, eine zunehmende Variantenvielfalt, reduzierte Losgrößen und enormer Kostendruck in der Produktion erfordern in höchstem Maß flexible Steuerungs- und Fertigungskonzepte. Dabei konzentriert sich die künftige Produktionstechnik auf vier zentrale Handlungsschwerpunkte und Herausforderungen, die es im Zuge der fortschreitenden industriellen Automatisierung zu meistern gilt:

- *Ressourceneffiziente Produktion* (Energieeffiziente Antriebe, alternative Materialien und Verbundfasertechnologie, Prozessoptimierung)

- *Transparente Produktion* (Logistikintegration, MES)
- *Qualität und Produktivität* (Beherrschung der Systemintegration und neuer Fertigungsprozesse, Innovation)
- *Flexible Automation, Selbstorganisation und Selbstoptimierung* (Werkstückerkennung, intelligente Roboter-, und Greif- und Sicherheitstechnik mit Bildverarbeitung, Bildführung)

Vor allem in Bezug auf die letzten beiden Aktionspunkte sind die Entwicklung neuartiger Fertigungsanlagen, der Einsatz bildgeführter Roboter und Präzisionsmesstechnik sowie die automatisierte Montagetechnik wesentliche Grundvoraussetzung für den Erfolg der *Produktion 2020*. Hieraus ergeben sich drei Themenschwerpunkte, die am TTZ in praxisnaher Forschung und Entwicklung sowie über Technologie- und Wissenstransferinitiativen gezielt adressiert werden:

### AUSEINANDERSETZUNG MIT FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN DER ZUKUNFT

Kamera- und 2/3D Bildverarbeitungssysteme sind als „*künstliche Augen*“ in der Automatisierung nicht mehr wegzudenken. Vollständig in das Steuerungsumfeld einer Fertigungszelle integriert, verleihen sie modernen Maschinen und Robotern die Fähigkeit zu sehen, zu erkennen, autonom zu arbeiten und die richtigen Entscheidungen zu treffen. Sie sind Grundlage für einen fundamentalen Wandel der Produktionstechnik in den nächsten Jahren.

Auf dem Weg zur intelligenten Produktion 2020, der über eine konsequente Vernetzung und vollständige Integration der Automationskomponenten, der Qualitäts- und Produktionsmanagementsysteme im Fertigungsumfeld führt, wurde die vierte industrielle Revolution – die Innovationsoffensive „*Industrie 4.0*“ – ausgerufen. Sie steht für ein visionäres Konzept, das jede Menge Diskussionsstoff liefert. Und selbst wenn sich derzeit noch kein klares Endbild der Entwicklung abzeichnet, lohnt sich der frühzeitige Blick auf umsetzbare Szenarien.

Primäres Ziel ist die Flexibilisierung der Fertigung und die Steigerung der Produktivität. Ein Eckpfeiler sind „*Cyber-Physical Systems*“ (CPS) – Produkte, Trans-



Prof. Dr.-Ing. Markus Glüeck

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik

Telefon +49(0)821 5586-3154  
markus.gluECK@hs-augsburg.de

### Technologie Centrum Westbayern GmbH

Emil-Eigner-Straße 1  
86720 Nördlingen  
Telefon +49(9081) 8055-101,  
-104  
glueck@tcw-donau-ries.de  
www.tcw-donau-ries.de

### Fachgebiete

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



Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Zeller

#### Hochschule Augsburg

Fakultät für Elektrotechnik  
Telefon +49(0)821 5586-3342  
wolfgang.zeller@hs-augsburg.de

#### Fachgebiete

- Automatisierungstechnik, Steuerungstechnik, Maschinensicherheit, MATLAB / Simulink, Industrial Safety



Prof. Dr. Gordon  
Thomas Rohrmair

#### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik  
Vizepräsident für Forschung  
und Wissenstransfer  
Telefon +49(0)821 5586-3211  
gordonthomas.rohrmair@  
hs-augsburg.de

#### Fachgebiete

- IT Sicherheit, Softwaretechnik, Industrial Security

portmittel oder Werkzeuge – intelligente Objekte, die über eingebettete Sensoren und Systeme mit internetbasierten Technologien untereinander kommunizieren. Sie erkennen ihre physische Umgebung und eröffnen so die Möglichkeit, autonome, sich selbststeuernde Produktionssysteme zu realisieren. Montagelinien parametrisieren sich automatisch auf die zu fertigenden Varianten eines Produkts und die genutzten Werkzeuge.

#### SICHERE ZUSAMMENARBEIT VON MENSCH UND MASCHINE (INDUSTRIAL SAFETY)

Trotzdem kann nicht ganz auf den Menschen verzichtet werden. Roboterzellen sind heute meistens ausgelegt, um in abgesicherten Umgebungen zu arbeiten. Roboter und Fertigungsanlagen besitzen ein hohes Gefahrenpotential für Menschen in ihrer Umgebung, die es über innovative Sicherheitstechnik in eine sichere und effiziente „Mensch-Maschine“ oder „Mensch-Roboter“ Kooperation zu überführen gilt. Hierbei kommt es nicht nur auf die richtige Auswahl einzelner Sensoren und Komponenten an, sondern auf deren effizientes Zusammenspiel in einem modernen und sicheren Steuerungsumfeld.

Vor allem die Aufhebung der bisher üblichen strikten Abgrenzung der Arbeitsräume von Mensch und Maschine im Umfeld von automatisierten Produktionsanlagen durch trennende Schutzzäune birgt ein hohes wirtschaftliches Rationalisierungspotenzial.

#### SICHERHEIT VOR CYBERANGRIFFEN, SPIONAGE UND SABOTAGE (INDUSTRIAL SECURITY)

Roboterzellen und Produktionseinrichtungen werden heute weltweit an verschiedenen Standorten genutzt, über Ferndiagnose und -wartung im Betrieb beobachtet und gesteuert. Dabei geraten sie zunehmend ins Fadenkreuz von Wirtschaftsspionage, Manipulationen, Sabotage und kriminellen Handlungen. Die beängstigende Zunahme an Hackerangriffen auf Unternehmen verschiedenster Branchen und öffentliche Einrichtungen in der jüngsten Vergangenheit fordert nach entschlossenem Handeln und wirksamen Gegenmaßnahmen.

Vor allem die bereits jetzt absehbaren, wegweisenden Entwicklungen (Megatrends) wie beispielsweise die Globalisierung von Wertschöpfungs-, Management- und Entwicklungsnetzwerken, die Dynamisierung und

weltweite Flexibilisierung von Entwicklungsarbeiten über den gesamten Produktionsprozess hinweg oder der Wandel des Internets zum mobilen „Internet der Dienste und Dinge“ verstärken – mit Ausblick auf die „Industrie 4.0“ – den Handlungsbedarf.

Angriffe erfolgen zum einen von innen, in zunehmender Anzahl aber auch von außen über das Internet. Hierfür geeignete Schutz- und Monitoring-Maßnahmen zu entwickeln und diese möglichst realitätsnah in einem Fertigungsumfeld zu testen, ist einer der Aufgabenschwerpunkte am TTZ. Ziel ist es, aktiv zu einer Sensibilisierung von Entwicklern, IT- und Produktionsverantwortlichen beizutragen und durch eigene Entwicklungen einen wesentlichen Beitrag dazu zu leisten, dass durch Wirtschaftskriminalität induzierte Schäden zukünftig abgewendet bzw. zumindest deutlich verringert werden können.

Dies soll durch die gezielte fakultätsübergreifende Identifikation und Bewertung relevanter Schadenspotentiale, eine anschauliche Demonstration des Handlungsbedarfs und wirksamer Schutzmaßnahmen und die dadurch ermöglichte ökonomisch fundierte Entscheidung über wirksame, multidimensionale und Disziplinen übergreifende Präventiv- und Gegenmaßnahmen für Wirtschaftsunternehmen und öffentliche Einrichtungen erreicht werden.

#### AKTIVITÄTEN – ÜBER- UND AUSBLICK

Bis die „Industrie 4.0“ Realität ist, wird noch einige Zeit vergehen. Gleichwohl lassen sich über gezielte Entwicklungsschritte schon mit heutiger IT und Technik wesentliche Elemente der intelligenten Fabrik realisieren und in Machbarkeitsstudien testen. Diese wiederum stellen einen der ersten Schritte zur Selbstorganisation und Selbstregelung von Fertigungssystemen der Zukunft dar, an denen aktuell geforscht wird.

Ein weiterer Eckstein des TTZ Projekts ist der aktuell im Aufbau befindliche „produktionstechnische Demonstrator“ – eine Integrationsplattform zur praktischen Veranschaulichung der vorhandenen Kompetenzen im Bereich der flexiblen Automation und kooperativen Robotik, die sowohl zu Lehrveranstaltungen, anschaulichen Technoledemonstrationen als auch zur fakultätsübergreifenden Forschung und Entwicklung (FuE) dienen soll. Hier



Erfahrungsaustausch beim  
2. Forum „Innovation 2020“

sollen Studierende und Mitarbeiter aus Partnerfirmen praxisnah lernen, wie neue Technologien der Produktion 2020 Arbeitsprozesse erleichtern und so die Erschließung nachhaltiger Produktivitätssteigerungen ermöglichen.

Als modulare Plattform, soll an acht Stationen eine automatisierte Bearbeitung oder Prüfung von Werkstücken im Rund- oder ggf. im Linientakt ermöglicht werden. Die Interaktion zwischen Maschine-Maschine, Roboter-Roboter, Mensch-Roboter, dezentraler Steuerung und integrierter Sensorik ist ein wesentlicher Aspekt, die in mehreren Sektoren abgebildet wird. Eine Ausbaumöglichkeit für FuE Aktivitäten und Demonstrationen von Technologien einer integrierten, sich selbst organisierenden und kontrollierenden Automation im Sinne der „Industrie 4.0“ wird – nach aktuellem Kenntnisstand – berücksichtigt.

Parallel dazu wird in Wissens- und Technologietransferinitiativen der methodische Kompetenzaufbau in den Fachgebieten Inline Produktions- und Bildmesstechnik (2D/3D), Steuerung und Signalverarbeitung, Robotik, Greif- und Handhabungstechnik, flexible Automation und automatisierte Montage, sichere Mensch-Maschine-Kooperation (Safety), Daten- und Zugriffssicherheit (Security) forciert.

Das TTZ ist heute schon attraktiver Ort für Praktika bzw. zur Anfertigung von Fach- und Abschlussarbeiten. Dies in erstklassig ausgestatteten Labors und in enger Kooperation mit renommierten Firmen. Ein wesentlicher Beitrag zur Fachkräftesicherung!

#### ERFAHRUNGSAUSTAUSCH UND FACHFOREN ZUR PRODUKTION 2020

Flankierend zu allen Projektphasen wird eine intensive Diskussion neuer Technologien und Trends im Rahmen eines attraktiven Vortrags- und Erfahrungsaustauschprogramms initiiert, denn das direkte Gespräch mit Partnerfirmen und Entscheidern ist für einen effizienten Wissens- und Technologietransfer von essentieller Bedeutung. Im Berichtszeitraum fanden folgende Technologieforen in Kooperation mit dem Cluster Mechatronik & Automation e.V., dem Verein deutscher Ingenieure e.V. (VDI/VDE) und dem Netzwerk „TEA“ der Transferinrichtungen im Großraum Augsburg am Technologie Centrum Westbayern statt:

- 27.09.2012, Spezialforum „Innovation II: Innovationsprozesse, Kultur und Best Practices“ mit Gastreferenten aus Hochschule, Industrie und Unternehmensberatung.
- 02.10.2012, Technikforum Industrielle Bildverarbeitung (IBV VIII) mit Themenschwerpunkt „Industrielles optisches 3D Messen, Inline Messtechnik zur Oberflächen- und Qualitätskontrolle“.
- 16.10.2012, Technikforum „Mobilität 2020: Technologien, Antriebe und Produktionsverfahren für die Elektromobilität und den Automobilbau“.
- 20.11.2012, 2. Forum „Elektronikproduktion 2020“ mit Themenschwerpunkt „Neue Technologien für die Bestückung, das Löten, die Leiterplatten-, Aufbau- und Verbindungstechnik, Inspektion sowie die 3D



Von links nach rechts:

Einstieg in die Roboterprogrammierung.

Praxisvorlesung Prof. Dr. Wolfgang Zeller am TCW.

Sichere Mensch-Roboter Kooperation.

Integration neuester Elektronikbauelemente und MIDs“.

- 27.11.2012, 3. Fachforum „Einsatz, Verarbeitung und Prüfung von neuen Leichtbau- und Faserverbundwerkstoffen in der Produktion 2020“ mit Themenschwerpunkten „Konstruktion, Formgebung, Fügen, Test“.
- 22.01.2013, Technikforum „Robotik 2020: Roboterinnovationen, mobile Assistenten, Servicerobotik“.
- 05.02.2013, Technikforum „Energie 2020: Batterie-, Brennstoffzellen- und Energiespeichertechnik, Intelligente Netze, Energieerzeugung“.
- 26.02.2013, 3. Fachforum „Innovation 2020“ mit Themenschwerpunkten „Markt- und Technologie Screening, Zukunftsszenarien und Best Practices im Innovationsmanagement“ (mit Umsetzungsbeispielen von Audi, ZF, Heidelberg Druck, Bayer, Bosch, Dräxelmaier und SGL Carbon).
- 05.03.2013, 4. Fachforum „Einsatz von Leichtbau- und Faserverbundwerkstoffen in der Produktion 2020“.
- 19.03.2013, Technikforum „Optical Systems Engineering 2020“ mit Themenschwerpunkt „LEDs, OLEDs, Displays, Modellierung & Design, Integration, Praxiseinsatz“.
- 16.04.2013, Technikforum „Sensorintegration, Inline Messtechnik und Datenkommunikation“.
- 11.06.2013, 9. Fachforum „Industrielle Bildverarbeitung“ (IBV 9) mit Themenschwerpunkten „Industrielles 2D/3D Messen, Inline- und Oberflächenmesstechnik, Identifikation, Robot Vision“.
- 17.06.2013, 3. Fachforum „Elektronikproduktion 2020“ mit Themenschwerpunkten „Technologien für Bestückung, Lötten, Leiterplatten-, Aufbau- und Verbindungstechnik, Inspektion, gedruckte Elektronikkomponenten“.
- 24.09.2013, 4. Fachforum „Innovation 2020“ mit Themenschwerpunkten „Markt- und Technologie Screening, innovationsfreundliche Rahmenbedingungen, effektive Ideenselektion und Best Practices im Innovationsmanagement“ (mit Umsetzungsbeispielen von BMW und Grünbeck Wasseraufbereitung).

Bereits zum neunten Mal fand die **Fachvortragsreihe „Moderne Technik – anschaulich erklärt!“** statt. Im Mittelpunkt mehrerer kostenfreier Abendveranstaltungen standen hilfreiche Grundlagen unternehmerischen Denkens und Handelns sowie Exkursionen zu befreundeten Firmen und Einrichtungen. Beiträge zu dieser Veranstaltungsreihe mit Bezug zur Hochschule und ihren Partnern waren:

- Photovoltaikanlagen mit der Thermografie prüfen, Vortrag Josef Wolf (TCW) am 27.2.2013 im Rahmen der Themenreihe „Moderne Technik anschaulich erklärt“.
- Die Entwicklung des Mobilfunks, Gastvortrag von Martin Jackert und Thomas Kroll (Kathrein Mobilcom Nördlingen) am 17.4.2013 im Rahmen der Themenreihe „Moderne Technik anschaulich erklärt“ (mit anschließendem Firmenrundgang bei Kathrein).

#### VORTRÄGE AUF TAGUNGEN UND EXPERTENTREFFEN

- Produktion 2020: Nachhaltiger Erfolg durch flexible Automation und effizienteren Maschineneinsatz in der Fertigung der Zukunft, Vortrag Prof. Dr.-Ing. Markus Glück am 20.3.2012 beim Automatisierungstreffen in Böblingen (20.–22.3.2012) zur Eröffnung des Fachworkshops „Manufacturing Execution System (MES) in der Praxis“ in Zusammenarbeit mit dem MES D.A.CH Verband e. V.
- Industrie 4.0 – Herausforderung „Integration“ und Chancenpotentiale für die Prozessoptimierung in der Produktion 2020, Vortrag Prof. Dr.-Ing. Markus Glück beim IBS Expertenkreis „Best Practice bei der Einführung moderner Produktions- und Qualitätsmanagementsysteme“ am 14./15.11.2012 in Amberg.
- „Bildverarbeitung, Handhabungs- und Regelungstechnik – Schlüsseltechnologien der Industrie 4.0 und der Produktion 2020: Industrielle Produktion im Wandel Synergieeffekte mit Leichtbau und Industrialisierung der Verbundfasertechnik“, Vortrag Prof. Dr.-Ing. Markus Glück am 23.11.2012 beim Treffen der Arbeitsgruppe Automation des Carbon Composite Netzwerks in Augsburg, IHK.

- „Sicherheitsrelevante Automatisierungstechnik für eine produktionsgerechte Mensch-Maschine-Interaktion“, Vortrag Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Zeller am 07.03.2013 beim Clusterforum „Mensch-Maschine-Interaktion in der automatisierten Produktion“ des Clusters Mechatronik & Automation e.V. in Neutraubling.
- Industrie 4.0 – Mit MES als Startbasis und ersten Cyber-Physical Systems auf einem Entwicklungspfad zur flexiblen Automation in der Produktion 2020, Impulsvortrag Prof. Dr.-Ing. Markus Glück zum Fachworkshop „Manufacturing Execution Systems in der Praxis“, Böblinger Automatisierungstreff am 21.3.2013 in Böblingen.
- Qualität 4.0 und Null-Fehler-Produktion – Implikationen der Industrie 4.0 auf das Qualitätsmanagement der Produktion 2020, Vortrag Prof. Dr.-Ing. Markus Glück beim IBS Fachworkshop „Qualitätsmanagement 4.0“ am 11.6.2013 in Gelsenkirchen.

#### FACHVERÖFFENTLICHUNGEN

- [1] M. Glück, B. Roszkopf, J. Wolf, Produktion 2020 – Flexible Automation und Systemintegration: Technologien für die Fertigung der Zukunft in Transfer, Forschung und Entwicklung, Forschungsbericht 2011 der Hochschule Augsburg, S. 15–24 (2011)
- [2] M. Glück, B. Roszkopf, J. Wolf, B. Lechner, Einsatz von Laserscannern und Inline Methoden der industriellen Bildverarbeitung zur automatisierten Defektkontrolle auf Holz: Schlüsseltechnologien für die Produktion 2020, Forschungsbericht 2011 der Hochschule Augsburg, S. 33–37 (2011)
- [3] M. Glück, B. Roszkopf, J. Wolf, Ph. Wagner, „Produktion 2020 – Sichere Mensch-Roboter Kooperation und Bild basierte Arbeitsraumüberwachung für die Fertigung der Zukunft: Herausforderung in Transfer, Forschung, Entwicklung“, Beitrag zum Forschungsbericht 2012 der Hochschule Augsburg, S. 18–26 (2012)
- [4] M. Glück, Technologien und Managementsysteme für die Fertigung der Zukunft, Fachartikel in der Zeitschrift „VDI-Z Integrierte Produktion“, Heft 4/2012, S. 66–68 (2012)
- [5] M. Glück, Produktion 2020: Intelligente Produkte in der Fabrik der Zukunft, Fachbericht im Sonderheft „MES Wissen kompakt“ als Sonderbeilage zur Zeitschrift „IT & Production“ (Heft 4) zu Hannover Messe, S. 40–42 (April 2012)
- [6] M. Glück, Die Produktion 2020, Fachbericht in der Zeitschrift „Computer & Automation“, Heft 6, S. 47–50 (2012)
- [7] M. Glück, „Wettbewerbsfaktor Innovation“, IT & Production, Heft 9/2012, S. 2-3 (2012)
- [8] M. Glück, „Industrie 4.0 – Mit MES, flexibler Automation und Vernetzung zur 4. industriellen Revolution und Null-Fehler-Produktion 2020“, Magazin „Contact“ der IBS AG, Heft 1/2013, S. 6–13 (2013)
- [9] M. Glück, „Qualität 4.0 – Implikationen der Industrie 4.0 auf das Qualitätsmanagement in der Null-Fehler-Produktion 2020“, Magazin „Contact“ der IBS AG, Heft 2/2013, S. 6–12 (2013)

#### DANKSAGUNG

Herzlichen Dank unseren Masterstudenten im Applied Research Programm (Christian Berger, Robert Karl und Andreas Seiler) sowie den Institutsmitarbeitern am Technologie Centrum Westbayern (Benjamin Roszkopf, Philipp Wagner, Josef Wolf und Stefan Wieser). Gemeinsam bedanken wir uns sehr herzlich bei allen Partnerfirmen, die zur Entwicklung und Charakterisierung unserer Sicherheits- und Robotersysteme beitragen, insbesondere den Partnerfirmen KUKA, Grenzebach, Pilz und Schunk.

Die Forschungs- und Technologietransferaktivitäten des Technologie Centrum Westbayern – einem Produktionsmechatronik An-Institut der Hochschule Augsburg in Nördlingen – werden gefördert aus Mitteln des Freistaats Bayern (Aufbruch Bayern) und der Europäischen Union (EFRE, ESF). Die Einrichtung einer Stiftungsprofessur der Hochschule Augsburg im Umfeld des Technologie Centrum Westbayern (TCW) wurde möglich durch das beherzte Zupacken der Fritz und Lieselotte Hopf-Stiftung (Nördlingen) sowie der Firmen GEDA-Dechentreiter (Asbach-Bäumenheim), Grenzebach 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!

## Methodenvergleich zur Fremdwasserbestimmung in Bayern

Kooperation mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt



Prof. Dr.-Ing. Rita Hilliges

### Hochschule Augsburg

Fakultät für  
Architektur und Bauwesen  
Telefon +49(0)821 5586-3114  
rita.hilliges@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Wasserwirtschaft und Umwelttechnik

### Forschungsgebiete

- Siedlungswasserwirtschaft
- Abwasserreinigung
- Deammonifikation
- Mikroschadstoffe
- Umgang mit Niederschlagsabläufen
- Regenwassermanagement

Fremdwasser wird nach DIN EN 752 als „unerwünschter Abfluss in einem Entwässerungssystem“ definiert. Es handelt sich vor allem um eindringendes Grundwasser in die Kanalisation. Dies ist weder für das reine Grundwasser noch für das Abwassersystem von Vorteil. Bis zu einem Fremdwasseranteil von 25 % sieht der Gesetzgeber den Stand der Technik noch gewahrt – knapp die Hälfte der bayerischen Entwässerungsnetze überschreitet jedoch diese Grenze. Dies kann Auswirkungen auf die vom Kläranlagenbetreiber zu bezahlende Abwasserabgabe haben sowie zu Auflagen zur Sanierung des Kanalnetzes seitens der Wasserwirtschaftsverwaltung führen, was eine möglichst genaue Bestimmung des Fremdwasseranteils erforderlich macht.

Das derzeit übliche Verfahren, die sogenannte Nachtminimummethode, steht stark in der Kritik und soll ggf. durch eine neue Bestimmungsmethode ersetzt werden. Hierzu wurde im Rahmen des Masterstudiengangs Allgemeiner Ingenieurbau ein Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt durchgeführt. Ziel des Projektes war die Identifizierung von neuen Methoden zur Fremdwasserbestimmung. Ausgewählte Methoden wurden anschließend anhand von 27 bayerischen Kläranlagen berechnet und die Ergebnisse ausgewertet. Die „Methode des gleitenden Minimums“ nach DWA stellt demnach eine gute Möglichkeit zur zukünftigen Berechnung der Fremdwasseranteile in Bayern dar.

Fremdwasser dringt vor allem durch Undichtigkeiten in den Kanälen, durch undichte Anschlüsse und v.a. undichte Hausanschlüsse ungewollt in das Kanalnetz ein. Eine der Auswirkungen von Fremdwasser ist die ungewollte Verunreinigung von Grundwasser im Kanalnetz durch Durchmischung mit Schmutzwasser. Zum anderen belastet Fremdwasser, welches eigentlich gar keiner Behandlung bedarf, hydraulisch das Kanalnetz und die Kläranlagen. Dies führt zu längeren Laufzeiten von Pumpen und somit zu erhöhten Betriebskosten. Mischwasserbehandlungsanlagen werden durch zusätzliches Fremdwasser häufiger belastet und ein noch größerer Anteil des sogenannten Mischwassers muss ohne eine Reinigung in den Kläranlagen in die Gewässer abgeschlagen werden. In Kläranlagen stellt sich ebenfalls ein negativer Effekt ein: Das mit Fremdwasser verdünnte Abwasser ist schlechter

zu reinigen, die hydraulische Kapazität der Kläranlage wird belastet und die Betriebskosten steigen.

Im Rahmen der Eigenüberwachungsverordnung müssen Kläranlagenbetreiber den Fremdwasseranteil ihrer Entwässerungssysteme je nach Größe der Anlagen monatlich bzw. vierteljährlich nachweisen. Fremdwasser kann nicht direkt bestimmt werden, da es in der Regel an verschiedenen Stellen ins Kanalnetz eindringt und sich sofort mit dem bereits vorhandenen Wasser vermischt. Grundwassermodelle sind dabei eine der Möglichkeiten, die tatsächlichen Bedingungen möglichst gut abzubilden. Allerdings ist die Erstellung dieser Modelle äußerst aufwändig und für die für Bayern typischen kleinen Entwässerungsnetze nicht praktikabel.

In Bayern wird derzeit üblicherweise die Nachtminimummethode eingesetzt. Grundlage der Methode ist die Annahme, dass der minimale Nachtabfluss zum Großteil aus Fremdwasser besteht. Diese Annahme trifft jedoch mit zunehmender Größe des Siedlungsgebietes, ggf. bei starkem industriellen/gewerblichem Einfluss und besonders beim Einsatz von Pumpwerken nicht zu. Im Rahmen der Nachtminimummethode wird an Tagen ohne Niederschlag, sogenannten Trockenwettertagen, der niedrigste Zulauf (Tagesminimum) aus dem Kanalnetz zur Kläranlage zwischen 0 und 5 Uhr gemessen. Der gemessene minimale Zulauf wird anschließend um einen Nachtschmutzwasserabfluss verringert, der aufgrund der Größe des angeschlossenen Gebietes aus Tabellenwerten bestimmt wird. Größere Kläranlagen müssen mit automatischer Zuflussmessung ausgestattet sein. Bei kleineren Anlagen muss der minimale Zufluss unter Umständen durch eine aufwändige nächtliche Messung durch das Betriebspersonal ermittelt werden. Neben der Ungenauigkeit der Methode, wie beispielsweise durch den Einfluss von Pumpwerken, kann mit der Wahl der Randbedingungen für die Berechnung des Fremdwasseranteils das Ergebnis beeinflusst und der tatsächliche Fremdwasserzufluss unterschätzt werden.

Um diesen Sachverhalt genauer zu untersuchen, wurden seitens der Hochschule Augsburg die Daten von drei aufeinanderfolgenden Jahren von insgesamt 27 bayerischen Kläranlagen unterschiedlicher Größenklassen ausgewertet. Die Daten wurden durch die Wasserwirtschaftsämter bzw. das Landesamt für Umwelt zur

Verfügung gestellt. Neben der Nachtminimummethode wurden die Fremdwasseranteile mit folgenden weiteren Methoden untersucht:

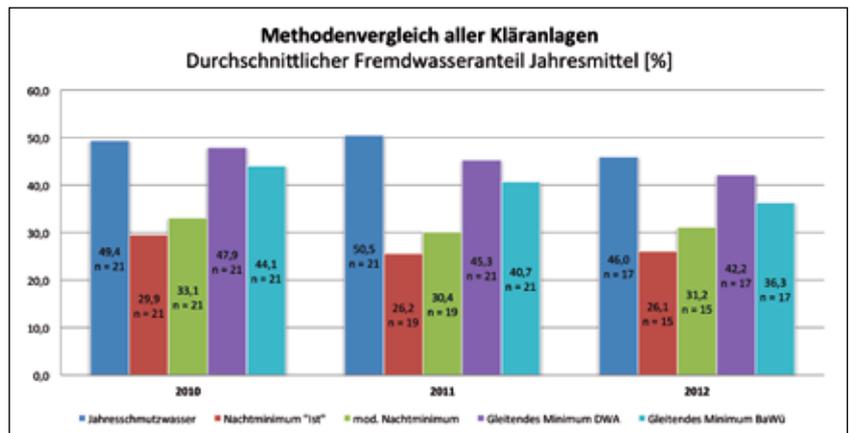
- Jahresschmutzwassermethode
- Modifizierte Nachtminimummethode
- Gleitendes Minimum nach DWA
- Gleitendes Minimum nach Baden-Württemberg

Im Rahmen der Untersuchungen wurden ein durch das Landesamt für Umwelt entwickeltes Programm zur Berechnung des gleitenden Minimums nach DWA getestet und Verbesserungsvorschläge erarbeitet.

Die Abbildung zeigt, dass sich bei der Auswertung der vorliegenden Datensätze über den kompletten Auswertungszeitraum bestätigt, dass die Nachtminimummethode die geringsten Fremdwasseranteile lieferte – knapp gefolgt von der modifizierten Nachtminimummethode. Die Jahresschmutzwassermethode ergab im Mittel die höchsten Fremdwasseranteile. Bei der Berechnung mittels Jahresschmutzwassermethode geht jedoch der sogenannte Wetterschlüssel ein. Dieser manuell gewählte Parameter soll die Witterungsverhältnisse im gesamten Einzugsgebiet des Kanalnetzes widerspiegeln. Da dies oftmals nicht objektiv möglich ist, wird vom Einsatz dieser Methode abgeraten. Bei den Methoden des gleitenden Minimums werden jeweils über einen Zeitraum von 21 Tagen die Tageszuflüsse ohne Regen automatisch identifiziert. Nach Abzug der tatsächlichen Schmutzwassermengen erhält man den Fremdwasseranteil. Die Ergebnisse der beiden Methoden des gleitenden Minimums weisen nur geringe Unterschiede auf.

Für die im Rahmen der Studie ausgewerteten Kläranlagen mit kontinuierlicher Durchflussmessung erscheint die Methode des gleitenden Minimums nach DWA als eine geeignete Methode für die zukünftige Fremdwasserbestimmung in Bayern.

Das Projekt wurde seitens des bayerischen Landesamts für Umwelt von den Herren Loy und Berger geleitet, seitens der Hochschule Augsburg waren von studentischer Seite die Herren Eger, Eisenschmid, Ender, Jörg, Kranzfelder und Steidl beteiligt.



#### VORTRÄGE

IFAT:16th INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 7-10 May 2012, Munich, Germany: "Fate of organophosphate flame retardants (OPFR) in a municipal wastewater treatment plant and measures to enhance removal to reduce risk to the (aquatic) environment"

SKINT Summer Course, "The Water Framework Directive and the Sustainable Management of Water Resources", 05-06/Sep/2012 at Hamburg University of Applied Sciences, Hamburg, Germany: „The SKINT WebPortal“

DWA WasserWirtschafts-Kurs O/2, 13.-16. November 2012, Kassel, Germany: „SBR-Verfahren – Hinweis zur Bemessung und zum Betrieb“

#### VERÖFFENTLICHUNGEN

- [1] Hilliges, R.; Steinle, E. and Böhm, B. (2012) „Case Study on the Implementation of Deammonification for the Process Water Treatment of Munich WWTP's“, Water Science & Technology, 65.10, p. 1895 – 1902
- [2] Schreff, D.; Hilliges, R. (2012) SBR-Verfahren - Hinweise zur Bemessung und zum Betrieb, DWA-WasserWirtschafts-Kurs N/2 „Kommunale Abwasserbehandlung“, Fulda, November 2012
- [3] Hilliges, R.; Schriewer, A.; Helmreich, B. (2013) „A three-stage treatment system for highly polluted urban road runoff“, Journal of Environmental Management, Volume 128, 15 October 2013, Pages 306-312

Abbildung:  
Methodenvergleich aller  
Kläranlagen im Mittel der  
Jahre 2010 bis 2012.

## Laserscanning in der experimentellen Archäologie – „The Selinon Temple Experiment“

Masterarbeit über die 3D-Modellierung einer Tempelruine



Matthias Scholz, B.Eng

Wo finden sich Berührungspunkte zwischen der Archäologie beziehungsweise der historischen Bauforschung und den klassischen Ingenieurwissenschaften? Einen prägnanten Teilbereich stellt die Vermessung dar. Diese ist ein wesentliches Werkzeug, um im Zuge archäologisch-historischer Untersuchungen Funde zu dokumentieren und zu analysieren. Während sich die Archäologie jedoch oft noch klassischer Vermessungsmethoden bedient, also mit Zeichenbrett, Maßband und Schnurkreuzsystemen arbeitet, etablieren sich in der ingenieurmäßigen Vermessung zunehmend neuartige Methoden, wie beispielsweise die Fotogrammetrie oder das Laserscanning.



Daniel Streif, B.Eng.

### Betreuer

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Weber

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Architektur  
und Bauwesen

Telefon +49(0)821 5586-3105  
reinhold.weber@hs-augsburg.de

Können diese hochmodernen Methoden aber auch der Archäologie und der historischen Bauforschung zum Vorteil gereichen? Kann die Dokumentation, beispielsweise von Ausgrabungsstätten, wirtschaftlicher und gleichzeitig hochgenau stattfinden? Kann unter Umständen, wenn bauliche Überreste sach- und fachgerecht in eine dreidimensionale Punktwolke „übersetzt“ wurden, sogar eine digitale Rekonstruktion des Gefundenen realisiert werden?

Das Ziel der hier beschriebenen Masterarbeit war es, diese Fragen zu klären. Als Schauplatz oder „Prüfstand“ diente die Ausgrabungsstätte bei Selinunte in der Provinz Trapani auf Sizilien, die westlichste Kolonie des antiken Griechenlands.

### GEOGRAFIE & GESCHICHTE VON SELINUNTE

Der Parco Archeologico Selinunte befindet sich im Südwesten Siziliens, hat eine Fläche von ca. 40 Hektar und umfasst eine umfangreiche Stadtanlage mit Wohngebiete-



Abbildung 2: Überblick über den Parco Archeologica Selinunte, Quelle: Google Earth.

ten, einem Akropolishügel (Stadtheiligtum), einer Agora (zentraler Fest-, Versamlungs- und Marktplatz) und den Überresten einer wehrhaften Stadtmauer.

Im Bereich des Stadtheiligtums und auf einem östlich gelegenen Hügel finden sich insgesamt 16 Überreste von Tempeln in sehr unterschiedlichem Zustand. Diverse Erdbeben und der ausgeprägte Ackerbau in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts waren für die Erhaltung der Tempelruinen nicht förderlich. Zu Beginn der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde ein östlich gelegenes Heiligtum, Tempel G, restauriert und rekonstruiert. Unter Fachleuten ist das Ergebnis bis heute stark umstritten.

Abbildung 1: Im Vordergrund die Ruine Tempel D – Im Hintergrund eine Rekonstruktion von Tempel C.



Abbildung 3: Westseite des gescannten Tempels D auf dem Akropolishügel.





Abbildung 4:  
Punktwolke schräg  
von oben.

#### VERMESSUNG

Das grundlegende Ziel unserer Vermessungsarbeiten war die Erstellung einer dreidimensionalen Punktwolke. Gearbeitet wurde mit der Leica-Scanstation C10 der Hochschule Augsburg. Der Laserscanner arbeitet mit dem Impulsmessverfahren und einer Geschwindigkeit von 50'000 Punkten pro Sekunde. Der Scanner generiert somit von jedem Standort eine Punktwolke aus reflektorlos gemessenen Punkten. Insgesamt wurden 28 Scans benötigt, um den Tempel komplett zu erfassen. Um diese 28 Scanwelten miteinander zu verknüpfen, kamen sogenannte Targets zum Einsatz. Von jedem Scanstandort aus müssen drei dieser Metallscheiben gesehen werden, um später die Punktwolken miteinander verschmelzen zu können.

#### REMODELLIERUNG

Die Bearbeitung der Scandaten erfolgte mit zwei unterschiedlichen Vorgehensweisen. Das Programm AutoCad der Firma Autodesk mit dem Aufsatz CloudWorx von Leica Geosystems eignete sich dafür, aus der Punktwolke zum Beispiel die verschiedenen Säulentrümmern nachzumodellieren sowie eine Aufstellung der vorhandenen und fehlenden Bauteile. Danach kann der Bestand mit einem aus der einschlägigen Literatur nachmodellierten 3D-Modell verglichen werden.

In Abb. 5 gelang es, die vorhandenen und lagemäßig zuordenbaren Säulentrümmern (grün) und die fehlenden Bauteile (rot) zu visualisieren. Blaue Trommeln waren im Bereich des Tempels vorhanden, allerdings lagemäßig nicht zuordenbar. Hier liegt eine der Schnittstellen zum Fachgebiet der Archäologie, da nur deren Experten

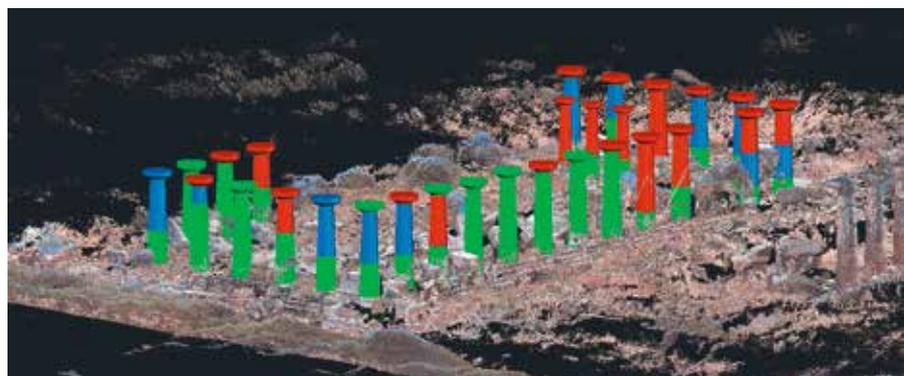
die Zuordnung der Einzelbauteile verifizieren können. Abb. 6 zeigt das nach historischen Quellen (z.B. aus der Literatur) konstruierte 3D-Modell.

Da aber bei der Modellierung der Säulen mit CAD-Werkzeugen viele Informationen verloren gehen, fiel die Wahl auf das Programm Geomagic Wrap der Firma 3DSystems. Mit diesem Programm können große Datenmengen verarbeitet werden und mit dem Vermaschungswerkzeug war es möglich, 3D-Modelle einzelner Säulentrümmern mit sehr großer Genauigkeit herzustellen. Auch konnten mit diesem Programm die Farbinformationen aus dem Laserscanning als Textur übernommen werden.

Nach einer Extraktion der einzelnen Säulentrümmern aus der aufgenommenen Punktwolke ist es nunmehr möglich, durch Vermaschung einzelne Bauteile zu erstellen und diese an ihren ursprünglichen Positionen im Tempelbauwerk zu platzieren.

Damit wurde in dieser Masterarbeit erstmals ein Weg aufgezeigt, wie die vorhandenen Ausgrabungsfunde

Abbildung 5:  
Bestandsmodell  
des Tempel D.



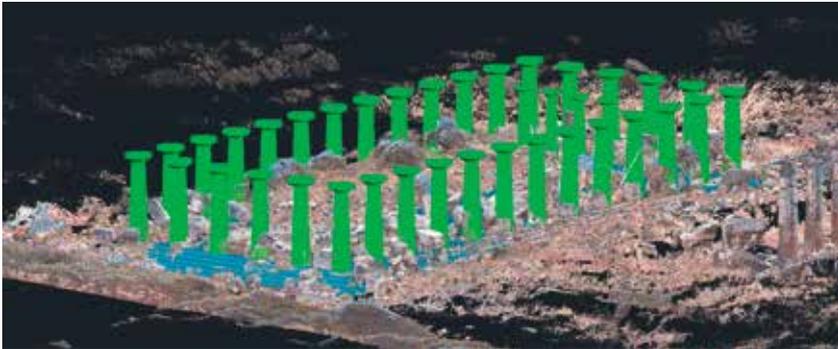


Abbildung 6:  
Konstruiertes 3D-  
Modell aus Literatur-  
informationen.

ehemals großer Bauwerke mit hoher Genauigkeit digital rekonstruiert werden können.

Das Laserscanning erweist sich somit als wertvolles Handwerkszeug und hochgenaue, zerstörungsfreie Messmethode für die Dokumentation und Rekonstruktion archäologischer Befunde.

#### FAZIT

Das im Studium erworbene Wissen um Vermessungsgeräte und vermessungstechnische Berechnungen sowie der Umgang mit CAD- und 3D-Modellierungs-Software wurde im Laufe dieser Masterarbeit eingesetzt und vertieft. Auch die Modellierung von dreidimensionalen Punktwolken, die für alle Beteiligten Neuland war,

Abbildung 7: Konstruiertes  
3D-Modell einer Säulentrommel  
ohne Oberflächentextur.

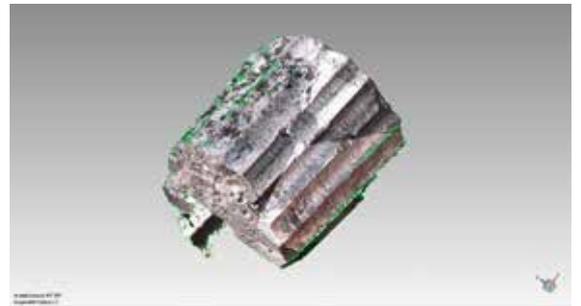


Abbildung 8: 3D-Modell einer Säulentrommel mit Oberflächentextur aus Scannerdaten.

erwies sich von Anfang an als spannend und hochinteressant. Die Planung der Reise nach Sizilien und die Vermessungsarbeiten vor Ort stellten eine besondere logistische Herausforderung dar, da für ein umfangreiches und kompliziertes Arbeitspensum nur ein kleines Zeitfenster zur Verfügung stand und ein Fehlschlag den Erfolg der Masterarbeit in Frage gestellt hätte.

Abbildung 9: Säulenelemente kurz vor dem Zusammensetzen.



Abbildung 10: Panoramafotografie des Akropolishügels in Selinunte.



Ob in  
Bangkok oder  
Batzenhofen



Bild: Fotolia/swisshippo

Immer am Puls  
der regionalen Wirtschaft.



**B4B SCHWABEN**  
**KIOSK APP**

Die regional führenden Businessmedien jetzt kompakt  
in einer App.

- Das Wichtigste aus der heimischen Wirtschaft mobil abrufbar
- Information in neuer Dimension mit zeitgemäßer Aufbereitung
- Auf allen Tablets wie iPad etc. und Smartphones verfügbar

→ Jetzt **gratis** downloaden im Apple-  
und Google-Store oder einfach diesen  
QR-Code einscannen



**B4B SCHWABEN**

[www.B4BSCHWABEN.de/kiosk](http://www.B4BSCHWABEN.de/kiosk)

## Bamboocrete – Prototypes for reinforcement of structural building parts with bamboo

Ein Beitrag für die Konferenz „sb13 Munich - Implementing Sustainability - Barriers and Chances“



Prof. Susanne Gampfer

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Architektur und  
Bauwesen

Telefon +49 (0) 821 5586-2079  
susanne.gampfer@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Hochbaukonstruktion
- Baustoffkunde
- Ökobilanzierung und Nachhaltigkeit von Baustoffen und Konstruktionen

Der nachfolgende Bericht ist die gekürzte Fassung eines Konferenzbeitrags zur 'sb13 Munich – Implementing Sustainability – Barriers and Chances', die im April 2013 in München stattfand. Die Untersuchung von Betonbewehrungen aus Bambus entstand in der Folge erster experimenteller Versuche bei einem Bauprojekt in der Nähe von Nairobi, Kenia, im Rahmen eines studentischen Projektes im Studiengang Bauingenieurwesen an der Fakultät für Architektur und Bauwesen im Wintersemester 2012/2013.

Die am Projekt beteiligten Studierenden (in alphabetischer Reihenfolge): Alexander Balkow, Benjamin Bauer, Almir Buzimkic, Alexander Cocin, Martin Heilmann, Markus Hutner, Christoph Janitzky, Jörg Krottenmüller, Christopher Specht, Florian Spengler, Kalle Ullrich, Ilja Weber.

Als Fortsetzung der Untersuchung wurde im Rahmen der Bachelorarbeit von Alexander Balkow im Sommersemester 2013 der Prototyp einer Bambus-Beton-Verbunddecke entwickelt und untersucht. Einzelne Ergebnisse dieser Arbeit werden Teil einer Veröffentlichung im Rahmen der SABS Conference ‚Promoting Sustainable Built Environment‘ in Nairobi, Kenia, im Oktober 2013.

In many countries of the so-called ‘Global South’, mutually reinforcing developments of rapidly growing populations and increasing urbanisation with the resulting need for affordable housing, have led to a dramatic increase of the energy demand for construction. In many rural or peri-urban regions, the construction cost of small-scale residential or public buildings are dominated by surging prices for imported, industrialised building materials like cement and steel, which have almost completely replaced traditional, cheap but less durable building materials.

The focus of the research presented here will be on strategies for affordable building parts, trying to substitute steel in structural parts by renewable materials – namely bamboo – with the aim to reduce cost as well as the embodied energy of the construction. With harvesting cycles of about three to five years, which are much shorter than those of timber, bamboo also has great potential for fast reforestation of abandoned agricultural land. Research initiatives by the Kenya Forestry Research Institute (KEFRI) are directed to this end but have not yet had great impact – due to some extent to the fact that there is no reliable commercial basis for the use of bamboo in construction [1].

### BAMBOO AS A BUILDING MATERIAL

Bamboo is a fast growing perennial grass producing strong tubular stems, so called culms. It spreads and multiplies through rhizomes, which are underground stems producing roots and new stems of the plant. The tubular Stems of bamboo plants emerge at their full diameter and grow very rapidly, but need a certain time to mature to their final strength. There are several thousand types of bamboo worldwide, of which a number can be used for construction purposes. The distribution of bamboo species around the world is in a ‘bamboo-belt’ located roughly between the tropics. While in many countries in Asia and South America with indigenous bamboo species these plays a considerable economic role as construction material, the commercial use of indigenous species of bamboo in Central and East African countries is very limited.

The mature culms of bamboo are an excellent and very strong building material, as can be seen in its century old use for construction in Asian countries. Even today, Asian construction sites rely on this material for scaffolding and supporting constructions. Bamboo has seen a revival as a construction material in the recent decades mainly in South America, where architects have used it for bridges, houses and pavilions (built by architects and engineers like Simón Vélez or Joerg Stamm). A modern bamboo construction has been shown at the German-Chinese pavilion for Expo 2010 Shanghai (architect: Markus Heinsdorff).

The bamboo reinforcement tests described in this paper were started during an experimental construction project for a school building in Kenya. A wide



Figure 1: Unloading indigenous Kenyan bamboo on site near Nairobi.



Figure 2: Bamboo splints used as reinforcement for a concrete floor slab.

span bamboo construction was developed and built for workshop spaces during this project from the indigenous Kenyan bamboo species *Yushania alpina* or African alpine bamboo. This species does not grow to extreme diameters, but tends to have strong wall thicknesses of several centimetres [1]. Culms are not always completely straight and the distance between the nodes varies substantially from culm to culm. On the whole, sorting of the harvested material led to about 10–15% of suitable material for sophisticated truss construction [fig.2], leaving a large quantity of bamboo material unused. Based on earlier research on bamboo reinforced concrete building parts, this technique was tried out on structural non-bearing floor slabs: bamboo culms of curved growth, with cracks or other defects were split to form long, almost rectangular strips of about 15x15 mm and a length of about 5 – 6 m. These were laid on a 200x200 mm grid and bound with standard binding wire to form the reinforcement for small floor slabs [fig.3].

#### BAMBOO-REINFORCED CONCRETE BUILDING PARTS

Substitution of steel in reinforced concrete by using bamboo has been explored for a long time in different parts of the world. Structural tests with this type of construction were conducted in the 1960s by the US Army, explicitly to ‘assist field personnel in the design and construction of bamboo reinforced concrete’ [5]. Studies with bamboo in concrete have been tested for years in Brazil resulting not only in information on the reinforcement of concrete slabs, but on other constructions like composite ceilings as well [4].

Two student research teams of six students each worked on the production and testing of prototypes for reinforced lintels of 1,50 m length with a cross-sectional area of 100 x 115 mm. Their size resembles standard pre-cast concrete lintels found in Kenya or South Africa for example. Three samples were made for each different type of reinforcement in order to receive a more reliable set of results for the tests.

The samples were made in a reusable shuttering box. A total number of 28 samples was produced, including three pieces of each of eight different types of reinforcement, as well as reference samples with one or two steel rods and one without any reinforcement. They were left to cure for 28 days before the pressure tests.

#### PROTOTYPES FOR CONCRETE LINTELS

The size and shape of bamboo culms varies considerably between different species and depending on the age of the plant. Pre-selection of different qualities of culms during the harvest is difficult. There are always culms of lesser quality, unequal size, or with damages. One objective of this study is to find out whether inferior quality of culms or left-overs from other fields of application can be put to use in construction. Therefore, several different types of reinforcement were tested, made from full canes with different between 12 mm and 30 mm, strips of about 20x20 mm cut from a cane of large diameter (ca. 120 mm) or small chips of about 30 mm length cut from the cane.

In order to increase the bond of the canes or fibres used, several strategies to increase the surface area or

Figure 3: types of reinforcement used in sample lintels, from top: type 4, type 5, type 6, type 7.

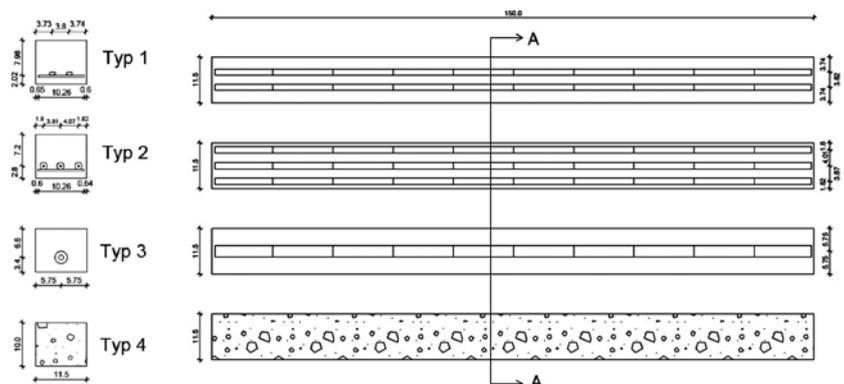


Figure 4 (left): prototype production of lintels.



Figure 5 (right): test set-up for material testing.



roughen the surface were tried out: Canes were cut with a saw, treated with coarse sand paper or even crushed. It was found that this kind of treatment is time-consuming while the result is unsatisfactory. While the crushing of full canes was a practical treatment, it had consequences for the load-bearing capacity, as will be shown below. Strips cut from the full cane had a naturally uneven surface because of the different wall thicknesses of nodes and internodes of the culm, which were expected to improve the bond of this type of reinforcement. In one sample type, the small canes were bound to form a kind of mesh [fig. 5] with small transverse rods also made from bamboo. The following types of reinforcement were used [fig. 4]:

- Type 1:** two halves of a cane of 30mm diameter
- Type 2:** two full canes of 14mm diameter, internodes crushed to allow concrete to enter
- Type 3:** split bamboo, 3 stripes 6 x 14 mm
- Type 4:** split bamboo, 2 stripes 6 x 20mm, bound to form a mesh
- Type 5:** three full canes, 15 mm diameter, bound to form a mesh
- Type 6:** full cane, 22 mm in diameter
- Type 7:** bamboo chippings, about 30 mm long, mixed with concrete

#### RESULTS OF MATERIALS TESTING

The prototype lintels were tested on a pressure test machine with a maximum load of 450 kN [fig.6]. Reference values for the expected strength of the lintels were calculated for some types before testing, using a calculation

method for steel reinforced bending beams. The method was adapted to bamboo reinforcement according to characteristic values for the material properties based on literature data.

However, the load-bearing capacity of the tested samples did not correlate with the predicted results. Even though bamboo splints had a much rougher surface, leading to a better bond between concrete and reinforcement, the samples with this reinforcement type were weaker than types with full rods. As this result is also not in accordance with earlier findings [5], more tests will be necessary for verification. Fig. 6 shows the results of the bending test for sample type 4 and sample type 5.

The diagram on the left shows a number of drops in the graph, resembling either material failure or failure of the bond between bamboo and concrete for the lintels reinforced with three stripes of a split cane. Full canes seem to be held in place better than expected by binding them to form a mesh. Fibre reinforced samples with short chippings turned out to be even weaker than unreinforced reference lintels. In order to achieve any tensile strength, the chippings or strips would have to be much longer pieces.

On the whole, it turned out that the usability and strength of the lintels was not so much determined by the performance of the materials themselves, but by the way they were put together.

Spacing between the bamboo pieces must not be too close: sample type 5, with three full canes in one lintel, proved to be unsuitable for use as a bending beam. While the construction was still far from failure, the

lower third of the beam broke off and fell during the bending test.

#### CONCLUSION AND OUTLOOK

Making and testing of prototypes for concrete beams with bamboo reinforcement has led to some unexpected outcomes, but also resulted in a number of questions to be solved. The three main topics to be looked at where the load-bearing capacity of small-scale prefabricated concrete beams, the usability of such building parts and the question whether they are suitable for the informal, simple manufacturing industry found prevalently in developing countries [fig.7].

Even if the load-bearing capacity of bamboo reinforcement is not comparable to steel, in most cases it will be more than sufficient for small scale building parts for residential or small public buildings in the rural environment of developing regions. Common construction technology in these areas is of a fairly low standard: There are usually no structural calculations for walls, ceilings or roof constructions. The existing building codes e.g. in Kenya rely on certain general rules, which have been found

to lead to sufficient stability the construction. If renewable materials are to be established as accepted building materials, the rules for their use have to be plain. The challenge therefore, is not only in defining reliable standards for calculation, but also in finding standard details.

Production and examination of different types of bamboo reinforcement in small concrete beams have brought up a number of questions which need to be investigated in more detail in future studies. In order to come up reliable values for structural calculation of such beams, a larger number of samples of the same type will have to be tested.

The long-term behaviour of the natural fibres of bamboo in concrete, in terms of moisture absorption, volume changes, reaction to the alkaline environment and weather resistance will be looked at. Finally, the question of how to determine the structural capacity and concrete bond in a way simple but precise enough for a generally acknowledged rule of technology for local manufacturing industries will have to be solved.

Testing of the pre-cast concrete beams had led to some considerable problems especially in the usability:

Figure 6: diagrams for the load-bearing capacity of sample type 4 (left) and sample type 5 (right).

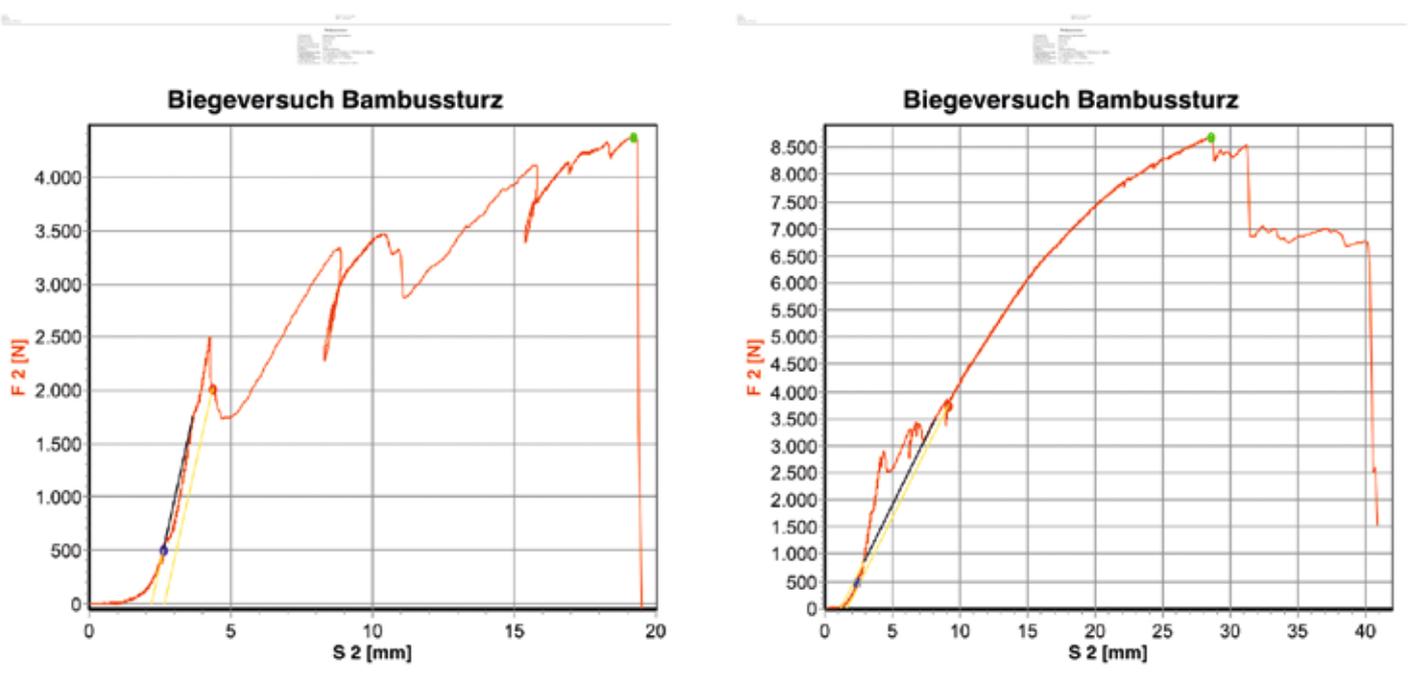




Figure 7: informal street side production of pre-cast concrete parts in Kenya.

During the bending tests, pieces of concrete broke off and dropped, mainly because the size and number of bamboo rods used was too large. There was not enough bond between the rods and the concrete in the tension zone of the beams.

In order to eliminate this problem, a composite construction made of a bottom layer of bamboo and a top layer of reinforced concrete was chosen for the next stage of investigations. The objective was to find a simple type of ceiling construction for a span of about 3,00 m – 3,50 m.

In this manner, the visual quality of a bamboo ceiling was achieved, while at the same time there is a concrete slab providing sound and fire protection. The structural composite is made up of the bamboo trusses connected to the concrete slab: diagonal shear rods reduce the deflection of the trusses, while the span of the concrete slab is reduced to the 1,00 m distance between the trusses.

On the whole, the possibility to use leftover material of inferior quality is an essential prerequisite for the use of fast growing, indigenous bamboo for load-bearing constructions. Establishment of applications for material from a whole production chain would offer enormous potential for a sustainable building supply chain.

#### REFERENCES

- [1] KIGOMO, B.N., “Guidelines for Growing Bamboo”, KEFRI Guideline Series, No. 4 April 2007, Kenya Forestry Research Institute (ed.), pp. 41 – 47
- [2] DUNKELBERG, K., ‘IL 31 Bambus - Bamboo’, Institute for Lightweight Structures (ed.), University of Stuttgart, 1985
- [3] <http://bambus.rwth-aachen.de> (24.01.2013)
- [4] GHAVAMI, K., ‘Bamboo as reinforcement in structural concrete elements’, *Cement & Concrete Composites* 27 (2005) 637 – 649, Elsevier Ltd. 2004
- [5] Brink, F. E., Rush P. J., ‘Bamboo reinforced concrete construction’ for U. S. Naval Civil Engineering Laboratory Port Hueneme, California, 1966, published by: Moore, J., 2000 <http://www.romanconcrete.com/docs/bamboo1966/BambooReinforcedConcrete-Feb1966.htm> (24.01.2013)
- [6] GAMPFER, S., “Bamboocrete”, conference proceedings of the sb13, Munich, 2013

# Machen Sie Ihren Erfolg zur Story – im eigenen Magazin!

Machen Sie Ihre Kunden zu Fans und motivieren Sie Ihre Mitarbeiter!

Alle Informationen finden Sie online unter: [www.vmm-wirtschaftsverlag.de/cp](http://www.vmm-wirtschaftsverlag.de/cp)



Corporate Publishing (CP) ist mehr als ein Schlagwort. CP ist die Königsdisziplin der Unternehmenskommunikation. Warum? Weil Sie so Ihre Zielgruppen unmittelbar und nachhaltig erreichen. Die Möglichkeiten hierbei sind so vielfältig wie die Farben- und Geschmackspalette eines Lollis. Ob klassische Kundenzeitschrift, Mitarbeiter-Magazin, Geschäftsbericht oder elektronische Zeitung und Newsletter – wir übernehmen das für Sie. Sprechen Sie uns an!

Mehr mit Medienmix.

ALLE INFOS:

Tel.: 0821.4405-432

[www.vmm-wirtschaftsverlag.de](http://www.vmm-wirtschaftsverlag.de)  
[kathrin.reichherzer@vmm-wirtschaftsverlag.de](mailto:kathrin.reichherzer@vmm-wirtschaftsverlag.de)



## Automation and Vision Systems



### ELGUIDER

Hochkompakter Drehrahmen mit integrierter Bedien- und Regeltechnik, einsetzbar bis zu einer Bahnkraft von 300 N in der Druck-, Hygiene- und Verpackungsindustrie

### ELPAD

Intuitive Bedienoberfläche mit Farbtouchdisplay zur gleichzeitigen Bedienung von Bahnlaufregler und Farbliniensensor

Erhardt+Leimer GmbH  
 Albert-Leimer-Platz 1  
 86391 Stadtbergen, Deutschland  
 Telefon ++49 (0)821 24 35-0  
[info@erhardt-leimer.com](mailto:info@erhardt-leimer.com)  
[www.erhardt-leimer.com](http://www.erhardt-leimer.com)



# Heute schon das Konzept im Kopf.

Die Zukunft begeistern.

## Forschungsprojekte zu Themen der Energieeffizienz und Raumklima

E2D Energie Effizienz Design - Bauklimatik



Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig

### Hochschule Augsburg

Fakultät für  
Architektur und Bauwesen  
E2D Energie Effizienz Design  
Telefon +49(0)821 5586-3611  
runa.hellwig@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Monitoring und Optimierung von Energie und Raumklima
- Nutzerzufriedenheit und Wechselwirkungen Nutzer-Gebäude-Technik
- Energieeffizientes und nachhaltiges Bauen
- Nachhaltigkeitsbewertung, -zertifizierung

### Messtechnische Untersuchung eines Schachtlüftungssystems in einer Grundschule

Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig (Projektleitung), Christian Tanzer B.Eng., Dipl.-Ing. (FH) Michael Sedlmeier M.Eng., Im Auftrag der Stadt München

Eine ausreichende Lüftung in Klassenräumen stellt gerade in Bestandsschulen eine Herausforderung dar. Da Personen bei längerem Aufenthalt in einem von vielen Personen genutzten Raum an die Luftqualität in diesem Raum adaptieren, fehlt ihnen ein Sensorium, um die schlechter werdende Luftqualität wahrzunehmen und für ausreichende Frischluftzufuhr zu sorgen. Schulen, die zwischen 1900 bis kurz nach dem zweiten Weltkrieg erbaut wurden, verfügten oft über sogenannte Schachtlüftungssysteme.

Im Auftrag der Landeshauptstadt München wurde im Projekt untersucht, welches Potenzial Schachtlüftungssysteme im Vergleich zu üblicher manueller Fensterlüftung zur Verbesserung der Luftqualität in Klassenräumen bieten. Dazu wurde in einer Schule in München in drei Klassenräumen ein altes Schachtlüftungssystem (Abb. 1) wieder in Funktion gebracht und ein Vergleichsraum mit ausschließlicher Fensterlüftung hinzugewählt. Das Raumklima in den vier Klassenräumen wurde messtechnisch erfasst und aufgrund der Messergebnisse die Luftqualität sowie die thermische Gesamtbehaglichkeit in den vier Klassenräumen beurteilt. Des Weiteren wurden Luftvolumenströme auf Grundlage der Messergebnisse abgeschätzt.

Die untersuchten Schachtlüftungssysteme verbessern die Luftqualität in den Klassenzimmern deutlich. Hygienisch inakzeptable Raumluftzustände treten im Vergleich zur ausschließlich manuellen Fensterlüftung nicht mehr auf. Bei ausschließlicher Nutzung des thermischen Auftriebs zum Lüftungsantrieb treten im Sommer Effekte von Strömungsumkehr auf, die an wenigen Tagen im Jahr zu einer verminderten Durchlüftung der Räume zur Nutzungszeit führen. Diese verminderte Durchlüftung ist jedoch nicht so stark, dass eine höhere Kohlendioxid-Konzentration als im fenstergelüfteten Raum gemessen würde.

Im Winter führte vor allem in einem Raum, der an den Dachraum grenzt, die Einbringung der kalten

Frischluft zu einer verminderten thermischen Behaglichkeit. Neben einer dämmtechnischen Aufwertung der obersten Geschossdecke kann dem durch ein Vorheizen der Zuluft, beispielsweise durch an das vorhandene Heizsystem angeschlossene Heizregister, entgegengewirkt werden. Im Vergleichsraum im 1. Obergeschoss mit gleichem Schachtlüftungssystem traten nur bei sehr geringen Außentemperaturen zu geringe Lufttemperaturen in Fußbodennähe auf. Bei Vorheizung der Zuluft können die Behaglichkeitseinschränkungen in Fußbodennähe behoben werden. Die Vorheizung soll so erfolgen, dass eine Untertemperatur wie bei Quelläftung erzeugt wird, damit die Schachtlüftung noch funktioniert. Weitere Optimierungsansätze an den Luftauslässen zur Reduzierung des Heizenergieeinsatzes beim Betreiben und zur Nachtauskühlung werden vorgeschlagen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass mit einer gezielten Weiterentwicklung und Verbesserung von historischen Schachtlüftungssystemen deren Reaktivierung gerade in Schulen, die in der Innenstadt und auch an stark befahrenen Straßen situiert sind, zu einer wesentlichen Verbesserung der Belüftungssituation in Klassenräumen führt. Im Berichtsjahr wurde das Projekt abgeschlossen.

Abbildung 1: Abluftschächte des historischen Schachtlüftungssystems im Dachraum der untersuchten Schule in München.



Abbildung 1: Abluftschächte des historischen Schachtlüftungssystems im Dachraum der untersuchten Schule in München.

#### VERGLEICH VON LÜFTUNGSKONZEPTEN FÜR KLASSEN- RÄUME MITTELS THERMISCHER GEBÄUDESIMULATION

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.

*Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig (Projektleitung),*

*Dipl.-Ing. Simon Schmidt (TU München),*

*Dipl.-Ing. Simone Steiger M. Eng. (Fraunhofer IBP)*

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 Vorteile hinsichtlich Energetik und Behaglichkeit darstellen lassen. Bisher werden solche Bewertungen nach DIN V 18599 durchgeführt. Um jedoch den Einflüssen schneller Lastwechsel und der Kumulation von äußeren und inneren Lasten bei der Klassenraumnutzung besser Rechnung tragen zu können, soll eine thermische Gebäudesimulation klären, welche Lüftungskonzepte sich für Klassenräume eignen und 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.

#### MARKTRECHERCHE SCHULLÜFTUNGSGERÄTE – WAS MÜSSEN DIE GERÄTE LEISTEN UND WAS KÖNNEN SIE LEISTEN?

*Janek Böhm B.Eng., Jan Schray B.Eng.,*

*Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig (Projektbetreuung)*

Bearbeitet im Rahmen des wissenschaftlichen Projektes im Master Energie Effizienz Design.

Zunehmend werden Schulen mit maschinellen Lüftungen ausgestattet. Dezentrale Geräte gewinnen aufgrund einer verhältnismäßig unkomplizierten Nachrüstung an Bedeutung, doch fehlen bislang spezielle Anforderungen an diese Geräte. Grundlegende Anforderungen an dezentrale Lüftungsgeräte werden aufgezeigt und mit den für die Marktrecherche herangezogenen Geräten verglichen. Kriterien hierzu sind unter anderem die verschiedenen Einbausituationen, die akustischen

Daten, die Wärmerückgewinnungssysteme und deren Rückwärmzahlen sowie Betriebsarten. Ein schneller Gerätevergleich ist wegen der uneinheitlichen Regelungen für die Angabe von Leistungsdaten nur schwer durchführbar. So wäre z. B. die Angabe eines Schallleistungspegels bei festgelegten Betriebspunkten hilfreich. Ähnlich wie in der VDMA 24390 Güte- und Prüfrichtlinie für dezentrale Lüftungsgeräte, sind alle leistungsbezogenen Angaben möglichst bei Nennleistung zu machen. Zusätzlich müssen alle Daten nach denselben Mess- und Prüfkriterien erhoben werden. Dies würde einen Vergleich der Geräte deutlich vereinfachen. Auf Grundlage der unterschiedlichen Beschaffenheit von Klassenräumen muss letztendlich der Fachplaner eine projektbezogene und sorgfältige Abschätzung treffen, um sich für das richtige Gerät zu entscheiden.

#### CO<sub>2</sub>-SENSOREN FÜR DIE BEDARFSGERECHTE LÜFTUNG – ERLÄUTERUNG DER MESSMETHODEN UND ERARBEITUNG EINER ÜBERSICHT DER AM MARKT BEFINDLICHEN SYSTEME

*Stefan Gruner B.Sc., Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig*

*(Projektbetreuung)*

Bearbeitet im Rahmen des wissenschaftlichen Projektes im Master Energie Effizienz Design.

Die Kohlenstoffdioxidkonzentration eignet sich als Indikator der Luftqualität in Räumen, in denen die Verunreinigung vorwiegend durch den menschlichen Stoffwechsel hervorgerufen wird. Das Deutsche Institut für Normung (DIN) und der Verband Deutscher Ingenieure (VDI) haben dementsprechend abgegrenzte Luftqualitätsbereiche abhängig von der CO<sub>2</sub>-Konzentration festgelegt. Zur Bestimmung der Konzentration haben sich am Markt Systeme durchgesetzt, die mit der nicht-dispersiven Infrarotspektroskopie arbeiten. Je nach Ausführung wird zwischen single-source single-wavelength, dual-source single-wavelength, single-source dual-wavelength und single-source dual-wavelength mit FPI differenziert. Der Markt verfügt über alle genannten Systeme. Die Art der Ausführung bestimmt die Kosten, aber auch die Zuverlässigkeit hinsichtlich der Messgenauigkeit und der Langzeitstabilität. Die scharf definierten Luftqualitätsklassen und die geringe

Bandbreite zulässiger Werte innerhalb einer Klasse passen nur bedingt zu den geringen Anforderungen an die Sensoren. Allgemein gilt es, die Anforderungen an die Messgenauigkeiten von CO<sub>2</sub>-Sensoren und die zugehörigen Luftqualitätsrichtlinien zu überdenken und besser aufeinander abzustimmen.

#### ANALYSE DES POTENZIALS FÜR FREIE LÜFTUNG IN SCHULEN – UNTER EINFLUSS DES STRASSENLÄRMS

Corinna Geiger B.Eng., Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig  
(Projektbetreuung)

Bearbeitet im Rahmen des wissenschaftlichen Projektes im Master Energie Effizienz Design.

Innerhalb des wissenschaftlichen Projekts wurde das Potenzial für freie Lüftung an 70 Schulen im Stadtgebiet Augsburg untersucht (Abb. 2). Es wird ausschließlich Straßennärm untersucht. Dazu wird der Tagespegel der interaktiven Lärmkarte von Augsburg verwendet. Für das Schalldämmmaß gekippter Fenster werden Angaben aus der Literatur verwendet. Der für Klassenzimmer maximal zulässige Innenschalldruckpegel wird nach Literaturangaben und entsprechend der einschlägigen Normung festgelegt. Von jeder Schule wird der minimal und der maximal vorherrschende Außenschalldruckpegel an den Fassaden bestimmt. Wobei nicht berücksichtigt wird, welche Fassaden nur an Verkehrswege im Gebäude grenzen. Die resultierenden minimalen und maximalen Innenschalldruckpegel werden mit dem zulässigen Innenraumpegel verglichen. Es erfolgt eine Einteilung in drei Kategorien, welche sich in hohes, mittleres und kein Potenzial für freie Lüftung gliedern. Übersichtskarten zeigen das Ergebnis der Analyse. Keines der untersuchten Gebäude erreicht ein hohes Potenzial für freie Lüftung bei normal gekippten Fenstern. Mit reduzierter Öffnungsweite der Fenster werden sechs Schulen dieser Kategorie zugeordnet. Fast 50 Prozent der Schulgebäude können mit reduzierter Öffnungsweite der Fenster einem mittleren Potenzial für freie Lüftung zugeordnet werden. Das Ergebnis bietet einen ersten groben Überblick über die vorherrschenden Potenziale in Augsburg. Aufgrund der pauschalisierten Berechnungsparameter kann es Abweichungen zur realen Situation geben. Detailliertere Untersuchungen können als Entschei-

dungsgrundlage für Lüftungs- und schallschutztechnische Instandsetzung herangezogen werden.



Abbildung 2: Maximaler Lärmpegel an einer Schule entnommen aus der interaktiven Lärmkarte der Stadt Augsburg (Quelle: Ausschnitt interaktive Lärmkarte Augsburg, bearbeitet C. Geiger)

#### ENERGETISCHE UND BAUKLIMATISCHE MODERNISIERUNG VON SCHULEN IN DER A<sup>3</sup>-REGION

Julia Maurer B.A., Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig  
(Projektbetreuung)

Bearbeitet im Rahmen des Masterseminars zur Vorbereitung der Masterarbeit im Master Energie Effizienz Design.

In den letzten Jahren wurden mittels Förderprogrammen vom Bund verstärkt Schulgebäude energetisch modernisiert. Diese sollten dazu dienen, die Wirtschaftskrise in der Region abzumildern und die Schulen auf einen neuen Standard zu bringen. Dabei sollte der Schwerpunkt auf die Ertüchtigung der Gebäudehülle gelegt werden, um den Primärenergiebedarf der Schulen zu minimieren. In zahlreichen Untersuchungen an Schulen mit freier Lüftung wurde nachgewiesen, dass besonders im Winter die Anforderungen an die Raumluftqualität nicht erfüllt werden. Um hier Abhilfe zu schaffen, wird in der Literatur zu einer maschinellen Lüftung geraten. Aus der Umfrage an 32 energetisch modernisierten Schulen in der A<sup>3</sup>-Region wurden 27 Schulen ausgewertet. Erfasst wurden die Maßnahmen zur Ertüchtigung der Gebäudehülle, die Modernisierungsmaßnahmen an technischen Anlagen sowie weitere Maßnahmen zur Verbesserung des Raumklimas. Trotz aller Empfehlungen bauten nur vier Schulen eine zentrale Lüftungsanlage oder dezentrale Lüftungsgeräte ein.

#### MITARBEIT IN AUSSCHÜSSEN UND ARBEITSGRUPPEN

- Mitglied im Senatsausschuss für angewandte Forschung der Hochschule Augsburg
- Leitung der Arbeitsgruppe „Bedarfslüftung“ des VDMA-Fachverbandes AMG Automation + Management für Haus + Gebäude und des Fachverbandes Gebäude-Klima
- Mitglied der Fachkommission des Fachverbandes Gebäude-Klima e.V.: Verband für im Bereich Lüftung-, Klima- und Kältetechnik tätige Firmen und Organisationen
- Vorsitzende der Arbeitsgruppe „Raumklima und Behaglichkeit“ des Fachinstitutes Gebäude-Klima e.V.

#### FORSCHUNGSBEGLEITUNG UND EVALUATIONEN

- Mitglied des Expertenkreises der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zur Begutachtung von Forschungsanträgen
- Mitglied der wissenschaftlichen Begleitgruppe des Forschungsvorhabens: „Lastverhalten von Gebäuden unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bauweisen und technischer Systeme“, durchgeführt an der TU

München, Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik, ein Forschungsvorhaben der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

- Mitglied der wissenschaftlichen Begleitgruppe des Forschungsvorhabens: „Instationäre gekoppelte energetische und wärmephysiologische Bewertung von HLK-Systemen“ durchgeführt an der TU Dresden, Lehrstuhl Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung, ein Forschungsvorhaben finanziert von PTJ Jülich und dem Förderverein NHRS
- Wettbewerbsvorprüfung: „Effizienzhaus Plus im Altbau – EPA“ Neu-Ulm. 2012. Planungswettbewerb des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung und des Bundesarbeitskreises Altbauerneuerung e.V. (BAKA), Wettbewerbsvorprüfung des Gebäude- und Energieversorgungskonzeptes und des sommerlichen Wärmeschutzes zusammen mit G.A.S. Sahner Architekten Stuttgart
- Gutachter für die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG für COIN (Cooperation & Innovation) des Bundesministeriums für Verkehr,

- Innovation und Technologie (BMVIT) und des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ), Begutachtung von Forschungsanträgen
- Gutachter für die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG für BRIDGE (Bridging-Programme) des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ), Begutachtung von Forschungsanträgen
  - Gutachter und Mitglied des Scientific Committee der Konferenz “SB 13 Munich – Implementing Sustainability – Barriers and Chances”, 24.–26.4.2013, München.

#### VERÖFFENTLICHUNGEN

- Hellwig, R.T.; Bux, K.: (2012): Workplace Temperature Requirements in the German Workplace Ordinance: Revising the Rule, *Architectural Science Review*, DOI:10.1080/00038628.2012.746636, first published: 10 December 2012. peer-reviewed
- Hellwig, R.T.; Bux, K.; Pangert, R.(2012): Zur Neufassung der Arbeitsstättenregel ASR A3.5. Raumtemperatur. *Bauphysik*, 34, 6, 268-174. peer-reviewed.
- Bolsius, J.; Fest, S.; Hellwig, R.T.; Krimmling, J.; Landgraf, B.; Müller, H.; Naumann, T.; Wünschmann, S. (2013): Bewertungssysteme Nachhaltiges Bauen (BNB). Praxisgerechte Neuformulierung der Steckbriefe: Bestandsanalyse (BNB\_BK), Risiken für die lokale Umwelt (BNB\_BK), Innenraumhygiene (BNB\_BB) und redaktionelle Überarbeitung weiterer Steckbriefe des BNB\_BK und BNB\_BB. Endbericht. Steinbeis-Hochschule-Berlin GmbH und Steinbeis-Transferinstitut Bau- und Immobilienwirtschaft. Forschungsprogramm Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), AZ SWD – 10.08.17.7-12.46b.
- Hellwig, R.T.; Bux, K. (2012): The German Rule on Workplace Temperature Requirements. *International Society of Indoor Air Quality and Climate -ISIAQ- Healthy Buildings Conference, Brisbane 8.–12. Juli, 2012, Session 5D.3, 6 pp. peer-reviewed.*
- Hellwig, R.T.; Nöske, I.; Brasche, S.; Gebhardt HJ.; Levchuk, I.; Bux, K.; Bischof, W. (2012): Subjective and objective assessment of office performance and heat strain at elevated temperatures – The HESO-Study. *International Society of Indoor Air Quality and Climate -ISIAQ- Healthy Buildings Conference, Brisbane 8.–12. Juli, 2012, Session 7C.7, 6 pp. peer-reviewed.*
- Hellwig, R.T.: Energy Efficient Building – Identifying the Key Factors. Fachvortrag auf dem DAAD-Stipendiatentreffen, Augsburg, 24.–26. Mai 2013, eingeladener Vortrag
- Hellwig, R.T.: Das komplexe Zusammenspiel von Nutzer, Gebäude und Technik – Wie benutzerfreundlich planen und bauen wir? 14. Biberacher Forum Gebäudetechnik, 21. März 2013, Biberach, eingeladener Vortrag
- Hellwig, R.T.: Randbedingungen für die Lüftung in Schulen – Der FGK Status-report 22. Fachkongress des Fachverbandes Gebäude-Klima e.V. „Lüftung in Schulen“: Hamburg 25. September 2012, Duisburg 23. Oktober 2012, Stuttgart 21. Januar 2013. Hellwig, R.T.: Bewertung der Hitzebeanspruchung und Leistungsfähigkeit bei erhöhten Außentemperaturen in Büroräumen – HESO – Projekt F2039. *Deutsche Kälte-Klima-Tagung, Würzburg, 21.–23. November 2012, eingeladener Vortrag*
- Hellwig, R.T.: The German Rule on Workplace Temperature Requirements. *International Society of Indoor Air Quality and Climate -ISIAQ- Healthy Buildings Conference, Brisbane 8.–12. July, 2012, Session 5D.3*
- Hellwig, R.T.: Subjective and Objective Assessment of Office Performance and Heat Strain at Elevated Temperatures - The HESO-Study. *International Society of Indoor Air Quality and Climate -ISIAQ- Healthy Buildings Conference, Brisbane 8.–12. July, 2012, Session 7C.7*

## Tageslichthimmel – Neueste Technologie im E2D - Energie Effizienz Design im Einsatz

E2D – Energie Effizienz Design

An der Fakultät für Architektur und Bauwesen der Hochschule Augsburg wurde im Juli 2013 ein neuer, moderner Tageslichthimmel eingeweiht. Das neue Labor wurde von der Studienrichtung E2D (Energie Effizienz Design) initiiert und wird von Professor Michael Schmidt betreut. Der neue Tageslichthimmel wurde aus Mitteln des Hochschulpaktes Bayern finanziert und mit Sachspenden der OSRAM AG und der Rentex GmbH erstellt.

Mit dem Tageslichthimmel können natürliche Himmelszustände im Labor abgebildet werden. Als eines der ersten Labore weltweit werden im Augsburger Tageslichthimmel tunable white LEDs eingesetzt. Mit dieser Technologie wird eine sehr gleichmäßige Verteilung des Lichtes in einer Lichtdecke erzeugt. Die Seitenwände des Labores sind verspiegelt, so dass über Mehrfachreflexionen an den Wänden die Leuchtdichte des Himmels gut simuliert werden kann.

Eine weitere Neuerung an diesem Tageslichthimmel sind die veränderbaren Farbtemperaturen, die mit den LEDs erzeugt werden können. Über eine Programmierschnittstelle lassen sich dynamische Lichtsituationen simulieren, wie etwa Veränderungen von Farbtemperaturen oder Helligkeiten im Tagesverlauf. So können

beispielsweise Abendrot, Mittagssonne oder Gewitterlicht simuliert werden.

In der Lehre wird der Tageslichthimmel für Untersuchungen der Tageslichtsituation an Architektur-Modellen eingesetzt. Studierende lernen hier die Abhängigkeit der Tageslichtverteilung im Gebäude von der Anordnung von Öffnungen in der Fassade zu erkennen und Tageslichtquotienten zu bestimmen. Sie erkennen die Reduktion der Tageslichtversorgung durch umliegende Bebauung. So erlernen sie die Optimierung der Fensteranordnung und weiterer Einflussfaktoren nicht nur theoretisch, sondern auch ganz praktisch und anschaulich. Der Tageslichthimmel wird vor allem von Studierenden der Bachelor- und Masterstudiengänge Energie Effizienz Design (E2D) und Architektur genutzt.

Auf Forschungsseite bietet das Labor die Möglichkeit, Untersuchungen wie die Ermittlung von Tageslichteinträgen in Gebäuden bei realen Planungen zu untersuchen. Des Weiteren kann mit den verschiedenen realisierbaren Farbtemperaturen die visuelle Qualität von Oberflächen untersucht werden. Auch einfache Versuche im Bereich der Chronobiologie können im Tageslichthimmel unter Laborbedingungen durchgeführt werden.

**Prof. Michael Schmidt**

**Hochschule Augsburg**

Fakultät für  
Architektur und Bauwesen  
E2D Energie Effizienz Design  
Telefon +49(0)821 5586-3102  
himmel@hs-augsburg.de

**Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig**

**Hochschule Augsburg**

Fakultät für  
Architektur und Bauwesen  
E2D Energie Effizienz Design  
Telefon +49(0)821 5586-3611  
runa.hellwig@hs-augsburg.de

**Forschungsgebiete**

- Monitoring und Optimierung von Energie und Raumklima
- Nutzerzufriedenheit und Wechselwirkungen Nutzer-Gebäude-Technik
- Energieeffizientes und nachhaltiges Bauen
- Nachhaltigkeitsbewertung, -zertifizierung



Messung an einem  
Architektur-Modell im  
neuen Tageslichthimmel

## Monitoring von Niedrigenergiegebäudesystemen beim Einsatz erneuerbarer Energien

„muepeg - Münnerstädter Effizienzhaus Plus“



Prof. Dr.-Ing. Martin Bauer

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Architektur  
und Bauwesen  
Telefon +49(0)821 5586-3112  
martin.bauer@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Tragwerkslehre
- Baukonstruktion
- Konstruktionsmethodik
- EnergieEffizienzDesign

Das Plusenergiegebäude als effizientester Gebäudestandard stellt ein interessantes Objekt in der bisher wenig erforschten Frage des Verhältnisses von Energieerzeugung zu Energieverbrauch dar. Es gilt die einzelnen Energieströme zu überwachen, um über die Kenntnis von Einspeisung und Bezug neue Möglichkeiten des Gebäudes als Teilkomponente in übergeordneten Energienetzen zu erschließen.

Die immer effizienteren Gebäude und Gebäudetechnologien verändern die Anforderungen an die Einbindung des Gebäudes in bestehende Energienetze. Dazu sind genauere Untersuchungen der Systemkomponenten sowie der Gebäudestandards und deren Rolle im Verteilungsnetz erforderlich.

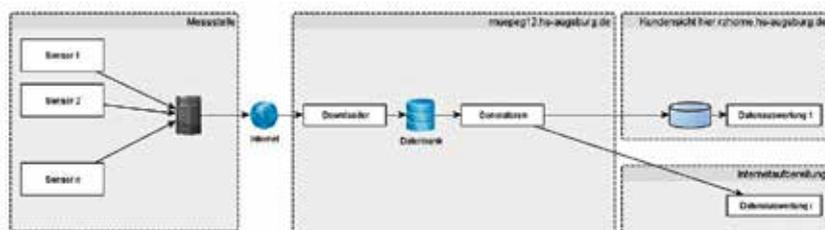
Hohe Einspeisung aus erneuerbaren Energien führt vermehrt zu Überschussstrom im elektrischen Netz. Gebäude mit hoher Energieeffizienz können mit verschiedenen Technikkomponenten Energie speichern und so einen Teil des Überschusses an Energie z.B. als Wärme einlagern. Durch eine gezielte Steuerung von Bezug und Lieferung können so elektrische Verteilnetze entlastet werden.

Im Zuge der durchgeführten Projekte mit effizienten Gebäuden wurde ein umfassendes Monitoring-System entwickelt. Das System erhebt vor Ort Daten. Aus der Datenaufbereitung werden Wirkungsweisen der Gebäudesysteme erschlossen und die Abstimmung der Technikkomponenten erreicht.

### MONITORINGSYSTEM

Für die unterschiedlichen Fragestellungen des Monitoring-Betriebes wurde ein internetgestütztes System entwickelt. Es erfasst mittels Sensoren vor Ort die unterschiedlichen Messsignale und sammelt sie auf einem Server. Erfasst werden bauphysikalische Messgrößen,

Abb.1: Prinzip der Monitoringtechnologie



Messwerte von Behaglichkeitsmessungen sowie die Flüsse von Wärme und Strom. Die Abstraten sind konfigurierbar.

Die erfassten Daten werden von der Messstelle per Internet an eine eigens eingerichtete Adresse der Hochschule weitergeleitet. Als Rohdaten sind sie zentral in einer Datenbank gespeichert.

Mittels entwickelter Software werden die gesicherten Rohdaten für verschiedene Anwendungen ausgewertet. Neben den Datenlieferungen für die einzelnen Forschungsprogramme wurde eine Aufbereitung für Browser entwickelt, die einen unmittelbaren Überblick über die im Projekt erhobenen Daten über Internet ermöglicht.

So sind Datenverarbeitung und -auswertung jederzeit möglich. Messausfälle werden früh erkannt und können zeitnah behoben werden.



Abb. 2: Internetauswertung von Stromerzeugung aus Fotovoltaik, Beladung von Batteriespeicher und E-Mobilität

### MONITORING EINES PLUSENERGIEGEBÄUDES

Zielsetzung des Projektes „muepeg - Münnerstädter Effizienzhaus Plus“ ist die umfassende Dokumentation von Energieverbrauch und -erzeugung eines Plusenergiegebäudes. Im Rahmen des Forschungsschwerpunkts Effizienzhausplus des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung werden für das Fraunhofer Institut für Bauphysik Daten erhoben.

Das Wohngebäude ist in Holzständerbauweise errichtet und soll künftig einen Überschuss von 10.200 Kilowattstunden im Jahr produzieren. Die benötigte Wärme zur Beheizung des Gebäudes und zur Bereitstellung des Trinkwarmwassers wird von einer Erdreich-Wärmepumpe mit Pufferspeicher geliefert. Gebäude-

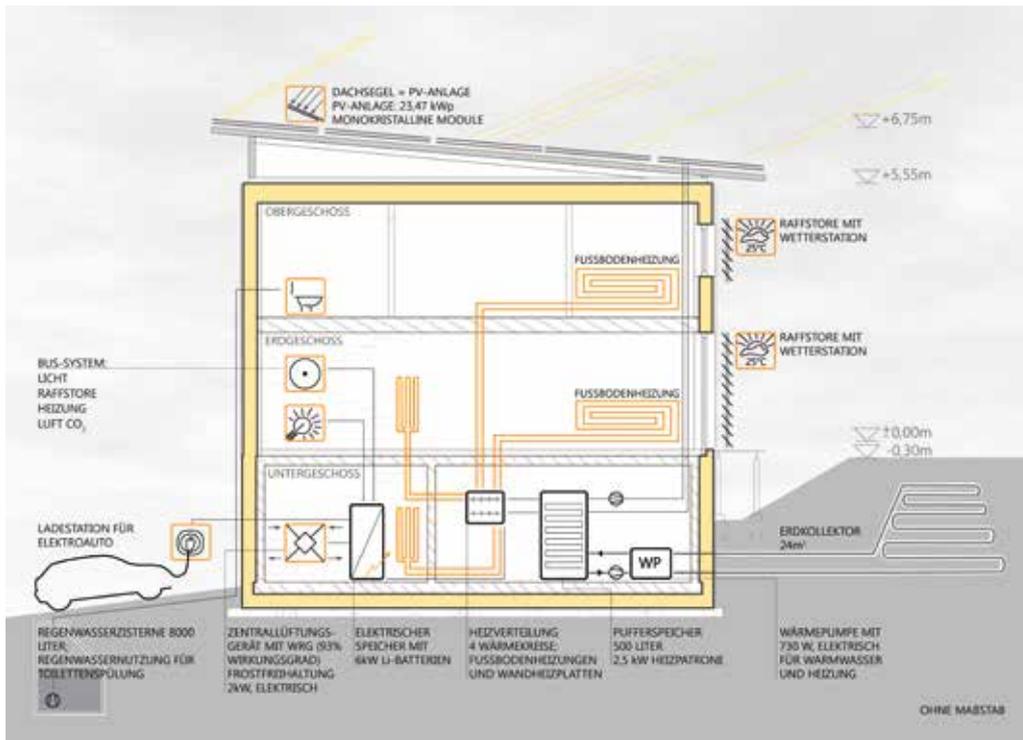


Abb. 3: Muepeg-Plusenergiegebäude mit seinen Technikkomponenten

leittechnik regelt Verschattungssysteme, Beleuchtung, Pumpen sowie Lüftung. Der erforderliche Luftwechsel wird durch ein zentrales Lüftungssystem gewährleistet. Die Stromerzeugung und Versorgung des Elektroautos erfolgt durch eine Fotovoltaikanlage (Abb.3).

Für das Projekt wurde das Monitoringsystem mit insgesamt 38 Messstellen eingesetzt. Es gibt Aufschluss über die Energieströme des Gebäudes und liefert Informationen über bauphysikalische Größen, das hausinterne Stromnetz und Behaglichkeit.

Kooperationspartner vor Ort sind das Architekturbüro sowie das Ingenieurbüro Miller.

Durch Analyse werden praktische Erkenntnisse über die komplexen Zusammenhänge eines hocheffizienten Gebäudesystems erlangt. Die Auswirkungen auf die Lastgänge im Energiebezug und Energielieferungen des Gebäudes mit seinem Nutzerverhalten werden so ablesbar. Der Verbrauch von Heizwärme und Kälte wird zeitaufgelöst erfasst.

Alle Daten sind nahezu in Echtzeit verfügbar. Exemplarisch kann die Globalstrahlung vor Ort abgerufen werden: <http://muepeg12.hs-augsburg.de/open/>.

### EFFIZIENTE GEBÄUDE ALS WÄRMESPEICHER

Das Projekt „Energieinfrastruktur der Zukunft: Windheizung 2.0 – Energiespeicherung mit hocheffizienten Gebäuden“ im Auftrag des Landesamtes für Umwelt setzt sich mit der gezielten Wärmespeicherung überschüssiger Energie im Stromnetz auseinander. Gefördert wird das Projekt vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit.

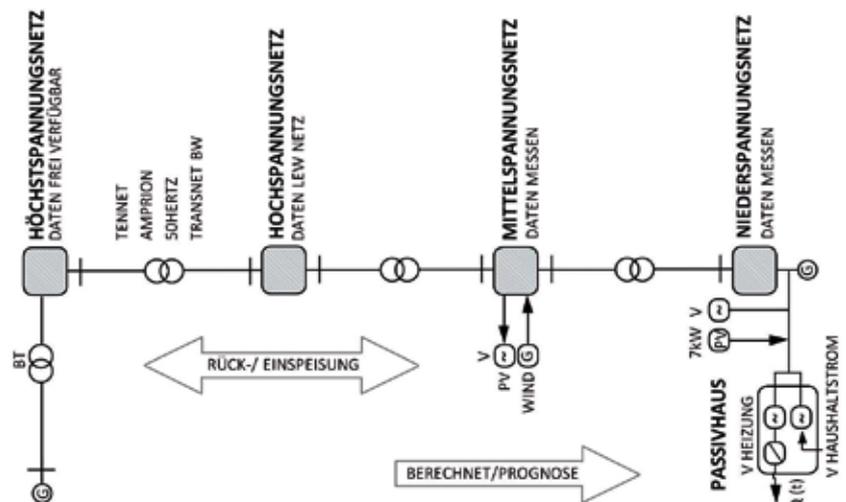
Die Durchführung des Versuchs erfolgt in Zusammenarbeit mit der LEW AG und tekmar Regelsysteme GmbH.

Der neu untersuchte Ansatz ist eine Systemintegration traditionell getrennt betrachteter Teilsysteme von elektrischem Netz und Gebäude als gemeinsamer Wirkeinheit.

Gegenstand der Untersuchung ist die gezielte Lasterzeugung durch Wandlung von elektrischer Energie in Wärme und deren Speicherung im Gebäude zur Entlastung des zugehörigen Versorgungsnetzes.

Das Modellvorhaben wird an einem Passivhaus in Massivbauweise mit Betonkerntemperierung durchgeführt. Aufgrund der guten Wärmedämmung in Kombination mit hoher Wärmespeicherfähigkeit ist die Möglichkeit der Wärmeeinlagerung im Gebäude gegeben. Die Wärme verbleibt aufgrund der hohen Effizienz sehr lange im Gebäude. Vision der Versuchsanordnung ist die Nutzung von Strom aus Netzlastspitzen zur alleinigen Heizung des Gebäudes.

Abb. 4: Versuchstechnische Kopplung von Gebäude und Verteilungsnetzen



Der Start und der Grad der Beladung des Gebäudes werden durch Signale des Verteilnetzbetreibers gesteuert. Soll eine Wärmeeinlagerung im Gebäude erfolgen, so wird das Heizsystem der thermisch aktivierten Decken vermehrt mit Energie versorgt. Die abgegebene Wärme verbleibt im Bauteil und wird verzögert an den Raum abgegeben.

Erfolgreich wurde das Monitoring während der Heizperiode 2011/12 in Betrieb genommen. Es wurde nachgewiesen, dass mit der Kombination aus sehr effizientem Gebäude und der direkten Wärmeumwandlung aus Strom eine Wärmeversorgung ferngesteuert erreicht werden kann.

Durch den Versuch wird ersichtlich, wie der örtliche Strombezug in einem Niederspannungsnetz aus der Netzleitstelle des gesamten Verteilnetzes gesteuert und gezielt ein zusätzliches Verbrauchsprofil in der lokalen Netzlastkurve erzeugt werden kann. Hieraus lässt sich durch Erweiterung der durchgeführten Untersuchung auf mehrere Gebäude eine Entlastung lokaler Netze auf Niederspannungs- und Mittelspannungsebene erwarten.

Offene Fragen bezüglich der Lastgänge von Bezug und Angebot werden in der kommenden Periode des Versuchs untersucht. Hierfür werden Messergebnisse über das abzustimmende Verhalten von elektrischem Netz und Gebäude über eine Ganzjahresperiode als Zeitraum angestrebt.

Abb. 5: Gebäude der Firma Staudenschreiner Holzbau GmbH



#### ERDKOLLEKTOR MIT ZUSÄTZLICHER REGENWASSERVERSICKERUNG

Das Projekt „witterungsabhängiger Wärmepuffer im Erdreich“ geht der Frage nach, ob bei der Regenerierung eines Erdkollektorfeldes unter Hinzuführung von Regenwasser ein positiver Effekt auftritt. Das synergetische Potenzial einer Kombination der zwei Umweltfaktoren Regenwasser und Erdreich wird dabei ermittelt. Der Versuch wird vom Freistaat Bayern in Form des „Innovationsgutscheins“ gefördert.

Untersuchungsgegenstand ist ein Niedrigstenergiehaus mit Erdkollektor der Firma Staudenschreiner (Abb. 5). Der dazu entwickelte Versuchsaufbau setzt sich aus zwei Messfeldern zusammen. Eines besteht aus einem Erdkollektorfeld und einer Regenwasser-Rigole, das andere ausschließlich aus einem Erdkollektorfeld und dient als Referenzmessung. Die in beiden Feldern erfassten Messwerte können so miteinander verglichen und damit ein Einfluss des Regenwassers beurteilt werden.

Die messtechnischen Ergebnisse dokumentieren sowohl die wärmetechnische Be- und Entladeleistung durch den Regelbetrieb der zwei Wärmepumpen als auch die Unterstützung der Regenerierung des Erdkollektors durch den gezielten Regenwassereintrag. Dabei werden besonders die thermischen Auswirkungen des Regenwassers erfasst.

#### LITERATUR

- [1] Bauer, Martin; Hochhuber, Josef; Schwanitz, Matthias; Fries, Eberhard; Lorz, Caroline; Sedlmeier, Michael: Beitrag zur thermischen Speicherung von Netzüberlasten infolge regenerativer Energien in Gebäuden. Bauphysik 1/2013. Zugleich erschienen in den Conference Proceedings of BauSim 2012, Berlin, 2012.
- [2] Bauer, Martin; Hochhuber, Josef; Schwanitz, Matthias; Fries, Eberhard: Potenziale von Passivgebäuden als nichtelektrischer Speicher in intelligenten Stromnetzen. Tagungsband 17. intern. Passivhaustagung, 19.–20. April, Frankfurt am Main, 2013. Reviewed Paper.



**INGENIEURBÜRO**  
A. ABELE + PARTNER GmbH

Das Rad ist bereits erfunden –  
wir bringen es zum Laufen

[www.ima-abele.de](http://www.ima-abele.de)

Die **IMA Ingenieurbüro Anton Abele + Partner GmbH** ist im Maschinenbau spezialisiert auf die Bereiche Montageautomation, Sondermaschinen, Vorrichtungsbau, Messvorrichtungen, Fördertechnik, Fliegende Bauten, Anlagenbau und Fabrikplanung.

## Erfahrung seit 1973 - für Ihren Erfolg

Sie (m/w) schliessen Ihr Studium demnächst erfolgreich ab und sind bereit neue Herausforderungen anzunehmen?

- **Hochschulabsolventen**
- **Praktika / Bachelorarbeit**

Schwerpunkte:

Maschinenbau, Mechatronik, Umwelt- und Verfahrenstechnik

**Wir** bieten Arbeitsplätze in einem inhabergeführten, soliden, konzernunabhängigen Unternehmen mit kurzen Entscheidungswegen und flachen Hierarchien.

**Interessiert? - Dann sprechen Sie uns an!**

**IMA Ingenieurbüro Anton Abele + Partner GmbH**

Proviantbachstr. 30 Tel: +49 (0)821 56 000 0 info@ima-abele.de  
D-86153 Augsburg Fax: +49 (0)821 56 000 56 www.ima-abele.de

## „Schulterblick bei Polieren“ zeigt Verbesserungspotenziale in der Bau-Supply Chain

Prozessoptimierung von Baustellenabläufen



Prof. Dr. Michael Krupp

Das Logistikprojekt analysiert die Abläufe auf Baustellen regionaler Bauunternehmen. Poliere sind die Schlüsselfiguren auf vielen Baustellen. Sie koordinieren, steuern und kontrollieren die Abläufe auf den jeweiligen Baumaßnahmen. Für nahezu alles sind sie Ansprechpartner vor Ort. Weniger offensichtlich ist, dass sie der Startpunkt vieler logistischer Versorgungsketten sind, die auf den Baustellen zusammenlaufen: Material, Werkzeug, Hilfsmittel, Personal, Maschinen... alles muss, ganz anders als in der stationären Industrie, zum Bauort gebracht werden. Umso wichtiger ist es, dass sich Poliere auf die genannten Kernaufgaben konzentrieren können.



Prof. Dr. Peter Richard

Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft

michael.krupp@hs-augsburg.de  
Telefon +49 (0) 821 5586-2942

peter.richard@hs-augsburg.de  
Telefon +49 (0) 821 5586-2931

Forschungsgebiete

- Materialwirtschaft und Logistik

In der Baubranche herrschen denkbar schwierige Bedingungen für die Gestaltung standardisierter, effektiver und effizienter Prozesse wie man sie z.B. aus der stationären Automobilindustrie kennt. Externe Einflüsse wie die Beschaffenheit des Baugrunds, die infrastrukturelle Anbindung und nicht zuletzt das Wetter machen Planung und Durchführung von Bauprojekten extrem

anspruchsvoll. Erschwerend kommt hinzu, dass quasi immer Unikate gebaut werden. Wie einfach scheint das im Vergleich die Planung von Abläufen für eine Serie mit mehreren tausend Stück in einer Halle bei immer gleichen Rahmenbedingungen. Und dennoch hat sich bereits mehrfach gezeigt, dass auch in der Baubranche Prozessoptimierung und Lean Management sehr wirksam eingesetzt werden können.<sup>1</sup>

Ein Ansatzpunkt für Verbesserungsmethoden ist der eingangs genannte Polier. Ihn zu entlasten und effizienter in seine Kernaufgaben arbeiten zu lassen kann der Einstieg in Prozessoptimierung und Lean Management am Bau sein. Doch um den Hebel der Verbesserungen wirksam ansetzen zu können, gilt es die Arbeitsabläufe der Poliere genau zu analysieren und zu hinterfragen.

<sup>1</sup> Vgl. dazu auch: Höppner (2012): „Baulogistik“ In: Klaus, Krieger, Krupp (Hrsg.): „Gabler Lexikon Logistik“, Wiesbaden 2011. Krupp, M, et. al. (2011): „Logistikmanagement in der Bauwirtschaft“; In: Günthner, W. / Bormann, A. (Hrsg.): Digitale Baustelle – innovativer Planen, effizienter Ausführen, Heidelberg, 2011. Schmid (2003): „Wettbewerbsfaktor Baulogistik“, Hamburg 2002.



Das Projektteam  
nach der Abschluss-  
veranstaltung.

Im Projekt wurden dazu Poliere während ihres Arbeitsalltags von Studierenden begleitet.<sup>2</sup>

#### ABLAUF

Wesentliches Ziel im Projekt war es die Tätigkeiten der Poliere im Zusammenhang über mehrere Tage zu erfassen und die Dauer der Tätigkeit zu dokumentieren. Zu diesem Zweck wurde ein Erhebungsbogen entwickelt, mit dessen Hilfe in Anlehnung an eine Multimomentstudie die Dauer der Tätigkeiten vergleichbar erfasst werden konnte.

Im Projekt nahmen fünf mittelständische Bauunternehmen aus der Region teil. An insgesamt 53 Tagen wurden Poliere der Unternehmen von jeweils einem Studierenden den gesamten Arbeitstag begleitet. Dabei füllten die Studierenden die Erhebungsbögen aus. So konnten sämtliche Tätigkeiten der Poliere sowie die jeweilige Dauer gemessen werden. Ergänzend wurden Auffälligkeiten notiert, also Abläufe die für Außenstehende unverständlich und evtl. sogar umständlich erscheinen.

Die Erhebungsbögen wurden vom Projektteam ausgewertet. Es wurden Kerntätigkeiten und ergänzende Tätigkeiten definiert und die Gesamtdauer über alle besuchten Baustellen und Poliere ausgewertet. Effizienz kann – so die These – gesteigert werden, wenn ergänzende Tätigkeiten reduziert werden, um Zeit für Kerntätigkeiten frei zu machen. Aufbauend auf der Analyse wurden Möglichkeiten zur Reduzierung der ergänzenden Tätigkeiten aufgezeigt und ausgearbeitet, sowie bereits in Projektvorschlägen konkretisiert.

Die Ergebnisse wurden während einer Abschlussveranstaltung vorgestellt. In der Veranstaltung konnten auch Gastredner der Fraunhofer SCS und der Saint-Gobain Building Distribution Deutschland GmbH ihre neuesten Lösungen vorstellen.

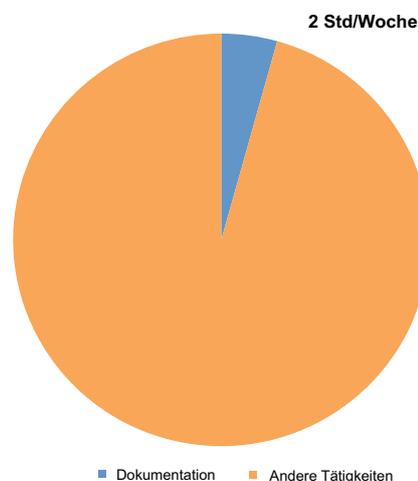
#### ERGEBNISSE

Im Folgenden werden vier beispielhafte und plakative Ergebnisse dargestellt. Die jeweils mit Verbesserungsansatz vorgestellt werden.

<sup>2</sup> Die letzte Studie mit zeitlichen Analysen zu unterschiedlichen Aufgaben auf Baustellen ist 2003 entstanden und weist den effizienten Anteil der Arbeit am Gewerk mit ca. 30% der Anwesenheit aus. Boenert / Blömeke (2003): „Logistikkonzepte im Schlüsselfertigbau zur Erhöhung der Kostenführerschaft“ In: Bauingenieur, Bd. 78, Nr. 6, 2003, 277 – 283.



Auditorium während der Abschlussveranstaltung.

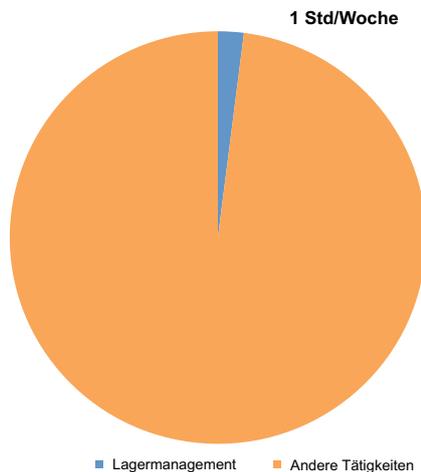


*Ein Polier verbringt 2 Stunden/Woche mit „Schreibkram“!*  
Handschriftliche Dokumentationen auf Baustellen, z. B. das Erfassen der Baufortschritte kosten viel Zeit. Zudem verursacht manuelle Dokumentation oft manuelle Nacharbeit an anderer Stelle. Z.B. werden Dokumentationen später abgetippt oder eingescannt. Getragen werden die studentischen Lean Management Projekte und Lehrveranstaltungen im Kompetenzfeld Materialwirtschaft und Logistik von parallelen Aktivitäten der Dozenten. Fokussiert werden in diesen Aktivitäten:

Um den Dokumentationsaufwand auf der Baustelle zu reduzieren, ist der Einsatz von technischen Hilfsmitteln sinnvoll. Eine Digitalisierung der Abläufe hat weniger Aufwand in nachgelagerten Stellen zur Folge!

Durch Einsätze einer unternehmensweiten Software kann viel Zeit gespart werden. Der Schlüssel ist ein Baustellenwirtschaftssystem (BWS) mit dem alle Abläufe unterstützt werden. Im BWS können alle Daten abgebildet werden. Wenn es gelingt eine Schnittstelle zu den Lieferanten herzustellen, können auch Bestel-

lungen über das BWS getätigt werden. Die gesamte Bau Supply Chain wird digitalisiert und somit effizienter.



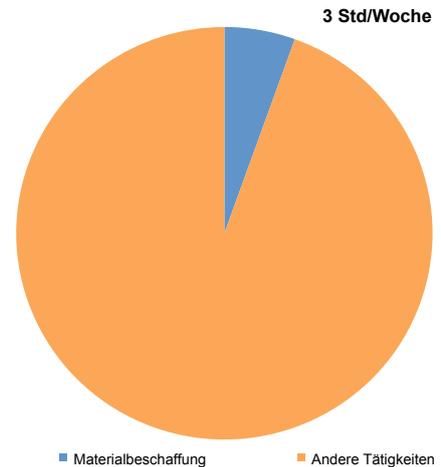
*1 Stunde/Woche ist der Polier „auf der Suche...“*

Nicht alle Baustellen haben klar gekennzeichnete, systematisch genutzte Lagerflächen. Die mangelnde Systematik führt zu überflüssigen Materialbewegungen auf Baustellen. Eine fehlende Lagerplatzzuweisung führt dabei häufig zu Suchaufwänden. Der hier aufgezeigte Aufwand des Poliers wirkt wie ein Hebel, wenn er sich helfen lässt, oder Sonderprozesse einleitet.

Der Suchaufwand auf der Baustelle wird durch fest definierte und gekennzeichnete Lagerplätze reduziert. Dies wird durch Einführung eines einheitlichen Lagersystems ermöglicht. Dabei kann das Material nach Bauabschnitten sortiert und nahe am Verbau-Ort gelagert werden. Wege auf der Baustelle werden somit reduziert. Ein einheitliches Lagermanagement auf der Baustelle ist auch Grundlage für einen Einsatz von Barcodes oder RFID.

*3 Stunde/Woche verbringt der Polier mit Materialbeschaffung*

Wenn auf der Baustelle Material fehlt, dann geht es nicht weiter. Hier wird der Polier aktiv: Er organisiert Nachtransporte oder Sonderfahrten oder fährt sogar selber zum Material holen. Oft ist diesen Aktionen langes Warten vorausgegangen.

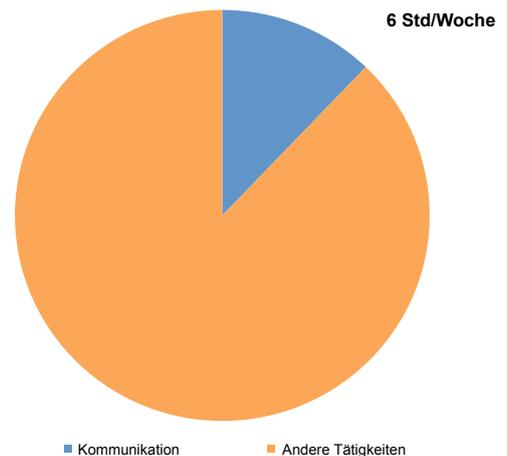


Hintergrund ist die schlechte Abstimmung mit Lieferanten und/oder schlechte Auffindbarkeit der Anlieferpunkte auf der Baustelle.

Durch die Nutzung der sogenannten „rollierenden Planung“ weiß der Lieferant sehr früh aber noch sehr grob, was, wann und wohin er liefern muss. Bis zum eigentlichen Liefertermin bekommt der Lieferant immer detailliertere Informationen. Wenn der Polier dann eine Lieferung abrufen ist also alles Wichtige bereits bekannt und es werden nur noch Kleinigkeiten geklärt. Z. B. der genaue Anlieferpunkt. Dieser sollte dann durch eine einfache aber eindeutige Beschilderung auffindbar sein. So können schlanke Lieferprozesse wie z. B. Just in Time Belieferung gezielt umgesetzt werden.

*6 Stunden/Woche verbringt der Polier am Telefon*

Der Polier ist Dreh- und Angelpunkt aller Abläufe auf der Baustelle. Er weiß, was wo gerade gemacht wird und



was im Weiteren geplant ist. Das macht ihn zum zentralen Ansprechpartner für alle, die mit der Baustelle zu tun haben. Die Folge ist ein enorm hoher Kommunikationsaufwand. Und doch ist nicht jedes Telefonat sinnvoll und jedes Gespräch zielführend.

Kommunikation kann gebündelt und einfach dokumentiert werden. Festgelegte Meetings zur Abstimmung mit mehreren Beteiligten reduziert die Zeit für Einzelgespräche. Absprachen können festgehalten werden, was die erneute Nachfrage per Telefon unnötig macht. Die digitale Einbindung der Lieferanten verringert die Anfragen nach Materiallieferungen. Absprachen mit dem Bauhof und klare Abläufe reduzieren den Abstimmungsaufwand. *Teil-Ergebnisse werden bereits in einem Folgeprojekt mit einem Projektpartner umgesetzt.*

Das Projektteam bedankt sich für die Koordination des Projektkonsortiums bei der Handwerkskammer für Schwaben und für die Kooperation im Projekt bei den Praxispartnern Eigner Bauunternehmung GmbH, Dobler GmbH & Co. KG, Glass GmbH Bauunternehmung, Thannhauser + Ulbricht Strassenbau, Neureiter GmbH.

- Workshop-Konzepte, die Lean Management aktiv lehren und durch einen „learning by doing“ Ansatz gleich erste Erfolge aufzeigen sollen.
- Methoden zur Begleitung der Umsetzung von Lean Management Maßnahmen, die gezielt die Mitarbeitermotivation steigern, um eine nachhaltige Einführung des Lean Management Ansatzes zu erreichen.
- Etablierung eines Lean Management Arbeitskreises mit dem Ziel eines gezielten Erfahrungsaustausches.

Das Kompetenzfeld Materialwirtschaft und Logistik der Fakultät für Wirtschaft an der Hochschule Augsburg besteht aus drei hauptamtlichen Professoren und 5 Studierenden im Masterstudium für angewandte Wissenschaften. Seit 2010 bearbeitet das Kompetenzfeld Fragestellungen aus der regionalen und überregionalen Wirtschaft. Dabei greifen die Professoren auf ihre Expertise aus mehrjährigen praktischen Erfahrungen zurück und kombinieren diese mit hochaktuellen Kenntnissen aus der theoretischen Wissenschaft. Im Fokus der



Arbeiten stehen:

- Prozessoptimierung
- Lean Management
- Change Management

Begleitet werden Projekte von der Konzepterstellung bis zum Abschluss der Umsetzung.

#### BETEILIGTE STUDIERENDE:

Dominic Anritter (Projektkoordinator), Florian Aumüller, Andreas Benz, Christina Brandstetter, Viktoria Fleck, Nikolaus Frankl, Alexander Fritsch, Martin Gossmann Jennifer Kaestel, Elene Kipiani, Anna Koleber, Stella Pfeifer, Nils Scherer, Elisabeth Schneid, Cornelia Maria Schmid, Tobias Schmitt, Bilal Tenlik, Alexander Vashenin, Anna Winterholler

## „Lean management“ bringt Ersatzteile schneller ans Ziel

Logistikprojekt liefert Ideen zur Verschlinkung der Ersatzteillistik der Andreas Schmid Logistik AG



Prof. Dr. Michael Krupp



Prof. Dr. Peter Richard

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft  
michael.krupp@hs-augsburg.de  
Telefon +49(0)821 5586-2942  
peter.richard@hs-augsburg.de  
Telefon +49(0)821 5586-2931

### Forschungsgebiete

- Materialwirtschaft und Logistik

Das Projektteam nach der Kick-off-Veranstaltung mit „smile“-Warnwesten der Andreas Schmid Logistik AG. „smile“ heißt dort das interne Lean-Management-Programm.

Zwölf Studierende der Hochschule Augsburg erarbeiten im Projekt „Schlanke Prozesse in der Ersatzteillistik“ bereichsübergreifende Verbesserungsvorschläge zur Optimierung von Arbeitsabläufen in der Ersatzteillistik der Andreas Schmid AG.

Die Ersatzteillistik gilt als „Königsdisziplin“ in der Logistik. Denn: eine Bedarfsmeldung bedeutet in der Regel, dass irgendwo eine Maschine, ein Fahrzeug oder eine Anlage nicht arbeiten und Umsatz verloren geht oder ein genervter Kunde auf die Reparatur seines defekten Produktes wartet. Schnelle Reaktionsfähigkeit, hohe Verfügbarkeit und verlässliche Abläufe sind also das A und O in der Ersatzteillistik.

Dabei besteht die Lieferkette nicht nur aus Transporten – auf die Logistik allzu gerne reduziert wird. Ebenso wichtig sind die Abläufe im Lager: Angelieferte Teile müssen schnell verfügbar gemacht werden. Der Kundenbedarf muss exakt gemeldet werden, um die richtigen Teile zu finden. Die nötigen Teile müssen schnell zusammengesucht, also kommissioniert werden. Danach folgt die erforderliche, sachgerechte Verpackung, um Transportschäden zu vermeiden. Erst nach diesen Schritten kann das Ersatzteil ausgeliefert werden. Zeit, die hier verloren geht, kann im Transport in der Regel nicht oder nur mit hohen Kosten aufgeholt werden.

Im Sinne des Lean-Management-Ansatzes sind also Warte- und Standzeiten im Ersatzteillager Verschwen-

nung, die vermieden werden muss. Denn immerhin wartet irgendwo ein Kunde und verliert Geld oder die Nerven.<sup>1</sup>

Damit Prozesse im Lager möglichst schnell vonstaten gehen, hat ein studentisches Projektteam die Ersatzteillistik der Andreas Schmid Logistik AG unter die Lupe genommen und Möglichkeiten zur Prozessoptimierung aufgezeigt.

### ABLAUF

Zentrales Ziel im Projekt war die Erarbeitung konkreter, direkt umsetzbarer Verbesserungsansätze. Diese sollten die Abläufe effizienter, kostengünstiger und dennoch verlässlich gestalten. Als externe Beobachter sollten die Studierenden dabei explizit auch solche Ansätze aufzeigen, die durch typische „Betriebsblindheit“ den internen Mitarbeitern nicht mehr auffallen.

Erster Schritt im Projekt war folglich die detaillierte Analyse der Prozesse und physischen Materialbewegungen sowie der flankierenden und steuernden Informationsflüsse. Dazu wurde nach der „Kreidekreis-Methode“ aus dem Lean Management vorgegangen. Diese beinhaltet eine ausführliche und intensive Beobachtung der Abläufe, untermauert mit genauer Dokumentation der Beobachtungen. Zur Veranschaulichung wurden

<sup>1</sup> Vgl. dazu auch: Voss (2009): „Optimierung der Ersatzteillistik: ein Blick auf Praxis und Theorie“ In: BVL (2009): „Erfolg kommt von innen : 26. Deutscher Logistik-Kongress Berlin“ S. 322-355, Kongressband, Hamburg : 2009.



die Abläufe in Form einer Wertstromanalyse dargestellt (vgl. Abbildung 1).

Die beobachteten Zusammenhänge wurden im Projektteam und in der Zwischenpräsentation mit den beteiligten Mitarbeitern diskutiert. Im Rahmen dieser Gespräche wurden bereits erste Auffälligkeiten auf deren Bedeutung für die Effizienz der Abläufe hinterfragt.

In internen Sitzungen und detaillierter Recherchearbeit wurden Verbesserungsansätze ausgearbeitet, beispielsweise Beschaffungslisten generiert und kurze Kosten-Nutzenrechnungen erstellt, um die nötigen Investitionen argumentativ verteidigen zu können.

Die Ergebnisse des Projektes wurden in einer Abschlussveranstaltung präsentiert. Im Anschluss wurden Details und Umsetzungsmöglichkeiten ausgiebig mit den Mitarbeitern der Andreas Schmid Logistik AG diskutiert.

#### ERGEBNISSE

Im Projekt wurden 28 Verbesserungsvorschläge aufgezeigt. Diese bezogen sich, der Logik des Warenflusses folgend, auf die Bereiche Wareneingang, Lagerung / Kommissionierung und Versand. Von den 28 Vorschlägen wurden zehn detaillierter ausgearbeitet.

Beispielsweise wurden für das – in der Logistik schon klassische – Platzproblem ein angepasstes Lagerlayout und eine leicht veränderte Nutzung bereits vorhandener Regale vorgeschlagen. Durch eine Anpassung der Höhe der Regalböden könnten zusätzliche Stellflächen für typische Waren geschaffen werden.

Beispielhaft für Konzepte aus dem Lean Management sind Vorschläge, die sich auf die Visualisierung beziehen. Bodenmarkierungen, wie Sie jeder von Parkplatzmarkierungen kennt, zeigen genaue Bereiche in welchen bestimmte Waren zwischengelagert werden dürfen. Weniger bekannt, aber ebenfalls sehr hilfreich, ist die bildliche Darstellung der Arbeitsschritte. So kann eine einheitliche Arbeitsweise der Mitarbeiter erreicht werden: Prozesse laufen stabiler und weniger fehleranfällig ab.

Auch einige „mutige“ Vorschläge wurden unterbreitet und so bewusst der „Blick über den Tellerrand“ gewagt. So wurde für eine vereinfachte Kommissionierung im weitläufigen Kleinteilelager die Nutzung von Elektrorollern vorgeschlagen. Eine Idee, die verständlicherweise bei der Belegschaft auf Gegenliebe gestoßen ist.

Einige der Vorschläge befinden sich bereits in der Umsetzung und werden nach wie vor vonseiten des Praxispartners als hervorragende Ansätze gesehen.

Das Projektteam bedankt sich bei der Andreas Schmid AG für die spannende Zusammenarbeit und die tiefen Einblicke in die alltäglichen Aufgaben in der Ersatzteillogistik.

Das Kompetenzfeld Materialwirtschaft und Logistik der Fakultät für Wirtschaft an der Hochschule Augsburg besteht aus drei hauptamtlichen Professoren und fünf Studierenden im Masterstudium für angewandte Wissenschaften. Seit 2010 bearbeitet das Kompetenzfeld Fragestellungen aus der regionalen und überregionalen Wirtschaft. Dabei greifen die Professoren auf ihre Expertise aus mehrjährigen praktischen Erfahrungen zurück und kombinieren diese mit hochaktuellen Kenntnissen aus der theoretischen Wissenschaft. Im Fokus der Arbeiten stehen:

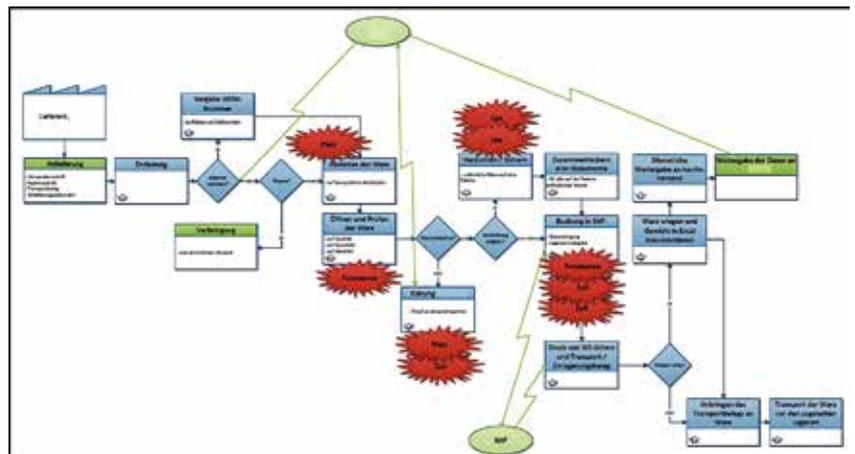
- Prozessoptimierung,
- Lean Management und
- Change Management.

Begleitet werden Projekte von der Konzepterstellung bis zum Abschluss der Umsetzung.

#### BETEILIGTE STUDIERENDE:

Frédéric Erben (Projektleiter), Norbert Fischer, Petra Fleischer, Katharina Macketanz, Dejan Radovanovic, Vicky Rosenbaum, Maria Russo, Sarah Scheitle, Maximilian Seit, Edgar Semke, Magnus Staar, Christine Tenter, Thomas Wild

Abbildung 1: Wertstrom-Darstellung der Abläufe mit typischen „Kaizen“-Hervorhebungen, die Verbesserungspotenziale zeigen.



## Die Logistik braucht ein Gesicht

Logistik-Projekt zeigt Entwicklungspfade und Karrierewege in der Logistik auf



Prof. Dr. Michael Krupp



Prof. Dr. Peter Richard

**Hochschule Augsburg**  
Fakultät für Wirtschaft  
michael.krupp@hs-augsburg.de  
Telefon +49(0)821 5586-2942  
peter.richard@hs-augsburg.de  
Telefon +49(0)821 5586-2931

### Forschungsgebiete

- Materialwirtschaft und Logistik

Gemeinsam mit dem Logistik-Cluster Schwaben LCS hat das Kompetenzfeld Materialwirtschaft und Logistik (KMUL) Entwicklungslinien in der Logistik aufgearbeitet. Durch das Projekt, das in der vertieften Praxis des Moduls „Logistik und Supply Chain Management“ bearbeitet wurde, konnten unterschiedliche Karrierewege von Logistikern lebensnah dargestellt werden. So ist es gelungen, der Logistik ein Gesicht zu geben und gleichzeitig ein wichtiger Schritt getan, um dringend benötigten Nachwuchs für alle Tätigkeitsfelder zu gewinnen.

„Die Logistik hat ein Image-Problem“ - da sind sich die meisten Praktiker einig. Während andere Branchen – wie z.B. die Automobilindustrie - mit attraktiven Produkten werben können, hat die Logistik als Dienstleistungsbranche kein physisches Produkt mit dem sie identifiziert werden kann. Es ist also schwierig, sich unter dem Begriff „Logistik“ etwas Konkretes vorzustellen. Viele denken an einen Container oder einen LKW auf der Autobahn, aber diese Objekte decken den Inhalt nicht annähernd ab. Selbst Experten fällt es mitunter schwer, Logistik verständlich und mit allen Facetten zu erklären.

Dies ist ein altbekanntes Problem, dem unter anderem die Wissenschaft, aber auch Verbände seit langem versuchen entgegen zu wirken. So wurde die Logistik als Branche durch Prof. Peter Klaus in der Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services in Nürnberg erstmals mit den wesentlichen wirtschaftlichen Eckdaten erfasst. Heute macht sie immerhin knapp 225 Milliarden Euro Umsatz pro Jahr (2012) und ist damit der zweitgrößte Wirtschaftszeit in Deutschland. Aber auch die Messbarkeit in Zahlen löst das Problem nur zum Teil.

Auch die Bundesvereinigung Logistik e.V. gibt der Logistik als ein Verband eine Stimme und bemüht sich um Sichtbarkeit. Entsprechende Maßnahmen sind der jährlich stattfindende „Tag der Logistik“ und die Etablierung des griffigen Slogans: „Logistik macht’s möglich“. Doch auch dieser erklärt Logistik nicht für Laien. Es bleibt ein Problem: Berufseinsteiger wissen meist nicht, welche Möglichkeiten sich in der Logistik bieten. Zudem ist unklar, wo die entsprechenden Berufe erlernt und ergriffen werden können.

Auch das KMUL hat sich zum Ziel gesetzt, Logistik als attraktives Betätigungsfeld darzustellen. Ein Ziel, das

auch der Logistik-Cluster Schwaben verfolgt. Dieser Branchenverband stärkt seit 2011 die logistischen Aktivitäten in der Region Schwaben. So entstand im Sommersemester 2013 das gemeinsame Projekt „Entwicklungslinien in der Logistik“. Der Logistik sollte ein Gesicht gegeben werden. Es wurden verschiedene Berufsbilder und Karrierewege in der Logistik anhand von Lebensläufen und Arbeitsalltagen „echter“ Logistiker verständlich dargestellt. Personen erzählen Geschichten und ihre persönliche Geschichte mit klarem Bezug zum Logistik-Alltag.

### ABLAUF

Im Rahmen der Veranstaltung „Vertiefte Praxis“ des Studienmoduls „Logistik und Supply Chain Management“ bearbeiteten 25 Studierende die Aufgabenstellung in Kleingruppen. Zunächst wurden Praxispartner aus dem Logistik-Cluster Schwaben gesucht. Dies waren Personen, die mit ihren Geschichten für ein bestimmtes Berufsbild stehen sollten. Es wurden sehr grob vier Berufsgruppen aufgenommen: Fahrer, Lagerlogistiker, Supply Chain Planer und Supply Chain Manager. Dabei war von vornherein klar, dass sich nicht alle Berufsbilder klar diesen Kategorien zuordnen lassen. Gelungen ist aber, durch alle dargestellten Personen die gesamte logistische Kette abzubilden. Dies gelang, obwohl die Praxispartner aus den unterschiedlichsten Unternehmen stammten.

Die Logistiker wurden von den Studierenden in Interviews ausführlich nach ihren Werdegängen befragt und damit deren „Entwicklungslinien“ dokumentiert. Ergänzend wurde der Arbeitsalltag der Logistiker erfasst. Ein wichtiger Schritt, um die Tätigkeit der jeweiligen Berufsgruppe auch für Laien zugänglich zu machen – denn wer weiß schon, was ein Supply Chain Planer alles tut? Als weitere Komponente wurden die Arbeitsabläufe abgefragt und betrachtet, in die der jeweilige Logistiker eingebunden ist. So konnte abschließend ein umfassendes Bild der arbeitsteiligen Logistikette erstellt werden.

Abschließend wurde ein Verwertungskonzept für die erarbeiteten Inhalte erstellt. Unterschiedliche Möglichkeiten wurden ausgearbeitet um die Zielgruppen – insbesondere Schüler – zu erreichen.

## ERGEBNISSE

Ein erstes Ergebnis soll gleich mit einem weit verbreiteten Vorurteil aufräumen: Logistik ist keine Männerdomäne! In allen Berufen sind auch Frauen vertreten: Von der Fahrerin über die Disponentin bis zur Supply Chain Managerin. Mitunter sagen auch die befragten Frauen, dass die Logistik entgegen ihrem Ruf besonders attraktiv für weibliche Berufseinsteigerinnen ist. Empirisch ist das mit einigen wenigen Aussagen nicht belegbar, aber in der Übereinstimmung dennoch interessant.

Zudem gibt es aktuell auffällig viele Quereinsteiger, die sich in der Logistik entwickelt und verwirklicht haben. Dies ist immer noch möglich, aber der direkte Weg in die Logistik ist durch spezifische Ausbildungsmöglichkeiten deutlich besser möglich als noch vor 20 Jahren.

Berufskraftfahrer/in ist ein Ausbildungsberuf mit dem Fokus auf den räumlichen Transport der Ware. Eine Aufgabe, die durchaus als Rückgrat der Logistik bezeichnet werden kann, da in Deutschland nach wie vor circa 65 Prozent der Güter über die Straße transportiert werden (gemessen an der Transportleistung). Die Aufgabenbereiche umfassen dabei mehr als Lenken und Bremsen. Sicherheitsvorschriften etc. sind Teil der Ausbildung und müssen regelmäßig aufgefrischt werden.

Fachkraft für Lagerlogistik und Fachlagerist/in sind die entsprechenden Ausbildungsberufe mit Fokus auf Lagerung und Kommissionierung der Waren. Auch hier ist mehr Wissen nötig als zunächst vermutet: Ein Staplerschein ist Grundlage, aber Kenntnisse über Gefahrgutverordnungen, Sondervorschriften (z.B. Hygienevorschriften) und Grundkenntnisse in IT-Systemen sind ebenso wichtig.

Dispositive Aufgaben koordinieren Transporte und Tätigkeiten im Lager mit den zugehörigen Kundenanfragen. Dies wird typischerweise von Kaufmännern/-frauen für Spedition und Logistikdienstleistung erledigt oder durch Akademiker mit betriebswirtschaftlicher Ausbildung. Diese Tätigkeiten erfordern bei internationalen Lieferverbindungen häufig gute Englischkenntnisse. Hinzu kommen u.a. Beherrschung von Dispositionssoftware sowie Kenntnisse der rechtlichen Rahmenbedingungen. Zudem werden betriebswirtschaftliche Kenntnisse nötig, um Angebote zu erarbeiten und zu rechnen.

Die Planung logistischer Konzepte kann nicht bestimmten Ausbildungen zugeordnet werden. Hier wird deutlich, dass die Logistik Entwicklungsmöglichkeiten bietet. Mit Erfahrung und Weiterbildung können der



Abbildung 1: Corinna Ongyerth studierte berufsbegleitend BWL an der Verwaltungs- und Wirtschaftsakademie (VWA). Ihre berufliche Laufbahn hat sie mit einer Ausbildung zur Kauffrau für Spedition und Logistikdienstleistung bei der Spedition Nuber GmbH in Augsburg begonnen. Sie leitet seit zwei Jahren alleinverantwortlich die Abteilung Lagerlogistik.

Frau Ongyerth wurde im Rahmen des Projektes befragt. Sie ist ein mustergültiges Beispiel für eine neue Generation weiblicher Führungskräfte in der Logistik.

Umfang und die Komplexität der Aufgaben ausgeweitet werden. In der Planung und Steuerung logistischer Systeme sind sowohl Absolventen der genannten Ausbildungsberufe als auch Akademiker aus den Studiengängen Betriebswirtschaft, und Wirtschaftsingenieurwesen zu finden. Aufgabenfeld ist die Planung, Steuerung und Kontrolle - kurz das Management - logistischer Abläufe, die innerbetrieblich oder auch zwischenbetrieblich ablaufen können. Bei Logistikdienstleistern sind diese Logistiker oft bei der Konzepterstellung und Umsetzung komplexer Dienstleistungen tätig. Bei Verladern sind sie meist Bereichsleiter für Abschnitte logistischer Ketten.

Die übergreifende Sicht und Verantwortung für eine gesamte logistische Kette haben Logistiker, die im Projekt als Supply Chain Manager bezeichnet wurden. In diesem Tätigkeitsfeld sind aktuell Quereinsteiger zu finden, sowohl mit akademischem Hintergrund, als auch mit einschlägiger Ausbildung und entsprechenden Kenntnissen aus Weiterbildungsmaßnahmen. Werdegänge, die in der Form immer schwieriger werden, da seit Mitte der 90er Jahre spezialisierte Hochschulabsolventen nachrücken.

Dennoch kann resümiert werden, dass gerade in der Logistik die Entwicklungsmöglichkeiten besonders gut sind. Neueinsteiger sind gesucht und gerade

bei Dienstleistern bieten sich vielfältige Wege auf der Karriereleiter an.

Die Ergebnisse sind ausführlich dokumentiert und bieten nun die Grundlage zur weiteren Aufbereitung. Angedacht sind Kurzfilme mit den Personen sowie Flyer für einzelne Qualifizierungsmaßnahmen und deren Entwicklungsmöglichkeiten.

Das Kompetenzfeld Materialwirtschaft und Logistik der Fakultät für Wirtschaft an der Hochschule Augsburg besteht aus drei hauptamtlichen Professoren und fünf Studierenden im Masterstudium für angewandte Wissenschaften. Seit 2010 bearbeitet das Kompetenzfeld Fragestellungen aus der regionalen und überregionalen Wirtschaft. Dabei greifen die Professoren auf ihre Expertise aus mehrjährigen praktischen Erfahrungen zurück und kombinieren diese mit hochaktuellen Kenntnissen aus der theoretischen Wissenschaft. Im Fokus der Arbeiten stehen:

- Prozessoptimierung,
- Lean Management und
- Change Management.

Begleitet werden Projekte von der Konzepterstellung bis zum Abschluss der Umsetzung.

#### BETEILIGTE STUDIERENDE:

Anna Pfefferle (Projektkoordinatorin), Andreas Benz, Christina Brandstetter, Melanie Dileo, Philipp Dir, Viktoria Fleck, Nikolaus Frankl, Alexander Fritsch, Martin Gößmann, Jennifer Kästel, Elene Kipiani, Anna Koleber, Olga Koschemjakin, Stefan Osterer, Stella Pfeiffer, Matthias Pietsch, Miriam Römer, Cornelia Schmid, Saskia Schmid, Tobias Schmitt, Jasmin Schreiber, Lisa Spanfellner, Bilal Tenlik, Alain Weise, Anna Winterholler.



Abbildung 2: Projektteam mit dem Geschäftsführer des Logistik-Clusters Schwaben, Dr. Robert Schönberger (links).

## Fallstudien aus der Schwäbischen Logistikwirtschaft

Seminarergebnisse zu Supply-Chain-Optimierung

Gemeinsam mit dem Logistik-Cluster Schwaben LCS hat das Kompetenzfeld Materialwirtschaft KMuL eine Sammlung interessanter Logistik-Fallstudien zusammengestellt. Erfolgreiche Logistik-Projekte aus der Region Schwaben wurden zu Fallstudien ausgearbeitet. Die Vorarbeit leisteten Studierende der Hochschule Augsburg im Seminar „Supply-Chain-Optimierung“.

Bereits 2011 hat die Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services (SCS) aus Nürnberg der Region Schwaben einen herausragenden Platz unter den Logistikstandorten in Deutschland bescheinigt. So ist die Region Augsburg-Ulm einer der 18 attraktivsten Logistikstandorte in Deutschland.<sup>1</sup> Im Anschluss wurden die Standortbedingungen im „Logistik Atlas Schwaben“ detailliert analysiert.<sup>2</sup> Schon im Titel wird Schwaben „Supply Chain Region“ genannt. Dies beinhaltet, dass große Tonnagen mit hohen Werten nach Schwaben transportiert werden und geringere Tonnagen mit dann höheren Werten aus Schwaben heraus transportiert werden. Dies ist ein deutlicher Indikator, dass die Industrie in Schwaben als Produktionsstufe in weltweiten Wertschöpfungsketten genutzt wird. Wertschöpfung, die logistisch in globale Netze eingebunden werden muss.

Da liegt nahe, dass die Logistik der Region besonders leistungsfähig sein muss, um die Aufgaben einer „Supply Chain Region“ bewältigen zu können. Vor diesem Hintergrund entstand gemeinsam mit dem Logistik-Cluster Schwaben die Idee, Logistik aus Schwaben anhand von Projektbeispielen zu präsentieren. Dies ist mit einer Fallstudiensammlung geschehen. Die Sammlung wird im Herbst 2013 in Buchform veröffentlicht, aufgelegt vom Logistik-Cluster Schwaben und dem Kompetenzfeld Materialwirtschaft und Logistik, herausgegeben von Peter Richard und Michael Krupp.

### ABLAUF

Im Rahmen des Seminars „Supply Chain Optimierung“ wurden Logistikprojekte aus der Region zu Seminararbeiten ausgearbeitet und präsentiert. Im Vorfeld wurde im Netzwerk des KMuL unter den Mitgliedern des LCS nach interessanten, abgeschlossenen Logistikprojekten gesucht. Die Seminaristen wurden den Projektleitern abgeschlossener Logistikprojekte zugeteilt oder konnten eigene Projekte, z. B. aus dem Praktikum, einbringen.

In mehreren Gesprächen zwischen Seminarist und Projektleiter wurden die Projekte erläutert. Klassischer Aufbau ist in diesem Kontext die Ausgangssituation und Problemstellung, zusammen mit dem entwickelten Lösungsansatz und der praktischen Umsetzung der Lösung. Ergänzend wurden für die Seminaristen Unterlagen zu den Projekten verfügbar gemacht.

Abbildung 1: Cover-Entwurf für die Fallstudiensammlung, die im Herbst 2013 vom LCS und dem KMuL aufgelegt wird. Herausgeber sind Peter Richard und Michael Krupp.



Prof. Dr. Michael Krupp



Prof. Dr. Peter Richard

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft  
michael.krupp@hs-augsburg.de  
Telefon +49 (0) 821 5586-2942  
peter.richard@hs-augsburg.de  
Telefon +49 (0) 821 5586-2931

### Forschungsgebiete

- Materialwirtschaft und Logistik

<sup>1</sup> Alexander Nehm, Uwe Veres-Homm, Annemarie Kübler (2011): „Logistikimmobilien - Markt und Standorte 2011“ Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.

<sup>2</sup> Fraunhofer SCS (2011): „Logistik-Atlas Schwaben: Ein Blick auf die Supply Chain Region“, Eigenverlag; online: [http://www.logistik-schwaben.de/sites/default/files/download\\_files/logistik-atlas-2011.pdf](http://www.logistik-schwaben.de/sites/default/files/download_files/logistik-atlas-2011.pdf).

Aufgabe der Seminaristen war nun, die Informationen zu strukturieren, zusammenzufassen und darzustellen. Ergänzend musste der Lösungsansatz theoretisch unterfüttert werden. Die Ergebnisse wurden im Rahmen eines Seminartages auf dem Hochschloss in Illertissen präsentiert und als Seminararbeit ausgearbeitet.

Aus den interessantesten Ausarbeitungen wurde eine Auswahl getroffen, die von den Seminaristen darauffolgend als Fallstudie ausgearbeitet wurden. Dazu wurde die Struktur der Fallstudie vereinheitlicht, formale Ausarbeitungen wurden angepasst und das Kapitel „lessons learned“ ergänzt. Zudem wurden Übungsfragen und Lösungsansätze zu den Fragen erarbeitet.

#### ERGEBNISSE

Aus den ursprünglichen Seminararbeiten wurden zehn Fallstudien ausgearbeitet, die einen weit gefächerten Überblick über logistische Aktivitäten und Unternehmen aus Schwaben geben. Thematisiert werden klassische logistische Optimierungsansätze wie z. B.:

- Wegeoptimierte Pickzeitverkürzung im Distributionslager (Verlader)
- Einrichtung eines Supermarkets zur Materialversorgung am Band (Kooperation Verlader/Dienstleister)
- Stauraumoptimierung – Optimierung der Containerbeladung (Verlader)

Zudem kommen hoch innovative und anspruchsvolle Projekte zur Geltung, die aktuellen Rahmenbedingungen Rechnung tragen wie z. B.:

- Neukonzeption der Inbound-Logistik zur Umsetzung von Bündelungseffekten (Kooperation Verlader/Dienstleister)
- Standardisierung der IT in der globalen Auftragsabwicklung (Verlader)
- Logistik-Optimierung mit Hilfe einer Multimomentstudie (Logistikdienstleister)
- Ferngesteuertes Postponement – Expressbelieferung nach Australien (Verlader)

Vertretene Unternehmen sind u. a.: Fujitsu Technology Solutions GmbH, Spedition Nuber GmbH, Verlag C. H. Beck oHG, Andreas Schmid Logistik AG, Schenker Deutschland AG, LCS e.V., PRIMAVERA LIFE GmbH, u.v.m.

Das Kompetenzfeld Materialwirtschaft und Logistik der Fakultät für Wirtschaft an der Hochschule Augsburg besteht aus drei hauptamtlichen Professoren und 5 Studierenden im Masterstudium für angewandte Wissenschaften. Seit 2010 bearbeitet das Kompetenzfeld Fragestellungen aus der regionalen und überregionalen Wirtschaft. Dabei greifen die Professoren auf ihre Expertise aus mehrjährigen praktischen Erfahrungen zurück und kombinieren diese mit hochaktuellen Kenntnissen aus der theoretischen Wissenschaft. Im Fokus der Arbeiten stehen:

- Prozessoptimierung,
- Lean Management und
- Change Management.

Begleitet werden Projekte von der Konzepterstellung bis zum Abschluss der Umsetzung.

#### VERÖFFENTLICHUNGEN

- [1] Krupp, M / Richard P. (2013)  
„Erfolgreiche Integration von Logistiknetzwerken“, online: <http://www.bme.de/Erfolgreiche-Integration-von-Logistiknetzwerken.10055182.0.html>.
- [2] Krupp, M / Pflaum, A. / Bisgwa, K. (2012)  
„Supply Chain Optimierung“, In: Vater/Reinhard „Praxishandbuch Kostensenkungspläne“ Wiley-VCH, Weinheim, 2012.

## Der Bewertungsprozess bei einem Strategen

Wie die Bewertung in den M&A-Prozess integriert wird

### EXECUTIVE SUMMARY:

Der Bewertungsprozess gilt aufgrund seines Einflusses auf den Unternehmenswert als wichtigster Baustein des übergeordneten Merger & Acquisitions-Prozesses (M&A): Bereits während der Definition der M&A-Strategie sind die strategische und finanzielle Attraktivität des potenziellen Zielunternehmens, sowie das Potential an Synergien grob zu evaluieren. Während der M&A-Transaktionsphase ist zuerst die indikative Bewertung abzuleiten. Diese wird in der anschließenden Due-Diligence-Prüfung permanent verfeinert. Zugleich sind die Synergien zu verifizieren, die wiederum in der Integrationsphase einer fokussierten Implementierung bzw. einem stringenten Tracking und Controlling unterworfen werden. Bewertungs- und übergeordneter M&A-Prozess sind zugleich intensiv in die Entscheidungsprozesse des Top-Managements einzubinden.

### 1. FORSCHUNGSANSATZ UND -PROBLEMSTELLUNG

Ein effizienter Bewertungsprozess als bedeutendster Baustein des übergeordneten M&A-Prozesses ist essenziell. Kaum ein anderes unternehmerisches Vorhaben birgt schließlich so viel Wertsteigerungspotential, aber zugleich auch so viele Risiken, wie M&A Projekte. Dabei dürften die für die professionelle Planung, Durchführung und das Controlling von Unternehmensbewertungen notwendige Zeit als auch die aufzuwendenden Ressourcen weiterhin zunehmen. Insbesondere vier Gründe lassen sich hierfür finden:

- Seit der globalen Finanzkrise werden M&A-Projekte wieder verstärkt am strategischen Rational ausgerichtet. Die Erzielung von Wertsteigerungen über ein reines "Financial Engineering" ist aufgrund der angespannten Finanzmärkte und der limitierten Verfügbarkeit von Fremdkapital für die Akquisitionsfinanzierung zunehmend ausgeschlossen. Zugleich sind M&A-Strategien in vielen Industrien ein wichtiges strategisches Instrument für die Neugestaltung der Konzernportfolios.
- Die M&A- und Bewertungs-Projekte sind zugleich deutlich komplexer geworden. Einem intensiven Strategiedialog schließen sich oft mehrstufige Due-Diligence-Prozesse an, um auch im "Worst Case" die finanziellen und operativen Risiken einer Akquisition zu beherrschen.

- Die globale Finanzkrise hat zu einer signifikanten Zunahme der Volatilität auf den Produkt- und Finanzmärkten geführt.
- Die turbulenten Entwicklungen der letzten Jahre haben auf den Kapitalmärkten, bei Investoren und im Management zu einer stärkeren Risikoaversion geführt.

Wie ein moderner Bewertungsprozess diese Faktoren berücksichtigen und in die übergeordneten M&A- und Managementprozesse integrieren kann, sollte dieses Forschungsprojekt und der darauf basierende Buchbeitrag darstellen.

### 2. BEWERTUNG ALS ESSENZIELLER BAUSTEIN DES M&A PROZESSES

Die Bewertung des potenziellen Zielunternehmens ist der bedeutendste Teilprozess im Rahmen eines M&A-Projektes. Die Bewertungsthemen laufen dabei fast über den gesamten M&A-Zyklus. Für den Forschungsscope wurde die klassische Einteilung des M&A-Prozesses in die drei Teilprozesse M&A-Strategie, -Transaktion und -Integration unterstellt:

#### ■ Bewertung in der M&A-Strategie-Phase:

Die M&A-Strategie-Phase stellt den Startpunkt des M&A-Prozesses dar. Bereits in dieser frühen Phase des M&A-Prozesses spielt die Unternehmensbewertung in einer Vielzahl von Subprozessen eine wesentliche Rolle. Dabei ist zwischen einer strategischen und einer finanziellen Bewertung zu differenzieren.

- Die *qualitativ-strategische Bewertung* der Attraktivität eines Zielunternehmens und seines strategischen Fit ist der erste Lackmустest für die Beurteilung der strategischen Sinnhaftigkeit der Akquisition.
- Passt das Zielunternehmen strategisch, ist eine erste, *grobe finanzielle Bewertung des aktuellen Standalone-Wertes* abzuleiten.
- Da eine reine Akquisition zum Marktpreis bzw. Fair-Value keine Werte schafft, ist ebenfalls eine erste qualitative und grob quantitative *Top-Down Schätzung der potentiellen Synergien* darzustellen.

#### ■ Bewertung in der M&A-Transaktions-Phase:

Die anschließende Transaktionsphase als intensivste Prozessstufe eines M&A-Zyklus beinhaltet eine



Prof. Thorsten Feix

Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft

Telefon +49(0)821 5586-2953

Thorsten.feix@hs-augsburg.de

#### Fachgebiete

- Financial Institutions
- Investmentbanking

- Vielzahl von bewertungsspezifischen Themenfeldern:
- Der potentielle Käufer leitet eine erste, *indikative Bewertung* auf Basis selektiver Verkäuferinformationen ab (reine outside-in Betrachtung). Dementsprechend kann es sich nur um eine grobe Kaufpreisindikation handeln. Im Rahmen der indikativen Bewertung ist sowohl der *Standalone-Wert* (ohne Synergien) als auch der *Integrated-Wert*, der auch die Synergien zwischen Käufer und Verkäufer beinhaltet, zu definieren.
  - In der daran anschließenden *Due Diligence* wird versucht die Wertthese aus der indikativen Bewertung zu verifizieren und potentielle Risiken frühzeitig zu erkennen. Die Due-Diligence-Phase liefert zugleich eine Synergie-Verifizierung und -Priorisierung.
  - Alle Erkenntnisse der Due Diligence fließen letztlich in eine finale Bewertung und damit in eine Definition der Kaufpreisobergrenze (Wertbandbreite) ein. Ist das Kaufpreisangebot nach der Due Diligence für den Verkäufer weiterhin interessant, ist ein Kaufvertrag aufzusetzen. Die Bewertung fließt dabei nicht nur in den zu zahlenden Kaufpreis sondern in drei

weitere Vertragsbestandteile ein, die Definition der Nettoverschuldung, die Definition der Kaufpreisanpassung und die Festlegung der Garantien.

- **Bewertung in der M&A-Integrations-Phase:** Nach Abschluss des Kaufvertrages sind die finalen Kaufpreisanpassungen entsprechend den Formulierungen des Kaufvertrages, sowie auf Basis der Abschlussbilanz und dazu gehöriger Referenzwerte zu definieren. Ein zweiter, umfassenderer Block an Bewertungsthemen zieht sich über die gesamte Integrationsphase. Die Implementierung, das Tracking und das Controlling der angestrebten Synergien stellen erst sicher, dass die intendierte Wertsteigerung aus der Transaktion auch realisiert wird.

### 3. INTEGRATION DES BEWERTUNGSPROZESSES IN DEN MANAGEMENTPROZESS

Für einen effizienten Bewertungsprozess ist die frühzeitige Einbindung in die Top-Management Entscheidungsprozesse und -gremien zwingend erforderlich: Unter Berücksichtigung der Leitplanken aus der M&A-

## Stringente Einbindung des Bewertungsprozesses in die Management Entscheidungsebene

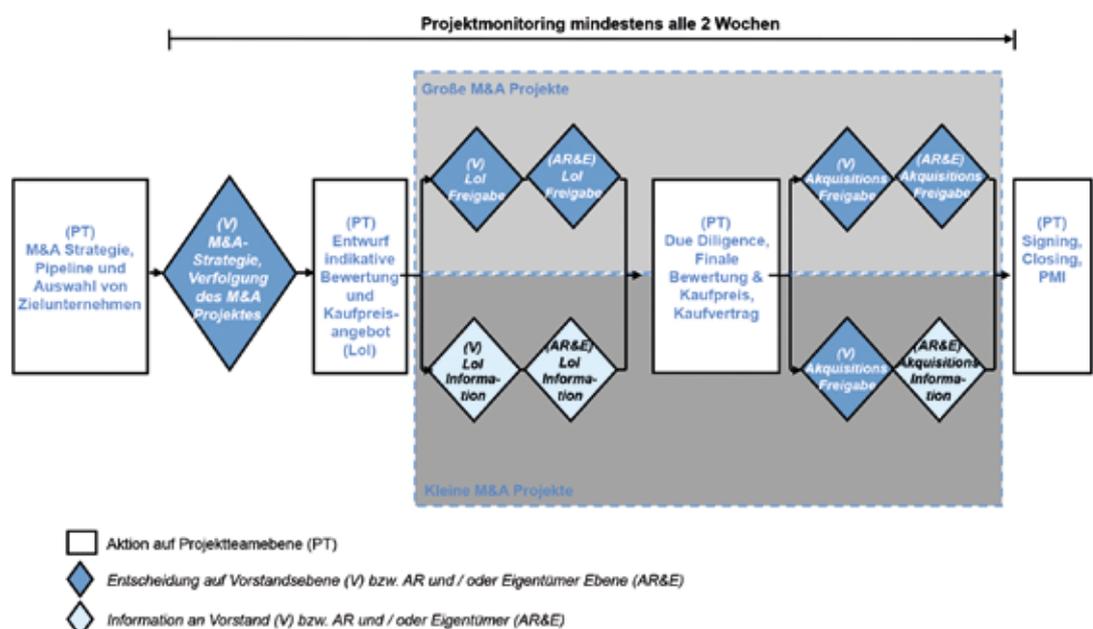


Abbildung 1: Bewertungsprozess und Top-Management-Prozess

Strategie und der Prioritäten der M&A-Projektpipeline werden die zu verfolgenden, konkreten-M&A Projekte abgeleitet und bearbeitet. Dabei treten insbesondere 3 Schnittstellen zwischen M&A-Bewertungsprozess und Top-Management Entscheidungsprozessen auf:

- Der erste inhaltliche M&A-Meilenstein ist die *strategische und finanzielle Erstbewertung* des potentiellen Akquisitionskandidaten und der möglichen Synergien. Bereits die erste Entscheidung der Freigabe des M&A Projektes ist auf Top-Management Ebene intensiv zu diskutieren, da signifikante Management-Ressourcen bei einer Weiterverfolgung des M&A-Projektes zur Verfügung gestellt werden müssen.
- Der nächste Entscheidungsbedarf steht nach den ersten Gesprächen mit der Zielgesellschaft, der Analyse der zur Verfügung gestellten Grobinformationen – meist gebündelt als Informationsmemorandum – und dem *Vorschlag zum indikativen Kaufpreisangebot*, meist eingebunden in einen Letter of Intent (LoI), an. Im Falle, dass auch die zweite Beurteilung positiv ausfällt, müssen weitere Managementressourcen – insbesondere für die Due Diligence – abgestellt, Kosten für

externe Berater freigegeben, und die Akquisitionsfinanzierung sichergestellt werden.

- Nach der intensivsten Phase im M&A-Prozess, der Due Diligence und der finalen Bewertung, steht letztlich die abschließende Entscheidung über den Vollzug der Akquisition oder den Abbruch an. Hier ist auf der Grundlage der Due-Diligence-Ergebnisse das Chancen-Risiko-Profil aus der potenziellen Akquisition dezidiert zu beurteilen. Der aus der finalen Bewertung abgeleiteten Wertbandbreite ist der Kaufpreis gegenüberzustellen, um das voraussichtliche Wertsteigerungspotential durch die Realisierung der unterstellten Synergien beurteilen zu können. Die Entscheidungen des Top-Managements setzen zugleich die Leitplanken für die Kaufvertragsverhandlungen und die nachfolgende Integrationsphase.

Der Bewertungsprozess ist daher aufgrund seines massiven Werteeinflusses und Chancen-Risiko-Potenzials intensiv mit dem Top-Management und seinen Entscheidungsprozessen zu verzahnen.

Beitrag erschienen in Kai Lucks (Hrsg.): „M&A Projekte erfolgreich führen“; Schäffer-Poeschel 2013

## Erasmus Intensive Programme „Ethics in Banking“

Internationale Hochschulen kooperieren für Forschungsprojekt



Prof. Thorsten Feix

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft

Telefon +49(0)821 5586-2953

Thorsten.feix@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Financial Institutions
- Investmentbanking

### EXECUTIVE SUMMARY:

Der Corporate Finance Bereich der Wirtschaftsfakultät der Hochschule Augsburg gewann in einer Kooperation mit führenden europäischen Hochschulen und Universitäten unter der Führung der Inholland University of Applied Sciences die Finanzierung aus EU-Mitteln für das Forschungsprojekt „Ethics in Banking“, das als ERASMUS Intensive Programme gefördert wird.

Im Rahmen dieses Kooperationsprojektes wird die Hochschule Augsburg als einzige deutsche Universität bzw. Hochschule mit weiteren führenden Hochschulen wie der:

- Inholland University of Applied Sciences – Netherlands (Führung),
- State University – Higher School of Economics Moscow – Russia,
- Universidad CEU San Pablo Madrid – Spain,
- University of Huddersfield – UK und
- Centria University of Applied Sciences Kokkola – Finnland kooperieren.

### FORSCHUNGSSCOPE

Die Überarbeitung der ethischen Führungsgrundsätze, Normen, Kulturen und Verhaltensmuster sind in den durch die Finanzskandale vor und während der globalen Finanzkrise massiv betroffenen Financial Institutions – Stichworte: Lehmann, Libor Skandal, CDS Skandal, ... – eine der wichtigsten strategischen Herausforderungen. Auch von gesamtgesellschaftlicher Seite wird diese Themenstellung zunehmend eingefordert. Interessant ist hierbei ein globaler Shift vom Denken des reinen Shareholder Value hin zu einem stärker stakeholder-orientierten Ansatz des Managements der 3 P's (People, Planet, Profit). Dies passt auch hervorragend zu dem Leitbild unserer Hochschule, gefragte, ganzheitliche Persönlichkeiten zu entwickeln und zu fördern.

Zugleich findet ein massiver Umbruch in Strategie, Struktur und Regulierung der Bank-Industrie statt mit nachhaltigen, wechselseitigen Einflüssen auf die „Business Ethics“. Wesentliche Regulierungsvorhaben sind z. B.:

- Basel 3 für die stärker risikogewichtete Eigenkapitalhinterlegung und erhöhte Liquiditätsvorsorge der globalen Banken

- Der US Dodd-Frank Act, der den Eigenhandel der Banken und deren Investitionen in Hedge und PE Funds untersagt (Volcker Rule) bzw. die „over-the-counter“ Transaktionen in derivativen Finanzinstrumenten reguliert.
- Die EMIR mit der Verlagerung des bisher „over-the-counter“ stattfindenden Handels mit derivativen Finanzinstrumente auf Clearing Houses und Börsen.
- Das von der Vickers-Kommission in den UK beschlossene „Ring-Fencing“ i.S. der Trennung von traditionellem Bank und risikobehafteteren Investment Banking Geschäften. In ähnliche Richtung geht auf europäischer Ebene der Liikanen Report.

### BISHERIGER PROJEKTVERLAUF UND -PLANUNG

Unsere bisherigen, erfolgreichen Arbeitsschritte im Pre-Projekt-Management umfassten:

- November 2012: Erster Konzeptentwurf und Abstimmung zwischen den Partnerhochschulen
- Dezember 2012: Definition des finale Konzeptpapiere
- März 2013: Bewerbungs-Deadline und Einreichung des internationalen Projektantrages zur Förderung als Erasmus-Intensive Program
- Positives Feedback von Brüssel

Als nächste Meilensteine haben wir definiert:

- Oktober 2013: Kick-off-Meeting an der Inholland University of Applied Sciences
- Januar 2014: Start der pre-IP Phase an den Partner-universitäten
- März/Mai 2014: International Project Days (2 Wochen/10 Arbeitstage)
- Sommer 2014: Finaler Report

Insofern werden wir im Forschungsbericht 2014 über die einzelnen Forschungsschwerpunkte und veröffentlichten Forschungspapiere des internationalen Projektes im Detail berichten können.

## Unternehmertum – Persönlichkeiten verleihen sich Ausdruck

Der Unternehmer aus Sicht des profilorientierten Marketing-Managements

Das Thema „Unternehmertum“ stand im Wintersemester 2012/13 im Mittelpunkt unseres Marketing-Management-Seminars. Die Impulsreferate von Roland Kober (Vorstand der AL-KO Kober AG, Kötz), Michael Grandel (Geschäftsführer der Dr. Grandel GmbH, Augsburg) und Heiko Simonek (Geschäftsführer der WOGRA Consulting GmbH, Augsburg) leiteten das Thema realitätsnah ein. Auf der Grundlage unseres Ansatzes „Profilorientiertes Marketing-Management“ erarbeiteten die 25 Studierenden selbstgewählte Detailthemen. Die zentrale Erkenntnis war, dass man zwar professionelle Instrumente und Prozesse braucht, die Persönlichkeit des Unternehmers jedoch der entscheidende Dreh- und Angelpunkt für die Führung, die Entwicklung und letztendlich für den Erfolg des Unternehmens ist. In all seinen kurz- und langfristigen Entscheidungen sowie seinen Handlungen bringt der Unternehmer seine Mission, seine Vision, seine Werte und seine Identität zum Ausdruck.

### BEGEISTERUNG UND VERANTWORTUNG

Roland Kober hat deutlich gemacht, dass man als Unternehmer die Begeisterung braucht, unsere Welt ein Stückchen besser machen zu wollen. Von diesem inneren Auftrag muss man überzeugt sein, dann kann es gelingen, Mitarbeiter und Kunden damit anzustecken. Als Unternehmer schätzt er die Freiheit und zugleich die Verantwortung im Entscheiden und Handeln. Nur miteinander kann man Erfolg haben. Einzelkämpfer und Egomane sind out. Erfolg hat man gemeinsam, Erfolg motiviert, Erfolg beflügelt für neue Erfolge. Langfristiges Denken ist notwendig, viele Entscheidungen brauchen Zeit und wirken erst in der Zukunft. Eine gewisse finanzielle Unabhängigkeit ist dabei hilfreich. Als Unternehmer ist man Teil der Gesellschaft und braucht Verantwortungsbewusstsein für Mitarbeiter, Auszubildende, Standorte, Kommunen und Regionen. Die gemeinsame gute Arbeit im jeweiligen kulturellen Umfeld ist entscheidend. Ein Unternehmen braucht Gewinne, nur dann kann es in die Zukunft investieren und auch eine gewisse Kapitalverzinsung gewährleisten. Der langfristige Erhalt eines Familienunternehmens, das man zur Führung anvertraut bekommt, ist für Kober eine starke Motivation.

### EINE KLASSE FÜR SICH

Michael Grandel stellt die „Divergenz“, die Verschiedenheit, die Andersartigkeit, die Einzigartigkeit in den Vordergrund. Unternehmer sollten die Einstellung haben, ihren ureigenen Weg zu finden, mit ihren ganz individuellen Konzepten, ihren ureigenen Kombinationen aus Produkten und Dienstleistungen eine „eigene Gattung“, eine „Klasse für sich“, zu schaffen und diese Klasse mit Begeisterung im Detail zu leben. Diese Einzigartigkeit muss sich auf einen eindeutigen Nutzen beziehen, der völlig klar ist und der von den Menschen wirklich gebraucht wird – keine Plagiate, keine „Me-toos“. Benchmarks sind eine Falle, die dazu führen, dass Unternehmen und ihre Leistungen immer ähnlicher und vergleichbarer werden und damit eine Preisspirale nach unten in Gang gesetzt wird. So sollten Ressourcen im Unternehmen ganz bewusst ungleich und damit konzentriert eingesetzt werden und zwar so, dass das Unternehmen kreativer und schneller ist. Dazu braucht es Freiräume für Mitarbeiter, damit diese ihre Fähigkeiten entfalten können. Es kann sogar richtig sein, Stellen im Unternehmen um die besonderen Kompetenzen und Begeisterungen von Mitarbeitern herumzubauen. Damit entsteht Wertschätzung für die Mitarbeiter, echtes Interesse an ihnen und somit Motivation und Kraftentfaltung. „Richtig Fahrt erhält ein Unternehmen erst dann, wenn man richtig Seele hinein legt. Das Herz muss dabei sein, sonst ist alles ziemlich lahm“. Damit erreicht man, dass ein Unternehmen auch Ertrag erwirtschaftet, denn „Unternehmen ohne Profit sind auf Dauer unsozial“.

### SEELE DES UNTERNEHMENS

Heiko Simonek stellt als unternehmerische Motivation das gesunde Gleichgewicht zwischen dem Drang, Geld zu verdienen und dem Willen, eine Nutzenidee für seine Kunden dauerhaft und konsequent zu verfolgen. Die Idee und das Geld müssen den Unternehmer gleichermaßen antreiben. Beides muss motivieren und zur Kraftquelle im Unternehmen werden. Damit wird gewährleistet, dass für Kunden viel Nutzen entsteht und dass die finanzielle Existenz des Unternehmens nachhaltig gesichert ist. Um dies zu realisieren muss man als Unternehmer den starken Wunsch haben, immer mehr



Prof. Dr. habil. Klaus Kellner

#### Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft  
Telefon +49(0)821 5565-2911  
klaus.kellner@hs-augsburg.de

#### Universität Augsburg

Privatdozent für Profilorientiertes  
Regionalmarketing

#### University of Latvia, Riga

Supervisor and Lecturer for the  
Doctoral Program in Management  
Science

#### Forschungsgebiete

- Profilorientiertes Marketing-Management
- Profilorientierte Unternehmens- und Markenentwicklung
- Produkt- und Innovationsmanagement
- Regionalmarketing
- Bildungs- und Schulmarketing

zu lernen d. h. immer besser zu werden. Damit steigt das Glücksgefühl. Als Unternehmer hat man Freiheit, man kann seine Persönlichkeit in der Unternehmenskultur zum Ausdruck bringen, man kann so sein, wie man ist. Durch Unternehmerpersönlichkeiten erhalten Unternehmen ihre Seele. Kapitalgesellschaften haben es hier schwerer, dort ist das Geld der Unternehmer und das Geld ist seelenlos. Angestellte Manager versuchen zwar oft ihre Seelen einzubringen, haben dazu aber meist nur begrenzt Zeit. Jeder Wechsel in der Führung verändert den Geist und damit die Persönlichkeit des Unternehmens. Inhabergeführte Unternehmen haben große Vorteile für Klarheit und Kontinuität.

Bachelor-Studierende im  
Fach Profilorientiertes  
Marketing-Management mit  
Michael Grandel (Geschäftsführer der Dr. Grandel GmbH)  
und Prof. Klaus Kellner

#### LEBENSQUALITÄT UND ARBEITSBEGEISTERUNG

So haben Andrea Braun und Carolin Weishaupt in ihrem Referat herausgearbeitet, wie wichtig es auch für die Lebensfreude und den Erfolg von Mitarbeitern ist, in einem Unternehmen zu arbeiten, in dem sich die Ziele, Motive und Werte mit den eigenen Persönlichkeitsmerkmalen weitestgehend decken. Dies gilt gerade für Frauen, die den Spagat zwischen Familie und Karriere schaffen müssen. Carina Iftenie und Soleil Tshilomba zeigen, wie viel Potential an intelligenten, motivierten und gut ausgebildeten Frauen zur Verfügung steht. Die Unternehmerpersönlichkeit ist entscheidend dafür, welche Beschäftigungsmodelle für Frauen zur Verfügung



gestellt werden. Timo Beck, Philipp Miller und Vincent Winnen haben sich dem Thema „wachsender persönlicher Arbeitsdruck“ gewidmet. Sie erkennen, dass Mitarbeiter mit ihren Bedürfnissen, ihren Stärken und Schwächen individuell stärker in den Mittelpunkt gerückt werden müssen. Die Krankheitsquoten könnten gesenkt und die Motivation erhöht werden. Olga Tschepur und Nataliya Kasyanova haben diesen Aspekt auch bei ihrem Vergleich zwischen Russland und Deutschland erkannt. Auch wenn russische Unternehmen mit vielen Unzulänglichkeiten zu kämpfen haben, die wir nicht kennen, interessieren sich dort die Führungskräfte stärker als bei uns für das Wohlbefinden, das Privatleben und die Zukunftsperspektiven ihrer Mitarbeiter. Das Arbeitsklima ist familiärer und das Solidaritätsgefühl größer. Anhand der Beispiele Henry Ford und Will Keith Kellogg zeigen Denis Myasoedov und Julia Weber, dass erfolgreiche Unternehmer oft ein einziges oder ganz wenige Produkte sehr professionell angeboten haben und dass damit das engagierte Produktmanagement eine unternehmerische Kernkompetenz darstellt. Was wäre die Firma Ford ohne das Modell T und die Firma Kellogg ohne die Cornflakes. Von seinem Produkt begeistert zu sein, ist eine Kraftquelle für den unternehmerischen Erfolg.

#### FÜHREN, MACHT, VERANTWORTUNG

Führen ist eine Kunst. Gamze Araz und Pamela Cordova zeichnen die Persönlichkeit des „besten Chefs“. Er zeichnet sich dadurch aus, dass er von seinen Mitarbeitern kaum wahrgenommen wird und dass sie glauben, es ohne ihn geschafft zu haben. Hierfür sind eine offene Kultur, Aufmerksamkeit, klare Formulierungen sowie konstruktive Kontrollen nötig. Das Thema „Macht“ untersuchten Christoph Eichenseer und Stefan Wender. Macht ist für Unternehmer eine Notwendigkeit und allgegenwärtig. Sie beeinflusst alle, sie ist Antriebsfaktor und wird leider oftmals ausgenutzt, während sie eigentlich verantwortungsvoll eingesetzt werden sollte. So kann Macht auch als positive Kraft für die Umsetzung sozialer Verantwortung genutzt werden. Anja Riasanow und Anna Winterholler zeigen auf, dass verantwortliche Unternehmer attraktiver für Mitarbeiter und auch für Kunden sind, da sich die Identifikation mit dem Unternehmen und der Marke erhöht. Dies hat auch im

ländlichen Raum Bedeutung. Dominik Zemanek und Florian Kleinmann erläutern, wie lokale Unternehmer meist sehr stark mit der Region und den Menschen verflochten sind und wie groß die gegenseitigen Abhängigkeiten im Hinblick auf Arbeitsplätze, Steueraufkommen, Vereinsleben und kommunaler Zusammenarbeit sind. Dajana Hentschel und Alexei Dubrovin zeigen am Beispiel der Firma Manomama in Augsburg, dass soziale Verantwortung sogar zum Kern eines Unternehmens werden kann. Das Unternehmen produziert Textilien mit Menschen, die am normalen Arbeitsmarkt keine Chance mehr hätten, es gibt ihnen Einkommen, Heimat und Selbstwertgefühl. Soziales Unternehmertum dient dem Wohle der Gesellschaft und zur Lösung bzw. Verbesserung gesellschaftlicher Missstände.

#### PERSPEKTIVEN FÜR STUDIERENDE

Lisa Schnürer und Peter Walk stellen Familienunternehmer als attraktive Arbeitgeber dar, auch wenn sie gehaltsmäßig mit Konzernen nicht immer mithalten können. Sie punkten jedoch grundsätzlich mit größerer Flexibilität, höherer Innovations- und Risikobereitschaft, nachhaltigerem Wirtschaften, flacheren Hierarchien, einem persönlicheren Umgang und gelebten Leitbildern. Maximilian und Stefan Kopp vergleichen Unternehmertum mit Arbeitnehmertum. Sie geben die Empfehlung, dass der Schritt in die Selbstständigkeit nur dann gewagt werden soll, wenn man 100 % von seiner Kompetenz, von sich selbst und vor allem von seiner Idee überzeugt ist. Falls dies nicht der Fall ist, sollte man zumindest beim Start der beruflichen Karriere den sicheren Weg des Angestelltendaseins einschlagen.

#### FAZIT

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Unternehmer mit einer klaren inneren Mitte, mit einer ausgewogenen Persönlichkeit Nutzen stiften und Geld verdienen, sie sind wertvoll für unsere Gesellschaft. Arbeiten wir an unserer Hochschule weiter gemeinsam daran, solche „gefragten Persönlichkeiten“ zu entwickeln.

## Profilauditierung des Bahnpark Augsburg

Entertainment and Recruiting



Prof. Dr. habil. Klaus Kellner

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft  
Telefon +49(0)821 5565-2911  
klaus.kellner@hs-augsburg.de

### Universität Augsburg

Privatdozent für Profilorientiertes Regionalmarketing

### University of Latvia, Riga

Supervisor and Lecturer  
for the Doctoral Program in  
Management Science

### Forschungsgebiete

- Profilorientiertes Marketing-Management
- Profilorientierte Unternehmens- und Markenentwicklung
- Produkt- und Innovationsmanagement
- Regionalmarketing
- Bildungs- und Schulmarketing

Die Gebäude des Bahnparks Augsburg wurden im Jahr 1906 von den Königlich Bayerischen Staatseisenbahnen errichtet. Sie wurden während der beiden Weltkriege nicht zerstört und stehen nun unter Denkmalschutz. Der Bahnpark enthält hochkarätige Exponate, u.a. historische Lokomotiven aus ganz Europa. Im Sommersemester 2013 hat das Projektteam „Profilorientiertes Marketingmanagement“, bestehend aus 25 Studierenden und Prof. Kellner, das vorhandene Marketing-Konzept des Bahnparks mit Hilfe des „Kellner’schen Trichters“ auditiert. Dies geschah mit dem Ziel, das Profil des Bahnparks weiter zu schärfen und so die Einzigartigkeit seines Nutzens und damit seinen hohen Wert für die Region besonders zu beleuchten.

Der Wirtschaftsraum Augsburg befindet sich auf einem klaren Entwicklungsweg hin zu einem Zentrum für Ressourceneffizienz mit den technologischen Schwerpunkten Mechatronik, Faserverbundtechnologie, Informationstechnologie und Umwelttechnologie. Der Maschinenbau hat im Wirtschaftsraum Augsburg eine zentrale Bedeutung für die Sicherung von Arbeitsplätzen im produzierenden Gewerbe. Damit braucht der Wirtschaftsraum Augsburg weiterhin und verstärkt technische Fachkräfte in allen Bildungsebenen. Genau an dieser regionalen Entwicklungsnotwendigkeit setzt das Profil des Bahnparks an. Ein klares Profil hat grundsätzlich und natürlich auch für den Bahnpark eine sehr hohe Bedeutung. Es stellt den Dreh- und Angelpunkt für die zukünftige Entwicklung des Parks dar und ist somit die „strategischste Entscheidung“, die es zu treffen gilt. Ein Profil ist wie ein Leuchtturm, der nach außen deutlich macht, wer man ist und welchen Nutzen man seinen Kunden und seiner Umgebung verspricht. Nach innen hat ein klares Profil stark motivierenden Charakter. Es macht deutlich, welchen Wert man stiftet und wie wertvoll man als Institution, als Team und als Mitarbeiter ist. Wertvoll zu sein, ist ein Grundbedürfnis eines jeden Menschen und damit eines jeden Mitarbeiters im Bahnpark. Ein Profil bündelt Kräfte, fokussiert die eingesetzte Energie, spart Ressourcen und erhöht deutlich die Wahrscheinlichkeit auf Erfolg. Ein Profil besteht aus Mission, Vision, Grundsätzen, Marke/Markenversprechen und den Corporate-Identity-Vorschriften. Die folgende Profilschärfung wird für den Bahnpark empfohlen. Sie hat die

beiden Kernbegriffe „Entertainment and Recruiting“, die zurzeit von keiner anderen Institution in unserem Umfeld besetzt sind und damit dem Bahnpark Augsburg einen einzigartigen Charakter verleihen:

### MISSION (WARUM WIRD DER BAHNPARK HEUTE UND MORGEN DRINGEND GEBRAUCHT?)

„Der zentrale Auftrag des Bahnparks ist es, Kinder, Jugendliche und Erwachsene für Technik zu begeistern. Wir wollen einen wertvollen Beitrag dazu leisten, unseren Wirtschaftsraum Augsburg nachhaltig mit technischen Fachkräften zu versorgen. Die Begeisterung für Technik wollen wir durch das spielerische und interaktive Erleben von historischer und zukunftsorientierter Technologie erreichen. Diese realisieren wir durch die historischen Technikexponate sowie durch die modernen Ausstellungsstücke und Präsentationen unserer technisch-orientierten Unternehmen aus der Region. Der zentrale Nutzen des Bahnparks ist die Kombination aus Entertainment und Recruiting. In einem Freizeitumfeld finden die Besucher interessante und konkrete Angebote von Unternehmen für ihren zukünftigen Werdegang in technischen Berufen. Zusammen mit unseren Partnern wollen wir den Wirtschaftsraum Augsburg stärken, zur Vollbeschäftigung beitragen und den Tourismus in der Region fördern.“

### VISION (WIE SEHEN WIR DIE ZUKUNFT DES BAHNPARKS, EINGEBETTET IN DIE REGION?)

„Der Bahnpark Augsburg wird die zentrale Anlaufstelle für alle, die bereit sind, sich für Technik begeistern zu lassen, ihre Freizeit zu genießen und berufliche Perspektiven im technischen Bereich zu entdecken. Der Bahnpark Augsburg wird einen hohen Bekanntheitsgrad in Schwaben und Bayern, aber auch weit darüber hinaus, erlangen. Der Wirtschaftsraum Augsburg wird mit Hilfe des Bahnparks mittel- und langfristig über die richtigen technischen Fachkräfte verfügen, um sich zum Zentrum für Ressourceneffizienz entwickeln zu können.“

### GRUNDSÄTZE (WELCHE GEMEINSAMEN EINSTELLUNGEN SOLLTEN ALLE AM BAHNPARK BETEILIGTEN HABEN?)

Jede Institution braucht, um zu überleben und Erfolg zu haben, feste Grundsätze, die ihre Politik und ihr Handeln leiten. Je konsequenter diesen Prinzipien entspre-



chend gehandelt wird, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit auf Erfolg. Der grundlegende Geist und der Schwung einer Organisation sind bei Weitem bestimmender für den relativen Erfolg als technische und wirtschaftliche Kräfte. Für den Bahnhof Augsburg sollten folgende sieben Überzeugungen grundlegend sein: (1) Ressourceneffizienz, (2) Partnerschaft, (3) Leidenschaft für Technik, (4) Vollbeschäftigung, (5) Wirtschaftlicher Erfolg, (6) Menschlichkeit, (7) Freude am Leben.

#### MARKE UND MARKENVERSPRECHEN



Marke und Markenversprechen sind die kürzeste Form, einen unternehmerisch versprochenen Wert zu benennen, also die erarbeitete Mission kurz und prägnant zu formulieren. Je richtiger, wichtiger und klarer diese Begriffe sind, umso wirkungsvoller kann das unternehmerische Handeln gebündelt und die Verständigung mit den Kunden und dem Umfeld erfolgen. Die folgenden Alternativen, die rein textlich dargestellt sind, wurden als Gedanken Anregungen von den Studierenden erarbeitet. Auf der inhaltlichen Grundlage der strategisch bestimmten Mission kann der Kreativprozess der Begriffsfindung weitergehen: (1) BAHNPARK EMMA – für Technik begeistern. (2) BAHNPARK Augsburg – Abfahrt Richtung Zukunft.

(3) Technik-Erlebnis-Park Augsburg (TEP) – Technik erleben – Zukunft schaffen. (4) ZUG-KUNFT – Abfahrt Richtung Technik. (5) TIMELINE-PARK Augsburg: Menschen – Erleben – Entwicklung.

#### FAZIT

Die vorgeschlagene Profilschärfung soll dem Management dabei helfen, den Nutzenkern des Bahnparks als grundlegendste strategische Entscheidung eindeutig festzulegen. An dieser politischen Leitlinie ausgerichtet kann anschließend das bereits vorhandene vielfältige und kreativ erarbeitete Instrumentarium des Bahnpark-Konzepts nachjustiert und noch gezielter eingesetzt werden. Durch die gewonnene Klarheit können mehr Aufbruch, mehr Begeisterung, mehr Akzeptanz, mehr Unterstützung und ein noch effizienterer Ressourceneinsatz erfolgen. Es wäre für die Zukunft unserer gesamten Region ein riesiger Vorteil, wenn der Bahnhof Augsburg zum Aushängeschild für Entertainment and Recruiting werden könnte. Die Kombination aus höchst imposanten historischen Ausstellungsstücken sowie aus modernen unternehmensspezifischen technologischen Exponaten kann für eine hohe Attraktivität des Parks in unserer Region und auch weit darüber hinaus sorgen. Unterstützen wir gemeinsam den Bahnhof Augsburg in seiner Entwicklung, als ein wichtiges Instrument für die Zukunftssicherung unserer Region.

Das Studierenden-Team  
„Profilorientiertes  
Marketing-Management“  
mit Prof. Kellner (Mitte)

## Europäische Metropolregion München e. V.

Klares Profil für eine Spitzenposition in Europa



Prof. Dr. habil. Klaus Kellner

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft

Telefon +49(0)821 5565-2911  
klaus.kellner@hs-augsburg.de

### Universität Augsburg

Privatdozent für Profilorientiertes  
Regionalmarketing

### University of Latvia, Riga

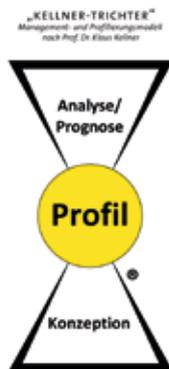
Supervisor and Lecturer for the  
Doctoral Program in Manage-  
ment Science

### Forschungsgebiete

- Profilorientiertes Marketing-Management
- Profilorientierte Unternehmens- und Markenentwicklung
- Produkt- und Innovationsmanagement
- Regionalmarketing
- Bildungs- und Schulmarketing

Die Europäische Metropolregion München (EMM) besteht aus dem stark verdichteten Kernraum der Landeshauptstadt München sowie einem sie umgebenden Verflechtungsraum mit 25 Landkreisen und fünf kreisfreien Städten. In dem 23.806 km<sup>2</sup> großen Gebiet leben 5,6 Millionen Einwohner. Um den EMM-Raum in seiner Gesamtheit zu stärken wurde der Verein EMM e.V. gegründet. Er besteht aus derzeit ca. 200 Mitgliedern (Kommunen, Unternehmen und Institutionen) und wird von Münchens Oberbürgermeister Christian Ude geführt. Der Verein verfolgt das Ziel, sich für eine positive Entwicklung der EMM-Region einzusetzen, Kräfte zu bündeln sowie Motor für Innovationen und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklungen zu sein.

Um diesem Ziel wieder ein Stück näher zu kommen, wurde das vorliegende Projekt durchgeführt. Anhand des Ansatzes „Profilorientiertes Marketing-Management“ („Kellner-Trichter“)



wurde die derzeitige Arbeit des EMM e.V. kritisch reflektiert und sein Profil geschärft. Es wurde inhaltliche Klarheit geschaffen für die strategische Entwicklung des Vereins, für sein angestrebtes Image sowie für seinen Markenauftritt. Seine Attraktivität für aktuelle und potentielle Mitglieder sollte erhöht werden. Es wurden Impulse gesetzt für die Profilierung der Gesamtregion EMM.

### TRENNUNG IN DER BETRACHTUNGSWEISE

Ausgangspunkt bei der kritischen Reflektion war eine klare Trennung in der Betrachtungsweise von Region und Verein. Alle Bürger, Gebietskörperschaften, Firmen, Institutionen etc. sind rein aufgrund ihrer geographischen Lage Teile, also Mitglieder der EMM-Region (egal ob sie Mitglied im EMM e.V. sind oder nicht). Alle verfolgen grundsätzlich das gleiche Ziel: Sie wollen, dass die Lebensqualität im gesamten Gebiet kurz-, mittel- und langfristig hoch bleibt bzw. weiter gesteigert wird. Der EMM e.V. soll helfen, diese Zielsetzung zu erreichen. Der Verein muss für seine Mitglieder attraktiv

sein, das heißt sie müssen ein klares Verständnis von den Vorteilen haben, die sie von einer Vereinsmitgliedschaft erhalten. In einer Macro-Sicht müssen sie verstanden haben, dass es als einzelne Kommune, Unternehmen etc. vorteilhaft ist, wenn sich der Gesamtlebensraum EMM, zu dem sie ja alle gehören, positiv entwickelt. Für dieses große gemeinsame Ganze kann jedes Mitglied seinen Beitrag leisten. In einer Micro-Sicht sollen sie verstanden haben, dass sie aus ihrer Mitgliedschaft im EMM e.V. für sich selbst einen unmittelbaren Vorteil ziehen.

### KLARES PROFIL FÜR DEN EMM E. V.

Aufgabe war es also den Nutzen, den der Verein seinen Mitgliedern bietet, eindeutig zu definieren. Es galt Klarheit zu schaffen, warum der EMM e. V. heute und morgen dringend benötigt wird, welche Mission er zu erfüllen hat und was er sich konkret auf die Fahne schreibt. Markentechnisch bedeutet dies, drei Fragen zu klären: „Wie heiße ich?“, „Wer bin ich?“, „Was verspreche ich?“ Der Ansatz „Profilorientiertes Marketing-Management“ half dabei.

Als Ergebnis kamen folgende profilbildenden Antworten heraus: Ich heiße „EMM e.V.“, ich bin ein „Netzwerk“, ich verspreche „gezielter Dialog – gemeinsamer Auftritt“. Die Profilierung ist rational (nicht emotional), da sie sich an Entscheider richtet, die darüber zu befinden haben und sich häufig dafür auch rechtfertigen müssen, ob sie Mitglied im EMM e.V. sein wollen bzw. dürfen. Der rationale Nutzen muss also eindeutig auf der „Fahne“ zu lesen sein, in fünf Sekunden ausgesprochen und in weiteren fünf Sekunden verstanden werden können. Wichtig ist, dass es sich um ein klares Nutzenversprechen und damit um einen Handlungs- und Zukunftsauftrag des gesamten Vereins handelt und nicht um einen Werbeslogan, der lediglich einen kommunikativen und kurzfristig akquisitorischen Effekt hätte. Der Charakter des EMM e.V. ein Netzwerk zu sein und zu versprechen, gezielte Dialoge und gemeinsame Auftritte zu bewerkstelligen, wird in der Mission prägnant ausformuliert. Hier kommt es auf jedes Wort an, da es sich um den Dreh- und Angelpunkt für die gesamte operative und strategische Arbeit des Vereins handelt:

### MISSION DES EMM E. V.

„Wir sind ein Netzwerk von Kommunen, Landkreisen, Kammern, Unternehmen, Bildungseinrichtungen und gesellschaftlichen Institutionen. Zusammen mit unserer Geschäftsstelle engagieren wir uns in der EMM-Region für eine nachhaltig hohe Lebensqualität und eine positive wirtschaftliche Entwicklung. Gemeinschaftlich greifen wir Themen auf, die die Gesamtregion fördern und die für Teile unserer Mitglieder von besonderem Interesse sind. Wir veranstalten hierfür „gezielte Dialoge“ und organisieren „gemeinsame Auftritte“. Den Anforderungen der individuellen Themenstellungen werden wir mit spezifischen Dialog- und Auftrittsformaten gerecht. Wir stärken unsere Region und wir stärken uns gegenseitig. So sichern wir langfristig unsere Spitzenposition in Europa.“

### LENKUNGSFUNKTION DES PROFILS

Um die gezielten Dialoge anbieten zu können, geht es zunächst um die gezielte Auswahl der Themen, die für wirklich wichtig erachtet werden. Themen einbringen kann grundsätzlich jedes Mitglied. Diese strategische Arbeit der Auswahl geschieht in Abstimmung zwischen den EMM-Gremien und den Arbeitsgruppen. Um die Themen bearbeiten zu können, bietet die EMM-Geschäftsstelle u. a. folgende Dialogformate an: Kamingsgespräche, Expertengespräche, Netzwerktreffen/Symposien, Branchendialoge, Zukunftswerkstatt, Delegationsreisen, Socialising. Die Dialogformate werden ergänzt durch folgende Auftrittsformate: Gemeinsame Positionspapiere, Lobbying, Stellungnahmen, (fachliche) Handlungsempfehlungen, Dokumentationen, Messen/



Gemeinschaftsstände, Online-Angebote, Publikationen, internationale Wirtschaftsempfänge im Ausland etc.

### PROFILE FÜR DIE TEILREGIONEN

Neben einem Profil des Vereins EMM e.V. braucht die gesamte EMM-Region mit ihren 23.806 km<sup>2</sup> Fläche ein Profil für seine klare Zukunft und sein klares Image. Das



Das Gebiet der EMM-Region.

Gesamtprofil besteht sicherlich aus vielen regionalen und auch themenbezogenen Teilprofilen. Diese „Bausteine“ der Gesamtregion gilt es anschließend zu einem übergeordneten Profil zu verdichten. Dieses sollte dann emotional (nicht rational) sein, da es die gesamte Bevölkerung und letztendlich auch das nationale und internationale Umfeld anspricht. Hier geht es um Sympathie, Begeisterung, Image, Wettbewerbsfähigkeit, Zukunft. Die Erarbeitung der Teilprofile ist für die Regionen und Leistungsbereiche in dem gesamten Gebiet der Europäischen Metropolregion München ein spannender Selbstfindungs- und Zukunftsprozess, der ebenfalls mit dem Ansatz „Profilorientiertes Marketing-Management“ durchgeführt werden kann. Der Profilierungs-Prozess im Landkreis Bad Tölz/Wolfratshausen ist schon voll im Gange und wirkt bereits initiiert in weiteren Teilen des Münchner Oberlands (Gebiet zwischen München und Alpen).

### BEWERTUNG

Richtige Profile sind wertvoll, sie schaffen Klarheit damit Ressourcen wirkungsvoll und gebündelt eingesetzt werden können, damit Menschen den Weg genau kennen, den sie gemeinsam beschreiten wollen, damit Begeisterung und Aufbruch bei Entwicklungsbeteiligten entstehen und damit über eine eindeutige Marke auch ein klares Image nach außen aufgebaut werden kann. Profile sind sozial, sie machen den Wert deutlich, den Menschen erarbeiten. Damit sorgen sie für Wertschätzung und für Selbstwertgefühl. Profile erhöhen die Qualität des Marketing-Managements.

## Der Weg zu einer angemessenen und nachhaltigen Vorstandsvergütung

Ableitung von Handlungsempfehlungen

Prof. Dr. Marcus Labbé

Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft

Telefon +49(0)821 5586-2966  
marcus.labbe@hs-augsburg.de

Die aktien- und aufsichtsrechtlichen Anforderungen zur Vorstandsvergütung haben den Prüfungs- und Gestaltungsrahmen für Aufsichtsräte definiert. Viele Unternehmen haben die Vorstandsvergütung und die damit verbundenen Regelungen angepasst. Aktuelle Untersuchungen zeigen jedoch auch, dass einige Unternehmen noch Handlungsbedarf haben. Im Folgenden werden neben den rechtlichen Anforderungen die Prüfungssaspekte der Aktionärsvertreter, die aktuelle Marktpraxis sowie Best-Practice Beispiele genutzt, um den Handlungsrahmen zur Gestaltung einer angemessenen und nachhaltigen Vorstandsvergütung für Aufsichtsräte darzustellen.

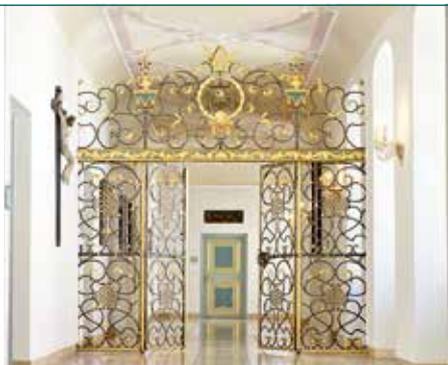
Das Thema Vorstandsvergütung rückte vor allem nach der Subprime-Krise und den daraus resultierenden Bailouts von Unternehmen durch Regierungen auf dem ganzen Erdball in den Fokus der Medien; die Folgen beschäftigen Politik und Gesellschaft bis heute. Vielfach wurde dahingehend argumentiert, dass risikofördernde Entlohnungsmaßnahmen Ursache der Krise seien; hierbei wurde implizit die Intransparenz kritisiert. Trotz bereits bestehender Regelungen und Kodizes reagierten die Gesetzgeber weltweit. Infolgedessen entstanden z. B. das Gesetz zur Angemessenheit der Vorstandsvergütung (VorstAG) in Deutschland, der Dodd-Frank-Act in den USA sowie in multinationalem Kontext die Principles for Sound Compensation Practices des Financial Stability Boards der G20-Staaten.

Anhand von aktuellen Geschäftsberichten wird deutlich, dass die Anforderungen von den DAX 30-Unternehmen bereits weitestgehend umgesetzt wurden. Es zeigt sich jedoch, dass die Neugestaltung der Vergütung bei vielen anderen börsennotierten Aktiengesellschaften noch immer ein laufender Prozess ist. Potenzial besteht in erster Linie hinsichtlich der Verbesserung von Nachhaltigkeit und Transparenz sowie der Verminderung der Komplexität. Vor diesem Hintergrund erscheint es nach wie vor bedeutsam, Aufsichtsräten aktuelle Informationen und Anregungen zur Gestaltung der nachhaltigen Vorstandsvergütung anhand von Markttrends, den Forderungen der Aktionärsvertreter, Best-Practice-Beispielen und einer wissenschaftlichen Befragung von Aufsichtsräten zu geben.

Neben den gesetzlichen Rahmenbedingungen, dem Markttrend und den Best-Practice-Beispielen sowie der Sichtweise der Aktionärsvertreter ist es auch von Bedeutung, was die Aufsichtsräte im Zusammenhang mit angemessener Vorstandsvergütung konkret unter nachhaltiger Unternehmensentwicklung verstehen. Das diesjährige Aufsichtsräte-Panel des DVAI/German Institute of Directors, entstanden in einem gemeinsamen Projekt mit der Hochschule Augsburg, gibt hier einen exklusiven Einblick. Die Teilnehmer, zu 60 Prozent börsennotiert, stammen zur Hälfte aus der Industrie sowie zu einem Viertel aus der Dienstleistungsbranche. Die übrigen 25 Prozent verteilen sich auf Handel, Banken, Versicherungen und andere Bereiche. Hierbei sticht insbesondere die differenzierte Größenstruktur der Unternehmen heraus. Im Rahmen der Umfrage erwies sich die langfristige Existenzsicherung des Unternehmens im Markt als zutreffendste Beschreibung der nachhaltigen Unternehmensentwicklung, gefolgt von der laufenden Überprüfung des Geschäftsmodells anhand der Marktgegebenheiten und der überdurchschnittlich positiven Entwicklung des Unternehmenswerts.

Bezüglich der quantitativen nachhaltigen Erfolgsmessung priorisieren die Studienteilnehmer die Ausrichtung an Erfolgskennzahlen wie NOPAT und Cashflow. Neun von zehn Aufsichtsräten halten ferner die Steigerung respektive Stabilisierung des Gewinns und des Umsatzes für wichtig bis sehr wichtig. Als wichtigster qualitativer Erfolgsfaktor für die Überprüfung der nachhaltigen Zieleinhaltung des Vorstandsvorsitzenden wurde die Umsetzung der beschlossenen Unternehmensstrategie genannt. Bedeutende Faktoren sind laut Studie zudem die Erschließung neuer Märkte und die Erarbeitung weiterführender, operativer Strategien. Die Aufsichtsräte werteten außerdem die Stabilisierung bzw. Verbesserung der Unternehmenskultur sowie eine Verbesserung oder Änderung des Unternehmensimages als nachhaltige Erfolgsfaktoren. Die Studie differenziert weiterhin nach Finanz- (CFO) und Technikvorständen (CTO). Die quantitativen Kriterien für den CFO beinhalten die Rentabilität, das Working Capital und das Unternehmensrating, die Bewertung des CTO wiederum erfolgt auf Basis von Kostenreduzierungen und der Anzahl neu entwickelter Produkte. Der qualitative

Fokus hinsichtlich der Zieleinhaltung liegt zusätzlich auf Merkmalen wie Erschließung neuer Finanzquellen, Verbesserung der Investor Relations und einem stabilen Risikomanagement für den CFO sowie Einbeziehung neuer Technologien, Effizienz- und Qualitätssteigerungen für den CTO. Die Studienergebnisse zeigen, dass Aufsichtsräte insbesondere die unternehmensspezifische Gesamtentwicklung berücksichtigen und neben finanziellen Kennzahlen auch qualitative Faktoren bei der Ausrichtung der Vergütung heranziehen.



 Kloster  
Irsee

Schwäbisches  
Tagungs- und Bildungszentrum  
Eine Einrichtung  
des Bezirks Schwaben

## BAROCK – RUHE – KONZENTRATION

Ein ausgezeichnete Ort akademischer Begegnungen und geistiger Inspiration.

- 81 komfortable Gästezimmer
- 15 repräsentative Tagungsräume
- aktuelle Tagungstechnik
- kostenfreie Internetnutzung
- abwechslungsreiche Rahmenprogramme

Raum für interdisziplinäre Vorlesungen, innovative Präsentationen, dynamische Prozesse.

[WWW.KLOSTER-IRSEE.DE](http://WWW.KLOSTER-IRSEE.DE)

KLOSTER IRSEE  
Schwäbisches Bildungszentrum Irsee

Klosterring 4 | 87660 Irsee  
vertrieb@kloster-irsee.de

T 08341 906-620  
F 08341 74278



## Die Professionalisierung von Aufsichtsräten in Deutschland

Eine kompakte Bestandsaufnahme

Prof. Dr. Marcus Labbé

Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft

Telefon +49(0)821 5586-2966

marcus.labbe@hs-augsburg.de

Mit Blick auf die ehrenrührige „korpulente Gouvernante“ stellt sich für demgegenüber „ehrbare Aufsichtsräte“ die Frage, wie sie zur Gewährleistung einer ehrenwerten Mandatsausübung beitragen können. Vor diesem Hintergrund werden kurze Ein- sowie mögliche Ausblicke in eine Professionalisierung von Verwaltungs- bzw. Aufsichtsräten in Deutschland unternommen.

Seit geraumer Zeit werden Rufe nach ethisch verantworteten Regeln nachhaltigen Wirtschaftens sowie dem ehrbaren Kaufmann, der Unternehmensführung nach den Prinzipien grundsolider „Good Corporate Governance“ leben soll, immer lauter. So sehen nicht wenige die Abkehr von den grundlegenden Prinzipien der sozialen Marktwirtschaft als generelles – und man möchte hinzufügen: inzwischen systemimmanentes – Manko manifestiert. Zu Recht zitiert man insofern seinerseits: „Wer den Nutzen hat, muss auch den Schaden tragen.“ Dabei sollte im Hinblick auf die Haftung nicht nur auf eine juristische oder strafrechtliche Dimension abgehoben werden, sondern auch auf eine ökonomische. Letztlich ist – auch im Eigeninteresse – die individuell zu verortende Verantwortungsübernahme für das eigene Tun oder Unterlassen als *conditio sine qua non* für grundhaft ehrwürdiges Wirken anzusehen.

Noch handelt es sich bei der Interpretation von Professionalisierung im Sinne von „Berufsaufsichtsrat“ um ein Missverständnis in der Definition und um eine vom Gesetzgeber noch nicht eingehend erwogene Entwicklung. Doch es bleibt festzuhalten, dass eine Professionalisierung eine sinnvolle, mögliche und in vielen Bereichen zu Recht gewünschte, da notwendige Weiterentwicklung des Selbstverständnisses eines ausschließlich im jeweiligen Unternehmensinteresse handelnden Aufsichtsrats ist. Als die wichtigsten Bausteine einer Professionalisierung wurden Unabhängigkeit und Diversität hinsichtlich Qualifikation und Kompetenz identifiziert; sie sollten daher ggf. in einem transparenten Nominierungsverfahren in einem nachvollziehbaren Kriterienkatalog zur Anwendung gelangen. Die hierüber hinzugewonnenen Mandatsträger werden die Evaluation als willkommenes Hilfsmittel für eine Weiterentwicklung ihrer Person und ihrer Arbeit nutzen. Auch die vor Mandatsübernahme erstmalige und dann fortlaufende Qualifizierung von Aufsichtsräten, wie es ebenso die Regierungskommission Deutscher Corporate Governance Kodex einfordert, ist ein sinnvoller Bestandteil einer Professionalisierung von Aufsichtsräten in Deutschland.

## Kasinokapitalismus oder Endzeitenkino?

Ein wirtschaftsphilosophischer Diskurs angesichts Wirtschafts- und Finanzkrisen im neuen Jahrtausend

"Nachhaltigkeit denken" ist von philosophischen Grundüberlegungen untrennbar. "Nachhaltigkeit umsetzen" ist von ökonomischen Leitwerten untrennbar. Insofern ist der Versuch eines wirtschaftsphilosophischen Diskurses angesichts von Wirtschafts- und Finanzkrisen im neuen Jahrtausend – eine Anregung, Nachhaltigkeit aus wirtschaftsphilosophischer Perspektive zu denken – legitim. Schließlich lehrt Kants kategorischer Imperativ: Nachhaltigkeit umzusetzen ist die Aufgabe eines jeden Einzelnen.

Als im Jahre 1984 der Hollywood-Movie "Wall Street" in die Kinos gekommen war, geriet damit auch eine der bis dahin geheimnisumwittertesten Raider-Firms in den Fokus öffentlicher Aufmerksamkeit: Kohlberg Kravis Roberts. „KKR“ bot die Vorlage für den Kassenschlager und stand beispielhaft für systematisch betriebenen Firmenaufkauf und zielsichere Zerschlagung. Die Hauptfigur in „Wall Street“ war Gordon Gecko, der mit seinem Plädoyer („Greed is good!“) eindrucksvoll die Wurzeln des herannahenden Turbokapitalismus bediente. Rund ein Vierteljahrhundert später stand Michael Douglas wiederum als Gordon Gecko in seiner Paraderolle, dieses Mal im Kinofilm "Money Never Sleeps", der unmittelbar an "Wall Street" anknüpft. Die Vorlage dazu bot der Niedergang der bis dahin Top Tier Investment Bank Lehman Brothers, mit dem die globale Finanzkrise eingeläutet wurde. Längst ist klar, dass wir uns verzockt haben. Unsere Wirtschaft beruht auf dem ewigen Streben nach unendlichem Wachstum. Und das ist sowohl der Schlüssel für den Kasinokapitalismus als auch der Grund für die Ausbeutung unseres Planeten. Nachhaltige Unternehmensführung ist gewissermaßen bloßes Marketing-Mantra geblieben. Insofern können die nachfolgenden Gedankengänge auch so einem gleichlautenden Essay auf der Internetseite des Arbeitskreises Nachhaltige Unternehmensführung der renommierten Schmalenbach-Gesellschaft für Betriebswirtschaft entnommen werden, der der Dichotomie von Kasinokapitalismus und Endzeitenkasino nachgeht.

In Deutschland verbinden die meisten Menschen mit dem Kasinobegriff wohl die staatlichen Spielbanken oder auch die großen Kasinos in Las Vegas, in denen gut gekleidete Menschen in Anzug und Abendkleid am Roulette und beim Black Jack einen schönen Abend verbringen

und dabei in der Regel einen relativ kleinen Geldbetrag setzen, den zu verlieren sie sich leisten können. Atmosphärisch Lichtjahre von den vermeintlich noblen Gambler-Stätten entfernt, erscheinen die kleinen Spielhallen in der Nähe von Bahnhöfen oder in Innenstädten, die ganz im Gegensatz zum glamourösen Image der schicken Spielbank stehen. Das Risiko zu verlieren ist im Großen und Ganzen überall gleich groß. Dennoch sind es eher die in unserer Vorstellung dunklen und engen Spielhöhlen, die unser Bild vom Spieler prägen. Er bzw. sie ist typischerweise eine Person, die am Rande der Gesellschaft steht, vielleicht arbeitslos ist und sich ihre Nächte beim Kartenspielen und an Automaten um die Ohren schlägt. Nicht selten übersteigen die Verluste im Kasino dabei das Einkommen aus „ehrlischer“ Tätigkeit. In unserer Vorstellung ist der „gemeine Spielertyp“ ebenso wie seine herausragenden Charaktereigenschaften, die Risikobereitschaft und Verantwortungslosigkeit, zudem männlich. „Er“ bedroht die Werte unserer Gesellschaft, weshalb von Staatsseite aus jede Möglichkeit ergriffen wird, die Spielsucht einzudämmen. Das Geschäft ist relativ streng reguliert und die staatlichen Kasinos führen vernetzte Kundenkarteien, die jeden Besuch genau dokumentieren. Zudem flimmern Anti-Spielsucht-Spots über unsere Fernsehbildschirme, die aus öffentlichen Geldern finanziert werden. Der Spieler entspricht einem Feindbild, dessen Ausbreitung möglichst Grenzen gesetzt werden sollen.

Vergleicht man die Protagonisten auf dem Börsenparkett des Finanzkapitalismus und in den Spielhöhlen deutscher Hinterhöfe miteinander, so könnten sie zunächst nicht unterschiedlicher sein. Der eine ist Kultfigur, wird als Stütze unseres Wirtschaftssystems gefeiert und verkörpert den in der westlichen Welt so hoch gelobten Individualismus. Der andere dagegen ist – verantwortungslos und durch seine Krankheit, die Spielsucht, ferngesteuert – der Gesellschaft eine Last. Andererseits teilen sich beide ein Motiv: Das Streben nach Gewinn und nach Reichtum. Erreichen wollen sie dieses Ziel, indem sie einen gewissen Einsatz vervielfachen. Und auch der Investor muss, um erfolgreich zu sein, über eine Schlüsseleigenschaft des Spielers verfügen: erhöhte Risikobereitschaft. Aus dieser Perspektive ist die Ähnlichkeit zwischen beiden dann auch signifi-

Prof. Dr. Marcus Labbé

Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft

Telefon +49(0)821 5586-2966

marcus.labbe@hs-augsburg.de

kant. Wo der eine mit Karten und Würfeln spielt, sucht der andere durch den Kauf und Verkauf von Währungen und Aktien sein Vermögen zu vermehren.

#### KASINO UND KAPITALISMUS

An diesem Punkt treffen die beiden Teilbegriffe Kasino und Kapitalismus aufeinander. Kasinokapitalismus bezeichnet also ein Extrem des Finanzkapitalismus, wie wir es gerade im Vorfeld der Finanzkrise der letzten Jahre erlebt haben. Die Akteure an den Börsen gehen immer größere Risiken ein, die immer weniger kalkulierbar sind und verwandeln ein Geschäft, das ursprünglich die Transaktionen der Realwirtschaft absichern und Unternehmen mit Liquidität versorgen sollte, in ein Roulette. Das Zocken wird zum Sport erhoben. Es gewinnt, wer das meiste Geld in der kürzesten Zeit verdient. Dass das Risiko hierbei ins Unermessliche steigt, ist nur natürlich, denn es gilt ja weiterhin: Je größer das Risiko, desto größer die Rendite. Dass der Spieler im Spielkasino, ganz im Gegensatz zu seinem Pendant im Wertpapierhandel, einen so schlechten Ruf genießt, erscheint umso paradoxer, wenn man sich die Herkunft der jeweils eingesetzten Mittel genauer betrachtet. Ersterer kann höchstens sein eigenes Geld verspielen, während die größten Teilnehmer am globalen Finanzmarkt Banken und Pensionsfonds sind. Und die setzen nicht ihr eigenes Geld ein, sondern das Geld ihrer Kunden, d.h. Spareinlagen, die ihnen in dem Glauben anvertraut wurden, dass das Geld sicher sei.

Ironischerweise wird der Kasinokapitalismus erst dadurch ermöglicht, dass die Finanzmärkte, anders als die echten Kasinos, erschreckend schwach reguliert sind und die Risiken herunter gespielt werden. Es scheint, als wäre den Zockern auf den Börsenparketts dieser Welt eine Erkenntnis verloren gegangen, die den meisten Gelegenheitsspielern, die auf den roten Teppichen der Kasinos wandeln, allgegenwärtig ist: Am Ende gewinnt immer die Bank. Oder zutreffender für den Wertpapierhandel: Es gibt keine unendlichen Gewinne ohne einen Verlierer. Gordon Gecko argwöhnte seinerzeit „Greed is good!“. Doch die Gier ist der Schuldenbock für die Finanzkrisen im neuen Jahrtausend. Nicht nur für die aktuelle Krise, sondern auch schon für die Rezession nach dem Platzen der Dotcom-Blase zu

Beginn dieses Jahrtausends. Wer da so gierig war, ist in der Vorstellung der Medien und der Gesellschaft eindeutig. Banker und Spekulanten sind die Bösewichte, die mit ihrem Streben nach immer höheren Gewinnen und immer mehr Geld die globalen Finanzmärkte erst aufgebläht haben, um sie anschließend kollabieren zu lassen. Die Gier nach größerem Reichtum ist auch einer der Hauptbeweggründe für Menschen im Kasino, um Geld zu spielen oder in Wettbüros zu gehen. Ohne die Habgier würden Börsen – wenn überhaupt noch existent – zumindest mit deutlich geringeren Volumina handeln, könnten Banken aufhören, ihre Kreativität an die Entwicklung immer neuer Finanzspielzeuge zu verschwenden. Setzt man voraus, dass unser global vorherrschendes Wirtschaftssystem Kasinokapitalismus heißt, kann die Gier als Treibstoff unserer Ökonomie begriffen werden und ist damit sicher auch ein wichtiger Grund für das wiederholte Systemversagen.

Doch wie können wir Banker verurteilen, wo wir alle selbst immer auf der Jagd nach der größten Rendite, dem höchsten Zinssatz für unsere Ersparnisse sind? Sind die Durchschnitts-Investmentbanker wirklich von Natur aus gieriger als 'normale' Menschen? Auf jeden Fall sind sie ehrgeizig, intelligent und leistungsstark und verfügen oft über eine besonders scharfe Auffassungsgabe für mathematische und wirtschaftliche Zusammenhänge. In der Regel planen sie ihre Karriere schon früh und bereiten sie detailliert vor: Sie wählen den passenden Studiengang und machen die richtigen Praktika. Sie arbeiten hart, um ihr Ziel zu erreichen. Das Ziel heißt Erfolg – auch finanzieller Art. Sie wollen viel Geld verdienen. Nur: Wer will das nicht. Der Grund, warum die einen reich werden und die anderen nicht, ist demnach wohl kaum der größere Wunsch nach Reichtum. Es ist vielmehr der engagierte Arbeitseinsatz, der Durchsetzungswille, die Bereitschaft auf vieles andere zu verzichten. Es ist nicht die übertriebene Gier. Die beschränkt sich nicht nur auf die Hochfinanz, sie zieht sich durch unsere ganze Gesellschaft. Eben eine wahre Volkskrankheit.

Allerdings bringt die Gier nicht nur das Schlechte im Menschen hervor. Wird der Impuls kontrolliert, ist er außerdem Leistungsansporn. Wer nach Belohnung für seine Leistungen giert, schafft mehr als andere. Hier

ist die Gier Antrieb der Innovationskraft der Menschen, sie kann kreative Ideen hervorrufen, neue Technologien entwickeln. Sie motorisiert den Fortschritt der Menschheit. Würden wir diesen bremsen, indem wir die Gier ausschalten, hätten wir wohl bald noch größere Probleme als die Folgen der tobenden Gier an den Börsen. Leichte Symptome unserer Volkskrankheit sollte also möglichst jeder Leistungsträger aufweisen. Kritisch zu beobachten ist nur der, dessen Gier außer Kontrolle gerät. Letztlich müssen wir allerdings erkennen, dass der Kasinokapitalismus und der Kapitalismus in all seinen extremen Formen uns in ein Endzeitzenszenario katapultiert, dessen Ausgang noch nicht klar ist.

Und es lohnt sich durchaus auch, das Wachstumsparadigma unserer Wirtschaft zu betrachten: unendliches Wachstum an sich ist eine Utopie per se. Nichts ist unendlich und Wirtschaftswachstum schon gar nicht. Dass wir in den Industriestaaten bisher das Gefühl haben, es wäre doch existent, liegt vor allem daran, dass wir auf Kosten anderer Völker leben, indem wir ihre Rohstoffe verbrauchen und dabei ihre Atmosphäre verschmutzen. Ein Festhalten an diesem Wachstums-Mantra widerspricht deshalb schon implizit unserer Vorstellung von einer Weltgesellschaft und kann nur zur Verschlechterung der Situation beitragen. Zudem ist es völlig unvereinbar mit unseren ethischen Vorstellungen, die aber bisher offenbar nur auf nationalem Niveau Geltung besitzen. Unendliches Wachstum hat auf einem Planeten, der schon jetzt an seine Grenzen gekommen ist, keine Daseinsberechtigung und das unheilvoll verabsolutierte Gewinnstreben, das mit ihm einhergeht, ebenso wenig. Vielmehr sollte ein Weg gefunden werden, der zum Wohlstand eines Großteils der Weltbevölkerung beiträgt, auch wenn dies zu Lasten der riesigen Vermögen einzelner geht. Denn wie schon Mahatma Gandhi sagte: „Die Welt hat genug für jedermanns Bedürfnisse, aber nicht für jedermanns Gier“.

Optimierungsansätze für europaweite Produktkommunikation bei UPM

## Brand Awareness-Screening

Optimierungsansätze für europaweite Produktkommunikation bei UPM



Prof. Dr. Manfred Uhl

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft  
Telefon +49(0)821 5586-2903  
manfred.uhl@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiet

- Marketing und Unternehmenskommunikation

Die Bekanntheit der jeweiligen Unternehmens- bzw. Produktmarken ist ein wichtiger Einflussfaktor für das Vertriebs- und Kommunikationsmanagement. Gerade bei international tätigen Unternehmen ist neben der grundlegenden Wahrnehmung die Identifizierung von Länderspezifika wichtig. Studierende bei Prof. Dr. Manfred Uhl untersuchten für UPM im finnischen Lahti die Markenbekanntheit eines Produktes aus einem Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoff in Deutschland und erstellten aus den empirischen Studienergebnissen Optimierungsansätze für das Produktmanagement in Finnland.

Produktmanager müssen Alleskönner sein. Sie sind verzahnt mit der Forschungs- und Entwicklungsabteilung und gleichzeitig in die Vertriebsstrukturen eines Produktes eingebunden. Damit ein Produkt aber erfolgreich entwickelt und eingeführt werden kann, ist viel Know-how über Absatzmärkte, Wettbewerber und Kundengruppen nötig. Nur wer Kundenbedürfnisse kennt und weiß, wie man sich von Wettbewerbern differenzieren kann, wird erfolgreich sein. Eine gute Ausgangssituation für die Optimierung der Produktkommunikation ist die Bekanntheit bei definierten Zielgruppen und die Erkenntnis, ob es Unterschiede im internationalen Vergleich der Markenbekanntheit gibt.

Um eine solche Brand Awareness zielgruppen- und länderspezifisch zu ermitteln und mit Ergebnissen aus anderen Ländern zu vergleichen, arbeitete UPM, einer der größten Papierhersteller der Welt, mit der Hochschule Augsburg im Wintersemester 2012/13 zusammen. Eine erfolgreiche Kooperation mit UPM Deutschland im Vorjahr hatte sich in Finnland herumgesprochen und führte zur Anfrage von Meri Puhtila aus Lahti in Augsburg.

Gegenstand war ein Produkt aus Holz/Kunststoff-Verbundmaterial: UPM ProFi. Aus dem innovativen Verbundstoff, der aus recycelten Papieretiketten besteht, werden zum Beispiel Dielen für Terrassen hergestellt. Um die Vermarktung des Produktes in Deutschland zu optimieren, musste die Bekanntheit erfasst werden. UPM im finnischen Lahti formulierte die Ziele und Zielgruppen der Umfrage: Architekten und Landschaftsarchitekten. Bevor es losging, informierten sich die Studierenden in einem kleinen Produkt-Workshop des deutschen UPM ProFi-Vertriebsteams in Bruchsal über die Beschaffenheit sowie Einsatz- und Installationsdetails. Um für den Auftraggeber die Äquivalenz der Ergebnisse im internationalen Vergleich sicher zu stellen, musste die Projektgruppe binnen weniger Wochen eine Telefonbefragung von mindestens 100 Personen pro Zielgruppe konzipieren und realisieren. Die an der Hochschule nicht vorhandene Infrastruktur für Telefonbefragungen zwang die Studiengruppe dazu, ein an der Fakultät vorhandenes Online-Tool zum Erfassungswerkzeug für die Telefoninterviews anzupassen. Mit dieser „eigenen“ Software ausgestattet, führten und dokumentierten dann mehrere Interview-Teams die Gespräche mit den Architekten und Landschaftsarchitekten in ganz Deutschland. UPM in Augsburg war zwar nicht Auftraggeber, unterstützte das Team aber tatkräftig und stellte unkompliziert einen Raum mit Telefon- und Internetzugang für die Interviews zur Verfügung. Nach der Aufbereitung der Ergebnisse folgte die Ausarbeitung von Optimierungsansätzen für die Vermarktung des Produktes in Deutschland – alles in englischer Sprache. Die Erkenntnisse waren aufschlussreich und gaben zahlreiche Empfehlungen zur weiteren Vermarktung des Produkts für den deutschen Markt.

Links: Die Studierenden informierten sich über die Beschaffenheit des Produkts und prüften vorhandenes Kommunikationsmaterial.

Rechts: Insgesamt über 200 Telefoninterviews waren für ein aussagekräftiges Ergebnis nötig.





## Internationales Nonprofit-Marketing

Kommunikationskonzept für die Europäische Kulturhauptstadt Riga 2014

Im Kompetenzfeld Marketing-Management entwickelten Studierende der Studiengänge Betriebswirtschaft und International Management im Sommersemester 2013 bei Prof. Dr. Manfred Uhl ein Konzept für die länderspezifische Vermarktung eines der prestigeträchtigsten Wettbewerbe Europas: die Europäische Kulturhauptstadt. 2014 wird Lettlands Hauptstadt Riga diesen Titel tragen und bereitet sich intensiv auf das Festjahr vor. Neben möglichst attraktiven Programminhalten spielt die Vermarktung außerhalb Lettlands eine wichtige Rolle für den Erfolg dieser herausragenden Veranstaltung. Die Studierenden entwickelten im Auftrag des lettischen Organisationskomitees und in Kooperation mit einer Studentengruppe von Pauli Lindström an der Haaga-Helia-University in Helsinki ein Vermarktungskonzept für „Riga 2014“.

Die Europäische Union (EU) veranstaltet seit 1985 den Wettbewerb „European Capital of Culture“. Die EU möchte damit den Reichtum und die Vielfalt der Kulturen Europas hervorheben, die Menschen in Kontakt bringen, das gegenseitige Verständnis fördern und somit ein Gefühl für eine europäische Bürgerschaft stärken. Mehr als 40 Städte bzw. Ballungsräume, darunter 2010 das Ruhrgebiet, haben bis heute den Wettbewerb zu einer der prestigeträchtigsten Kulturveranstaltungen Europas gemacht. Der Ministerrat der Europäischen Union hat dafür ein sehr aufwändiges Auswahlverfahren ins Leben gerufen, das rund sechs Jahre Vorlauf hat und eine sehr anspruchsvolle inhaltliche und kommunikative Vorbereitung erwartet. Seit 2011 vergibt die EU den Titel „Europäische Kulturhauptstadt“ an zwei Städte. Für 2014 erhielten die lettische Hauptstadt Riga und das schwedische Umeå den begehrten Titel. Seitdem laufen die Vorbereitungen in den Organisationskomitees auf Hochtouren. Die Messlatte hängt hoch, jede Stadt will ein bestmögliches Bild in ganz Europa abgeben. Zwei Kernelemente sind dafür nötig: Erstens ein möglichst herausragendes, aber gleichzeitig spezifisches Kulturprogramm und zweitens ein wirkungsvolles Vermarktungskonzept für ganz Europa. Für die Bewerbung einer Europäischen Kultur-Hauptstadt ist viel Know-how im Nonprofit-Marketing gefragt.

Die Fakultät für Wirtschaft der Hochschule Augsburg pflegt intensive Partnerschaften mit ausländischen

Hochschulen, im Kompetenzbereich Marketing-Management zum Beispiel mit der Haaga-Helia-University in Helsinki. Diese wiederum hatte Kontakt mit der Kommunikationschefin von „Riga 2014“, Anna Muhka. Dank der engen Verbindungen beider Hochschulen entstand schnell die Idee eines deutsch-finnischen Projekts für die lettische Hauptstadt. Die Aufgabe war: Erstellung eines Konzeptes zur Vermarktung der Europäischen Kulturhauptstadt Riga 2014 in Deutschland und Finnland. Pauli Lindström arbeitete dazu mit seinen Studierenden an der Haaga-Helia-University an Ideen zur Vermarktung in Finnland. Gleichzeitig und in wöchentlicher Abstimmung mit der Gruppe in Helsinki entwickelte eine Gruppe aus 18 Betriebswirtschafts- und International-Management-Studierenden von Prof. Dr. Manfred Uhl in Augsburg ein Konzept für Deutschland.

### NONPROFIT-MARKETING

Am Anfang der Projektarbeit stand die Auseinandersetzung mit den Spezifika im Nonprofit-Marketing. Im Vergleich zum unternehmerisch geprägten Marketing-Management gilt es, Besonderheiten bei Zielgruppen, den zu vermarktenden Inhalten, Budgetierungen, Strukturen, Kompetenzen, Zahl und Art der Beteiligten sowie Entscheidungsprozessen zu beachten. Ebenso wichtig für die Analyse des Aufgabenumfelds war die Beurteilung von Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken der bisherigen Kommunikation und Wahrnehmung Rigas im Ausland. Die SWOT-Analyse ergab einige klare Erkenntnisse. Rigas Kulturangebot zeigt bei genauerem Hinsehen eine enorme Bandbreite. Vor allem Liebhaber klassischer Musik werden im Festprogramm schnell und vielfältig fündig. Die über viele Jahrhunderte andauernden, historisch-kulturell engen Beziehungen zwischen Deutschland und Lettland bilden prinzipiell eine gute Ausgangssituation für eine Vermarktung von „Riga 2014“ in Deutschland. Die Analyse ergab aber auch die Notwendigkeit, die allgemeine Bekanntheit Rigas vor allem bei jüngeren Menschen in Deutschland zu erhöhen, die spezifischen Besonderheiten stärker herauszuarbeiten und kommunikativ an einem Alleinstellungsmerkmal zu arbeiten. Der hohe Anteil klassischer Musik im Programm spricht nur Teilzielgruppen an. Junge



Prof. Dr. Manfred Uhl

Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft  
Telefon +49(0)821 5586-2903  
manfred.uhl@hs-augsburg.de

Forschungsgebiet

- Marketing und Unternehmenskommunikation

Links: Kommunikationschefin von Riga 2014 Anna Muhka (links) und ihr Team mit Studierenden der Hochschule Augsburg und Prof. Dr. Manfred Uhl (rechts) vor dem Kongresszentrum in Riga.



Rechts: Extra angefertigt: Polo-Shirts mit dem Logo der Kulturhauptstadt.



Menschen in Deutschland (und Finnland) verbinden oft wenig oder falsche Inhalte mit der alten Hansestadt an der Ostsee. Dazu kommt, dass die begrenzte Anzahl der Flugverbindungen zwischen Deutschland und Riga einen Wettbewerbsnachteil zu vielen vorangegangenen Kulturhauptstädten darstellt.

Im Abgleich mit den strategischen Zielen der Organisatoren, den Programm-Schwerpunkten des Festjahres und der Umfeldanalyse identifizierten und priorisierten die Studierenden geeignete Zielgruppen, um ein möglichst effizientes und effektives Konzept ausarbeiten zu können. In den Fokus rückten die Personen und Gruppierungen, die ein nachvollziehbares Interesse an einem Besuch von „Riga 2014“ haben müssten. Zu prioritären Zielgruppenclustern wurden Literatur-, Architektur-, Theater-, Kunst- und Film-Interessierte.

Die Studierenden legten aber noch einen weiteren Filter über die Zielgruppenclusterung: eine möglichst unkomplizierte, schnelle und direkte Anreise nach Riga. Die Untersuchung der Flugverbindungen ergab die eindeutige Empfehlung, vor allem in den Regionen Hamburg, Berlin, Köln/Düsseldorf, Rhein-Main und München in die Bewerbung zu gehen. Dort finden sich nicht nur überdurchschnittlich viele Menschen mit anzunehmendem Interesse an Riga. Von den dortigen Flughäfen gibt es auch direkte Flugverbindungen nach Riga. Reiseplanung, -aufwand und -zeit sind dort also vergleichsweise gering und versprechen mehr Potenzial für Kurzreisende nach Riga als in anderen Regionen Deutschlands.

Diese Zielgruppencluster galt es mit konkreten Institutionen, Namen und Adressen aufzufüllen. Kontaktdaten wurden detailliert recherchiert und für die Organisatoren direktmarketinggerecht aufbereitet, so dass sofort mit der Zielgruppenansprache begonnen werden kann. So konnte der Anspruch, ein umset-

zungsfähiges Konzept zu liefern, auch eingehalten werden.

Professionelles Marketing-Management, auch im Nonprofit-Bereich, beinhaltet nach der Zieldefinition und der Analyse, eine geeignete Konzeption und zielführende Maßnahmen für die jeweiligen Zielgruppen zu entwickeln. Auch diese Aufgabe packten die Studierenden an. Wichtig war es den Organisatoren in Riga, künftig nicht nur klassische und gängige Maßnahmen im Werkzeugkasten zu haben, sondern auch außergewöhnliche Ideen. So schlugen die Studierenden neben einer Vielzahl bewährter Maßnahmen unter anderem Glückskeks-Aktionen mit Riga 2014-Botschaften in deutschen Theatern vor, dachten sich Inhalte für eine neue Smartphone-App aus, entwickelten einen Kurzfilm-Wettbewerb inkl. Umsetzungsplan, nahmen einen Flash-Mob in die Liste auf und verwandelten die „Fast Lane“ für Geschäftsreisende am Check-In-Schalter von Baltic Air durch Floorprints in eine „Culture Lane“ für alle. Für die vorgeschlagenen Kommunikationsmaßnahmen stellten die Studierenden ein Budgetraster auf und schlugen Instrumente zur Wirkungskontrolle vor.

Am 17. Juni präsentierte das Augsburger Projektteam im Kongresszentrum in Riga die Ergebnisse. Gleichzeitig übergaben die Studierenden ihr 111 Seiten umfassendes Konzept mitsamt Adressmaterial an das Organisationsteam. Die Auftraggeberin und Kommunikationsleiterin von „Riga 2014“, Anna Muhka, antwortete auf die in englischer Sprache erstellte und gehaltene Präsentation gekonnt auf Deutsch: „Diplom mit Goldrand“. Nachträgliche Überraschung für die Studierenden: Nicht nur das Organisationskomitee von „Riga 2014“ fand Gefallen am Konzept aus Augsburg. Das staatliche Tourismusamt Lettlands integrierte es in die europaweite Ausschreibung einer Werbekampagne für Lettland im Umfang von einer Million Euro.

## Durch einfache Maßnahmen den Materialfluss verbessern

Logistik-Projekt optimiert logistische Abläufe im Nestlé-Werk

Durch das Wachstum von Unternehmen im produzierenden Gewerbe steigt auch die Anzahl der zu transportierenden Ladungsträger innerhalb eines Werkes. Dieser Aspekt wird bei der Planung von Produktionskapazitäten allerdings oftmals nicht ausreichend berücksichtigt und kann zu Störungen in Prozessabläufen führen.

### ORGANISCHES WACHSTUM FÜHRT ZU KOMPLEXEREN LOGISTISCHEN ABLÄUFEN

Das Nestlé-Werk Biessenhofen verzeichnete in den letzten Jahren ein starkes Wachstum. Durch die Erweiterung der Produktionsanlagen wurden die Ausbringungsmengen kontinuierlich gesteigert. Wie bei produktionsdominierten Unternehmen häufig zu beobachten, fokussiert der Ausbau die Fertigung; ein logistisches Konzept wird eher am Rande betrachtet.

Zahlreiche Erweiterungen und Neubauten von Lagerhallen haben einen verschachtelten Logistik-Komplex mit vielen Verbindungstoren zwischen den einzelnen Gebäuden zur Folge. Diese Kreuzungspunkte des innerbetrieblichen Warenverkehrs bergen ein erhöhtes Risikopotenzial für Fußgänger, die sich die Wege mit Flurförderzeugen teilen.

Der Wareneingang und -ausgang des Werks befindet sich in einer Halle an der Südseite des Logistik-Komplexes. Daraus resultiert ein zirkulierender Materialfluss innerhalb der Hallen, welcher besondere Herausforderungen mit sich bringt. Durch den Kreislauf bewegen sich mit Roh- und Packstoffen beladene Flurförderzeuge aus der Verladehalle in den Lagerbereich und mit Fertigwaren beladene Flurförderzeuge zurück in die Verladehalle. Die Fahrer müssen dabei nicht nur auf entgegenkommende oder kreuzende Fahrzeuge achten, sondern auch auf Fußgänger, die zwischen den Hallen unterwegs sind, um beispielsweise Proben ankommender Rohwaren zu ziehen.

### EINE RISIKO-LANDKARTE VISUALISIERTE GEFAHRENPOENZIALE

Gemeinsam mit Mitarbeitern des Nestlé-Werks fand eine Begehung der Lager- und Verladehallen statt. Erkannte Gefahrenpotenziale wurden auf einem Lage-

plan eingezeichnet und in Form einer Risikolandkarte visualisiert. Die Risikolandkarte wies fünf dezidierte Gefahrenstellen auf:

- (1) Zugang zum Logistik-Komplex über die ehemalige Waggon-Halle
- (2) Kreuzungspunkt Hallen eins, zwei und fünf
- (3) Fahrbereich des Laser-Guided-Vehicle
- (4) Zufahrt Produktionsbereich „West“
- (5) Verladehalle

### ZIELGERICHTETE MASSNAHMEN SENKEN DAS GEFAHRENPOENZIAL ERHEBLICH

Für jede der fünf „Gefahrenstellen“ wurden Maßnahmen erarbeitet, die das Gefahrenpotenzial im Logistik-Bereich senken sollen.

Im Bereich des Zugangs zum Logistik-Komplex über die ehemalige Waggon-Halle (1) existierte zum Zeitpunkt der Aufnahme kein vom Fahrweg getrennter Fußweg. Durch die Verschiebung der dort gelagerten Leerpaletten zur Mitte hin, kann ein getrennter Fußweg hinter den Paletten-Stapeln angelegt werden. Fußgänger werden durch einen „Sicherheitskäfig“ vor möglicherweise herabfallenden Paletten geschützt.

Der Kreuzungspunkt zwischen drei Hallen (2) ist einer der am stärksten frequentierten Bereiche des Logistik-Komplexes. Hier herrscht eine erhöhte Kollisionsgefahr zwischen Flurförderzeugen und Fußgängern. Durch die Wiederöffnung eines bereits vorhandenen Durchbruchs konnte dieser stark frequentierte Bereich entlastet und die Gefahr eines Zusammenstoßes gesenkt werden.

Ein Laser-Guided-Vehicle ist ein Fahrerloses Transportsystem (FTS), welches seine Position mittels eines Lasers bestimmt. Dieses wird im Nestlé-Werk zur Entsorgung eines Produktionsbereiches eingesetzt (3). Da ein unerwartetes Kreuzen eines Flurförderzeugs oder Fußgängers eine Notabschaltung des FTS zur Folge hat, wurde die Installation einer Ampelanlage empfohlen, welche dem FTS stets Vorrang gewährt. Außerdem wurde der Fahrbereich des Transportsystems als Gefahrenzone markiert, in der sich niemand aufhalten und keine Ware abgestellt werden darf.

Im Bereich der Zufahrt zur Produktion (4) versperrte ein geschlossenes Tor die Sicht auf den entgegenkommenden Fuß- und Fahrzeugverkehr. Durch



Frédéric Erben B.A.

### Hochschule Augsburg

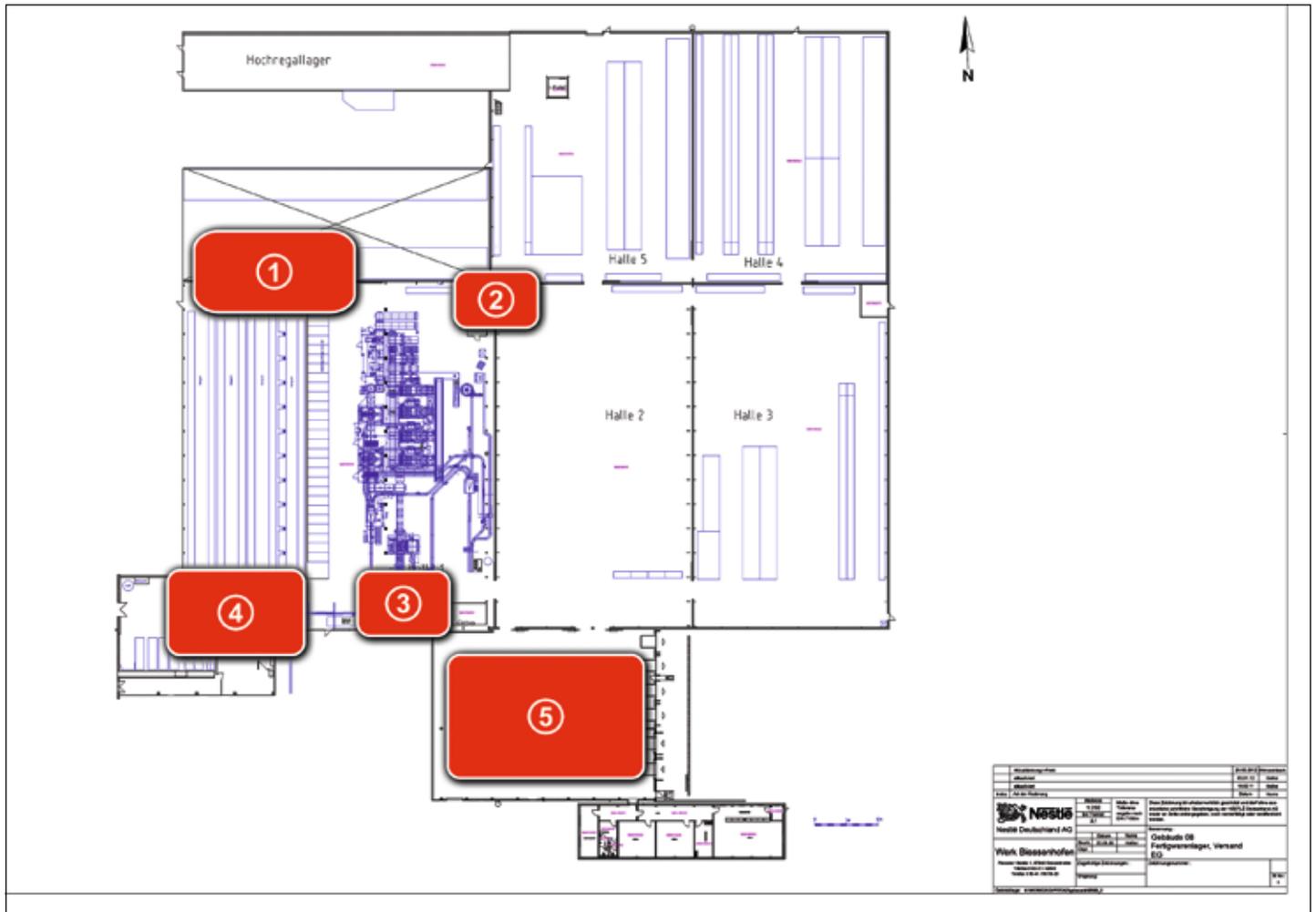
Fakultät für Wirtschaft  
Telefon +49(0)821 5586-2974  
frederic.erben@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Materialwirtschaft und Logistik

### Beteiligte Studierende

- Frédéric Erben (Projektkoordinator)
- Barbara Helmer
- Carolin Lang
- Cassandre Le Corre
- Catrin Gempp
- Celine Kropp
- Christina Wiedemann
- Damaris Binder
- Dennis Meisner
- Jozsef Radics
- Katharina Dorn
- Katharina Macketanz
- Laura Linder
- Mallory Watkins
- Maria Russo
- Mark Winten
- Maximilian Seit
- Melanie Keller
- Miriam Wagner
- Nadine Dir
- Nadine Neuner
- Nadiya Nikhamkina
- Nicolas Di Vitantonio
- Nils Scherer
- Norbert Fischer
- Sabrina Ruder
- Sandra Pfister
- Steffanie Stöcker
- Vicky Rosenbaum
- Viktoria Ostreschko



die dauerhafte Öffnung des Tores konnte das Sichtfeld erweitert und ein Einbahnverkehr, der Kollisionen faktisch ausschließt, eingeführt werden.

Im Bereich der Verladehalle (5) herrschte durch eng getaktete Anliefer- und Abholungszeitfenster ein enormes Verkehrsaufkommen an Flurförderzeugen und Fußgängern. Verschärft wurde die Situation durch das Zwischenpuffern von Roh- und Packstoffen sowie Fertigprodukten in der Halle. Zunächst wurde das Konzept für die Stellflächen überarbeitet. Außerdem wurden zusätzliche Spiegel installiert, die es den Fahrern ermöglichen sollen, Fußgänger und Hindernisse in schwer einsehbaren Bereichen frühzeitig zu erkennen.

#### ÜBERGEORDNETE VERBESSERUNGSMASSNAHMEN RUNDEN DAS KONZEPT AB

Neben Lösungskonzepten für diese gesonderten Gefahrenbereiche wurden auch übergeordnete Lösungs-

konzepte entwickelt, die den Materialfluss entzerren und die Sicherheit der Arbeiter im Bereich der Logistik verbessern sollen. Nach Analyse der Lagerplätze der Roh- und Packstoffe, Fertigprodukte und daraus resultierenden Materialströme wurden neue Lagerplatzbereiche für die einzelnen Kategorien vergeben. Daraus ergaben sich nicht nur kürzere Fahrwege und eine reduzierte Anzahl an Kreuzungspunkten. Durch die zentrale Lagerung von Rohstoffen konnte beispielsweise auch der Bereich, der speziellen hygienischen Anforderungen entsprechen muss, reduziert werden. Bereits bestehende Wege für Fußgänger wurden hinsichtlich ihrer Vollständigkeit und Beschaffenheit der Markierungen untersucht. Stark abgenutzte Markierungen und Fußwege, deren Abmessungen nicht den strengen Vorschriften der Nestlé AG entsprachen, wurden notiert, in Form eines Wegeplans visualisiert und anschließend überarbeitet.



#### LANGFRISTIG WERDEN

##### ZUSÄTZLICHE ERWEITERUNGEN NOTWENDIG SEIN

Trotz der Verbesserungsmaßnahmen werden zukünftig weitere Baumaßnahmen notwendig sein: Die geplante Steigerung der Produktionsmengen bis zum Jahr 2016 übersteigt die Kapazitäten am Standort. Zukünftig muss daher über den Aus- oder Neubau des Logistikbereiches nachgedacht werden. Im Zuge des Projektes wurde über Erweiterungsbauten diskutiert. Diese würden über die notwendigen Kapazitäten verfügen und genutzt werden, um den Materialfluss noch stärker zu entzerren und zu optimieren. So könnte der eingangs beschriebene Materialkreislauf aufgelöst werden. Im Zuge baulicher Maßnahmen könnten außerdem neue Konzepte zur Verlagerung von Verkehren von der Straße auf die Schiene zum Tragen kommen.

Schon heute ist ein großer Anteil der Fertigwaren im Nestlé-Werk Biessenhofen für den Export bestimmt. Pro Woche werden etwa 30 Container für den Hochsee-Versand gepackt und versendet. Diese Container entsprechen einem sog. Ganz-Zug, der die Waren von Biessenhofen bis in die Hochsee-Häfen transportieren könnte. Durch die Verlagerung dieser Strecken von der Straße auf die Schiene ließen sich im Jahr ca. 190 Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen – der Bedarf von 80 deutschen Haushalten.

Das Projekt wurde im Rahmen des Moduls „Vertiefte Praxis“ in Vertiefung „Logistics and Supply-Chain Management“ von fünf studentischen Projektteams durchgeführt. Betreut wurden die Studenten von Frédéric Erben, Student im Programm Master of Applied Research. Er beschäftigt sich im Kompetenzfeld Materialwirtschaft und Logistik der Hochschule mit dem Themenbereich Lean Management und Prozessoptimierung.

Getragen werden die Projekte im Kompetenzfeld Materialwirtschaft und Logistik von parallelen Aktivitäten der Dozenten. Fokussiert werden in diesen Aktivitäten:

- Workshop-Konzepte, die Lean Management aktiv lehren und durch einen „learning by doing“ Ansatz gleich erste Erfolge aufzeigen sollen.
- Methoden zur Begleitung der Umsetzung von Lean Management Maßnahmen, die gezielt die Mitarbeitermotivation steigern, um eine nachhaltige Einführung des Lean Management Ansatzes zu erreichen.
- Etablierung eines Lean Management Arbeitskreises mit dem Ziel eines gezielten Erfahrungsaustausches.

Projektteams bei der Analyse der Verkehrswege im Nestlé-Werk.



## Arbeitgeberattraktivität – Befragung der Absolventen der Hochschule Augsburg

Faktoren, welche die Wahl des Arbeitgebers beeinflussen



Prof. Dr. Christian Lebrez

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft+  
Telefon +49 (821) 5586-2924  
christian.lebrez@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Personalmanagement
- Strategisches Management



Prof. Dr. Erika Regnet

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft  
Telefon +49 (821) 5586-2923  
erika.regnet@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Personalentwicklung
- Führungsverhalten
- Demografische Entwicklung und Fachkräftesicherung
- Neue Fortbildungsmethoden
- Weibliche Fach- und Führungskräfte
- Recruiting

### Was erwarten unsere Absolventen von ihrem zukünftigen Arbeitgeber? Projektbeschreibung

Während sich in der Vergangenheit Mitarbeiter beim Unternehmen bewarben, können sich heute viele qualifizierte Mitarbeiter ihren Arbeitgeber aussuchen. Daraus folgt, dass sich nicht mehr nur die Bewerber als attraktive Kandidaten darstellen müssen, sondern dass sich zunehmend Unternehmen als attraktive Arbeitgeber positionieren müssen.

Um die Faktoren zu identifizieren, die für die Absolventen der Hochschule Augsburg die Attraktivität eines Arbeitgebers beeinflussen, wurden zusammen mit Studierenden des Vertiefungsmoduls Personalmanagement der Fakultät Wirtschaft im Sommersemester 2013 Studierende der höheren Semester befragt, die innerhalb eines Jahres am Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen. Die Teilnehmer der Befragung waren überwiegend männlich (62 Prozent) und zu 62 Prozent aus den technischen Studiengängen. Der Anteil der Frauen betrug 37 Prozent, ein Prozent der Befragten verzichtete auf die Angabe ihres Geschlechts. Der Altersdurchschnitt lag bei 24,2 Jahren für die Bachelorabsolventen und 26,6 Jahre für die Absolventen in Masterstudiengängen. Befragt wurden

- insgesamt 638 Studenten aus 5 Fakultäten
- 11 Bachelorstudiengänge und 11 Masterstudiengänge.

### BETRIEBSKLIMA BEI DER WAHL DES ARBEITGEBERS WICHTIGER ALS GEHALT

Welche Kriterien sind für die Wahl des Arbeitgebers besonders wichtig? Die Studierenden hatten zwölf Kriterien zur Auswahl, unter denen sie die aus ihrer Sicht vier wesentlichsten Einflussfaktoren auf die Arbeitgeberattraktivität auswählen konnten. Eindeutig wichtigstes Kriterium für die Wahl des Arbeitgebers ist mit 62 Prozent ein gutes Betriebsklima. Auf Platz zwei folgt das Gehalt mit 53 Prozent. Die Plätze drei und vier belegen das Aufgabenfeld (43 Prozent) und der Standort (37 Prozent). Den geringsten Einfluss auf die Attraktivität des Arbeitgebers hat dessen Internationalität. Diese ist für lediglich 8 Prozent der Studierenden ein wichtiges

Kriterium. Auf den Plätzen davor liegen die Produkte des Unternehmens (12 Prozent), die freie Einteilung der Arbeitszeit (13 Prozent) und das Image des Unternehmens (19 Prozent). Während die Faktoren Betriebsklima und Gehalt über alle Gruppen der Studierenden hinweg auf den ersten beiden Plätzen liegen, ergeben sich auf den weiteren Rängen teilweise deutliche Unterschiede. Für Frauen spielt die Work-Life-Balance eine signifikant größere Rolle als für Männer. Bei den Studentinnen liegt dieser Punkt auf Platz drei, während er bei den männlichen Kommilitonen erst auf Platz acht kommt.

Gesamt (N=638)	Männer (N=393)	Frauen (N=234)	Technik (N=397)	Wirtschaft (N=241)
Betriebsklima	Betriebsklima	Betriebsklima	Betriebsklima	Betriebsklima
Gehalt	Gehalt	Work-Life Balance	Gehalt	Gehalt
Aufgaben	Aufgaben	Gehalt	Aufgaben	Work-Life Balance
Standort	Standort	Aufgaben	Standort	Karriere
Karriere	Sicherer Arbeitsplatz	Karriere	Sicherer Arbeitsplatz	Aufgaben
Work-Life Balance	Karriere	Standort	Weiterbildung	Weiterbildung
Weiterbildung	Weiterbildung	Weiterbildung	Karriere	Standort
Sicherer Arbeitsplatz	Work-Life Balance	Sicherer Arbeitsplatz	Work-Life Balance	Sicherer Arbeitsplatz

Abbildung 1: Die wichtigsten Kriterien der Arbeitgeberattraktivität nach Fakultät und Geschlecht

### AUGSBURG STADT UND LAND SIND ALS STANDORT ATTRAKTIV – DOCH DER „STANDORTNACHTEIL“ IM LÄNDLICHEN RAUM LÄSST SICH AUSGLEICHEN

Bei der Frage nach der Standortattraktivität waren sechs Antwortmöglichkeiten gegeben, wobei Mehrfachantworten möglich waren. Die Befragten konnten zwischen Augsburg, Augsburg Land, Landkreis Donau-Ries, Deutschland, international und „ich bin zu keinem Umzug bereit“ wählen. Bei der Wahl des Arbeitsortes ist eine klare Präferenz zu erkennen. Augsburg und sein Umland werden von über 50 Prozent der Absolventen favorisiert. Dies ist nicht überraschend, da über 60 Prozent der Studierenden bereits dort leben. Der Landkreis Donau-Ries hingegen schneidet in der Beliebtheitskala am schlechtesten ab. Nur 21 Prozent der befragten

Absolventen können sich vorstellen, dort einmal zu arbeiten. 49 Prozent der 638 Umfrageteilnehmer sind deutschlandweit flexibel und würden ihren Wohn- und Arbeitsort auch woanders sehen. Eine Stelle im Ausland wird aber eher verhalten betrachtet. Lediglich 35 Prozent würden ihr Glück außerhalb Deutschlands suchen. Davon weichen erwartungsgemäß die Studierenden des Studiengangs International Management ab: von ihnen können sich 75 Prozent vorstellen, später im Ausland eine Stelle anzunehmen.

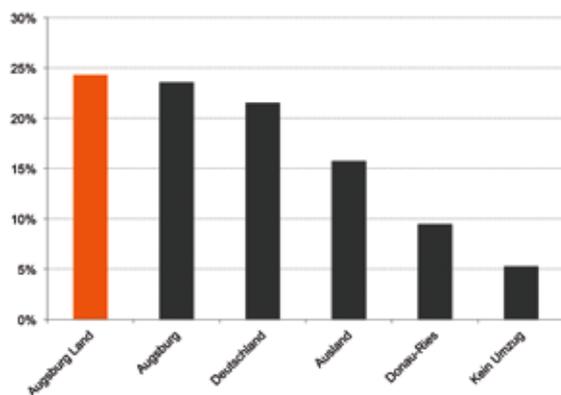


Abbildung 2: Welcher Arbeitsort ist am beliebtesten?

Die ländliche Region reizt die Befragten am wenigsten. Dennoch sind nur 12 Prozent keinesfalls zu einem Umzug bereit. Zudem meinen 84 Prozent, es käme auf das Gesamtangebot an, d.h. sie wären durchaus von einem Unternehmen an einem unattraktiveren Standort zu gewinnen.

Womit können Unternehmen an weniger attraktiven Standorten bei der Suche nach Nachwuchskräfte punkten? Unsere Absolventen lassen sich vor allem überzeugen durch

- eine gute Bezahlung (30 Prozent)
- interessante Aufgaben (29 Prozent)
- Aufstiegsmöglichkeiten (25 Prozent).

Zudem würden 57 Prozent unserer Absolventen eine einfache Fahrtstrecke von 30 bis 45 Minuten in Kauf nehmen, weitere 26 Prozent sogar bis zu einer Stunde. In Stellenanzeigen für Firmen in ländlicher Region könnte

man demnach auf Pendelzeiten hinweisen. Home-Office-Angebote für z.B. für einen Tag pro Woche erleichtern überdies die Entscheidung für längere Fahrtzeiten.

#### GEHALTSERWARTUNGEN

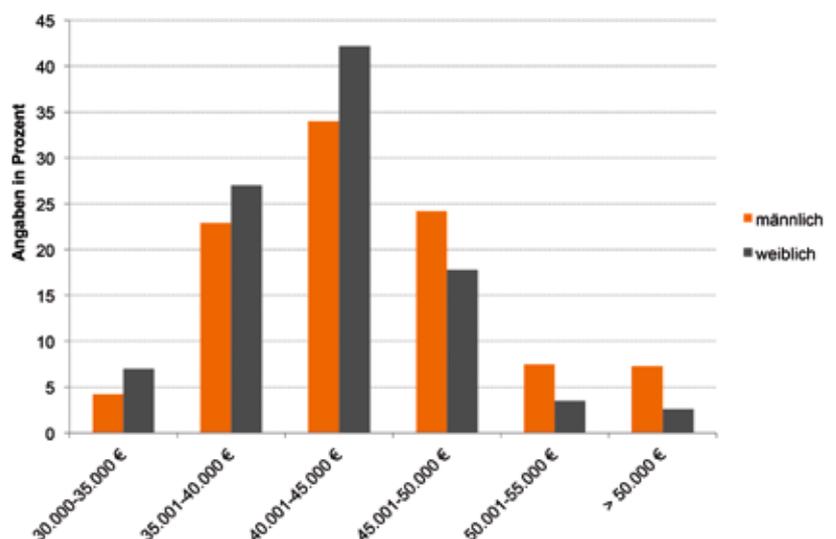
Bei den Gehaltserwartungen zeigt sich im Geschlechtervergleich ein statistisch signifikanter Unterschied. So liegen die Gehaltserwartungen der Männer insgesamt höher als die der Frauen. Die wenigsten der 638 Studierenden geben sich mit einem Einstiegsgehalt von bis zu 35.000 Euro pro Jahr zufrieden. Die meisten erwarten ein Einstiegsgehalt zwischen 40.000 – 50.000 Euro. Einen Verdienst ab 50.000 Euro hält letztlich nur noch jeder zehnte Absolvent für realistisch.

Natürlich bestehen zwischen Bachelor- und Masterstudiengängen sowie zwischen den Fakultäten einige Unterschiede. Hier sei im Detail auf den ausführlichen Projektbericht verwiesen (Lebrenz & Regnet, 2013).

#### DER WUNSCH NACH PLANUNGSSICHERHEIT ZEIGT SICH BEI DER FRÜHZEITIGEN SUCHE NACH EINER EINSTIEGSPOSITION UND DER ERWARTUNG EINER UNBEFRISTETEN STELLE

Der Wunsch nach Planungssicherheit zeigt sich auch bei der frühzeitigen Suche der Befragten nach einer Einstiegsposition. Der zukünftige Fachkräftenachwuchs ist gut ausgebildet und weiß um seine fachlichen

Abbildung 3: Gehaltserwartungen Frauen / Männer



Qualitäten. Diese Fachkräfte sind auf dem Arbeitsmarkt begehrt. Ein Drittel der Studierenden hat schon während des Studiums mit der Suche nach einer ersten Arbeitsstelle begonnen und bereits eine Stelle in Aussicht. Auffällig dabei ist, dass 16 Prozent der Studierenden eine Jobzusage erhalten, wenn sie bereits früher einmal ein Praktikum beim potenziellen Arbeitgeber absolviert oder bereits dort gearbeitet haben (8 Prozent). Die Hälfte der Absolventen mit einer Zusage kann beim jetzigen Arbeitgeber in das Berufsleben starten. Eigene Netzwerke und persönliche Kontakte verschaffen jedem vierten Absolventen den schnellen Einstieg in die Berufswelt. Dass Ingenieure mehr frühzeitige Stellenzusagen haben als Betriebswirte überrascht nicht. Auch bei Informatikern (haben zu 23 Prozent eine Stellenzusage) scheint der Arbeitsmarkt entspannt zu sein. Erschreckend ist dagegen, dass Frauen über alle Studiengänge hinweg signifikant weniger Stellenzusagen erhalten. Und dies gilt auch für die (noch wenigen) Frauen, die sich für ingenieurwissenschaftliche Studiengänge entschieden haben. Zudem soll noch einmal in Erinnerung gerufen werden, dass Frauen signifikant weniger Gehalt fordern als Männer. Frauen scheinen somit eine weiterhin nicht genügend berücksichtigte Ressource zu sein, um dem Fachkräftemangel proaktiv zu begegnen (vgl. auch Lebrecht & Regnet, 2010).

	Technische Studiengänge (N=397)	Männer in technischen Fächern (N=314)	Frauen in technischen Fächern (N=76)	Studierende Wirtschaft (N=241)	Männer in Wirtschaftsfächern (N=79)	Frauen in Wirtschaftsfächern (N=158)
<b>Stelle ja</b>	39,9	40,3	33,8	22,4	24,7	21,3
<b>Unsicher</b>	19,1	21,1	10,8	21,6	26	19,4
<b>Noch keine Stelle</b>	41,9	38,6	55,4	56,0	49,4	59,4

Angaben in Prozent

Abbildung 4: Wer hat schon ein Stellenangebot?

### FIRMENKONTAKTMESSE PYRAMID 2013

Bei der Firmenkontaktmesse „Pyramid“ am 8. Mai 2013 an der Hochschule Augsburg wurden 37 Unternehmen, die ihren Standort in und um Augsburg haben, genauer analysiert. Beobachtet wurde jeder Firmenstand für 30 Minuten. Dabei wurden die interessierten Studierenden und die Gespräche gezählt. Außerdem bewertete die Projektgruppe Optik und Größe des Standes und befragte die Standbetreuer zur Zufriedenheit mit den Standbesuchern und zu einem möglichen Bewerbungsanstieg nach der Pyramid-Messe. Die Firmen sind mit der Anzahl der Standbesucher sehr zufrieden. 87 Prozent der befragten Firmen sind durchaus beeindruckt von der Zahl der interessierten Studierenden, die ihren Stand besuchten. Auch seitens der Studierenden kann man von einem regen Interesse sprechen. Die Firmen bemängeln jedoch wiederholt die Qualität und mangelnde Vorbereitung der Standbesucher, gerade die Fragen der Studierenden wurden als nicht zielführend genug kritisiert. Deshalb sollten sich Studierende auf eine Firmenkontaktmesse gut vorbereiten.

83 Prozent der Firmen stellen nach der Pyramid einen deutlichen höheren Bewerbungseingang fest. Die Hochschulkontaktmesse ist somit – gerade für kleinere Unternehmen sowie für hidden champions – eine effiziente Möglichkeit, potenzielle Kandidaten auf sich aufmerksam zu machen.

### KONTAKT ZU BEWERBERN

Gute Noten stellen unsere Studierenden den Personalern hinsichtlich Fairness und Freundlichkeit im Bewerbungsprozess aus (Mittelwert von 2,1 bzw. 1,8 bei einer 6-stufigen Skala).

Allerdings bemängeln 57 Prozent, dass sie häufig keine Antwort auf ihre Bewerbung erhalten haben. Hier liegt gerade für kleinere Unternehmen Potenzial, um beim begehrten Nachwuchs schnell zu reagieren – insbesondere Ingenieure schreiben nur wenige Bewerbungen und sind zu großem Teil bereits während des Studiums beruflich „vergeben“. 40 Prozent der Befragten beklagen zudem, dass die Homepage nicht aktuell ist. Unsere Analysen zeigen, dass die Homepage der zentrale Informationskanal im Bewerbungsprozess ist. Offensichtlich scheint hier noch Verbesserungspotenzial zu bestehen.

Fachkräftesicherung gilt vielen Personalern heute als zentrale Herausforderung. Unsere Analysen zeigen konkrete Ansätze zur Verbesserung des Personalmarketings auf. Vertiefen werden wir die Thematik durch weitere Analysen sowie durch Praxisvorträge an der Hochschule Augsburg im Rahmen des „Augsburger Personalertages“ sowie in Nördlingen bei der „Regionalkonferenz Fachkräftesicherung“. Im Herbst 2013 werden wir darüber hinaus ein spezielles Beratungsangebot zur Fachkräftesicherung in klein- und mittelständischen Unternehmen starten.

#### LITERATUR

- Lebrezn, C. & Regnet, E. (Hrsg.). (2013). Arbeitgeberattraktivität 2013. Betriebsklima vor Gehalt: Was macht Arbeitgeber interessant? Die Sicht der Absolventen der Hochschule Augsburg. Projektbericht. Augsburg.
- Lebrezn, C. & Regnet, E. (2010). Potenzial: Frauen und Talente 45+. In Personalmagazin, 4/2010, S. 40–43.

#### VERÖFFENTLICHUNGEN

- Birri, R. & Lebrezn, C. (2013) Wege aus der Sackgasse. In: Personalwirtschaft 02/2013, S. 36–39.
- Lebrezn, C. & Völk, S. (2012) Damit die Richtung stimmt. In: Personalmagazin 9/2012, S.24–26.
- Lebrezn, C. (2012) Führung in die Kennzahlenfalle. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung. Nr. 181 S.12.



**Profitieren von Praxis und Know-how des Bayerischen Baugewerbes**

**Mit über 500 Mitgliedsunternehmen in Schwaben auf der sicheren Seite!**

LBB Landesverband Bayerischer Bauinnungen  
Geschäftsstelle Schwaben  
Stätzlinger Str. 111  
86165 Augsburg  
Tel.: 0821 / 3 46 94-0  
Fax: 0821 / 3 46 94-30



[www.lbb-schwaben.de](http://www.lbb-schwaben.de)

## Automation and Vision Systems



### ELSCAN

Volldigitale Überwachung und Inspektion der Druckqualität an laufenden Bahnen

### NYSCAN

100% Kontrolle mittels Hochleistungs-Zeilenkamera, einsetzbar auf Druckmaschinen oder Konfektioniermaschinen

Erhardt+Leimer GmbH  
Albert-Leimer-Platz 1  
86391 Stadtbergen, Deutschland  
Telefon ++49 (0)821 24 35-0  
info@erhardt-leimer.com  
[www.erhardt-leimer.com](http://www.erhardt-leimer.com)



## Karrieren im Top-Management

Lebenslauf-Analysen von DAX-30-Vorständen



Prof. Dr. Erika Regnet

Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft  
Tel. +49 (0) 821 5586-2921  
erika.regnet@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Personalentwicklung
- Führungsverhalten
- Demografische Entwicklung und Fachkräftesicherung
- Neue Fortbildungsmethoden
- Recruiting

Nicht nur die Fachpresse spekuliert darüber, was Top-Manager auszeichnet. Was führt zum Erfolg? Die richtige Hochschule bzw. Studienfach? Job-Hopping oder Konstanz? Ist ein Auslandsaufenthalt wirklich verpflichtend? Analysiert wurden die Berufswege von 223 Dax-Vorstandmitgliedern – mit zum Teil erstaunlichen Ergebnissen.

Immer wieder wurde untersucht, was die Erfolgsfaktoren einer Top-Karriere ausmacht. Verdienst des Soziologen Hartmann (2002) ist es, den Einfluss des sozialen Hintergrundes und hier vor allem der erreichten Position des Vaters verdeutlicht zu haben. Kritische Berichte betonen die psychischen Auffälligkeiten von Top-Managern (zuletzt z. B. in Die Zeit, 34/2013, S. 19 ff.; Kühn, 2012). Berater wie Assig und Echter (2012, S. 22ff.) stellen dagegen – gestützt auf ihre Coachingerfahrungen bei Managern – positive Persönlichkeitszüge heraus wie:

- Höchstes Können – gepaart mit Fleiß und Disziplin.
- Stabilisierung der Psyche – und innere Erfolgsgewissheit
- Fähigkeit, positive Resonanz zu erzeugen und Integration in den Kreis anderer Ambitionierter sowie anspruchsvolle Vorbilder
- Finden der eigenen Bühne– denn jede Karriere sei einzigartig und „große Karrieren sind Pionierkarrieren“ (S. 27)
- Ambition, Gutes in die Welt zu bringen – denn „nur sie führt zu Erfüllung, Unterstützung, Reputation,

einer großen Karriere“ (S. 28). Ambition sei der Motor und wichtig, um auch bei Widerständen und Rückschlägen seine Ziele zu verfolgen.

### LEBENS-LAUFANALYSE VON DAX-VORSTÄNDEN

In einer eigenen Analyse wurden die Lebensläufe der Vorstände betrachtet, die in den Jahren 2011 und/oder 2012 Mitglied im Vorstand eines DAX-30-Unternehmens waren. Aufgenommen wurden diejenigen, deren Lebenslauf anhand der Daten auf der Unternehmenshomepage und/oder von Interneteintragungen nachvollziehbar war. Insgesamt konnten 223 Lebensläufe ausgewertet werden.

Wie Tabelle 1 veranschaulicht, setzt sich ein früher berichteter Trend zur Verjüngung nicht weiter fort, die Erstberufung in den Vorstand erfolgte durchschnittlich mit knapp 46 Jahren. Die Ergebnisse sprechen auch klar gegen einen Vorwurf des Job-Hoppings – zumindest was die Top-Manager der größten Firmen angeht. Rund ein Drittel ist zwar speziell für die Top-Position von außerhalb angeworben worden. Doch im Durchschnitt haben die Manager in ihrem Berufsleben gerade einmal für 3 Firmen gearbeitet.

Die durchschnittliche Verweildauer pro Firma liegt bei knapp 13 Jahren (Abbildung 1). Die relativ langen Verweildauern pro Unternehmen legen nahe, dass hier jeweils mehrere Funktionen ausgefüllt wurden und

Tabelle 1:  
Übersicht über die  
DAX-30 Vorstandmitglieder,  
M = Mittelwert.

Geschlecht	92,8 % männlich	7,2 % weiblich
Alter	Streuung von 41–72 Jahren	M = 53,48 33 % sind 50 Jahre oder jünger
Alter Erstberufung in den Vorstand	M = 45,8 Jahre	
Jahre in der jetzigen Firma	M = 13,3 Jahre	Streuung von 0,5–47 Jahren
Qualifikation	94 % Hochschulabschluss	
Art der Hochschule	85,7 % Universität	9,1 Fachhochschule
	1,7 % Uni + FH Abschluss	3,9 % College u.a.
Jahre als Vorstand	M = 7,5 Jahre	
Berufserfahrung	M = 27,1 Jahre	
Auslandserfahrung	M = 5,86 Jahre	Median = 2 Jahre
Anzahl Firmen, in denen man gearbeitet hat	M = 2,85	
Kürzeste Verweildauer Firma	M = 8,81 Jahre	Median = 4 Jahre
Verweildauer pro Firma	M = 12,79 Jahre	Median = 10 Jahre
Gehalt lt. Bilanz	M = 2.717.411 €	Median = 2.258.445 €

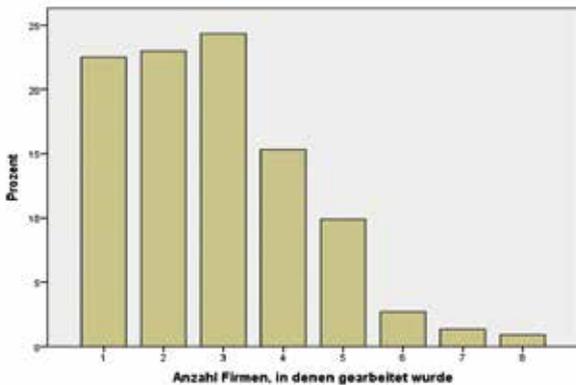


Abbildung 1:  
In wie vielen Unternehmen  
waren die Befragten  
bisher tätig? (N=222).

interne Beförderungen erfolgten. Die Betroffenen wurden also in einem „realen Assessment Center“ einer langjährigen Bewertung unterzogen, konnten sich entwickeln, mussten aber auch kontinuierlich gute Leistung zeigen, bevor sie sich für Top-Positionen qualifiziert hatten.

Abbildung 2 zeigt, dass sich der Trend zur Internationalisierung weiter fortsetzt. 27,8 Prozent haben keinen deutschen Pass mehr. Das deutschsprachige Ausland ist mit 5,4 Prozent vertreten. Dem folgen Vorstandsmitglieder aus weiteren EU-Ländern und den USA. Noch nicht vertreten sehen wir im Management die neuen Märkte: gerade einmal drei Vorstände haben einen Pass aus einem asiatischen Land, ein türkisches Vorstandsmitglied war bei Beiersdorf, ist inzwischen aber wieder ausgeschieden.

Hinsichtlich der Qualifikation dominieren wirtschaftswissenschaftliche Studiengänge mit 42,6 Prozent klar (Abbildung 3). Sowohl Ingenieure als auch Naturwissenschaftler und Juristen haben gute Karrierechancen. Eine Top-Karriere ohne Hochschulstudium zu machen ist – wie schon in der Vergangenheit – nur einer Minderheit von 6 Prozent gelungen. 53 Prozent haben ihren Hochschulabschluss an einer deutschen Hochschule gemacht, 25 Prozent an einer ausländischen und 11 Prozent können Abschlüsse von deutschen und ausländischen Hochschulen vorweisen.

**Ingenieure, Betriebswirte und Juristen** unterscheiden sich im Übrigen nicht hinsichtlich ihrer Karriereentwicklung. Es gibt keine signifikanten Unterschiede bei Verweildauer, Alter der Vorstandsberufung oder Unternehmenswechsel. Lediglich haben von den Juristen mit 79 Prozent deutlich mehr Personen einen Dokortitel als bei den Ingenieuren (44 Prozent). Betriebswirte können am ehesten ohne Promotion Karriere machen, hier haben nur 31 Prozent einen Doktorgrad. Diese Unterschiede sind signifikant.

Generell scheint sich eine **Promotion nicht karrierebeschleunigend** auszuwirken. Zwar erhalten die Promovierten bereits nach 17,7 Jahren und damit 2,5 Jahre signifikant früher als ihre nicht-promovierten Kollegen einen Ruf ins Top-Management. Doch dies dürfte die für die Promotion nötigen Jahre kaum aufwiegen.

Auffallend sind die Unterschiede in den Werde-

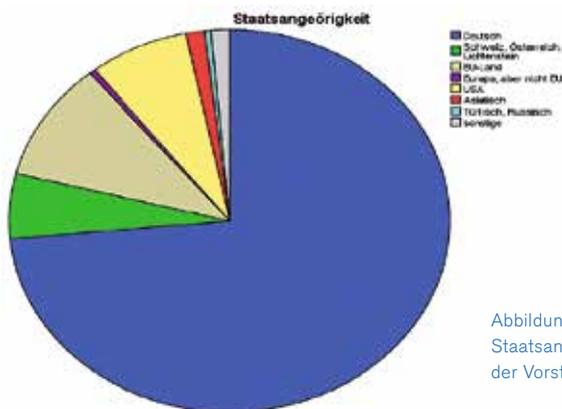


Abbildung 2:  
Staatsangehörigkeit  
der Vorstände.

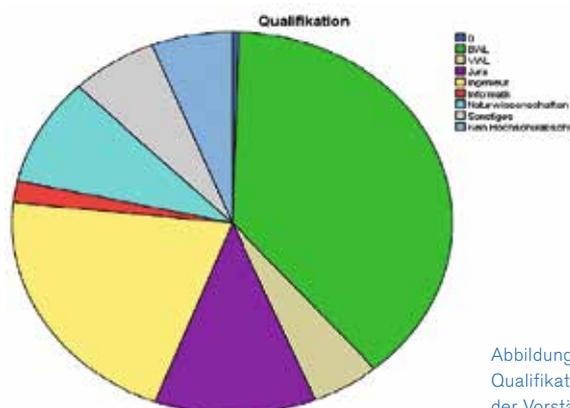


Abbildung 3:  
Qualifikationsprofil  
der Vorstände.

gängen zwischen männlichen und weiblichen Top-Managern. Zwar waren unter den Analysierten nur 16 Frauen, nichtsdestotrotz ergaben sich mehrere statistisch signifikante Unterschiede, die Tabelle 2 im Überblick zeigt. Weibliche Karrieren scheinen weiterhin anderen Gesetzmäßigkeiten zu folgen: Obwohl die meisten Firmen öffentlich erklärt haben, höhere Frauenquoten in Managementebenen anzustreben, waren die Frauen signifikant älter und mussten mehr Berufserfahrung vorweisen, bevor sie befördert wurden. Der Spruch, „Frauen müssen mehr leisten als Männer, um genauso weit zu kommen“ scheint weiter zu gelten. Auch die fachliche Ausrichtung der weiblichen Top-Managerinnen ist bisher recht einseitig: sechs von ihnen verantworten den Personalbereich, drei Finanzen – bei den Männern sind in diesen Funktionen nur 12 bzw. 14 Prozent. Keine Frau ist CEO. Bei den studierten Fachrichtungen und Art des Hochschulabschlusses ergeben sich dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern.

Die Verweildauer der Frauen im Vorstand ist zudem kürzer – was zum einen für kürzlich erfolgte Berufungen spricht und zum anderen, dass es vielen Frauen doch nicht gelingt, sich im Top-Management dauerhaft zu positionieren. Top-Karrieren machen insbesondere Frauen nicht in einer Firma. Für sie scheinen Unternehmenswechsel besonders wichtig zu sein (ebenso auch Strunk et al., 2005, S. 170, für Gehaltssteigerung bei Hochschulabsolventinnen), s. Tab. 2.

#### INTERNATIONALE ANALYSEN

Die Unternehmensberatung Booz & Company legte 2012 ihren 12. Bericht zur Nachfolge und Stellenwechsel auf CEO-Positionen vor. Betrachtet werden dazu weltweit die 2.500 größten börsennotierten Unterneh-

Tabelle 2:  
Signifikante Mittelwerts-  
unterschiede bei männlichen  
und weiblichen DAX-30  
Vorständen (p < .05).

	Frauen N=16	Männer N=207
Jahre in der jetzigen Firma	M = 6,5	M = 13,8
Berufstätigkeit bei einer Firma	13,1 %	23,2 %
Jahre als Vorstand	M = 3,7	M = 7,8
Alter Erstberufung Vorstand	M = 49,0	M = 45,6
Berufserfahrung bis zur Vorstandsberufung	M = 22,5	M = 19,0

#### Fassen wir die Ergebnisse für Deutschland zusammen:

- Der typische Top-Manager eines DAX-30-Unternehmens im Jahr 2012
- ist männlich, deutsch, 53 Jahre alt.
- Er hat in Deutschland an einer Universität Betriebswirtschaft oder Ingenieurwissenschaften studiert und niemals oder eher kurz im Ausland gearbeitet.
- Seit gut 7 Jahren ist er im Vorstand seines Unternehmens.
- Er verfügt über 27 Jahre Berufserfahrung und hat zweimal seinen Arbeitgeber gewechselt.
- Bei seinen 3 Arbeitgebern hat er sich jeweils knapp 13 Jahre lang in mehreren Funktionen bewährt.

men. Die Wechselquote an der Spitze blieb 2011 auf dem hohen Niveau von 14,2 (Favaro et al. 2012, S. 9). In Westeuropa vertraute man dabei in 31 Prozent der Neubesetzungen die Leitung einem Unternehmensexternen an, in USA/Canada dagegen nur in 22 Prozent der Fälle. In letztgenannten Ländern liegt die Rate externer Besetzungen seit Jahren niedriger als in Westeuropa: im 5-Jahresvergleich 18 versus 25 Prozent (S. 17).

Die Verweildauer im Amt lag in Deutschland mit 7,6 Jahren etwas über dem europäischen Durchschnitt von 6,9 Jahren (Pressemitteilung vom 24.5.2012). Erstaunlich ist, dass – entgegen der vermeintlichen hire and fire Mentalität in den USA – 29 Prozent der CEOs in USA/Canada 11 und mehr Jahre im Amt sind, 8 Prozent bringen es sogar auf 20 oder mehr Jahre. Dagegen sind nur 15 Prozent der CEOs in Westeuropa mehr als 10 Jahre an der Spitze des Unternehmens (S. 20).

#### LITERATUR

- [1] Assig, D. & Echter, D. (2012). *Ambition. Wie große Karrieren gelingen.* Frankfurt/New York.
- [2] Favaro, K., Karlsson, P.-O. & Neilson, G. (2012). *CEO Succession Report.*
- [3] 12th Annual Global CEO Succession Study. [www.booz.com/media/uploads/BoozCo\\_CEO-Succession-Study-2011\\_Extended-Study-Report.pdf](http://www.booz.com/media/uploads/BoozCo_CEO-Succession-Study-2011_Extended-Study-Report.pdf)
- [4] Hartmann, M. (2002). *Der Mythos von den Leistungseliten: Spitzenkarrieren und soziale Herkunft in Wirtschaft, Politik, Justiz und Wissenschaft.* Frankfurt am Main
- [5] Kühn, C. (2012). *Psychopathen in Nadelstreifen.* Lohmar, Köln.
- [6] Strunk, G. et al. (2005). *Kleine Unterschiede, große Wirkung? Die Bedeutung früherer Entscheidungen für den späteren Karriereerfolg.* In W. Mayrhofer, M. Meyer & J. Steyrer (Hrsg.). *Macht? Erfolg? Reich? Glückliche? Einflussfaktoren auf Karrieren.* Wien. S. 156–182.



## Do eco-innovations need specific regional characteristics?

An econometric analysis for Germany



Prof. Dr. Jens Horbach

Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft  
Telefon +49 (0) 821 5586-2908  
jens.horbach@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Umweltökonomie
- Arbeitsmärkte

### Kooperationspartner

Prof. Dr. Uwe Blien, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) Nürnberg

Eco-Innovations lead to less environmental impacts or to a reduction of energy use and are therefore crucial for climate protection. Recently, the determinants of these innovation activities have been widely explored (Demirel and Kesidou 2012, de Marchi 2012, Horbach 2008, Horbach et al. 2012). But, mainly because of the lack of adequate data the literature neglected regional characteristics as determinants of eco-innovations. At the latest since the seminal works of Krugman (1991) the relevance of spatial characteristics for innovation activities has been recognized. Innovation activities are not equally distributed in space because agglomeration effects caused by many firms of the same sector in a region, labor market pooling, other location factors and regional clusters (Blien and Maier 2008) play a crucial role.

The existing literature on eco-innovations shows that these innovations have different determinants compared to other innovations. Especially regulation measures and cost-savings as motivations are more important for eco-innovations. Due to the fact that many new eco-innovation fields such as the development of technologies for renewable energies or for electro-mobility require more basic research and more external information sources a fitting and specialized regional infrastructure may promote these innovation activities.

model takes into consideration that the innovation outcomes of the firms in one regional unit may be correlated.

The econometric results (see a summary of the main hypotheses and indicators in Table 1) based on data of the establishment panel of the Institute for Employment Research show that external knowledge sources such as the regional proximity to research centers and universities are more important for eco-innovations compared to other innovations. Eco-innovations seem to be a chance for under-developed, “disadvantaged” regions because they are less dependent on the typical urbanization advantages (e. g. more leisure and cultural opportunities and a higher product diversity). Furthermore, regions characterized by higher poverty rates seem to be more eco-innovative. The so-called solar valley in Bitterfeld may serve as an example. The econometric results also show that eco-innovations need a high qualification of the personnel connected with further education measures within the firms. The results also confirm the hypothesis that energy intensive sectors are more likely to introduce eco-innovations whereas the green orientation of the region does not play the expected positive role for eco-innovations.

From a policy side of view, our analysis shows that investment in environmentally related research institutions and universities located in under-developed regions may help these regions to overcome economic problems. Because of the short tradition of many eco-innovation fields path dependencies are not so important but the availability of external knowledge from specialized universities and research institutions is a pre-condition for eco-innovation success.

### THE CORRESPONDING PAPER

“Horbach, Jens (2013): Do eco-innovations need specific regional characteristics? An econometric analysis for Germany, DRUID conference papers, Barcelona, <http://druid8.sit.aau.dk/registrant/index/papers>” will be submitted to a peer-reviewed international journal. The results of the research project have been already presented at the following conferences:

- 17th June 2013: 35th DRUID Celebration Conference 2013, June 17 – 19, Barcelona

HYPOTHESES	INDICATORS
New green research fields require more external knowledge sources and technological capabilities	Proximity to universities, local cooperation networks, availability of high-skilled employees, R&D inputs, further education measures
Green orientation of the region leads to a higher local demand and to a higher environmental awareness of local firms	Votes for the green party
“Disadvantaged” regions looking for new business activities are likely to attract eco-innovative firms	Relevance of urbanization effects and regional poverty rates
Because of environmental impacts energy intensive industries are more likely to realize eco-innovations	Share of firms belonging to branches such as the chemical or the metal industry

Table 1: Regional specificities of eco-innovations: Hypotheses and indicators.

To explore specific determinants of eco-innovations compared to other innovations including variables at the firm and the regional level, a two-level mixed effects logistic regression has been applied. This econometric

- 27th June 2013: 6th Summer Conference in Regional Science of the German speaking section of the European Regional Science Association, June 27–28, 2013, Dortmund
- 5th September 2013: Annual conference of the Verein für Socialpolitik, September 4–7, 2013, Düsseldorf
- 25th September 2013: International Workshop on Eco-Innovation at the University of Ferrara, September 24–25, 2013, Ferrara

#### REFERENCES

- [1] Blien, U., Maier, G. (2008): The Economics of Regional Clusters – Networks, Technology and Policy, Edward Elgar, Cheltenham.
- [2] De Marchi, V. (2012): Environmental innovation and R&D cooperation: Empirical evidence from Spanish manufacturing firms. In: *Research Policy* 41 (2012) 614–623.
- [3] Demirel, P., Kesidou (2012): Stimulating different types of eco-innovation in the UK: Government policies and firm motivations. In: *Ecological Economics* 70.2011, 8: 1546–1557.
- [4] Horbach, J. (2008): Determinants of Environmental Innovation – New Evidence from German Panel Data Sources, in: *Research Policy* 37 (2008), 163–173.
- [5] Horbach, J., Rammer, C., Rennings, K. (2012): Determinants of Eco-innovations by Type of Environmental Impact – The Role of Regulatory Push/Pull, Technology Push and Market Pull. In: *Ecological Economics* 78 (2012), 112–122.
- [6] Krugman, P. (1991): *Geography and Trade*, Cambridge.

#### PUBLICATIONS 2013 IN PEER-REVIEWED JOURNALS

- Belin, Jean, Horbach, Jens, Oltra, Vanessa (2013): Determinants and specificities of eco-innovations – An econometric analysis for France and Germany based on the Community Innovation Survey. In: *Industry and Innovation*, Vol. 20, 6, September 2013.
- Horbach, Jens, Chen, Qian, Rennings, Klaus, Vögele, Stefan (2013): Do Lead Markets for Clean Coal Technology Follow Market Demand? A Case Study for China, Germany, Japan and the USA. In: *Environmental Innovation and Societal Transitions* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2013.08.002>.
- Horbach, Jens, Rennings, Klaus (2013): Environmental Innovation and Employment Dynamics in Different Technology Fields – An Analysis Based on the German Community Innovation Survey 2009. In: *Journal of Cleaner Production*, Vol. 57, October 2013, 158–165.

## Konzeption eines Finance & Research Lab

Trading Room für die Fakultät für Wirtschaft



Prof. Dr. Michael Feucht

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft  
Telefon +49(0)821 5586-2913  
michael.feucht@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Corporate Finance
- Financial Services
- Capital Markets
- Financial Instruments
- Treasury Management
- Risk Management
- Transaction Services
- Corporate Governance
- Corporate Social Responsibility

Während sogenannte „Trading Rooms“ – Handelsraum-simulationen mit Zugang zu Echtzeit-Marktdaten und komplexer Auswertungssoftware – heute zur Standard-ausstattung amerikanischer Business Schools gehören, sind entsprechende Einrichtungen an deutschen oder europäischen Hochschulen nur vereinzelt und mit sehr stark variierender Ausstattung und Funktionsumfang vorhanden. Da die Arbeitgeber (speziell im Finanzdienstleistungssektor, aber auch die Treasury Departments internationaler Industriekonzerne) von Berufsanfängern verstärkt spezielle Softwarekompetenz wünschen, kann die Integration spezieller Statistiksoftware und üblicher Marktinformationssoftware (Bloomberg, Thomson Reuters EICON, S&P IQ) die seit der Bologna-Reform unseres Bildungssystems geforderte „Employability“ der Absolventinnen und Absolventen deutlich erhöhen. Durch die in Europa immer noch zu theoretische und damit oft zu wenig an Kapitalmarktrealitäten ausgerichtete Finanzausbildung der Studenten ergibt sich außerdem ein Alleinstellungsmerkmal für die Hochschule. Im Sommersemester 2013 haben 13 Studenten ein Konzept für die Umwandlung eines Computerlabors der Fakultät für Wirtschaft in ein Finance and Research Lab entwickelt.

### DIE ANFÄNGE DES PROJEKTS

Im Oktober 2012 gewann ein Team von vier HSA-Studenten die vom italienischen online-Broker Directa organisierte 3. Internationale Trading Universiade. Das mit diesem Gewinn für die Hochschule verbundene Preisgeld in Höhe von 20.000 EUR sollte gemäß der Statuten des Wettbewerbs in ein Lehr- und/oder Forschungsprojekt der Hochschule fließen. Gemeinsam mit den Studenten des Siegerteams wurde vereinbart, das Geld einzusetzen, um die bisher eher theoretisch ausgerichtete Kapitalmarktausbildung unserer Studenten noch stärker mit den Realitäten der Kapitalmarktakteure aus dem Finanzdienstleistungssektor (Banken, Versicherungen, Wertpapierhandel) zu verknüpfen. Zunächst wurde beginnend mit dem Sommersemester 2013 das Curriculum um ein Wahlpflichtfach „Trading Strategies and Techniques“ erweitert – gelehrt von einem Alumnus unserer Fakultät mit langjähriger Kapitalmarktexpertise –, in einem zweiten Schritt wird

ab Wintersemester 2013/14 das neue Vertiefungsmodul „Investment Banking and Asset Management“ im Rahmen des Studiengangs International Management angeboten. Ein wesentlicher Vorteil am Arbeitsmarkt entsteht aber für unsere Absolventen erst dann, wenn sie bereits bei Studienabschluss über praktische Erfahrungen mit den gängigen Softwaretools der Branche verfügen. Aus diesem Grund wurde vereinbart, langfristig den Umbau eines der fakultätseigenen drei Computerlabore in ein „Trading Room Lab“ anzustreben. Das Team begann zunächst damit, Beispiele anderer Hochschulen in Deutschland und den USA hinsichtlich der Hard- und Softwareausstattung, der verfügbaren Data Streams, der curricularen Einbindung und der Finanzierung des Finanzlabors zu untersuchen. Ein Student analysierte aktuelle wissenschaftliche Abhandlungen über den Nutzen von Finance Labs an amerikanischen Hochschulen.

### THEORETISCHER HINTERGRUND

Studien, die in jüngster Zeit an amerikanischen Hochschulen durchgeführt wurden (Noguera et al (2011), Sinha et al (2011), Gendron/Czyrnik (2012)) zeigen, dass das Vorhandensein eines Trading Rooms keinesfalls automatisch zu einem besseren Lernerfolg der Studenten führt. Im Gegenteil kann sogar gezeigt werden, dass auch mittels konventioneller Lehre der Stand der kapitalmarkttheoretischen Forschung durchaus angemessen vermittelt werden kann. Neben den verbesserten Berufseinstiegschancen der Absolventen verbleibt also zunächst das Argument des Hochschulmarketing – eine Business School ohne Trading Room hat in den USA Schwierigkeiten, die mittlerweile selbst an staatlichen Hochschulen erheblichen Studiengebühren zu begründen. In Deutschland stellt sich die Situation noch anders dar: Eine solche Einrichtung gibt der Hochschule ein Alleinstellungsmerkmal und ermöglicht es, sich im Hinblick auf die Finanzmarktausbildung als herausragende Bildungseinrichtung zu präsentieren. Dafür sind allerdings laut den genannten Studien die folgenden Mindestvoraussetzungen zu erfüllen:

- Der Trading Room muss in das strategische Gesamtkonzept der Business School (in unserem Fall der Fakultät für Wirtschaft) passen.

- Die Nutzung der Einrichtung muss verpflichtend in das Curriculum integriert sein. Ansonsten besteht die erhebliche Gefahr, dass die Studenten den Raum ausschließlich als „normales“ Computerlabor (zum Mailen, Surfen, Skypen, usw.) nutzen.
- Es muss sichergestellt sein, dass die Lehrenden derjenigen Fächer, in denen der Trading Room genutzt werden soll, mit der Ausstattung des Raums vertraut sind und auch die komplexeren Softwarepakete nutzen können.
- Es muss eine nachhaltige Finanzierung der laufenden Kosten (vor allem für die Data Streams) sichergestellt sein. Wenn die Finanzierung von Jahr zu Jahr unsicher ist, wird die Einrichtung nicht konsequent genutzt werden.

#### BEISPIELE ANDERE HOCHSCHULEN

Zu Beginn des Projekts waren die Studenten aufgefordert, die einschlägigen Angebote beliebig ausgewählter deutscher oder nationaler Hochschulen zu ermitteln und darzustellen. Dabei ergab sich ein sehr heterogenes Bild: Wie bereits dargestellt, verfügt jede Business School in den USA über einen im allgemeinen hard- und softwareseitig sehr gut ausgestatteten Trading Room. In Osteuropa und Russland konnten die Studenten keine einzige entsprechend ausgestattete Hochschule finden. In Westeuropa halten nur ausgewählte Hochschulen für ihre Studenten entsprechende Angebote vor. Dabei reicht die Bandbreite von „ein Bloomberg Terminal in der Bibliothek“ bis zum umfassend ausgestatteten Finanzlabor mit bis zu 20 Multiscreen-Arbeitsplätzen, real-time data feed (Bloomberg, Thomson Reuters, XETRA) und finanzmathematischer Spezialsoftware (MATLAB, R). Solche Forschungslabore fanden sich z.B. an der Universität Ulm, der Goethe-Universität Frankfurt und der Frankfurt School of Finance and Management.

#### CURRICULARE EINBINDUNG

Ein Teilprojektteam befasste sich mit der Einbindung des Trading Room in das Curriculum der beiden Bachelorstudiengänge Betriebswirtschaft und International Management sowie des Masterstudiengangs International Business and Finance. Die Vielzahl der Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere der großen



Darstellung Volkswirtschaftlicher Daten im Bloomberg-System

Datenprovider (Bloomberg oder Thomson Reuters) und der Finanzpakete von MatLab überraschte die Teammitglieder. Da der Einsatz dieser Tools in volkswirtschaftlichen Vorlesungen, den Bereichen Bilanzierung und Bilanzanalyse, oder auch für Seminar- oder Abschlussarbeiten weit über das Handelsgeschehen an Börsen hinausreicht, schlug das Team vor, den Arbeitstitel „Trading Room Lab“ durch das umfassendere „Finance & Research Lab“ zu ersetzen.

Um die Nutzungsakzeptanz bei den Studenten zu ermitteln, wurde außerdem eine Umfrage unter Studierenden im 2. und 4. Semester der Bachelorstudiengänge durchgeführt. Es nahmen mehr als 400 Studierende teil. Dabei wurde zunächst einmal der Bekanntheitsgrad der verschiedenen Datenanbieter Bloomberg, Thomson Reuters, S&P Capital IQ untersucht. Hier zeigte sich Bloomberg mit 55,4 Prozent weit vor den anderen (jeweils weniger als 20 Prozent Bekanntheitsgrad). Weitere Fragen befassten sich mit den fachlichen Einsatzgebieten, der Nutzungsakzeptanz und dem wahrgenommenen Effekt auf das Image der Hochschule. Interessant war, dass 75,2 Prozent der Befragten angaben, sie würden ein Finance Lab auch außerhalb der Vorlesungen nutzen. 87,1 Prozent sahen eine solche Einrichtung als reputationserhöhend für die Fakultät.

#### HARDWARE-ANFORDERUNGEN

In einem weiteren Teilprojekt wurde die bisherige Hardwareausstattung des Computerraums dokumentiert

und ermittelt, welche Erweiterungen und Veränderungen dringend notwendig oder zumindest wünschenswert sind. Dabei zeigte sich, dass die bisherige Ausstattung bereits sehr leistungsstark ist. Um aber auch den Flair eines Handelsraums zu schaffen, wären in einem ersten Schritt wenigstens die Umstellung der Arbeitsplätze auf Dual Screens und die Ausstattung mit erweiterten Handelstaturen notwendig (dies erleichtert auch das Arbeiten mit sehr vielen Fenstern gleichzeitig). Weitere Elemente – Infobildschirme mit aktuellen Marktnachrichten, eine Weltzeituhr, ein Tickerband mit aktuellen Marktpreisen – fallen zunächst in die Kategorie „nice to have“; im Hinblick auf die Marketingwirkung vor allem auch bei Sponsoren spielt aber auch der Gesamteindruck des Raums eine Rolle. Da es sich hierbei im Gegensatz zu Softwarelizenzen und Data Streams um Einmalinvestitionen handelt, kam das Team zu dem Ergebnis, dass im Rahmen der Möglichkeiten eine durchaus repräsentative Arbeitsatmosphäre geschaffen werden sollte.

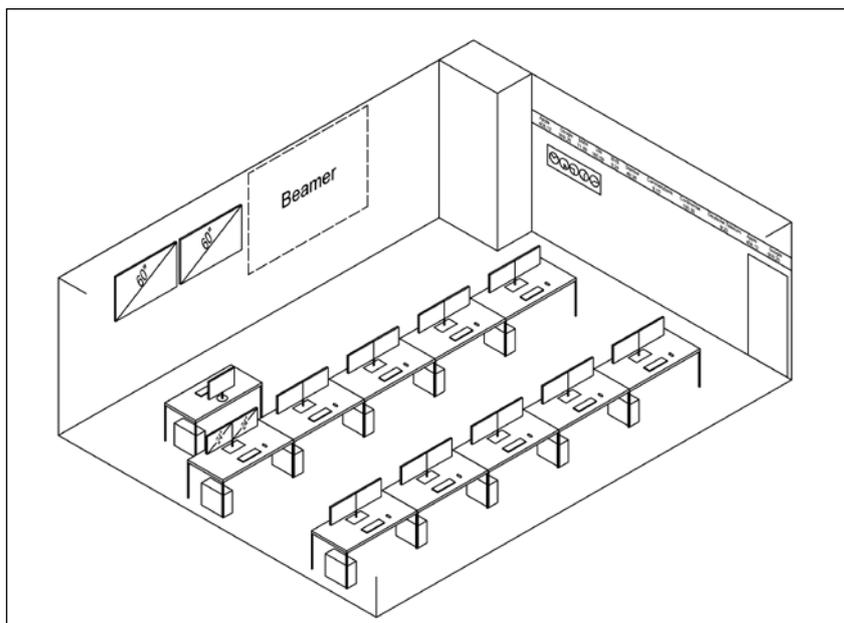
#### SOFTWARE UND DATEN

Auf jeden Fall muss neben MS Excel in einem Finance & Research Lab auch finanzmathematische Spezialsoft-

ware vorhanden sein. Da Arbeitgeber aus dem Finanzdienstleistungsbereich von den Bewerbern zunehmend MATLAB-Kompetenz fordern, wurde dieses Produkt als Mindestausstattung vorgesehen. Neben der in der Fakultät bereits genutzten Statistiksoftware SPSS soll auch die akademisch weit verbreitete Statistik-Programmiersprache R auf den Arbeitsplätzen installiert werden. Darüber hinaus befasste sich das Teilprojektteam „Software und Daten“ schwerpunktmäßig mit der Frage professioneller Echtzeit-Kapitalmarktdaten. Im Verlauf des Semesters wurden vier Webinare der Datenanbieter Thomson Reuters (EICON), Bloomberg, Standard&Poors (S&P Capital IQ) und eines Nischenanbieters (Trading Technologies), sowie eine Live-Präsentation von Bloomberg organisiert. Es zeigte sich, dass inhaltlich Bloomberg und Thomson Reuters EICON durchaus ähnliche Funktionalitäten bieten. Thomson Reuters wirkt sogar etwas moderner in der Bedienung. Dennoch ist Bloomberg weiterhin der Marktstandard, was vermutlich an der extrem großen Nutzercommunity liegt. Zudem kann das System wie ein geschlossenes soziales Netzwerk eingesetzt werden und bietet damit ideale Möglichkeiten zum globalen fachlichen Austausch mit Experten. Zudem können Bloomberg-Nutzer kostenlos an Seminaren teilnehmen und Zertifikate erwerben – ein Aspekt, der 93,8 Prozent der befragten Studenten sehr wichtig erschien. Eine Sonderrolle spielte Trading Technologies: Dieser Anbieter ermöglicht Universitäten den kostenlosen Zugriff auf die Marktdaten der Chicagoer Börsen. Im Übrigen handelt es sich aber doch um ein reines Handelssystem, das allerdings mit dem „Algo Design Lab“ ein einzigartiges Tool für die einfache Entwicklung automatisierter Handelsstrategien bietet. Es wurde entschieden, dieses Angebot auf jeden Fall anzunehmen, langfristig aber die Ausstattung mit Bloomberg-Arbeitsplätzen anzustreben. Voraussetzung dafür wird aber die Sicherstellung der laufenden Finanzierung durch ein systematisches Sponsorenkonzept sein.

#### FINANZIERUNG

Bereits bei der Untersuchung der Angebote anderer Hochschulen wurde deutlich, dass die Finanzierung der laufenden Kosten einer solchen Einrichtung auf externe

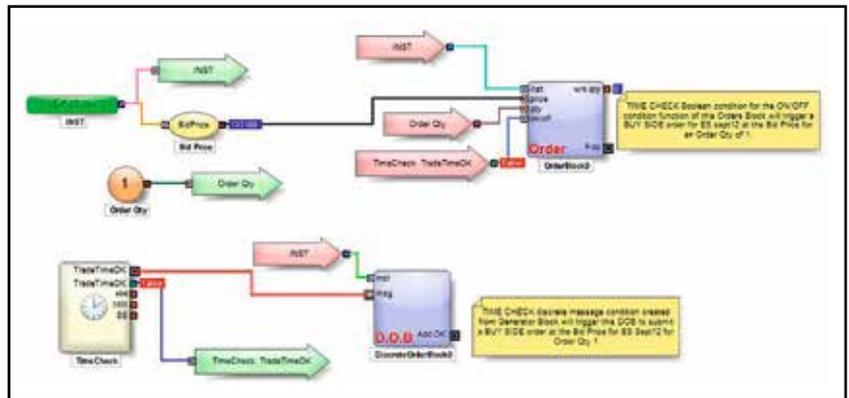


So könnte das Finance & Research Lab der Fakultät für Wirtschaft in Zukunft aussehen.

Drittmittelgeber angewiesen ist. Dabei kann es sich um einen Hauptsponsor (wie z.B. bei der Universität Ulm) oder eine Vielzahl von Sponsoren handeln. Wichtig ist, dass die Sponsoren den Nutzen einer einschlägigen Ausbildung der Studenten erkennen und sich durch die entsprechend qualifizierten Absolventen Vorteile versprechen. Das Teilprojektteam, das sich mit der Frage der Finanzierung beschäftigt hat, hat ein differenziertes Konzept für eine Sponsorenwand im Trading Room (Unterscheidung von Platin-, Gold-, Silber- und Bronzesponsoren) entwickelt. Außerdem wurden während der Nutzung des Bloomberg Trial Accounts die Daten aller Bloombergnutzer in Augsburg und München für eine gezielte Ansprache potenzieller Sponsoren ermittelt.

#### WEITERE ENTWICKLUNG

Im Wintersemester 2013/14 werden im Computertlabor W4.05 zunächst 12 Arbeitsplätze (einer davon für den Lehrenden) mit Dual Screens und Tradertastaturen sowie zwei Infoscreens installiert. Diese werden durchgehend neben der üblichen MSOffice-Pakete mit MATLAB (Basispaket) sowie den Komponenten Financial Toolbox, Financial Instruments Toolbox, Econometrics Toolbox, Datafeed Toolbox und Trading Toolbox ausgestattet. Da sich die Fakultät derzeit die teuren Data Streams (bevorzugt Bloomberg) mit jährlichen Kosten von ca. 50.000 EUR nicht leisten kann, haben wir uns in einem ersten Schritt für die von der Firma Trading Technologies (<https://www.tradingtechnologies.com/>) kostenlos zur Verfügung gestellte Handelsplattform und die damit verbundene Datenbereitstellung der Chicagoer Börsen entschieden. Der entsprechende Vertrag wurde im Juli unterzeichnet und die Hochschule Augsburg ist damit die erste deutsche Hochschule im Förderprogramm des Unternehmens. Im Verlauf des Wintersemesters werden wir versuchen, genügend Sponsoren für die Sponsorenwand zu akquirieren, um zusätzlich auch Zugriff auf den Bloomberg Datenservice zu ermöglichen. Dies würde es unseren Studenten ermöglichen, aus dem Seminarangebot von Bloomberg ohne weitere Kosten Zertifikatskurse zu belegen. Somit ist der erste Schritt in Richtung unseres Finance & Research Lab getan, weitere werden folgen...



#### BETEILIGTE STUDENTEN

- Alexander Aue
- Anton Diel
- Alexander Bierprigl
- Tobias Brickl
- Martin Fuchsberger
- Dominik Gerbing
- Tim Johnson
- Markus Lochbrunner
- Martin Mayer
- Florian Meurs
- Karl Norling
- Evelyn Sigmund
- Marcus Stallechner

# Allgemeinwissenschaften

Die Fakultät für Allgemeinwissenschaften bietet neben mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen (Mathematik, Informatik, Physik, Chemie und Umweltschutz) auch Fremdsprachen (Zentrum für Sprachen und interkulturelle Kommunikation) und diverse kultur- und geisteswissenschaftliche Wahlpflichtfächer (Geschichte, Politik, Ethik, Musik und Theater) an.

Der Physiker Prof. Dr. Matthias Risch, seit dem Sommersemester 2012 im Ruhestand, leitet den Arbeitskreis Mathematik- und Physik-Didaktik am DIZ (Zentrum für Hochschuldidaktik) in Ingolstadt und hält die Vorlesung „Geschichte der Naturwissenschaften“. Aus seinem neuen Buch „Physik der Fahrzeuge – nach dem didaktischen Konzept von Martin Wagenschein“ (2012) stellt er das Kapitel „Fahren bei Gegenwind“ zur Verfügung.

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts kennt die Mathematik verschiedene Grade des Unendlichen. Der Physiker Prof. Dr. Wolfgang Mückenheim zeigt hier, wie die Hierarchie des Unendlichen auch mit den Mitteln der reinen Physik ad absurdum geführt werden kann.

Der Historiker Prof. Dr. Wilhelm Liebhart M.A., der seit 1989 die Wahlpflichtfächer Geschichte, Politik und deutsche Literatur lehrt, knüpft an seine frühen Forschungen zur Geschichte der Stadt Augsburg an. Im Rahmen der „Lutherdekade“ beschäftigt er sich mit Luthers Aufenthalt in Augsburg 1518 und mit der frühen Reformation.

## Luther, Augsburg und die Reformation

500 Jahre Luther - Reformationsjubiläum im Jahr 2017

Die Evangelisch-Lutherische Kirche Deutschlands bereitet sich auf das 500-jährige Reformationsjubiläum im Jahr 2017 vor. Am 31. Oktober 1517, dem heutigen Reformationstag, schlug der Augustinermönch und Professor für Theologie an der kursächsischen Universität Wittenberg, Dr. Martin Luther, 95 theologische Thesen gegen den Ablass (käuflicher Sündennachlass) in lateinischer Sprache an die Tür der Schloss- und Universitätskirche an. Mit diesem historischen Ereignis begann ein neues Zeitalter der deutschen Geschichte, das „Zeitalter der Reformation, Gegenreformation und katholischer Reform“, das 1648 mit dem Dreißigjährigen Krieg endete.

Auf das Jubiläumsjahr 1517 bereitet eine sog. „Lutherdekade“ vor, die seit 2008 jedes Jahr unter einem bestimmten Gesamthema steht. 2011 etwa lautete es „Reformation und Freiheit“. Auch die Hochschule Augsburg leistete dazu einen Beitrag. Begleitet von den Pfarrern Silke Kirchberger und Vincent Benning boten Dekan Prof. Andreas Kunert und der Verfasser dieses Beitrages Fotografie-interessierten Studenten aller Fakultäten ein Fotoprojekt „Reformation und Freiheit“ an. Die Themen konnten, mussten aber nichts mit der Reformation zu tun haben. Trotzdem: Martin Luthers 1520 formulierte „Willens- und Gewissensfreiheit“ in seinem Tractat „Von der Freiheit eines Christenmenschen“ gab den Anstoß zu einer vielfältigen fotografischen Beschäftigung. Es beteiligten sich katholische, muslimische und evangelische Studenten. Luther führte alle zusammen. Die Ausstellungseröffnung „Reformation und Freiheit“ war am 15.11.2011 im Kreuzgang von St. Anna.

Drei Gastreferenten der Universität Augsburg führten in das Thema ein: Der Philosoph Dr. Hofweber sprach über „'Freiheit' aus philosophischer Sicht“, der Theologe Prof. Dr. Oberdorfer über den „Freiheitsbegriff bei Luther“ und der Landes- und Stadthistoriker Prof. Dr. Kießling über „Die Reformation in Augsburg“. Der Verfasser dieses Beitrages referierte über „Luther und die Bauern oder Der falsch verstandene Freiheitsbegriff“. Es ging jeweils um den 1520 veröffentlichten „Tractatus de libertate christiana“, den Luther textlich gestrafft ins Deutsche übersetzte („Von der Freiheit eines Christenmenschen“). Der Traktat stellt die reformatorische Grundschrift des Reformators da. Seine Kernaussage lautet: „Ein Christen-

mensch ist ein freier Herr aller Dinge und niemanden untertan. Ein Christenmensch ist ein dienstbarer Knecht aller Dinge und jedermann untertan.“ Gemeint sind zwar die Willensfreiheit und die Freiheit des Gewissens, aber der Mensch steht in einer Verantwortung für sich selbst und für die Welt, in der er lebt.

Im Folgenden geht es aber nicht um das Thema „Reformation und Freiheit“, das sowohl die Philosophie und Theologie als auch die Politikwissenschaft, die Geschichtswissenschaft und die Jurisprudenz beschäftigt, sondern um den einzigen Aufenthalt Luthers in der Reichsstadt Augsburg.

### AUGSBURG 1518

„Ich gehe jetzt, mich für Euch und für sie als Opfer schlachten zu lassen, wenn Gott es so will. Aber ich will lieber sterben (...), als dass ich widerrufe, was ich richtig gesagt habe.“ Voller Pathos schrieb der Mönch Martin Luther am 11.11.1518 diese Worte an seinen Freund und Mitstreiter Philipp Melanchthon. Es war der Vorabend des ersten Verhörs durch den päpstlichen Kardinallegaten Thomas Cajetan (1469–1534), eines italienischen Dominikaners und Theologen von untadeligem Ruf. Luther befand sich seit dem 7. Oktober in der Reichsstadt Augsburg und wohnte bei den Karmelitermönchen zu St. Anna, gleichfalls wie der Orden Luthers ein Bettelorden. Mit gemischten Gefühlen trat Luther seine Reise an, mit einer Magenverstimmung kam er an den Lech. Aufforderungen, nicht dorthin zu gehen, hatte er von sich gewiesen. Aus Nürnberg schrieb er an seine Wittenberger Freunde: „Es geschehe Gottes Wille! Auch in Augsburg, auch mitten unter seinen Feinden, herrscht Jesus Christus.“ In Augsburg herrschte große Neugierde. Luther berichtete darüber am 11. Oktober: „Hier geschieht nichts Neues oder Bemerkenswertes, außer dass die Stadt erfüllt ist vom Gerücht meines Namens und alle begehren einen herostratischen Menschen [gemeint ist Helden] zu sehen, der einen solchen Brand angezündet hat.“

Was war Augsburg damals für eine Stadt? Eine Stadtmauer mit 115 Türmen umschloss über 5000 zweibis dreistöckige Häuser und 16 Klöster. Die Stadt zählte an die 35.000 Einwohner, aber nur 5050 zahlten direkte Steuern. Der reichste Bürger versteuerte um 1500 rund 50.000 Gulden, um 1510 versteuerte Jakob Fugger bereits



Prof. Dr. phil.  
Wilhelm Liebhart M.A.

### Hochschule Augsburg

Fakultät für  
Allgemeinwissenschaften  
Telefon +49 (821) 5586-3301  
wilhelm.liebhart@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Deutsche Literatur
- Geschichte
- Politik

200.000 Gulden und dann 1525 unglaubliche 2,1 Million Gulden. Binnen 50 Jahren war das Gesamtsteuervermögen der Stadt um das 13-Fache gestiegen. Solche Vermögen verdiente man nicht im Handwerk und Gewerbe, sondern durch Fernhandel, Kreditgeschäfte und gewerbliche Unternehmungen wie den Abbau und die Verhüttung von Edelmetallen. Augsburg lag geografisch gesehen zentral und war seit dem Mittelalter das deutsche Tor zum Süden: Nach Venedig, Mailand, Genua, Rom und Neapel wurden Textilien (Barchent = Mischgewebe Leinen/Baumwolle), Gewürze und Metalle geliefert. Aus dem Osten kamen neben Metallen auch Vieh (Ochsenhandel) und Getreide in die Reichsstadt. Über Nürnberg erschloss man sich Nord-, Mittel- und Ostdeutschland (Hamburg, Leipzig, Erfurt), aber auch Böhmen, Polen und das Baltikum.

Zentren des Handels mit Westeuropa waren Lyon in Südfrankreich und das belgische Antwerpen. Von dort wurden Beziehungen nach England, Portugal und Spanien geknüpft, indirekt nach Afrika, Indien und schließlich Amerika. Augsburg galt als „europäische Wirtschaftsmacht“ (Friedrich Heer), weil es sich um 1500 als Finanz- und Wirtschaftszentrum neben anderen Städten in Europa durchgesetzt hatte. Dazu trugen 75 Familien- und Handelsgesellschaften bei. 1518 tagte wieder einmal ein Reichstag in der Stadt.

#### VERHÖRE VOR CAJETAN

Dreimal, am 12., 13. und 14. Oktober, musste sich Luther im Palais der Fugger wegen seiner 95 Thesen verantworten. Schon beim ersten Treffen kam es zum lauten Zusammenstoß, weil der Kardinal keine theologische Diskussion zuließ, sondern nur einen Widerruf hören wollte. Es ging um die theologische Begründung der Ablasslehre. Das Ablasswesen war für die Kirche und für die Fugger ein gutes Geschäft. Jakob Fugger hatte für den Bau der neuen Peterskirche in Rom Geld geliehen, das er auf dem Umweg eines Ablassverkaufs im deutschen Reich wieder zurückhaben wollte. Luther war von Anfang an nicht zu einem Widerruf bereit, weil er sich theologisch im Recht sah. Er durfte sich auch von Rom vorverurteilt sehen. Am 14. Oktober schrieb er wieder sehr pathetisch, lieber sterben, verbrannt, vertrieben und verflucht sein zu wollen, als zu widerrufen. Cajetan scheint den Wittenberger Professor unterschätzt zu haben. Für ihn war das „Brüderlein“

kühn, widerspenstig, einfältig und der Heiligen Schrift unkundig, wie er dem sächsischen Kurfürsten Friedrich III., dem Landesvater Luthers, mitteilte. Luther ärgerte sich maßlos über die Vorverurteilung und die Weigerung des Kardinals, mit ihm in einen wissenschaftlichen Diskurs einzutreten. Er verlor schon im ersten Verhör den Respekt und glaubte seinerseits Häretisches aus dem Mund des Dominikaners zu hören. Nach dem dritten und letzten Verhör appellierte Luther aus taktischen Erwägungen heraus am 16. Oktober an Papst Leo X. (1513–1521) aus dem Hause Medici. In der Nacht vom 20. auf den 21. Oktober verließ er heimlich die Stadt, um nach Kursachsen zurückzukehren und die Gespräche als Buch zu veröffentlichen.

Die Reformation nahm ihren Lauf. Die Einheit von Glauben und Kirche zerbrach. War das die Absicht Luthers gewesen? Dazu Bernhard Lohse: „Ihm ging es darum, dass das Wort Gottes, wie es in der Schrift bezeugt ist, wieder zur alleinigen Richtschnur der kirchlichen Verkündigung und des kirchlichen Lebens wurde.“ Der Ablass ließ sich mit der Heiligen Schrift nicht in Einklang bringen, er hatte sich aus der Kirchentradition heraus entwickelt. Dies bestritten auch seine theologischen Gegner wie Johannes von Eck 1519 nicht.

#### REFORMATION

Luthers Gedanken wurden auf den Handelsstraßen der Zeit mündlich und gedruckt von Wandergesellen, Kaufleuten, Pilgern, Bettlern, Söldnern, Mönchen, Studenten und Buchhändlern weitergetragen. Kontaktstellen waren Wirtshäuser und Markttage in den Städten und Märkten. „Anfällig“ erwiesen sich aber nicht nur mobile Schichten wie das Bürgertum in den Städten, sondern auch Teile des gebildeten Adels und des Klerus selbst.

Wie überall spürte man auch in Augsburg die Krise der mittelalterlichen Kirche in Seelsorge, Theologie, Klosterleben und Frömmigkeit. Wenige Jahrzehnte vor der Reformation durchliefen fast alle Klöster und Stifte eine Krise, eine Reform löste die andere ab. Bemerkenswert war die Schnelligkeit der Verbreitung. Mit dem jungen Buchdruck stand ein revolutionäres Medium zur Verfügung. Bis 1525 erschienen über 2000 Druckschriften Luthers, bei einer geschätzten Durchschnittsauflage von je 2000 Stück wären mehrere Millionen Stück im

Umlauf gewesen. Man darf von einer Medienrevolution sprechen. Der Buchdruck allein erklärt natürlich nicht den Erfolg Luthers. Der Reformator bot den Menschen in ihrer Seelennot und Angst keine weitere Steigerung der traditionellen Werkfrömmigkeit an, die sich besonders die Wohlhabenden leisten konnten. Seine Botschaft war, dass das Seelenheil allein durch den Glauben an Gott und das Vertrauen in ihn zu erlangen sei, wozu es keiner guten Werke wie etwa der Messstiftungen bedürfe. Luther kritisierte die Werkgläubigkeit der Kirche und die dahinter stehende Hierarchie als Irrweg. Die Kritik am Papsttum der Renaissance war zudem populär. Die deutschen Landesfürsten, auch die katholischen wie die Wittelsbacher und Habsburger, sahen in den kurialen Vorrechten ihre Landeshoheit beeinträchtigt. Sie erkannten auch die Reformunfähigkeit der Kirche.

#### REFORMATION IN AUGSBURG

Von Anfang an schlug Luther in Augsburg Sympathie entgegen. Zu seinen Freunden zählten der Karmelitenprior von St. Anna, Johann Frosch, gewisse Prediger zu St. Moritz und selbst der Domkirche wie Johannes Oekolampadius. Der Große Rat der Stadt, dominiert von den 17 Zünften, beschloss, in allen weltlichen Dingen Kaiser Karl V. (1519–1556) gehorsam bleiben zu wollen, aber in Glaubens- und Gewissensfragen den neuen Weg zu gehen. Diese lavierende Doppelstrategie, die schon aufgrund der engen wirtschaftlichen und finanziellen Bindungen zum Kaiserhof nahelag, ließ sich auf Dauer nicht durchhalten. Nach dem Reichstag von 1530 neigte die Reichsstadt mehrheitlich zur Reformation. 1534 verbot der Rat die katholische Predigt innerhalb der Stadtmauern. Altkirchliche Gottesdienste durften nur in den Kirchen der dem Bischof unterstehenden Klöster und Stifte wie St. Ulrich und Afra (Benediktiner), St. Moritz (regulierte Chorherren), St. Georg (Augustiner-Chorherrenstift), Heilig Kreuz (Augustiner-Chorherrenstift) und St. Stephan (Frauenstift) sowie im Dom selbst stattfinden. 1536 trat Augsburg dem Militärbündnis der Protestanten, dem Schmalkaldischen Bund, bei. Voraussetzung war der Ausgleich zwischen Zwinglianern und Lutheranern gewesen. Luther bedauerte, dass die Reichsstadt sich dem Schweizer Reformator anschloss. 1537 beschloss der Große Rat zu Augsburg endgültig die Abschaffung der „papistischen Abgötterei.“

Während die dem Rat unterstehenden Klöster und Konvente bereits aufgehört hatten zu bestehen, mussten jetzt die verbliebenen Stifte und Klöster mit den altgläubigen Familien der Fugger und Baumgartner die Stadt verlassen. 1546 brach schließlich der sogenannte Schmalkaldische Krieg (1546/1547) aus. Kaiser Karl V. entschied den Krieg für sich, Augsburg wurde besetzt und zu hohen Entschädigungen verdonnert. 1548 griff der Kaiser während des sogenannten „geharnischten“ Reichstags auch in die Stadtverfassung ein. Die Herrschaft der Handwerkerzünfte als Träger der Reformation wurde gebrochen und zugunsten der patrizischen Oberschicht mit leichtem Vorteil für die katholische Minderheit beseitigt. Erst der Reichstag von 1555 erkannte das Luthertum als gleichberechtigt an.

#### LITERATUR

- [1] BERNHARD LOHSE: Martin Luther. Eine Einführung in sein Leben und Werk. München 1982, S. 82 (Zitat).
- [2] HORST HESSE: Die Geschichte der Evangelischen Kirche in Augsburg. Pfaffenhofen/Ilm 1983.
- [3] KLAUS-PETER SCHMID: Luthers Acta Augustana 1518 Deutsch. Dokumente vom letzten Gespräch Roms mit Luther in Augsburg vor seiner Exkommunikation. Augsburg 1982, S. 71 (Zitate „Ich gehe jetzt...“ und „Hier geschieht nichts ...“) und S. 67 (Zitat „Es geschehe...“).
- [4] WOLFGANG REINHARD: Warum hatte Luther Erfolg? In: WOLFGANG REINHARD (Hrsg.): Fragen an Luther. München 1983, S. 11-31.
- [5] WILHELM LIEBHART: Luther in Augsburg. Zum 450. Todestag des Reformators. In: FHA. Nachrichten. Berichte (Juni 1997), S. 20-23.
- [6] ROLF KIESSLING: Augsburg in der Reformationszeit. In: „... wieder Last und Sünde“. Augsburgs Weg in der Reformation. Katalog zur Ausstellung in St. Anna, 26. April bis 10. August 1997. Augsburg 1997, S. 17-43.
- [7] Im Ringen um die Reformation. Kirchen und Prädikanten, Rat und Gemeinden in Augsburg. Hrsg. von ROLF KIESSLING/THOMAS MAX SAFLEY/LEE PALMER WANDEL. Epfendorf/Neckar 2011.
- [8] HEINZ SCHILLING: Martin Luther. Rebell in einer Zeit des Umbruchs. München 2012.

## Über das Unendliche

Prof. Dr. Wolfgang Mückenheim, Fakultät für Allgemeinwissenschaften



Prof. Dr.  
Wolfgang Mückenheim

Hochschule Augsburg

Fakultät für  
Allgemeinwissenschaften  
Telefon +49(0)821 5586-3311  
wolfgang.mueckenheim@  
hs-augsburg.de

### Lehrgebiete:

- Mathematik
- Physik

Das Forschungsgebiet des  
Autors ist eine Begründung der  
Mathematik aus der physikalisch  
erkennbaren Realität.

Seit dem Ende des neunzehnten Jahrhunderts kennt die Mathematik verschiedene Grade des Unendlichen. Während es früher einfach als ständig fortgesetzter Prozess aufgefasst wurde, führte der deutsche Mathematiker Georg Cantor das fertige Unendliche ein und unterschied aufzählbare Zahlenmengen von nicht aufzählbaren mit dem Ziel, diese Unterscheidung als Ordnungsmerkmal für die physikalisch erkennbare Realität auszunutzen. Einer aufzählbaren Materie stellte er einen nicht aufzählbaren Äther gegenüber. Dieser Idee hat die moderne Physik eine Absage erteilt. Verschiedene Grade des Unendlichen finden außerhalb der reinen Mathematik nirgendwo eine Anwendung. Doch wir werden sehen, dass die Hierarchie der Unendlichkeiten auch mit den Mitteln der reinen Mathematik ad absurdum geführt werden kann.

Die Menge der positiven Brüche kann aufgezählt werden, jeder positive Bruch kann mit einer der natürlichen Zahlen 1, 2, 3 ... nummeriert werden. Dazu ordnet man die Brüche so an, dass zuerst diejenigen erscheinen, bei denen die Summe aus Zähler und Nenner 2 beträgt, dann diejenigen, bei denen diese Summe 3 beträgt, dann 4 usw. Falls mehrere Brüche dieselbe Summe aufweisen, werden sie nach zunehmender Zählergröße angeordnet. Bei Wiederholungen wie 1/1 und 2/2 lässt man die Dubletten einfach weg. So ergibt sich die Aufzählung der ersten 12 Brüche (die zu streichenden sind hier der Übersichtlichkeit halber stehengeblieben)

1/1, 1/2, 2/1, 1/3, ~~2/2~~, 3/1, 1/4, 2/3, 3/2, 4/1, 1/5, ~~2/4~~, ~~3/3~~, 4/2, 5/1, 1/6, ...

Sie lässt sich bis zu jedem beliebigen Bruch fortsetzen. Es kann also kein fehlender Bruch gefunden werden; jeder hat seinen Platz und seine Platznummer.

Die Menge der reellen Zahlen ist dagegen nicht aufzählbar. Schon alle Dezimalzahlen zwischen 0 und 1 können nicht in einer Aufzählung Platz finden. Den Beweis liefert das berühmte Cantor'sche Diagonalverfahren. Dazu nehmen wir an, es gäbe eine Aufzählung. Sie darf eine ganz beliebige Reihenfolge aufweisen, zum Beispiel in Form der Liste

0,333333...  
0,141516...  
0,102003...  
...

Ersetzen wir die erste Nachkommaziffer 3 der ersten Listenzahl durch eine andere, zum Beispiel 4, die zweite Nachkommaziffer 4 der zweiten Listenzahl durch 5, die dritte Nachkommaziffer 2 der dritten Listenzahl durch 3 und allgemein die  $n$ -te Nachkommaziffer der  $n$ -ten Listenzahl durch eine andere und fügen alle ersetzten Ziffern aneinander, so erhalten wir die sogenannte Diagonalzah  $d = 0,453\dots$ , die zweifellos eine reelle Zahl zwischen 0 und 1 ist, sich aber von jeder Listenzahl an mindestens einer Stelle unterscheidet: von der ersten Listenzahl an der ersten Nachkommastelle, von der zweiten Listenzahl an der zweiten Nachkommastelle, von der dritten Listenzahl an der dritten Nachkommastelle und allgemein von der  $n$ -ten Listenzahl an der  $n$ -ten Nachkommastelle.

Wenn wir auf diese Weise alle Listenzahlen untersucht haben, so steht fest, dass die Diagonalzah in der Liste fehlt. Die reellen Zahlen bilden demnach eine nicht aufzählbare Zahlenmenge – eine Unendlichkeit, die größer ist als die Unendlichkeit der natürlichen Zahlen.

Können wir aber von *jeder* Listenzahl auf *alle* Listenzahlen schließen? Gibt es die für diesen Schluss notwendige *vollendete Unendlichkeit* überhaupt? Cantor behauptete: ja. Er bezeichnete das aufzählbare Unendliche mit  $\omega$  und unterschied  $1 + \omega = \omega$  von  $\omega + 1$ , das er für größer als  $\omega$  ansah. Viele Mathematiker folgen noch immer seinen Vorgaben und halten das Unendliche für vollendbar. Wir werden jetzt zeigen, dass dies nicht der Fall ist, weil aus der Annahme nicht nur ein verbaler Widerspruch resultiert, sondern auch ein mathematischer.

Zu diesem Zweck benötigen wir den Satz, dass zu jeder endlichen Folge von Ziffern  $0, d_1 d_2 d_3 \dots d_n$  beliebig viele endliche Fortsetzungen  $d_{n+1} d_{n+2} d_{n+3} \dots d_{n+k}$  existieren. Der Satz ist durch die Konstruktion der behaupteten Darstellungen leicht zu beweisen. Zum Beispiel existieren zu 0,123 beliebig viele endliche Ziffernfolgen der Form 0,1231; 0,12311; 0,123111 usw. Außerdem wissen wir, dass jede endliche Dezimaldarstellung einen Bruch bezeichnet, zum Beispiel bezeichnet 0,123 den Bruch 123/1000.

Da die Menge aller Brüche aufzählbar ist, können wir, Cantors Ideen folgend, eine Liste mit allen

endlichen Dezimaldarstellungen konstruieren. (Diese Liste darf außerdem noch beliebig viele weitere Zahlen enthalten, wie zum Beispiel periodische Dezimaldarstellungen von Brüchen und Dezimaldarstellungen von anderen reellen Zahlen.) Bilden wir die Diagonalzahll dieser Liste, so ist die bis zur  $n$ -ten Zeile gebildete Ziffernfolge  $0, d_1 d_2 d_3 \dots d_n$  in unendlich vielen auf die  $n$ -te folgenden Zeilen vorhanden. Dies ergibt sich daraus, dass die Liste alle endlichen Ziffernfolgen enthält und damit unendlich viele, die als erste Ziffern die Folge  $0, d_1 d_2 d_3 \dots d_n$  enthalten. Bis zur  $n$ -ten Zeile können nur endlich viele davon vorgekommen sein. Also muss in jedem Rest der Liste immer noch eine unendlich große Anzahl existieren.

Diese Überlegung gilt für jede natürliche Zahl  $n$ . Jeder endliche Abschnitt  $0, d_1 d_2 d_3 \dots d_n$  der Diagonalzahll ist unendlich oft in unserer Liste enthalten – und damit auch jede ihrer Ziffern  $d_n$ .

In der Analysis besteht der Satz: Es seien  $a = 0, a_1 a_2 a_3 \dots$  und  $d = 0, d_1 d_2 d_3 \dots$  zwei reelle Zahlen. Wenn für jede natürliche Zahl  $n$  gilt:  $a_n = d_n$ , wenn sich die Darstellungen also an keiner Stelle unterscheiden, dann ist  $a = d$ .

Damit wurde ein Widerspruch bewiesen. Nach Cantor kann die Diagonalzahll nicht in der Liste enthalten sein, welche Gestalt und welchen Inhalt die Liste auch besitzen mag. Für die spezielle Liste aller endlichen Dezimaldarstellungen haben wir aber soeben bewiesen, dass jede Ziffer der Diagonalzahll mit allen ihren Vorgängerinnen, dass also die Diagonalzahll selbst unendlich oft in der Liste enthalten ist.

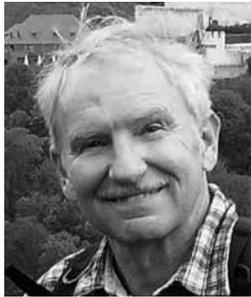
Dieser Widerspruch kommt allerdings nur dann zustande, wenn man annimmt, dass eine Liste vollständig durchsucht werden kann, dass die Unendlichkeit als aktual, d. h. als vollständig beendet gedacht werden kann, oder anders gesagt, dass eine Aussage, die für *jede* natürliche Zahl gilt, für *alle* natürlichen Zahlen gilt. Das ist offenbar nicht der Fall. Die Menge  $\mathbb{N}$  aller natürlichen Zahlen gibt es gar nicht, es gibt nur *jede* natürliche Zahl. Wir können eine Liste bis zu *jeder* Zeile durchsuchen – trotzdem wird der Abstand zum "Unendlichen" niemals geringer.

Betrachten wir als einfaches Beispiel die streng monoton steigende Folge der Anfangsabschnitte  $\{1\}, \{1, 2\},$

$\{1, 2, 3\}, \dots$  Der  $n$ -te Abschnitt ist die Vereinigung aller seiner Vorgänger mit  $\{n\}$ . Die Folge enthält demnach unendlich viele Vereinigungen, nicht aber die ganze Menge  $\mathbb{N}$ ; vielmehr fehlen in *jedem* Anfangsabschnitt unendlich viele natürlichen Zahlen. (Zwar können wir für jede benennbare natürliche Zahl feststellen, in welchem Anfangsabschnitt sie erstmals vorkommt, doch können wir nur solche natürlichen Zahlen benennen, auf die noch unendlich viele weitere folgen.) Wenn aber schließlich all diese unendlich vielen unendlich defizitären Anfangsabschnitte vereinigt werden, so resultiert laut Mengenlehre die vollständige Menge  $\mathbb{N}$ . Es wird also angenommen, dass unendlich viele Vereinigungen, bei denen jeweils etwas hinzukommt, nicht zu  $\mathbb{N}$  führen, eine weitere Vereinigung, bei der nichts mehr hinzukommt, welche die Menge  $\mathbb{N}$  aber ergibt. *Ein unsinniges Resultat!* Denn, wie schon Ludwig Wittgenstein feststellte: *It isn't just impossible "for us men" to run through the natural numbers one by one; it's impossible, it means nothing. ... There's no such thing as "all numbers" simply because there are infinitely many.*

## Fahren bei Gegenwind – Erkenntnis und Fehlverständnis der umgekehrten Proportionalität in der Naturwissenschaft

Didaktik der MINT-Fächer



Dr. Matthias R. Risch

Hochschule Augsburg  
Fakultät für  
Allgemeinwissenschaften  
Telefon +49 (0) 821 431774  
matthias.risch@hs-augsburg.de

Ingenieurstudenten am Beginn ihres ersten Semesters wurden einfache Bewegungsaufgaben gegeben. Die Studenten erhielten eine Aufgabe zum Zeitverlust bei Fahren mit und gegen den Wind in Text- und Diagramm-Form; dabei wurden Antworten bei verschiedenen Hilfestellungen für die Studenten verglichen. Die in den Antworten erscheinenden Fehlkonzepte bestätigen Piagets Theorie der Fehlkonzepte. Die Ergebnisse werden mit Lerntheorien aus Pädagogik und kognitiver Psychologie und auch mit Theorien der Neurowissenschaften erklärt.

In Pädagogik und kognitiver Psychologie wurden Fehlkonzepte und naives Vorverständnis sowohl in Mathematik (Tarmizi 1988; Culotta 1992) als auch Physik (Bao 2002) eingehend untersucht.

Fehlkonzepte über alltägliche Phänomene sind wegen der häufigen Vernachlässigung kritischen Denkens weit verbreitet. Zum Beispiel wird häufig geglaubt, dass der Wind häufiger ins Gesicht als in den Rücken bläst. In der Realität weht der Wind beim Fahren in eine Richtung und bei der Rückfahrt in die entgegengesetzte, so dass alle Richtungen gleich häufig sind. Da das Fahren gegen den Wind aber länger dauert, empfindet der Fahrer, dass der Wind eben häufiger gegen die Fahrtrichtung weht. Fehlkonzepte wie dieses über Bewegung wurden von McCloskey (1983), Halloun et al. (1985, 1987) und Rebello (2004) untersucht. Fehlkonzepte in Mathematik wurden von Reif (1987) und Resnick (1985) erforscht. Psychologische Aspekte der Schwierigkeit des Lernens von Mathematik und Naturwissenschaften wie Konzepte (Posner 1982; Reif 1987; Licht 1990), Schemata (Chi 1981; Mestre 1991), Repräsentationen (Reif 1995; Lorenzo 2005), prozedurales Wissen (van Heuvelen 1991), kognitive Anker (Laws 1997; Hammer 2000) und Skripte (Larkin 1980; Caramazza 1981) wurden untersucht.

Studien zur Überwindung von Fehlkonzepten bei Studenten und neue Lehrmethoden wie z. B. IUPP (Introductory University Physics Project; Ridgen 1993; diStefano 1996a, b; Coleman 1998 und Hestenes 1998), die CASE-Studie (van Heuvelen 1991; Adey 1992) und die OCS-Studie (Cognitive Acceleration through Science Education; Gautreau 1997) wurden unternommen.

Die kognitiven Grundlagen für die Entstehung und Überwindung von Fehlkonzepten wurden von Piaget mit seinen Experimenten erforscht, in denen er Kinder über die Bewegung von sich überholenden und zeitweise in Tunneln verschwindenden Spielzeugzügen befragte, was von Piaget in seinen Büchern diskutiert wird (Piaget 1998; 2000; Palmer 2007). Kinder bilden eine Art „Gestalt“ der Erscheinungen der Welt, in der sie leben; die entstehenden Ideen werden genutzt, um neue Erfahrungen zu erklären, dieser Prozess wird von Piaget „Assimilation“ genannt. Neue Erfahrungen, die auf diese Weise nicht erklärt werden können, werden in einer Form angeeignet, die Piaget „reconsolidation“ nennt, welche jedoch zu einem Fehlkonzept verleiten kann.

Der für die Überwindung von Fehlkonzepten erforderliche Konzeptwechsel fällt den Studenten schwer, weil er einen Wechsel von der ontologischen Kategorie „Dinge“ zu „Prozesse“ erfordert (Chi 1994). Zentrale Konzepte werden wahrscheinlich zurückgewiesen, wenn sie eine Klasse Probleme erzeugen, die sie scheinbar nicht lösen können (Posner 1982); so wie beispielsweise Newtons Mechanik, welche scheinbar den Erfahrungen des täglichen Lebens bei dem überwiegendem Einfluss der Reibungskräfte zu widersprechen scheint.

Bei der Entwicklung von Wissen sollen intellektuelle Normen nach Piagets Epistemologie gebraucht werden, so wie Autonomie, Einprägung (fr. entailment), Inter-Subjektivität, Objektivität, Universalität

- Autonomie, der Gebrauch eigener Logik
- Einprägung (fr. -> engl. entailment), eine notwendige Relation, was man behalten muss
- Inter-Subjektivität – auf der Basis allgemein akzeptierter Axiome sein, Paradigma der Gemeinsamkeit zwischen verschiedenen Denkern
- Objektivität – als wahre Reaktion in einem Argument gerechtfertigt
- Universalität – die Übertragung ist unter verschiedenen Wirkungsbedingungen möglich oder nicht

Obwohl Autonomie Bedingung für Verstand ist, kann sie falsche Repräsentationen hervorrufen, aus Beobachtungen gezogenen naiven Schlüssen folgend, was zu Fehlkonzepten führt. Gemäß Piaget besteht die Tendenz, neue Beobachtungen altem naivem Glauben

und alten Fehlkonzepten anzupassen (von Piaget Assimilation genannt). Dieses Verhalten erscheint auch in der Tendenz der Studenten, neue Beobachtungen in alten Fehlkonzepten zu integrieren (Réconciliation; Posner 1982; diSessa 1993).

Diese Sicht Piagets auf Verstehen und die kognitive Entwicklung ermöglicht herauszufinden, welche Hilfestellungen für die Lernenden Fehlkonzepte verhindern können. Hier wird untersucht, welche Hilfestellungen dies am besten erreichen. Piaget, Posner, Reif und andere haben Fehlkonzepte erklärt. Es fehlen aber Untersuchungen, welche Hilfsmittel bei der Lehre Fehlkonzepte verhindern können. Welche Art der Präsentation einer Aufgabe die Studenten von der beschriebenen Art der Entstehung eines Fehlkonzeptes bewahren kann, wird in dieser Studie untersucht.

### Die Studie

Der Einfluss der beim Lehren verwendeten Materialien auf das Entstehen oder Verhindern von Fehlkonzepten soll hier genauer untersucht werden. Ingenieurstudenten sollten die benötigte Zeit für eine Rundtour mit und ohne Einfluss von Wind vergleichen.

Ziel dieser Studie ist die Untersuchung von Fehlkonzepten durch Vergleich der Antworten der Studenten auf die gleichen Fragen in Wort- und Diagrammform über ein alltägliches Phänomen bei Hilfestellung durch verschiedenes Bildmaterial.

Dieser Vergleich verschiedener Hilfsmittel für die Lernenden, welcher hier aus vier verschiedenen Bildern mit Text besteht, die den Studenten gezeigt wurden, soll darüber Aufschluss geben, welches Bildmaterial oder welcher Teil eines Bildes Fehlkonzepte aktiviert und welches sie verhindert.

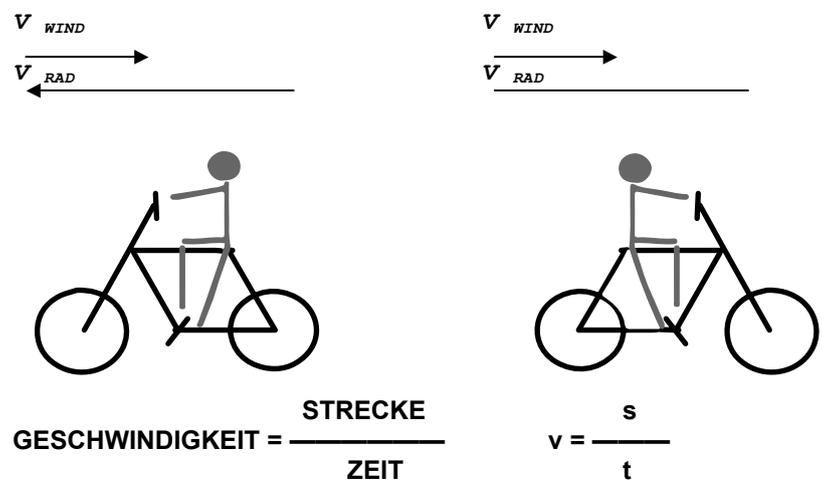
143 Studenten des Anfangssemesters einer Hochschule wurden in acht Gruppen unterteilt. Jeder Gruppe wurden Bilder und Darstellungen zu einer physikalischen Frage mit einem Projektor gezeigt und dabei die gleiche Frage bezüglich einer Bewegung gestellt, deren Berechnung Verständnis umgekehrter Proportionalität voraussetzt. Dabei wurden vier verschiedene Bildvarianten benutzt. Zur Kontrolle wurden jeweils zwei Gruppen die gleichen Bildvarianten gezeigt. Eine Frage aus dem täglichen Leben wurde ausgewählt, weil

lebensnahe Fragen eine große Bedeutung für Interesse und Aufmerksamkeit der Studenten haben (Donneley 1998; Mahoy 1997).

### Methoden

Die teilnehmenden Studenten waren alle am Beginn des ersten Semesters in Ingenieurstudiengängen der Fakultät Elektrotechnik. Alle 142 Studenten waren in der ersten Woche des Studiums. Das gezeigte Bild bestand aus drei Teilen: (a) ein Satz Vektoren mit Pfeilen, (b) Seitenansicht zweier Radfahrer, die in entgegengesetzte Richtung fahren, und (c) Definition mit einer Formel.

Abbildung 1: Das den Studenten gezeigte Bild, hier die vollständige Fassung.



Den Studenten wurde entweder das vollständige Bild oder ein Bild ohne eines der drei Teile a, b oder c (oberer, mittlerer oder unterer Teil von Bild 1) gezeigt, um herauszufinden, welche Teile des Bildes zum Lösen der Aufgabe wichtig sind. Alle Hilfen wie Rechner, Bücher und Papier waren erlaubt. Sobald die Studenten die Bilder sahen, wurden sie gefragt, ob ein Radfahrer mehr, weniger oder gleich viel Zeit mit Wind gegenüber der Fahrt ohne Wind für eine gegebene Distanz hin und zurück braucht. Die Frage sollte anonym und spontan nach 2 Minuten beantwortet werden.

Da die Frage die benötigte Zeit betrifft, erfordert die Beantwortung das Verständnis einer reziproken Beziehung, da die Zeit bei konstanter Geschwindigkeit Strecke  $s$  durch Geschwindigkeit  $v$  ist. Falls die

Geschwindigkeit durch die Windgeschwindigkeit  $\Delta v$  geändert wird, so wird die benötigte Zeit  $t$ :

$$t = \frac{2s}{v + \Delta v} + \frac{s}{v - \Delta v} = \frac{2sv}{v^2 - \Delta v^2} = \frac{2s}{v - \Delta v(\Delta v/v)} > \frac{2s}{v}$$

Dadurch gleicht sich die Windgeschwindigkeit  $\Delta v$  auf Hin- und Rückweg nicht aus, und die Gesamtzeit wird länger.

### Ergebnisse

Studenten, welche sich auf die bildhafte Wahrnehmung beschränken (Sternberg 1985; diSessa 1993), erkennen die reziproke Beziehung in der Fragestellung nicht und vermuten, dass sich die Windeinflüsse ausgleichen und zur gleichen Gesamtzeit führen. Mit Anwendung mathematischer Symbole und Konzepte wird die Blockade dieser Erkenntnis überwunden (diSessa 1993). Dies wird zur korrekten Antwort, der Zeitverlängerung, führen.

Tabelle 1: Antworten

Bildtyp: Welcher Teil weggelassen	Komplett, nichts weggelassen		A Vektoren		B Zeichnung		C Formel	
Antwort	Zahl der Studenten	%	Zahl der Stud.	%	Zahl der Stud.	%	Zahl der Stud.	%
dauert länger	16	29	7	50	0	0	11	22
dauert kürzer	0	0	2	14	2	9	2	4
gleiche Zeit	28	51	5	36	19	83	29	58
Keine Antwort	11	20	0	0	2	9	8	16
Gesamtzahl der Studenten in Gruppe	55	100	14	100	23	101	50	100

Es gab geringe nicht signifikante Unterschiede zwischen den jeweils zwei Gruppen mit gleichem Bild eine Standardabweichung ( $\sigma$  Sigma wird hier als Quadratwurzel der Zahl angenommen).

Bei den Studenten, denen das ganze Bild gezeigt wurde, und bei denjenigen, denen das Bild entweder ohne Vektoren oder ohne Formeln gezeigt wurde, fanden 22 % bis 50 % die richtige Antwort. Im Gegensatz dazu fanden von den 23 Studenten, die das Bild ohne die Seitenansicht der beiden Radfahrer gesehen hatten, kein Einziger die richtige Antwort. Dieses Resultat ist hoch signifikant (mit mehr als  $2\sigma$ ), während alle anderen Unterschiede zwischen den Ergebnissen der anderen Gruppen nicht signifikant sind (mit weniger als  $1\sigma$ ).

Die Verteilung der Antworten der Studenten wurde einem  $\chi^2$ -Test zur Überprüfung der Signifikanz unterzogen, dabei wurden die Studenten ohne Antwort ausgelassen.

Innerhalb einer Spalte (welche Teile des Bildes zeigt) waren die Antworten eher zufällig verteilt, aber die Verteilung richtiger Antworten auf die vier Spalten (mit je verschiedenen gezeigten Bildern) war hoch signifikant ( $13,09 > 9,49$ ). Der auf diese Ergebnisse (unter Fortlassen der Studenten ohne Antwort) angewandte  $\chi^2$ -Test ergab hohe Signifikanz für den überwältigenden Einfluss der im Material enthaltenen Zeichnung für die Lösung des Problems durch die Studenten.

Die Signifikanzgrenzen für den  $\chi^2$ -Test wurden für 2 Standardabweichungen gewählt  $\sigma = 0,05$ ,  $1 - \sigma = 0,95$  und für Freiheitsgrade wurde  $n=2$  gewählt beim Test der Spalten und  $n=4$  für den Test der ganzen Tabelle. Das schwache Abschneiden der Studenten ohne Zeichnung war hoch signifikant über den Vertrauensbereich von zwei Standardabweichungen hinaus, sowohl beim  $\chi^2$ -Test der betreffenden Spalte als auch der ganzen Tabelle.

Bildtyp: Welcher Teil weggelassen	Komplett, nichts weggelassen		A Vektoren		B Zeichnung		C Formel		gesamt
Antwort	Zahl der Studenten	%	Zahl der Stud.	%	Zahl der Stud.	%	Zahl der Stud.	%	
Richtig	16	36	7	50	0	0	11	26	34
Falsch	28	64	7	50	21	100	31	74	87
Gesamt	44	100	14	100	21	100	42	100	121
$\chi^2$ -(Spalten)	1,49		3,32		8,21		0,08		
$\chi^2$ -Signifikanzgrenze (n=2)	5,99		5,99		5,99		5,99		
$\chi^2$ -(gesamt)									13,09
$\chi^2$ Signifikanzgrenze (n=4)									9,49

Tabelle 2:  
Signifikanz

Diese Ergebnisse fügen sich gut in das Schema Piagets über logisches Denken und kognitive Entwicklung ein, da die Studenten sich eher auf Assimilation an naivem Vorverständnis verlassen und nur dann an einen Konzeptwechsel anpassen (akkommodieren), wenn sie durch das gegebene Material dazu gezwungen sind.

Aus den Resultaten kann geschlossen werden, dass die Präsentation von Bildern oder Zeichnungen am besten vor Misskonzepten schützt, egal ob andere Hilfsmittel vorliegen oder nicht.

Viele Studenten verwechselten das Konzept der Geschwindigkeit mit einem Quotienten und verwandten eine Oberflächlichkeit des Denkens, indem sie von einem Zeitunterschied, der sich über die zwei Strecken ausgleicht, ausgehen, statt über die benötigten Zeiten für die beiden Abschnitte der Strecken nachzudenken. Diese Art des „Oberflächlichkeitsfehlers“ wird in der kognitiven Psychologie beschrieben (Reif 1987; Hammer 1996). Dieses Fehlkonzept wird anscheinend auch durch gründlichen Schulunterricht nicht vermieden, wegen Leichtigkeit und Stärke oberflächlichen Denkens im Gegensatz zur Herausforderung der Anwendung wissenschaftlicher Konzepte (McDermott 1991). Die Antworten zeigen ein vereinfachtes Denkschema auf (von diSessa „p-prim“ genannt 1993, 1998), welches die Kompliziertheit des Verstehens von Geschwindigkeit als dem Quotienten von Strecke und Zeit vermeidet.

### Diskussion über die Korrelation der Ergebnisse aus Sicht moderner Lerntheorie

Die aus diesem Experiment erkenntliche enorme Bedeutung von Bildern oder Zeichnungen zur Findung des Lösungsweges durch die Studenten ist nicht weiter verwunderlich, wenn man die Entstehung der Wissenschaft in der Antike betrachtet. In der klassischen Antike erreichte die Wissenschaft enorme Erkenntnisse (Freeth 2006) ohne Anwendung von Formeln; die mathematische oder physikalische Argumentationsweise erfolgte hauptsächlich mittels geometrischer Bilder oder Figuren. **Was kann den Studenten bei der Bewältigung ihrer Fehlkonzepte helfen?**

Die Lehrmethode des „genetischen Prinzips“ von Wagenschein mit Folgerungen aus allgemeinen Beobachtungen und alltäglichen Wahrnehmungen, die zum Beispiel in

seinem Konzept zum Lehren des Trägheitsprinzips verwirklicht sind, kann helfen, Fehlkonzepte zu überwinden. Er erklärte Kindern Geometrie, indem er sie fragte, warum uns der Mond scheinbar folgt, wenn wir eine Allee entlang gehen. Dann bat er sie, verschiedene Bäume zu beobachten und bekam zur Antwort, je weiter der Baum, desto mehr folgt er uns, wie uns der Mond. Auf diese Weise empfiehlt er das Lehren der Trägheit: viel Reibung im Sand, Bewegung wird schnell gestoppt, auf Eis viel später, ohne Reibung wird sie ewig anhalten (Wagenschein 1962, 1968). Da dieses „genetische Prinzip“ hauptsächlich auf visuelle Wahrnehmungen baut, wird es gestützt durch die Schlussfolgerungen aus diesem Experiment, dass Präsentationen von Bildern am besten vor Fehlkonzepten schützen.

### SCHLUSSFOLGERUNGEN

Diese Fehlkonzepte und geringes Verständnis von Naturwissenschaften bei Anfangsstudenten lassen vermuten, dass mehr Gewicht auf Konzepte gelegt werden sollte – wie von Reif (1987), Purcell (1997) und Griffiths (1997) beschrieben. Diese Folgerung wird gestützt von der gefundenen Verbindung zwischen Fehlkonzepten und dem Fehler, der durch Vermeidung des Wechsels von der ontologischen Kategorie Dinge zu Prozessen oder mentalen Zuständen gemacht wird (Chi 1994). Da Fehlkonzepte offensichtlich auf falschem Vorverständnis gegründet sind, sollte im naturwissenschaftlichen Unterricht mehr Gewicht auf einfache Experimente, Tafelskizzen ohne Formeln und konzeptorientiertes Lehren gelegt werden. Dies könnte die Probleme abmildern – wie diStefano (1996 a, b) und Gautreau (1997) fanden. Ein einziges Experiment kann die Situation ändern und Konzeptwechsel einleiten (Abott 2000; Bao 2004).

Einbeziehen emotionaler Ereignisse in den Lernprozess verbessert das Gedächtnis und erleichtert die Überwindung von Fehlkonzepten (Cahill 1994). Spannende Geschichten erzeugen Emotionen, verbessern Erinnerung und Aufmerksamkeit und erleichtern damit den Konzeptwechsel gemäß den Ergebnissen psychologischer und neurologischer Forschung (Erk 2003). Als eine bestimmte Frage von den Studenten beantwortet wurde, zeigten sich weniger Fehlkonzepte, wenn den Studenten diese Frage mit einem Bild an der Tafel gestellt wurde und damit möglicherweise Emotionen erzeugt wurden, als wenn die Frage nur als Text mit Formeln gestellt wurde.

Auszug aus:

Matthias Risch, Physik der Fahrzeuge – nach dem didaktischen Konzept von Wagenschein  
Beispiele zur Physik nach der exemplarischen Methode und dem didaktischen Konzept von Martin Wagenschein

© Shaker Verlag, Aachen, 2012  
ISBN 978-3-8440-1575-1

SHAKER BEITRÄGE ZUR DIDAKTIK, ISSN 1610-3912

## New methods for digitally controlled bridgeless PFC converters

Highly efficient power supply units for consumer electronics



Dipl.-Ing. (FH)  
Daniel Miller

daniel.miller@hs-augsburg.de

### Betreuer

Prof. Dr.-Ing. Manfred Reddig

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Elektrotechnik

Telefon +49(0)821 5586-3352

### Forschungsbereich

- Hocheffiziente Stromversorgungseinheiten
- Leistungsfaktorkorrektur

In order to attain sustainable energy economics, topics like energy generation and transmission should be discussed in connection with the influences of energy consumption. With regard to the future energy system the topic 'renewable and novel energy generation' is only one part which should be focused. Furthermore, novel technologies for power consumption also play a major role. Especially the efficiency of consumer electronic devices, with focus on their power supply units, provides a high potential for energy saving, because of the high amount of used units. This article outlines novel control methods to realize modern and highly efficient power supplies. The primary goal is to achieve an operation efficiency better than 96% specifically for bridgeless boost power factor correction (PFC) converters. This will be possible due to new digital control methods combined with the suitable circuit topology. As this report explains, a basic bridgeless boost PFC stage could operate with a digital control at which the feedback values are only based on a voltage measurement across the PFC-choke and a DC-link voltage measurement. Thereby higher cost efficiency, higher power density and higher operation efficiency can be reached in comparison to conventional solutions.

### PROJECT BACKGROUND

The described research project is realized in the Laboratory of Power Electronics and supervised by Prof. Manfred Reddig. It is a subproject of the research project „Reduzierung der Leerlaufverluste von elektronischen Geräten“ with its working title “Zero Power Standby”. The complete research consortium consists of the component producers EM Microelectronic, Infineon Technologies AG and Sumida Components & Modules. Further partners are NMB Minebea GmbH as producer of power supply units and Loewe Opta GmbH which provides the terminal equipment. The project is supported by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), Germany, within the 'High-Tech Strategy' of the federal government regarding the program 'Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT 2020)'. The Support code is 16N11809. The research project provides the basis of a PhD-thesis. The partner for this PhD-project is Prof. Dr.-Ing. Ralph Kennel,

head of the Institute for Electrical Drive and Power Electronics at the Technical University Munich.

### TECHNICAL BACKGROUND

For power supply units with an input current less than 16 A per phase, the standard IEC 61000-3-2 defines guidelines and limits for harmonic current emissions and the EMC behavior, by which the power factor is affected. To implement that benchmark a multiplicity of technical options are thinkable. Figure 1 shows a conventional solution which is still often used today. This conventional boost PFC rectifier consists of a standard full bridge rectifier with a downstream DC/DC-boost converter. This topology is used for simple converters without limits for the construction size. The further descriptions in this article are based on the basic bridgeless boost PFC topology which is represented in Figure 2. This topology is applicable for the continuous conduction mode (CCM), as well as the discontinuous conduction mode (DCM). Furthermore, both transistors can be driven by the same PWM signal whereby the drive circuit can be implemented in a simple way. The EMC behavior of that bridgeless power stage requires an additional input filter. Solutions for this are given by complex but known EMC filter systems.

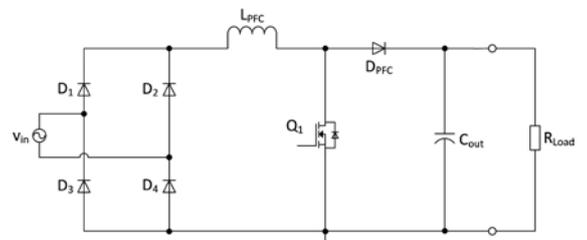


Fig. 1. Principle of a conventional boost PFC stage.

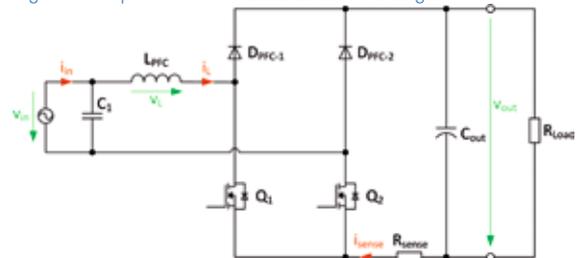


Fig. 2. Simplified basic bridgeless boost PFC stage.

NOVEL DIGITAL CONTROL STRATEGIES  
CONTROL BASIS

The basis for the novel digital control methods for the bridgeless boost PFC rectifier (Figure 2) is given by the known simple control loop in Figure 3 which is also used for the conventional boost PFC rectifiers. The reference for the voltage control loop is given by  $V_{ref}$ . The parameters  $k_i$  and  $k_v$  are conversion factors. The mathematical basis for the digital control is defined by the standard boost-converter behavior. The result of the combination of those basic equations shows the Duty Cycle  $D_{on}$  which represents the ON time of the transistors (Equation (1)).

$$D_{on}(t) = \left( 1 - \frac{i_L(t)}{v_{out}(t)/R_{in}} \right) \quad (1)$$

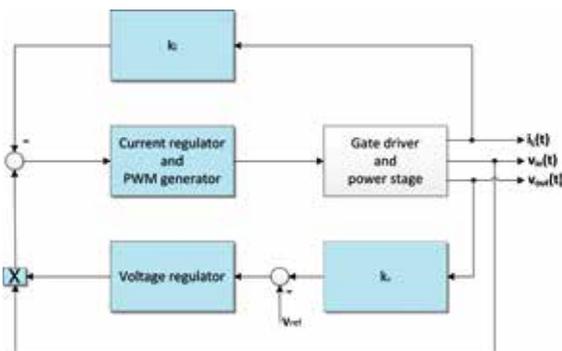


Fig. 3. Control loop for standard PFC rectifiers.

Thereby the circuit should represent an ohmic input resistance ( $R_{in}$ ) behavior. The inductor current ( $i_L(t)$ ) and the output voltage ( $v_{out}(t)$ ) are measured feedback values of the control loop. To realize this digitally, a micro-processor is necessary. Properties like the analog to digital conversion, sample rate, internal clock rate or the PWM resolution have to be observed.

SOLUTION #1: 'CURRENT-MODE CONTROL METHOD'

For that control method a measurement of the input current is necessary. The current measurement can be implemented in different ways, for example with commercial current transformers, LEM-transducers or with a sense resistance circuit. The simplest solution is given by the sense resistor in combination with a differential

amplifier circuit. The control basis, which is described in Equation (1), represents the framework for that method. The challenge hereby is the precision of the current measurement. The current through the inductor ( $i_L$ ) typically shows a triangular ripple for CCM mode which is represented in Figure 4. Based on this the assumed ideal current through the sense resistor ( $i_{sense}$ ) manifests the specific behavior. Referring to this, it is essential to set the sample points ( $t_{sample}$ ) for the current measurement exactly to half of the current fall time to get the correct average value ( $i_{sense,avg}$ ) with regard to the switching period. Another drawback of the current measurement is given by the conduction losses, especially in this case for the sense resistor. Based on the circuit specification and the sense resistor value ( $R_{sense}$ ) of 100 mOhm, only the conduction losses of the sense resistor reaches a theoretical maximum of approximately 200 mW.

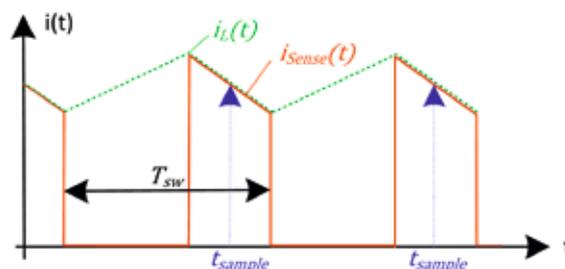


Fig. 4. Current forms for CCM mode operation.

SOLUTION #2: 'VOLTAGE-MODE CONTROL METHOD'

To realize higher operation efficiency it is essential to eliminate the losses of the current sense resistance measurement. This can be achieved by obtaining feedback values via simple voltage measurements. The information about the inductor current could be reconstructed via the voltage drop ( $v_L(t)$ ) across the PFC-choke as shown in Equation (2) and (3). In correlation to that, the standard behavior of that PFC inductor on CCM mode is pictured in Figure 5 for one switching period ( $T_{sw}$ ). Thereby the current value of  $\delta i_{L,n}$  is equal to the changing of the inductor current for one switching period, at which the index n of  $\delta i_{L,n}$  is used as a counter. The addition of each current changings represents the actual inductor current value  $i_{L,n}$  including the DC offset (Equation (4)). For the technical implemen-

tation of this control method two different possibilities are described in the following sections 3.3.1 and 3.3.2.

$$\delta i_{L,n} = \Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} \quad (2)$$

$$\delta i_{L,n} = \frac{1}{L_{PFC}} * \left[ \int_0^{T_{on}} v_L(t) \cdot dt + \int_{T_{on}}^{T_{sw}} v_L(t) \cdot dt \right] \quad (3)$$

$$i_{L,n} = \sum_{n=0}^x \delta i_{L,n} \quad (4)$$

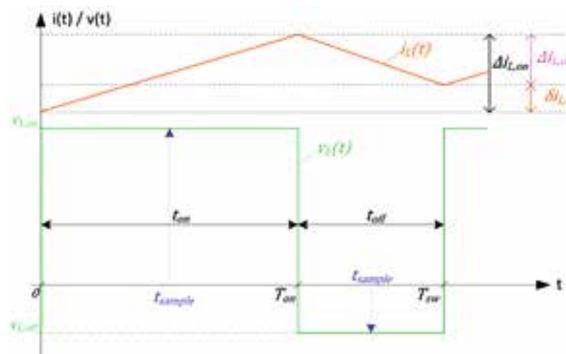


Fig. 5. PFC-choke behavior for CCM mode operation.

#### ONE SWITCHING PERIOD WITH TWO TIMES SAMPLING

For the CCM mode it is essential to measure the inductor voltage exactly halfway between the ON and OFF time ( $t_{sample}$ ) which is also marked in Figure 5. With these measured voltage values the amplitude of  $\Delta i_{L,on}$  and  $\Delta i_{L,off}$  can be reconstructed by using Equation (3). Thereby the inductor current  $i_{L,n}$  can be calculated on an easy way. In comparison to the ‘current-mode control’ this method needs a higher performance for the digital processor to reach the high precision for the two times voltage measurement on each switching period. The drawback of this method occurs at the discontinuous conduction mode (DCM), at which the described two sampling points results in incorrect measurement values caused by the zero-current phase.

#### OP-AMP INTEGRATING AMPLIFIER

Another method to capture the PFC-choke voltage  $v_L(t)$  uses a conventional integrating amplifier circuit. Thereby the mathematical background from the Equations (2), (3) and (4) are not implemented into the digital source code of the micro-processor. Hence, this solution results correct measurements also for the DCM mode. The real hardware setup of the integrating op-amp typically produces a drift of the output signal. But therefore several solutions are known. In comparison to the ‘current-mode control’ this solution brings lower conduction losses and an additional reduction of fitted components like op-amps, resistors and capacitors. The output signal of the integrating amplifier is stressed by a ripple, whereby the output voltage is sampled exactly from half of the ON or OFF time to get the correct average value of  $i_{L,n}$  regarding the active time slot. Generally this method needs a lower performance for the micro-processor as the ‘voltage-mode control method’ with its two sample points on each switching period.

#### CONCLUSION

Both presented control solutions were analyzed by means of several simulations models. Based on that, both are theoretically applicable and results in an acceptable input behavior. For the basic bridgeless boost PFC converter in combination with a ‘current-mode control method’ an acceptable input behavior could be achieved in comparison to conventional PFC circuits. Regarding the internal circuit losses the ‘voltage-control method’ brings best operation efficiency in a simple way. The digital control is not simple but a commercial midrange micro-processor can be used for it. The analysis of the hardware implementation has to be finished before a detailed statement referring to the practicable application of both solutions can be made. With these novel control methods the construction costs are reducible. Furthermore an increasing operation efficiency and power density of the power stage could be achieved.

## Die Ende-zu-Ende Vermessung des Internets

Entwicklung einer Messplattform für das Internet

Größe und Komplexität des Internets nehmen stetig zu. Niemand besitzt eine komplette „Karte“ des Internets, die Lokalisierung der Probleme ist oft schwierig. Deshalb besteht ein großes Interesse daran, eine Mess-Infrastruktur für das Internet zu standardisieren und in tatsächlichen Anwendungen umzusetzen.

Eine solche Infrastruktur muss es Endbenutzern ermöglichen, die Qualität ihres Internetanschlusses zu vermessen, Probleme zu erkennen und die mit ihrem Internet-Dienstleister vertraglich vereinbarten Leistungen zu überprüfen. Gerade bei den in Deutschland weit verbreiteten Internet-Verträgen mit Angabe einer maximal möglichen Datenübertragungsrate („bis zu X MBit/s“) ist die Ermittlung der tatsächlich erreichten Raten für Kunden und auch den Regulierer wichtig. Aber auch die Dienstleister haben ein Interesse daran, Messungen ausgehend von dem Netzwerk des Kunden durchzuführen. So können Fehler und Engpässe im eigenen Netz erkannt, der korrekten Stelle zugerechnet und behoben werden, noch bevor der Kunde eine Support-Anfrage stellt.

Derzeit arbeiten verschiedene Organisationen an der Standardisierung einer Mess-Infrastruktur für das Internet. Diese würde es ermöglichen, einheitliche und vergleichbare Messungen koordiniert zu planen und durchzuführen.

Mit glimpse (Global Internet Monitoring and Probing System) entwickelt die Hochschule Augsburg eine solche Messplattform unter Berücksichtigung der derzeit erarbeiteten Standardisierungsvorschläge. Diese Plattform soll die gezielte Analyse und Ursachenfin-

dung von aktuellen Verbindungsproblemen des Benutzers ermöglichen. Dazu wird eine Applikation für Android/iPhone Smartphones sowie Windows, Linux und OSX Desktop Computer bereitgestellt, über die der Benutzer eine Messung starten kann, wenn er Probleme feststellt. Zusätzlich können verschiedene Messkampagnen von den zentralen glimpse-Servern gestartet werden, an denen die Applikation teilnehmen kann. Neben dem Endbenutzer und dem Regulierer ist glimpse besonders für Internet-Dienstleister interessant, da diesen im Rahmen des Projektes Meldungen über Anomalien im Netzwerk ihrer Kunden und ihrem eigenen Netz automatisiert bereitgestellt werden können. Dies wird bereits mit einem Dienstleister erprobt.

Bei dieser Arbeit liegt ein besonderer Fokus auf Ende-zu-Ende-Messungen. Dies sind Verfahren, die von einem Gerät eines Endbenutzers, z. B. einem Tablet, ausgeführt werden und die Verbindung über das Internet zu einem anderen Endbenutzer-Gerät testen. Dabei müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden, wie etwa dass sich beide Geräte in einem Wireless LAN befinden können oder dass Traffic von anderen Benutzern in ihrem Netzwerk (sogenannter Cross-Traffic) die Messung beeinflusst. Nur so können korrekte Ergebnisse erhalten und Probleme, wie etwa eine geringere Datenübertragungsrate als vertraglich vereinbart, dem richtigen Verursacher zugeordnet werden.

Neben Michael Faath sind Prof. Dr. Rolf Winter und mehrere studentische Hilfskräfte an diesem Projekt beteiligt. Anfragen zu Kooperationen von Internet-Dienstleistern, Content-Providern sowie Regulierungsbehörden sind ausdrücklich erwünscht.



**Michael Faath M.Sc.**

[michael.faath@hs-augsburg.de](mailto:michael.faath@hs-augsburg.de)

### Betreuer

Prof. Dr. Rolf Winter

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik

Telefon +49(0)821 5586-3441

[rolf.winter@hs-augsburg.de](mailto:rolf.winter@hs-augsburg.de)

### Fachgebiete

■ Datenkommunikation

## Wirtschafts-organisatorische Grundlagen zur Bildung und Entwicklung von Gemeinschaftsunternehmen

Ansätze zu ihrer Gründung, dem effektiven Betrieb und optimalen Entwicklung



Dr. Michael Ochs

michael.ochs@hs-augsburg.de

### Betreuer

Prof. Dr. oec. Ewgenij Beltjukow

Polytechnische  
Universität Odessa

Lehrstuhl für Betriebswirtschaft

Die Dissertation ist der Erarbeitung von theoretischen und praktischen Ansätzen zur erfolgreichen Gründung, dem effektiven Betrieb und der optimalen Entwicklung von Gemeinschaftsunternehmen gewidmet. In der Arbeit wurde eine allgemeingültige Definition vorgeschlagen, die für alle Gemeinschaftsunternehmen angewendet und mit welcher wirtschafts-organisatorische und rechtliche Ansätze miteinander verbunden werden können. Basierend auf der Analyse der Motive für die Errichtung von Gemeinschaftsunternehmen, ihrer Probleme sowie mit Hilfe der vorgeschlagenen Methodik zur Errechnung der verschiedenen Bewertungskriterien ihrer Aktivitäten wurde gezeigt, wie der Betrieb von Gemeinschaftsunternehmen verbessert werden kann.

Bei der Erforschung der Entwicklung von internationalen Gemeinschaftsunternehmen wurde bewiesen, dass mit Hilfe dieser Form von Partnerbeziehungen die Anpassung an die sich immer häufiger ändernden Bedingungen schneller und effektiver möglich ist. Dabei ging es auch um die Frage des gegenseitigen Einflusses der industriellen Entwicklung und der Entwicklung von Gemeinschaftsunternehmen. Das Ergebnis zeigte, dass sich die Investitionsmotive in Gemeinschaftsunternehmen im Laufe der industriellen Entwicklung sehr stark änderten.

Durch die Analyse der historischen Entwicklung von Gemeinschaftsunternehmen von Ende des 19. Jahrhunderts bis heute wurden die Ziele festgestellt, die die Partner von Gemeinschaftsunternehmen bei ihrer Gründung in den verschiedenen historischen Epochen verfolgt haben sowie die Perspektiven, die die Gründung von Gemeinschaftsunternehmen unter den gegenwärtigen Wirtschaftsbedingungen gewähren. Hieraus wurde geschlossen, dass die gegenwärtigen Hauptmotive von Investitionen in Gemeinschaftsunternehmen mit ukrainischen Partnern die Steigerung des Absatzes und die Produktion von Halbfabrikaten unter der Bedingung der Gewinnerzielung sind.

Bei der Planung von Auslandsinvestitionen – unter anderem auch bei der Gründung von Gemeinschaftsunternehmen – wurde empfohlen, die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen im Investitionsland zu erforschen und diese mit den rechtlichen Gegebenheiten

des Sitzstaates des Investors zu vergleichen. Durch den Vergleich des rechtlichen Rahmens der Ukraine mit den rechtlichen Rahmenbedingungen Deutschlands wurde veranschaulicht dargestellt, welche rechtlichen Normen für die Gründung eines Gemeinschaftsunternehmens in der Ukraine von höchster Priorität sind und welchen Einfluss sie auf das Verhalten von Investoren ausüben. Die Analyse ermöglichte die Feststellung von Vor- und Nachteilen, die durch die Gründung von Gemeinschaftsunternehmen auftreten können.

Es wurden Methoden zur Effizienzbewertung von Gemeinschaftsunternehmen erforscht und die für ukrainische Gemeinschaftsunternehmen relevanten Erfolgs- und Misserfolgskriterien festgestellt. Die Risiken, die mit der Tätigkeit von internationalen Gemeinschaftsunternehmen verbunden sind, wurden ausgewählt und gruppiert. Daraufhin wurden Methoden hinsichtlich ihrer Bewertung analysiert, was die Erarbeitung von mehrdimensionalen Bewertungsmodellen für derartige Risiken ermöglichte. Es wurden Erfolgs- und Misserfolgskriterien in den einzelnen Phasen der Lebenszyklen von Gemeinschaftsunternehmen festgestellt. Ferner wurde die Rolle von Gemeinschaftsunternehmen als Instrumentarium analysiert, welches die gesamtwirtschaftliche Effizienz und die Beschleunigung des Wirtschaftswachstums eines Landes beeinflusst.

Zur erfolgreichen Verfolgung von betrieblichen und gesamtwirtschaftlichen Zielen ist eine effektive Organisation von Gemeinschaftsunternehmen unerlässlich. Hierfür wurden jeweils ein Schema zur optimalen Aufbaustruktur eines Gemeinschaftsunternehmens sowie ein Prozessmodell zur Gründung eines Gemeinschaftsunternehmens vorgeschlagen. Das Prozessmodell beinhaltet den gesamten Innovationsprozess von der Gründungsidee bis zur Kommerzialisierung. Dem Modell kann entnommen werden, dass die einzelnen Phasen der Gründung und Entwicklung von Gemeinschaftsunternehmen nicht sequentiell verlaufen, sondern sich überlappen.

In der Dissertation wurde festgestellt, dass die Finanzierungen von Auslandsinvestitionen oftmals von Absicherungsmöglichkeiten abhängen, die Schutz gegen staatliche Eingriffe in die Tätigkeit der Unterneh-

men im Investitionsland gewähren. Die durchgeführte Analyse der für ausländische Investoren existierenden Absicherungsmöglichkeiten hat einen begrenzten Kreis von Absicherungsmöglichkeiten gegen derartige Risiken aufgedeckt. Deshalb wurden Vorschläge für die optimale Kombination von Absicherungsinstrumenten zur Risikominimierung seitens der ausländischen Investoren bei Investitionen in der Ukraine erarbeitet.

Weiter wurden die für Gemeinschaftsunternehmen geeigneten Wachstumsstrategien begründet sowie synergetische Typen erarbeitet, die der Realisation der festgestellten Synergieeffekte von Gemeinschaftsunternehmen dienen. Für jeden der erarbeiteten synergetischen Typen wurden die einzelnen Anwendungsmöglichkeiten aufgezeichnet. Außerdem wurden die Anwendungsmöglichkeiten der synergetischen Typen in Abhängigkeit von den festgestellten operativen und strategischen Zielen dargestellt. Letztlich wurde große Aufmerksamkeit den Möglichkeiten der Erhöhung der

Anzahl von Gemeinschaftsunternehmen gewidmet, welche auf den unterschiedlichsten Stufen der Wertschöpfungskette tätig sind.

Es konnte festgestellt werden, welche strategischen Modelle sich mittels der Gründung von Gemeinschaftsunternehmen realisieren lassen und mit Hilfe welcher synergetischen Typen sich die größten Effekte auf den verschiedenen Produktionsstufen erzielen lassen. Auf den festgelegten Modellen basierend wurden Empfehlungen ausgearbeitet, welche die Partner durch die Gründung und den Betrieb von Gemeinschaftsunternehmen nutzen können. Mittels logischer Begründungen wurde bewiesen, dass der aktive und erfolgreiche Betrieb von Gemeinschaftsunternehmen als Indikator der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung eines Staates dienen kann und die Ergebnisse der Tätigkeit von Gemeinschaftsunternehmen für allgemein wirtschaftliche Interessen genutzt werden können.

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



**Wir beraten Sie gern. Egal ob geschäftlich oder privat.**



Das Sparkassen-Finanzkonzept  
Firmen-/Unternehmenskunden

**S** Stadtparkasse  
Augsburg

Beruf und Privatleben sollte man trennen - außer bei den Finanzen. Denn mit einer ganzheitlichen Beratung aus einer Hand können Sie und Ihr Unternehmen nur gewinnen. Infos in Ihrer Geschäftsstelle und bei Ihrem persönlichen Berater oder unter [www.sska.de](http://www.sska.de).  
**Wir begeistern durch Leistung - Stadtparkasse Augsburg**

## Advances in Microwave Metrology

MIMO-/UWB-Radar, Multiport Vector Network Analyser Measurements



Dipl.-Ing. Stephan Kolb

[stephan.kolb@hs-augsburg.de](mailto:stephan.kolb@hs-augsburg.de)

### Betreuer

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Stolle

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Elektrotechnik

Telefon +49(0)821 5586-3356

[reinhard.stolle@hs-augsburg.de](mailto:reinhard.stolle@hs-augsburg.de)

### Fachgebiete

- Hochfrequenztechnik
- Nachrichtensysteme
- Elektronische Bauelemente

The University of Applied Sciences of Augsburg (UAS) has been extending its research team continuously. Professor Dr. Stolle is the head of the high frequency laboratory as part of the faculty of electrical engineering and favours in-house research. Due to his efforts, the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) granted funds to support an application-based project relating to radar techniques for civil use. Thus, the research assistant Stephan Kolb was employed in March of 2008. He graduated with a diploma degree in electrical engineering with emphasis on high frequency techniques at the University of Hannover. He has been jointly responsible for the following research projects:

One part of the BMBF project dealt with improving the reliability of microwave gauging systems by radar imaging with multiple-input multiple-output (MIMO) techniques. Therefore, the current fill level of a reservoir can be separated from any other objects unlike in state-of-the-art mono-static systems. An antenna array with a large aperture must be used, in order to achieve an adequate angular accuracy. The number of array elements is limited to only a few due to economic reasons. Consequently, a highly sophisticated signal processing was developed to convert hardware costs into software costs. As a result, competitive multidimensional radar systems can be applied to microwave gauging. Several students of the UAS Augsburg were involved in the process of development and the results were published and presented at national and international conferences. To ensure the continuation of this work Krohne, Duisburg, a world-leading manufacturer and supplier of solutions in industrial process instrumentation, pledged a sponsorship.

The second part of the BMBF project prospered in a collaboration with the company RFC, Rosenheim. A low-cost radar system for collision avoidance techniques dedicated to autonomic railroads was developed. This technology enables perpetuation of inefficient railroad tracks by the application of an automated guided vehicle system. Potential risks on the rails will be detected by a software defined radar system with an ultra-wideband (UWB) signal, whose transceiver is simply based on an FPGA-device (field programmable gate array) and ana-

logue filters. The application of the system including a suitable antenna was demonstrated with an experimental railroad vehicle at Schleifkottenbahn, Halver.

Another leading-edge research issue is about metrology for twisted-pair cables. A partnership of Lantiq, Munich, and Fraunhofer Institute for Embedded Systems and Communication Technologies, Munich and UAS Augsburg, explores cable modelling for the next level digital subscriber line (DSL) transmission standards like G.fast and G.vector. Currently, a system error correction and calibration method for multiport vector network analysers is under examination. Hence, these sophisticated techniques enable high-precision measurement of miscellaneous cable parameters.

## Automatische Generierung von Benutzeroberflächen für interaktive Softwaresysteme

Entwurf einer modell- und musterbasierten Entwicklungsumgebung: Pattern-based Modeling and Generation of Interactive Software Systeme (PaMGIS)

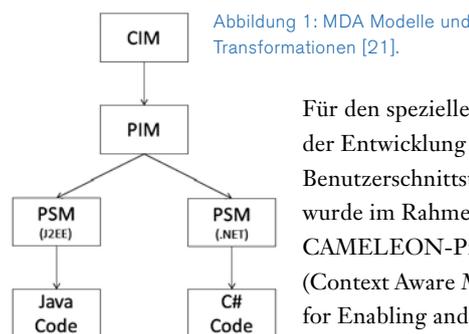
Die Dissertation beschäftigt sich mit der automatischen Generierung von Benutzeroberflächen für interaktive Softwaresysteme. Eine Entwicklungsumgebung soll modell- und musterbasierte Techniken zu einer durchgängigen Entwicklungsmethodik kombinieren. Das Ergebnis ist das Framework „Pattern-based Modeling and Generation of Interactive Systems“ (PaMGIS).

Elektrische und elektronische Geräte werden heute vermehrt mittels Softwareanwendungen und Bildschirmen gesteuert. Ohne dass die Anforderungen an die Hardware steigen müssten, ist der vorhandene Funktionsumfang deutlich höher geworden. Die erhöhte Komplexität und Interaktivität der betreffenden Benutzerschnittstellen bedingt jedoch einen höheren Aufwand in der Entwicklung. Nach Analyse verschiedener Anwendungen kamen Myers und Rosson [29] zu dem Schluss, dass auf die Benutzerschnittstellen durchschnittlich ca. 48 % des Quellcodes, ca. 45 % der Entwicklungszeit, ca. 50 % der Implementierungszeit und ca. 37 % der für die Wartung benötigten Zeit entfallen. Nach Petrasch [31] gelten ähnliche Zahlen wegen der zuvor beschriebenen Entwicklung auch für moderne Benutzerschnittstellen. Anwendungen müssen heute vielfach für unterschiedliche Geräte-Plattformen, v.a. auch für mobile Endgeräte zur Verfügung gestellt werden [24]. Für eine aufwandsoptimierte und zugleich funktional konsistente Entwicklung der Benutzerschnittstellen werden demnach benötigt man spezielle Verfahren und Werkzeuge benötigt. Eines davon ist das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte PaMGIS Framework.

### MODELLBASIERTE ENTWICKLUNG

Klassischen Qualitätsmerkmalen des Software-Engineering wie Flexibilität, Plattformunabhängigkeit und Wiederverwendbarkeit kommen bei der Entwicklung aktueller Benutzerschnittstellen besondere Bedeutung zu [6]. Um dies zu erreichen, empfiehlt sich der Einsatz eines modellgetriebenen Ansatzes [32]: „Model-based User Interface Development“ abgeleitet („MBUID“). Die Object Management Group (OMG) hat für die modellgetriebene Softwareentwicklung einen Standard veröffentlicht, die sogenannte Model Driven Architecture (MDA). Hierbei wird die Repräsentation der Software

von der Programmcodenebene auf eine Modellebene gehoben. Die Spezifikation einer Programm-Komponente erfolgt grundsätzlich unabhängig von deren technischer Umsetzung. Um die Komplexität auf Modellebene nicht zu groß werden zu lassen, werden mehrere Modelle mit verschiedenen Abstraktionsgraden verwendet. Im Wesentlichen wird unterschieden zwischen „Computation Independent Model“ (CIM), „Platform Independent Model“ (PIM) und „Platform Specific Model“ (PSM). Ein CIM beschreibt die Anwendung auf fachlicher Ebene, während ein PIM die Funktionalität soweit konkretisiert, dass die Zielplattform noch nicht bekannt sein muss. Ein PSM ist die Realisierung eines PIM für eine bestimmte Zielplattform, d.h. aus ihm lässt sich konkreter, plattformspezifischer Programmquellcode ableiten [21]. MDA definiert also ein System von Modellen mit unterschiedlichen Abstraktionsgraden und Transformationsmöglichkeiten, die dazu dienen, jeweils ein Modell automatisch, teil-automatisch oder manuell in ein anderes zu überführen. Die grundlegenden Modelle und Transformationen sind in Abb.1 dargestellt.



Für den speziellen Bereich der Entwicklung von Benutzerschnittstellen wurde im Rahmen des CAMELEON-Projektes (Context Aware Modelling for Enabling and Leveraging Effective Interaction)

das sogenannte CAMELEON Reference Framework entwickelt. Es sieht vier Modell-Schichten vor: „Aufgaben und Konzepte“, „Abstrakte Benutzerschnittstelle“, „Konkrete Benutzerschnittstelle“ und „Finale Benutzerschnittstelle“; in der genannten Reihenfolge von der abstraktesten hin zur konkretesten Beschreibung der Benutzerschnittstelle. Wie bei der MDA können auch hier die Modelle durch Transformationen in andere überführt werden.

Ein wesentlicher Vorteil von MDA bzw. dem CAMELEON Reference Framework liegt darin, dass die

Dipl.-Inf. (FH) Jürgen Engel,  
M.Sc.

[juergen.engel@hs-augsburg.de](mailto:juergen.engel@hs-augsburg.de)

Betreuer

Hochschule Augsburg

Prof. Dr.-Ing. Christian Martin

Fakultät für Informatik

Telefon +49(0)821 5586-3454

[christian.maartin@hs-augsburg.de](mailto:christian.maartin@hs-augsburg.de)

Universität Rostock

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Forbrig

Fachbereich Informatik

Telefon +49(0)381 498-7620

[peter.forbrig@informatik.uni-rostock.de](mailto:peter.forbrig@informatik.uni-rostock.de)

[uni-rostock.de](http://uni-rostock.de)

abstrakten Modelle nur einmal definiert werden müssen und sich die konkreteren Modelle durch Transformationen teilweise automatisiert daraus ableiten lassen. Somit können Realisierungen für unterschiedliche Zielplattformen sowohl funktional konsistent als auch aufwandsminimiert entstehen.

In der Literatur findet man zahlreiche Beschreibungen modellgetriebener Ansätze und Entwicklungsumgebungen wie beispielsweise ADEPT [26], GENIUS [20], HUMANOID [23], JANUS [2], MASTERMIND [5], MOBI-D [33] und UIDE [16]. Des Weiteren wurden AME [27] und TADEUS [8] an der Universität Rostock und PAGui [34], [14] an der Hochschule Augsburg entwickelt.

Trotz der Aufteilung in verschiedene Modelle kann deren Komplexität sehr hoch werden. Unabhängig von der gewählten Entwicklungsumgebung muss daher ein sehr spezifisches Knowhow bezüglich der formalen Beschreibung der Modelle vorhanden sein.

#### PATTERN-BASIERTE ENTWICKLUNG

Ein weit verbreitetes Werkzeug zur Realisierung von Wiederverwendung sind Muster (Patterns). Die Idee geht auf Christopher Alexander zurück, der 1977 Patterns definierte, um Entwurfs-Knowhow für den Bereich der Architektur und Städteplanung verfügbar zu machen [1]. Hierzu beschrieb er jeweils ein Tripel von Attributen, die (1) eine Kontextbeschreibung sowie Informationen zu (2) einer Problemstellung und (3) einer anerkannten und erprobten Lösung dieses Problems im definierten Kontext umfassten. Mitte der 1990er Jahre adaptierte die „Gang of Four“ (GoF) diese Vorgehensweise zur Verwendung im Gebiet des Software Engineering [19]. Mittlerweile findet das Pattern-Konzept auch Anwendung in den Bereichen der Human Computer Interaction (HCI) [15], User Experience (UX) [37], Usability Engineering [25], Aufgaben-Modellierung [18] und Sicherheit von Applikationen [40].

Obwohl Muster als anerkanntes Hilfsmittel bei der Software-Entwicklung gelten, weist dieses Konzept dennoch einige Schwächen auf, wie z. B. eine fehlende durchgängige Organisation und Formalisierung sowie eine unzureichende Unterstützung durch Entwicklungswerkzeuge [4]. Ein wichtiger Schritt für eine formale

Beschreibung war die Definition der Pattern Language Markup Language (PLML) Version 1.1 [15]. PLML definiert eine Anzahl von Beschreibungsattributen, die jede Pattern-Beschreibung enthalten sollte. (Weiterentwicklungen sind: PLML Version 1.2 [7], PLMLx [3] und XPLML [22]). Jedoch erfüllen diese Ansätze alleinstens nicht die Anforderungen an die Formalisierung, die für eine stringente (teil-) automatisierte Verwendung von Mustern nötig wäre [9].

Allen Schwächen zum Trotz gibt es sehr wertvolle Pattern-Sammlungen, die auch hier verwendet und erweitert werden, darunter beispielsweise die von Jenifer Tidwell [36], Martijn van Welie [39] und Douglas van Dyne [38].

#### ENTWURF EINER ENTWICKLUNGSUMGEBUNG

Die Entwicklungsumgebung, das PaMGIS Framework, soll modell- und musterbasierte Techniken zu einer durchgängigen Entwicklungsmethodik kombinieren und die Vorteile beider Ansätze vereinen. Die betrachteten Ansätze beziehen sich häufig nicht nur auf die Modellierung und Generierung von Benutzerschnittstellen, sondern von kompletten Anwendungen einschließlich der benötigten Geschäftslogik. Um der eingangs beschriebenen Bedeutung von Benutzerschnittstellen gerecht zu werden, konzentriert sich PaMGIS hauptsächlich auf diese Aspekte und berücksichtigt die Anwendungslogik nur in dem Maße, wie sie für die Generierung von User Interfaces (UI) unbedingt notwendig ist. Eine Beschreibung einer frühen Version des PaMGIS Frameworks befindet sich in [11].

Aktuell verwendet PaMGIS vier grundlegende Modelle: „Task Model“, „Dialog Model“, „Interaction Model“ und „Presentation Model“. Das „Task Model“ (Aufgabenmodell) beschreibt die Ziele und die dafür notwendigen Tätigkeiten der Benutzer auf abstrakter Ebene. Die Modellierung erfolgt anhand der ConcurTaskTrees-Notation [30], für die graphische Werkzeuge zur Verfügung stehen. Die Dialogmodelle repräsentieren die plattformspezifische Navigation und legen die Gruppierung von Interaktionsobjekten beispielsweise in Dialogfenstern und deren Abfolge in der späteren Benutzerschnittstelle fest. Dialogmodelle werden mit Hilfe von Dialoggraphen spezifiziert [17].

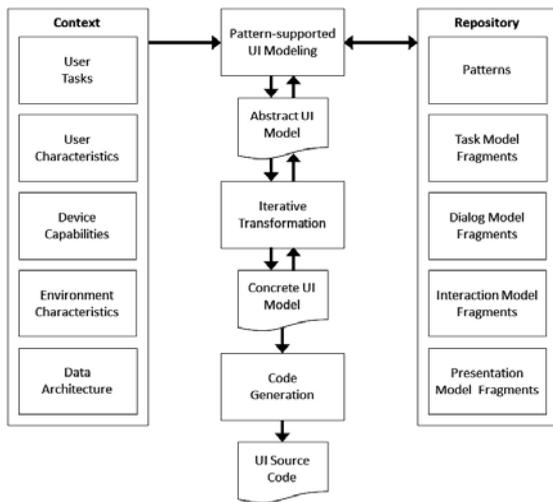


Abbildung 2:  
Funktionale  
Übersicht über  
das PaMGIS  
Framework.

In den Interaktionsmodellen werden die Interaktionsobjekte, die dem späteren Benutzer zur Verfügung gestellt werden, auf abstrakter Ebene festgelegt. Im Sinne einer MDA sind die Interaktionsmodelle als minimale, die Geschäftslogik der Anwendung beschreibende Modelle (Domain Model) zu verstehen. Hier verbirgt sich eine Verbindung zum Domain Model, das in PaMGIS selbst nicht vorhanden ist. Schließlich wird noch ein Präsentationsmodell benötigt, das das Layout der Benutzerschnittstelle und die Größe und Lage der Interaktionsobjekte zueinander festlegt.

Zudem verfügt das PaMGIS Framework noch über drei sog. erweiterte Modelle: „User Model“, „Device Model“ und „Environment Model“. Sie enthalten zusätzliche Informationen, mit denen die spätere Ableitung und Konkretisierung der Benutzerschnittstelle beeinflusst werden kann. Mit Hilfe des Benutzermodells werden Vorlieben und Eigenschaften der User beschrieben, wie den Grad seiner Expertise in Bezug auf die vorliegende „Business Domain“ oder etwaige Behinderungen, die die Interaktion mit der fertigen Anwendung beeinträchtigen können. Das „Device Model“ beschreibt das zum Einsatz kommende Endgerät und seine Beschaffenheit hinsichtlich seiner Ein- und Ausgabemöglichkeiten. Während die Eingabe größerer Textmengen auf Arbeitsplatzrechnern problemlos möglich ist, gestaltet sich dies bei Smartphones deutlich unkomfortabler. Im „Environment Model“ (Umgebungsmodell) werden spezifische Merkmale der Arbeitsumgebung festgelegt, z. B. ob mit Blendungseffekten durch Sonneneinstrahlung oder mit akustischen Einschränkungen wegen hoher Umgebungsgeräusche gerechnet werden muss.

Wie dies bei MDA und CAMELEON Reference Framework vorgesehen ist, verfügt auch PaMGIS über Modelltransformationen, die automatisiert, teilautomatisiert oder im Ausnahmefall manuell durchgeführt werden können. Beispielhafte Transformationen und die Möglichkeit einer mustergestützten Modellumwandlung sind in [12] und [13] beschrieben.

Ein funktionaler Überblick über die Komponenten, Modelle und Transformationen von PaMGIS wird in [10] gegeben. Zusammengefasst ist dieser in Abbildung 2 dargestellt.

Patterns werden u.a. dafür eingesetzt, um die Erstellung der Modelle zu vereinfachen, die Modelltransformationen zu unterstützen und die Konsistenz der erzeugten Benutzerschnittstellen zu ermöglichen und herzustellen. Beispielsweise können Muster bei der Spezifikation der Aufgabenmodelle eingesetzt werden [18]. Hauptsächlich aber bedient sich PaMGIS einer großen Anzahl von HCI-Patterns, die entsprechend erweitert wurden und als Bausteine zur Modellkonstruktion herangezogen werden können.

Für die Beschreibung der Muster wurde die PaMGIS Pattern Definition Language (PPSL) eingeführt [10],[28]. Sie basiert auf PLML Version 1.1, die umfangreich geändert und erweitert wurde. Da, wie in [35] ausgeführt, der Spezifikation von Relationen der Patterns untereinander eine besondere Rolle bei deren Nutzung zukommt, gibt PPSL Pattern-Autoren die Möglichkeit, Patterns eindeutig zu referenzieren und die Arten der Beziehungen ausführlich zu beschreiben [10]. Um ihre Anwendung zu erleichtern, werden sie mit Modellfragmenten versehen, die automatisiert an die entsprechenden Stellen in die vier Grundmodelle integriert werden können. Je nach inhaltlichem Gegenstand und Abstraktionsgrad der für die Verwendung mit PaMGIS modifizierten HCI-Patterns sind mehr oder weniger umfangreiche Aufgaben-, Dialog-, Interaktions- und Präsentationsmodellfragmente vordefiniert. Ein ausführliches Beispiel hinsichtlich der Spezifikation der Modellfragmente und deren Implementierung in den Grundmodellen befindet sich in [10].

Neben den theoretischen Ausführungen zu den Grundlagen der modell- und mustergetriebenen Entwicklung von Benutzerschnittstellen und der umfassenden Beschreibung des PaMGIS-Ansatzes umfasst die Dissertation auch eine ausführliche Fallstudie, in der die relevanten Modelle, Patterns und Transformationen sowie deren Abhängigkeiten untereinander dargestellt werden.

## REFERENZEN

- [1] Alexander C, Ishikawa S, Silverstein M.: A pattern language: Towns, Buildings, Construction, Oxford University Press (1977).
- [2] Balzert, H.: From OOA to GUI – The JANUS-System. In Proceedings of INTERACT'95, pages 319–324, London, UK, June 1995. Chapman & Hall.
- [3] Bienhaus, D.: PLMLx Doc., available at <http://www.cs.kent.ac.uk/people/staff/saf/patterns/plml.html> Retrieved on February 3, 2012.
- [4] Breiner, K. et al. (eds.): PEICS – Towards HCI Patterns into Engineering of Interactive Systems. In Proc. of PEICS '10, Berlin, Germany, ACM, pp. 1–3 (2010).
- [5] Browne, T., Dávila, D., Rugaber, S. and Stirewalt, K.: Formal Methods in Human-Computer Interaction, chapter Using Declarative Descriptions to Model User Interfaces with MASTERMIND. Springer-Verlag, 1997.
- [6] Calvary, G. et al.: A Unifying Reference Framework for multi-target user interfaces. *Interacting with Computers*, 15, 3, S. 289–308 (2003)
- [7] Deng, J., Kemp E., and Todd E.G. (Hg.): Focusing on a standard pattern form: the development and evaluation of MUIP: Proceedings of the 6th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on Computer-human interaction: design centered HCI, 2006
- [8] Elwert, T. and Schlungbaum, E.: Modelling and Generation of Graphical User Interfaces in the TADEUS Approach. In *Designing, Specification and Verification of Interactive Systems*, pages 193–208, Vienna, 1995. Springer.
- [9] Engel, J., Herdin, C., Martin, C.: Exploiting HCI Pattern Collections for User Interface Generation, Proc. Patterns 2012 (Nice, France), pp. 36–44, IARIA 2012
- [10] Engel, J., Herdin, C., Martin, C., Forbrig, P.: Formal Pattern Specifications to Facilitate Semi-Automated User Interface Generation. In Proc. of HCII 2013, Las Vegas, U.S.A., 21–26 July 2013, Springer LNCS
- [11] Engel, J., Martin, C.: PaMGIS: A Framework for Pattern-Based Modeling and Generation of Interactive Systems, in J.A. Jacko (Ed.): *Human-Computer Interaction, Part I, HCII 2009, LNCS 5610*, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2009, 826–835
- [12] Engel, J., Martin, C., Herdin, C.: Pattern-based User Interface Transformation for Knowledge Sharing Applications, in: Seissler, M. et al (Eds.) Proc. PEICS '11, 2nd International Workshop on Pattern-Driven Engineering of Interactive Computing Systems, June 13, 2011, Pisa, Italy, 5–8
- [13] Engel, J., Martin, C., Forbrig, P.: HCI Patterns as a Means to Transform Interactive User Interfaces to Diverse Contexts of Use, in: J.A. Jacko (Ed.): *Human-Computer Interaction, Part I, HCII 2011, LNCS 6761*, pp. 204–213, 2011, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011
- [14] Engel, J., Martin, C., Forbrig, P.: Tool-support for Pattern-based Generation of User Interfaces. Breiner, K. et al. (eds.): Proc. of the 1st Int. Workshop on Pattern-Driven Engineering of Interactive Computing Systems (PEICS '10), Berlin, ACM International Conference Proceedings Series, 2010, 24–27
- [15] Fincher, S. et al.: Perspectives on HCI patterns: concepts and tools, In CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems, Ft. Lauderdale, Florida, USA, ACM, 1044–1045 (2003).
- [16] Foley, J., Kim, W., Kovacevic, S. and Murray, K.: UIDE - An Intelligent User Interface Design Environment. In *Intelligent User Interfaces*, pages 339-384. Addison-Wesley, ACM Press, 1991.
- [17] Forbrig, P. and Reichart, D.: Spezifikation von "Multiple User Interfaces" mit Dialoggraphen. In: Proceedings of INFORMATIK 2007: Informatik trifft Logistik. Beiträge der 37. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI). Bremen, September 2007.
- [18] Gaffar, A. et al.: Modeling patterns for task models, In TAMODIA '04 Proceedings of the 3rd annual conference on Task models and diagrams, New York, USA, ACM (2004).
- [19] Gamma, E. et al.: *Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software*, Addison-Wesley, Reading Mass., 1995.
- [20] Janssen, C., Weisbecker, A. and Ziegler, J.: *Generating User Interfaces from Data Models*

- and Dialogue Net Specifications. In Proceedings of Inter-CHI'93, pages 418–423, New York, NY, 1993. ACM Press.
- [21] Kempa M, Mann ZA (2005) Model driven architecture. *Informatik Spektrum* 28(4): 298–302
- [22] Kruschitz, C.: XPLML – A HCI Pattern Formalizing and Unifying Approach, Proceedings of CHI EA, 2009
- [23] Luo, P., Szekely, P. and Neches, R.: Management of interface design in HUMANOID. In Proceedings of InterCHI'93, pages 107–114, April 1993.
- [24] Luyten, K.: Dynamic User Interface Generation for Mobile and Embedded Systems with Model-Based User Interface Development. Doctoral Thesis, Transnationale Universiteit Limburg, 2004
- [25] Marcus, A.: Patterns within Patterns, Interactions, vol. 11., Issue 2, 28–34 (2004).
- [26] Markopoulos, P., Pycock, J., Wilson, S. and Johnson, P.: Adept – A task based design environment. In Proceedings of the 25th Hawaii International Conference on System Sciences, pages 587–596. IEEE Computer Society Press, 1992
- [27] Martin, C.: Software Life Cycle Automation for Interactive Applications: The AME Design Environment. In Computer-Aided Design of User Interfaces, pages 57–74, Namur, Belgium, 1996. Namur University Press.
- [28] Martin, C., Herdin, C., Engel, J.: Patterns and Models for Automated User Interface Construction – In Search of the Missing Links. In Proc. of HCII 2013, Las Vegas, U.S.A., 21–26 July 2013, Springer LNCS
- [29] Myers, B., Rosson, M. B.: Survey on User Interface Programming. In: Proc. of the 10th Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, S. 195–202, 1992
- [30] Paternò, F.: ConcurTaskTrees: An Engineered Approach to Model-based Design of Interactive Systems, ISTI-C.N.R., Pisa, 2001.
- [31] Petrasch, R.: Model Based User Interface Design: Model Driven Architecture und HCI Patterns. In: GI Softwaretechnik-Trends, Mitteilungen der Gesellschaft für Informatik, 27, 3, S. 5–10 (2007)
- [32] Puerta, A.: A Model-Based Interface Development Environment. *IEEE Software*, 14, 4, S. 40–47 (1997)
- [33] Puerta, A. and Eisenstein, J.: Interactively Mapping Task Models to Interfaces in MOBI-D. In Design, Specification and Verification of Interactive Systems, pages 261–273, Abingdon, UK, June 1998.
- [34] Roski, A.: Master-Arbeit: Entwurf und Implementierung eines Entwicklungsansatzes zum Pattern-gestützten GUI-Design mit prototypischer Ausarbeitung einer Pattern-Sprache und eines zugehörigen Generators. Fachhochschule Augsburg, Fakultät für Informatik, 2008.
- [35] Seffah, A.: The Evolution of Design Patterns in HCI: From Pattern Languages to Pattern-Oriented Design. PEICS '10, Proc. of the 1st International Workshop on Pattern-Driven Engineering of Interactive Computing Systems, pages 4–9,
- [36] Tidwell, J.: “Designing Interfaces, Patterns for Effective Interaction Design”, 2nd Edition, O'Reilly Media Inc., ISBN 978-1-449-37970-4, 2011
- [37] Tiedtke, T., Krach, T., Martin, C.: Multi-Level Patterns for the Planes of User Experience. Proc. of HCI International, July 22-27, Las Vegas, Nevada USA, Vol. 4 – Theories Models and Processes in HCI, Lawrence Erlbaum Associates (2005).
- [38] van Duyne, D., Landay J., and Hong J.: “The Design of Sites, Patterns for Creating Winning Websites”, 2nd Edition, Prentice Hall International, ISBN 0-13-134555-9, 2006
- [39] van Welie, M.: “Patterns in Interaction Design”, available at <http://www.welie.com> Retrieved on March 13, 2012
- [40] Yoder, J. & Barcalow, J. (1997): Architectural patterns for enabling application security.

Das im Folgenden beschriebene Promotionsprojekt findet im Rahmen einer Kooperation zwischen der Forschungsgruppe „Automation in Usability Engineering“ (AUE) an der Fakultät für Informatik der Hochschule Augsburg und dem Lehrstuhl für Softwaretechnik der Universität Rostock statt.

Doktorarbeit an der Fakultät für Elektrotechnik

## Phasenbildung in Vielstoff-Systemen unter Ungleichgewichtsbedingungen

Dipl.-Geol. Ulrike Corradi



Dipl.-Geol. Ulrike Corradi

### Betreuer

Prof. Dr.-Ing Jürgen Villain

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Elektrotechnik  
Kompetenzzentrum Mechatronik  
Telefon +49(0)821 5586-3386  
juergen.villain@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Werkstoffe der Elektrotechnik und Elektronik
- Fertigungstechnik
- Mikrosystemtechnik
- Konstruktion und Festigkeitslehre

Mit zunehmender Packungsdichte in elektronischen Systemen werden die Lötstellenvolumina immer kleiner (Abb.1a). Im Vergleich zu Lötstellen vor ca. 10 Jahren liegen die kleinsten Lotvolumina heute bei ca.  $0.0001 \text{ mm}^3$ . Somit gewinnen Phasenbildungen, insbesondere die intermetallischen Phasen (IMC), welche bei der Abkühlung der Lötstelle hauptsächlich an Grenzflächen entstehen, immer mehr an Bedeutung (Abb.1b). In der Regel sind diese spröder als der Lotwerkstoff und beeinflussen die Festigkeit und die Lebensdauer einer Lötstelle durch ihre Struktur, Menge, Größe und Form bezogen auf das Volumen der Lötstelle.

### AUFBAU EINER LÖTSTELLE

Elektronische Bausteine werden überwiegend mittels Zinn-Silber-Kupfer-(SAC)-Legierungen mit den Kupferkontaktflächen (Pads) der Leiterplatte verbunden. Damit sich der Lotwerkstoff mit dem Baustein und den Pads der Leiterplatte verbinden kann, sind auf denselbigen metallische Schichten aus z. B. Nickel/Gold aufgebracht. Diese unterstützen die Benetzung und die Löslichkeit dieser Elemente im Lot behindern.

Bedingt durch die hohe Lösungsgeschwindigkeit für Fremdelemente im Lot werden neben Gold auch Nickel und Kupfer im Lot während des Lötprozesses gelöst. Mit kleiner werdenden Lötstellen aber unverän-

derten Gold- bzw. Nickelschichtdicken verändern sich damit die Elementkonzentrationen im Lotvolumen. Wenn die Konzentration zu hoch ist, wird die Löslichkeit für ein bestimmtes Element überschritten, und es werden die spröden intermetallischen Phasen (IMC) auch im Lotvolumen gebildet (Abb. 2a und 2b). Da alle intermetallischen Phasen – an der Grenzfläche und im Volumen – zur Versprödung der Lötstelle und damit zur Verringerung der Lebensdauer führen, müssen deren Bildungsmechanismen bekannt sein.

### ZIELE

Im Rahmen dieser Promotion werden die intermetallischen Phasen an der Grenzfläche Lot/Leiterplatte untersucht. Folgende Faktoren sollten in Bezug auf Wachstum und Struktur der Phasen näher beleuchtet werden:

- Welchen Einfluss hat das Volumen der Lötstelle – Volumen von  $0,05 \text{ mm}^3$  –  $31 \text{ mm}^3$ ?
- Welchen Einfluss hat die Zusammensetzung des Lotwerkstoffes – Variation von Silber von 1 – 5 Gew.% und Kupfer von 0,5 – 1,2 Gew.%?
- Welchen Einfluss hat die Haltezeit über der Liquidustemperatur – Haltezeit von 1 – 360 s?
- Welchen Einfluss hat die Abkühlgeschwindigkeit – Abkühlungsgeschwindigkeit 0,1 – 440 K/s?
- Bilden sich mehrelementige intermetallische Phasen?

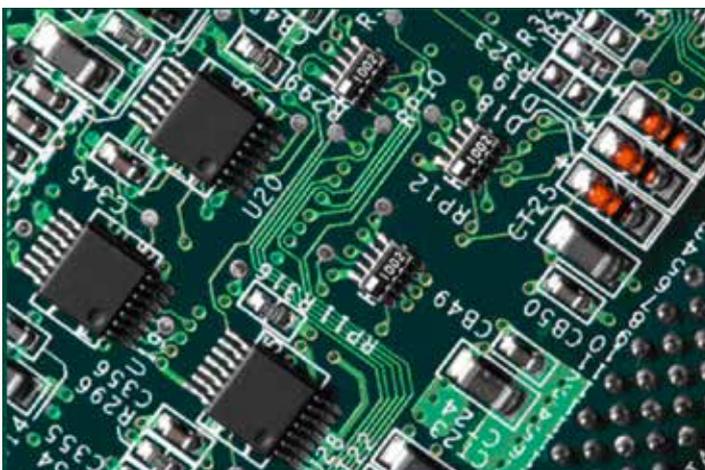


Abbildung 1a: Bestückte Leiterplatte.

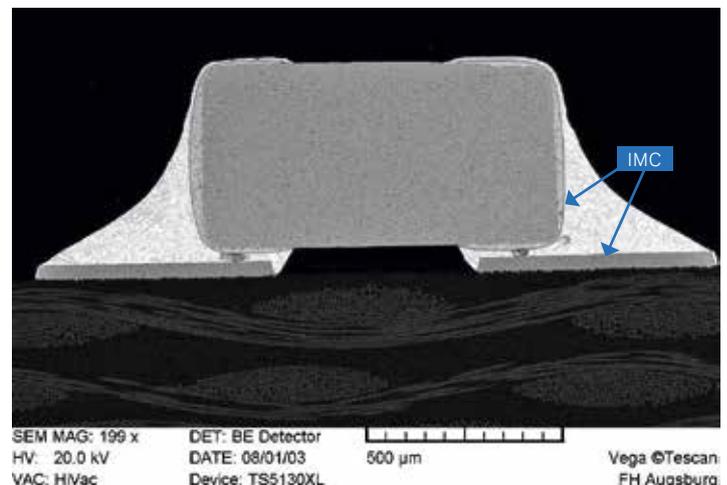


Abbildung 1b : Querschnitt durch einen CC0402 Baustein.

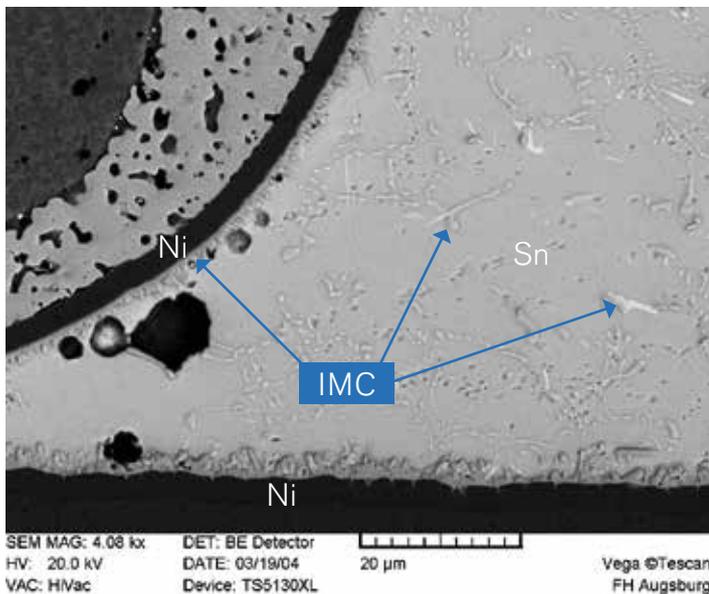


Abbildung 2a: Gefügeausbildung in der Lotkehle.

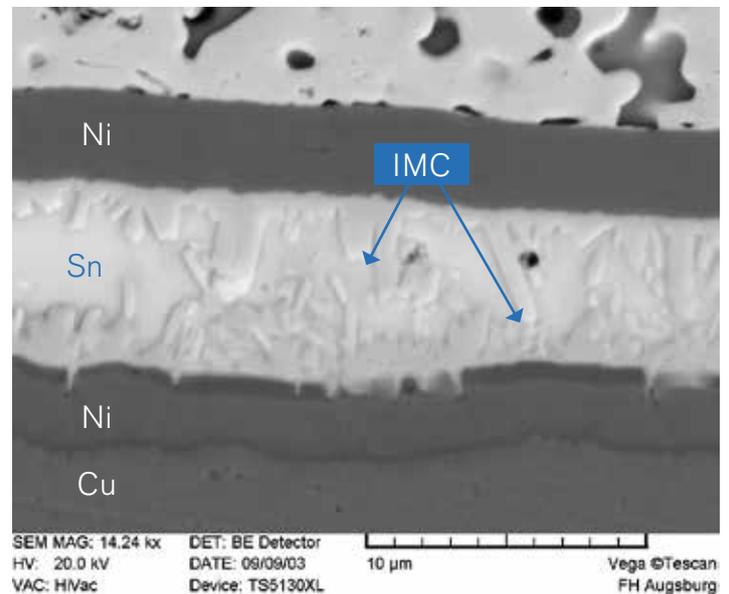


Abbildung 2b: Ausbildung der intermetallischen Phasen zwischen Baustein (CC0402) und Leiterplattenpad.

Dazu werden die Proben mittels Lichtmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie inklusive chemischer Analyse (EDX, WDX) und Strukturanalyse (EBSD) untersucht. Die Arbeit wird in Zusammenarbeit mit der Freien Universität Berlin, Fachbereich für Geowissenschaften, durchgeführt.

#### ERSTE ERGEBNISSE

Erste Ergebnisse zeigen, dass

- ein kleineres Volumen feinere Strukturen (Gefüge) aufweist.
- das Wachstum der Phasen an den Grenzflächen vor allem durch das Verhältnis Volumen zu Padfläche bestimmt wird. Ist dieses auch bei kleiner werdenden Volumen konstant, verändert sich die Wachstumsgeschwindigkeit der intermetallischen Phasen nicht.
- der Kupfer-Gehalt des Legierungswerkstoffes einen deutlichen Einfluss auf die Zusammensetzung der Phasen hat. Steht weniger Kupfer zur Verfügung steigt in der  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  – Phase zunehmend der Nickel-Gehalt.

- Gold ebenfalls in diese Phase eingebaut wird. Mit geringerer Haltezeit über Liquidus und mit kleiner werdendem Volumen nimmt der Gold-Gehalt in den intermetallischen Phasen zu. Damit entstehen Ungleichgewichtsphasen, die im schlimmsten Fall zu einer minderwertigen Haftung und damit einhergehend zu einer kürzeren Lebensdauer der Lötstelle führen können.

Die Ergebnisse fließen in die Optimierung der Prozessparameter beim Löten und in Lebensdauermodelle ein.

## Implementation of a digital control for Ćuk power factor correction (PFC)

Circuit analysis and control loop stability



Dipl.-Ing. (FH)  
Markus Scherbaum

markus.scherbaum@hs-augsburg.de

### Betreuer

#### Hochschule Augsburg

Prof. Dr.-Ing. Manfred Reddig  
Fakultät für Elektrotechnik  
Telefon +49(0)821 5586-3352  
manfred.reddig@hs-augsburg.de

#### Fachgebiete/ Forschungsgebiete:

- Leistungselektronik
- Hocheffiziente Stromversorgungseinheiten

#### Technische Universität München

Prof. Dr.-Ing Ralph Kennel  
Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme und Leistungselektronik  
Telefon +49(089) 289-28452  
ralph.kennel@tum.de

In this paper a new digital control concept of a Ćuk-PFC with average current mode control will be presented. An input voltage measurement for current reference is not required, only input current and output voltage have to be measured. Two possibilities for the average current detection using a shunt or current transformer will be shown. Today's digital signal processors (DSPs) offer high performance with fast analog to digital converters. It is possible to implement any complex digital control strategy. Due to the cost factor a DSP is not used, the control algorithm is executed by a midrange microcontroller, therefore all the associated restrictions must be considered. The program code has to be optimized specifically for this purpose, short and effective algorithms are necessary. For the dynamic circuit modelling, the state space averaging technique is used. The limited performance of the microcontroller does not allow a quasi-continuous digital control design, dead times will produce non-negligible phase lag, which can lead to instabilities. The control loop analysis has to consider the computation time and the sample and hold from the PWM module. The open loop gain and phase plot will be shown for various operation points. Finally the results will be verified by some measurements on a hardware setup.

### INTRODUCTION

The requirements for today's power supplies are various. They should achieve high efficiency with less effort made for control and signal sensing. To increase efficiency, the conduction losses of the whole circuit and also the switching losses of the semiconductors have to be reduced significantly. The most obvious way to reduce the conduction losses is the reduction of components with voltage drop in the current flow path. Dr. S. Ćuk presented the "True Bridgeless PFC", which doesn't need an input rectifier bridge [1]. In a conventional Boost-PFC-Stage, the voltage drop across the two input bridge rectifier diodes causes a significant decrease in efficiency,

especially at low input line voltages. An additional feature of the "True Bridgeless PFC" circuit (Figure 1) is the soft turn on switching capability that leads to lower switching losses. The effect on the MOSFET switching losses, caused by the boost diode reverse recovery current doesn't exist, fast and expensive SiC diodes aren't necessary any more.

Furthermore, the signal sensing for PFC control was optimized, the lossy current sensing via shunt resistor should disappear and the input voltage sensing is eliminated. To get an input current in phase to the input voltage, the proposed control concept is implemented in a low cost midrange microcontroller. The limited performance due to slow analog to digital converters and long calculation dead time has to be taken into consideration for control stability analysis. First, the required transfer function of the Ćuk-PFC stage is determined, after that the complete loop transfer function with the proposed control concept and effects of the digital signal processing is investigated.

### CIRCUIT DESCRIPTION

The bridgeless PFC converter (Figure 1) operation differs from a conventional boost PFC converter with input rectifier. There are commonalities like the square-wave PWM switching of the input inductor  $L$ , but this converter also contains a resonant series  $L_r$ - $C_r$  network with sinusoidal/co-sinusoidal waveforms. This operation method is called "hybrid-switching". Another special attribute of this converter is the odd number of switches, one controllable switch  $S$  and two passive current rectifiers  $CR_1$  and  $CR_2$ . The input voltage polarity determines the current path and the switching behaviour of  $CR_1$  and  $CR_2$  related to the controlled switch  $S$ . For positive input voltages the diode  $CR_1$  conducts simultaneously with switch  $S$ . Under negative input voltage condition,  $CR_2$  and  $S$  conduct at the same time. The different circuit states during positive and negative input polarity as well as to the different switching states of  $S$  are described in the following sections.

### STATE SPACE REPRESENTATION AND AVERAGING

If the circuit operates in continuous conduction mode, there are only two different states of the circuit, one

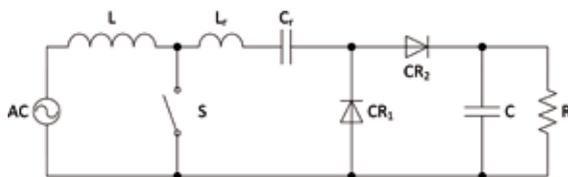


Figure 1: "True Bridgeless PFC" circuit diagram (Ćuk-PFC).

during on-time of the controlled switch  $S$ , the other state during its off-time. Each state can be represented by a linear circuit model or by an equivalent set of state space equations. To get the average behaviour over one complete switching cycle  $T_s$ , the state space equations have to be weighted with the duty cycle ratio [2]. This is achieved by multiplying the on-time state matrices with the duty cycle ratio  $d$  and adding the off-time state matrices multiplied with  $(1-d)$ . The resulting averaged matrices describe the average change of the state variables over a complete switching cycle  $T_s$ . For the use of the state space averaging technique the following conditions must be met [3]:

- a) The switching frequency is much higher than the highest natural frequency of the circuit in each switching operation mode.
- b) The input to the converter in each switching operation mode must be time independent or slow time-varying variables with respect to the switching frequency.

The original state space averaging technique [2] is not applicable to any type of quasi-resonant or resonant converters because condition a) is not satisfied. The resonant frequency of a resonant network has the same order as the converters switching frequency. But how does the resonant network affect the operation of the hybrid-switching Ćuk-PFC? In this case the resonating occurs only during on-time of the controlled switch  $S$ , the square wave PWM switching of the large input inductor  $L$  is not affected by the resonant  $L_r$ - $C_r$  network. Assuming that the on-time of the switch is always large enough to ensure a complete resonating in it, the Ćuk-PFC can be modelled by a system second order [4]. Only the input inductor current  $i_L$  and the output capacitor voltage  $v_C$  are state variables. As the converter has different circuit states for positive and negative input voltages, these two cases must be investigated separately. That is done in the following section.

**POSITIVE INPUT VOLTAGE**

Figure 2a represents the ideal circuit during the on-time interval  $d \cdot T_s$ .  $C_r$  initial voltage from the previous off interval is positive, hence  $CR_1$  conducts. The following equations can be written:

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L} \cdot v_{in} \tag{1}$$

$$\frac{dv_C}{dt} = -\frac{1}{RC} \cdot v_C \tag{2}$$

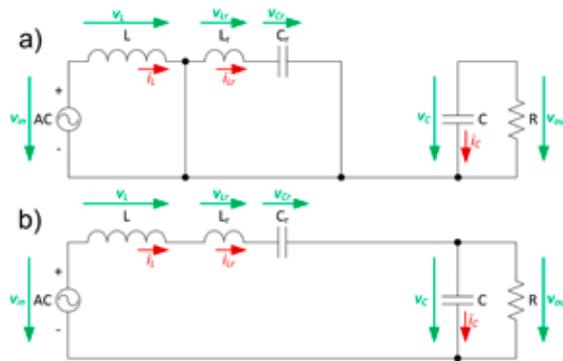


Figure 2a: Equivalent circuit diagram with positive input voltage and switch in an a) on-state and b) off-state.

Figure 2b shows the equivalent circuit diagram when the controlled switch is in an off-state. The input inductor  $L$  is in series with the resonant inductor  $L_r$ . Due to  $L \gg L_r$ , the effective inductance will be  $L+L_r \approx L$ .

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L} \cdot (v_{in} - v_{Cr} - v_C) \tag{3}$$

$$\frac{dv_C}{dt} = \frac{1}{C} \cdot i_L - \frac{v_C}{RC} \tag{4}$$

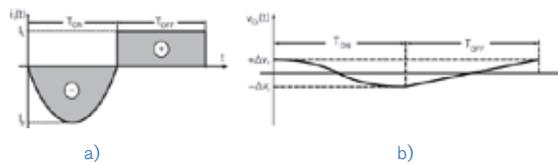


Figure 3 a: Resonant inductor current and b) resonant capacitor voltage at positive input voltage [1].

During off-time the large input inductor  $L$  behaves like a constant current source, the voltage  $v_{Cr}$  rises linear. During on-time the capacitor  $C_r$  is parallel to the resonant inductor  $L_r$ , the resonating occurs and  $L_r$  is fully flux-balanced in the on-time interval (Figure 3b). Because only the change from the beginning of the off-interval until the end of the off-interval is of interest, the linearized  $i_L$  trajectory is used. Therefore, the  $v_{Cr}$  value

can be averaged over off-time, this average resonant capacitor voltage  $\bar{v}_{Cr}$  during off-time is zero. From this result and **Equation (3)** follows:

$$\left. \frac{di_L}{dt} \right|_{lin} = \frac{1}{L} \cdot v_{in} - \frac{1}{L} \cdot v_C \quad (5)$$

The linearized **Equations (1), (2)** and **(4), (5)** can be written in the state space representation in matrix form:

**Interval  $d \cdot T_s$ :**

$$\begin{bmatrix} \frac{di_L}{dt} \\ \frac{dv_C}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_L \\ v_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot v_{in} \quad (6)$$

**Interval  $(1-d) \cdot T_s$ :**

$$\begin{bmatrix} \frac{di_L}{dt} \\ \frac{dv_C}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_L \\ v_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot v_{in} \quad (7)$$

To get the average behaviour in a complete switching period  $T_s$ , the matrices are weighted by multiplying them with their corresponding duty cycle ratio  $d$  respectively  $(1-d)$ .

$$\begin{bmatrix} \frac{di_L}{dt} \\ \frac{dv_C}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1-d}{L} \\ \frac{1-d}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_L \\ v_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot v_{in} \quad (8)$$

#### NEGATIVE INPUT VOLTAGE

For negative input voltages the diode  $CR_2$  conducts simultaneously with the controlled switch  $S$ .

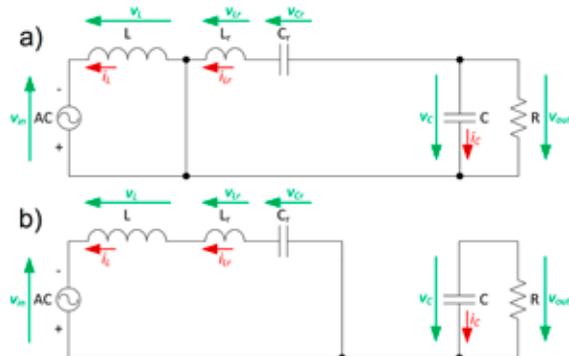


Figure 4: equivalent circuit diagram with negative input voltage and switch in a) on-state and b) off-state.

The following equations are based on the equivalent circuit diagram during switch  $S$  on-time shown in **Figure 4a**.

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L} \cdot v_{in} \quad (9)$$

$$\frac{dv_C}{dt} = -\frac{1}{C} \cdot i_{Lr} - \frac{1}{RC} \cdot v_C \quad (10)$$

In addition to this, the off-state equations for the circuit diagram in **Figure 4b** can be calculated, assuming  $L \gg L_r$  and  $L + L_r \approx L$ .

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L} \cdot v_{in} - \frac{1}{L} \cdot v_{Cr} \quad (11)$$

$$\frac{dv_C}{dt} = -\frac{1}{RC} \cdot v_C \quad (12)$$

Averaging **Equations (9), (11)** and **Equations (10), (12)** result in:

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L} \cdot v_{in} - \frac{1-d}{L} \cdot v_{Cr} \quad (13)$$

$$\frac{dv_C}{dt} = -\frac{d}{C} \cdot i_{Lr} - \frac{1}{RC} \cdot v_C \quad (14)$$

As in the positive half cycle, the inductor  $L_r$  is fully flux balanced during the on-time. The resonant circuit at on-time differs, the huge output capacitor  $C$  is now a part of it. The resonance frequency is not changed by this capacitor, because  $C \gg C_r$ , their series connection will be  $C + C_r \approx C_r$ . The trajectories for  $i_L$  and  $v_C$  will be linearized too, so the average values  $\bar{v}_{Cr}$  and  $\bar{i}_{Lr}$  in off-state or respectively on-state can be used. To ensure flux balance of  $L_r$ , the resonant capacitor  $C_r$  must have a DC offset voltage. This DC offset is equal to the output capacitor voltage  $v_C$  (Figure 5b).

$$\bar{v}_{Cr} = v_C \quad (15)$$

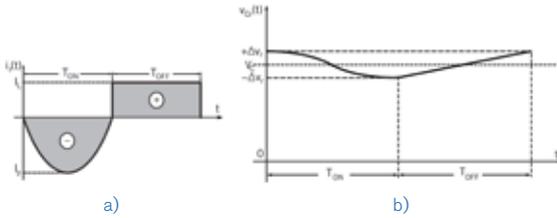


Figure 5a: Resonant inductor current and b) resonant capacitor voltage at negative input voltage [1].

The resonant capacitor is charged balanced as well (Figure 5b), as in the positive input voltage case.  $\bar{i}_{Lr}$  represents the average value for resonant inductor current during on-time.

$$\bar{i}_{Lr} \cdot d = i_L \cdot (1 - d) \quad (16)$$

After replacing  $\bar{v}_{Cr}$  (15) and  $\bar{i}_{Lr}$  (16) in the Equations (13) and (14), the following state space average model for negative input voltages is obtained:

$$\begin{bmatrix} \frac{di_L}{dt} \\ \frac{dv_C}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1-d}{L} \\ \frac{1-d}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_L \\ v_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} \cdot v_{in} \quad (17)$$

The state space average Equation (8) for positive input voltages is the same as Equation (17) for the negative half cycle, hence it is sufficient to investigate only the circuit for positive input voltages.

#### CONTROL TO INPUT-CURRENT TRANSFER FUNCTION

The state equations in matrix representation were calculated in the previous section for the Ćuk-PFC stage (see Equation (6) and (7)). For a complete state space representation, the output equation is also needed. The output equation shows the relationship between the system states and its input, related to the output. In general, the state space representation is written like Equation (18), indices n indicates the different matrices during the different switching states: on and off.

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= A_n \cdot x(t) + B_n \cdot u(t) \\ y(t) &= C_n \cdot x(t) + E_n \cdot u(t) \end{aligned} \quad (18)$$

$x$ : state vector;  $y$ : output vector;  $u$ : input vector;  $A_n$ : state matrix;  $B_n$ : input matrix;  $C_n$ : output matrix;  $E_n$ : feedthrough matrix

$$\dot{x}(t) = A_{avg} \cdot x(t) + B_{avg} \cdot u(t) \quad (19)$$

$$y(t) = C_{avg} \cdot x(t) + E_{avg} \cdot u(t)$$

$$\begin{aligned} A_{avg} &= A_1 d + A_2(1 - d), B_{avg} = B_1 d + B_2(1 - d), \\ C_{avg} &= C_1 d + C_2(1 - d), E_{avg} = E_1 d + E_2(1 - d) \end{aligned}$$

The average state space equation (19) is nonlinear, it can be linearized [5] by small-signal perturbation  $x = X + \hat{x}$ ,  $y = Y + \hat{y}$ ,  $u = U + \hat{u}$ ,  $d = D + \hat{d}$ . The  $\sim$  symbol represents a small-signal and the capital letter a DC value. After subtracting the steady state solution ( $\hat{x} = 0$ ) and neglecting the small-signal cross products this linear small-signal state space equation (20) results.

$$\begin{aligned} \hat{\dot{x}}(t) &= A \cdot \hat{x}(t) + B \cdot \hat{u}(t) + B_d \cdot \hat{d}(t) \\ \hat{y}(t) &= C \cdot \hat{x}(t) + E \cdot \hat{u}(t) + E_d \cdot \hat{d}(t) \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} A &= A_1 D + A_2(1 - D), B = B_1 D + B_2(1 - D), \\ C &= C_1 D + C_2(1 - D), E = E_1 D + E_2(1 - D), \\ B_d &= (A_1 - A_2) \cdot X + (B_1 - B_2) \cdot U, \\ E_d &= (C_1 - C_2) \cdot X + (E_1 - E_2) \cdot U \end{aligned}$$

To get the control to input-current transfer function the following parameters are used (see Equations (6) and (7)):

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix}, A_2 = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix}, B_1 = B_2 = \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix}$$

The output equation for PFC input-current is the same in on-state and off-state (21), therefore  $C_1 = C_2 = [1 \ 0]$ :

$$i_{in} = [1 \ 0] \cdot \begin{bmatrix} i_L \\ v_C \end{bmatrix} \quad (21)$$

Furthermore, the following applies:  $\hat{u} = 0$ ,  $E_1 = E_2 = 0$ ,  $X$ ,  $U$  and  $D$  representing the current converter operating point.

After applying Laplace transformation and inserting the state equation in the output equation we get the desired transfer function at DC operating point  $V_C, I_L$ :

$$G_{di}(s) = \frac{i_{in}}{\hat{d}} = C \cdot (sI - A)^{-1} \cdot B_d + E_d \quad (22)$$

$$G_{di}(s) = \frac{s \cdot \frac{V_C}{L} + \frac{V_C}{R \cdot L \cdot C} + \frac{I_L \cdot (1-D)}{L \cdot C}}{s^2 + s \cdot \frac{1}{R \cdot C} + \frac{(1-D)^2}{L \cdot C}} \quad (23)$$

By solving the steady state equation ( $\dot{x}=0$ ) the converter has the following voltage gain, like a conventional boost PFC stage.

$$V_c = V_{out} = \frac{1}{1-d} \cdot V_{in} \quad (24)$$

The control to input-current transfer function  $G_{di}(s)$  depends on the current operating point of the converter. Since the PFC converter has a wide range of input voltages and duty cycle ratios, several bode plots at different operating points were shown in Figure 7.

The numbers “1”, “2” and “3” indicate the position related to the 230V sine input voltage (Figure 6), all at rated power  $P=200\text{ W}$ ,  $V_{out}=450\text{ V}$ ,  $R=1012.5\ \Omega$ ,  $L=4\text{ mH}$  and  $C=100\ \mu\text{F}$ . There is no difference between the three printed operating point bode plots at higher frequencies.

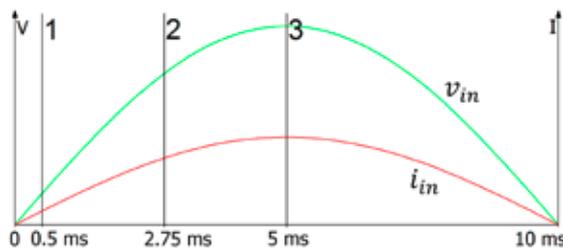


Figure 6: Positions of the chosen operating points in the sine wave.

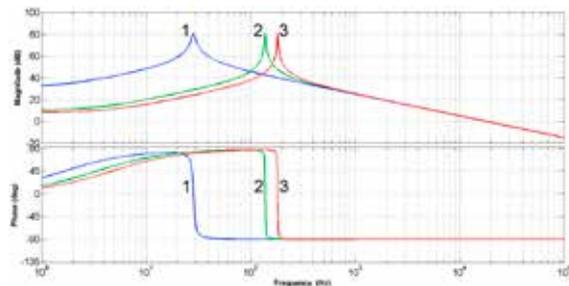


Figure 7: Bode plots for control to input-current transfer function  $G_{di}(s)$  at different operating points for Ćuk PFC circuit.

**PFC CONTROL CONCEPT**

The main task of a PFC stage is to modulate resistive input behaviour at their input terminals:

$$R_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} \quad (25)$$

When **Equations (25)** and **(24)** are combined, this leads to:

$$R_{in} = \frac{(1-d) \cdot v_{out}}{i_{in}} \quad (26)$$

After rearranging **Equation (26)**, the control law for duty cycle ratio  $d$  calculation is obtained, where  $v_{out}$  and  $R_{in}$  is combined to a control value CV, which is provided by an overlaid output voltage controller.

$$d = 1 - \frac{i_{in}}{CV} \quad (27)$$

$$CV = \frac{v_{out}}{R_{in}} \quad (28)$$

**CURRENT CONTROL LOOP**

Duty cycle ratio control law **(27)** needs the average input current as feedback, without any triangular ripple. The average input current can be measured directly by sampling the analog to digital converter (ADC) at the right time. The ADC must start at half on-time or alternatively in the middle of off-time of the PWM switching cycle to get the average value. As this feature can only be easily implemented in digital signal processors (DSPs), here current signal averaging is done by an analog second order low pass filter. Previously, the current signal had been amplified and the absolute value had been formed. **Figure 8** shows the basic duty cycle ratio calculation structure for the current control.

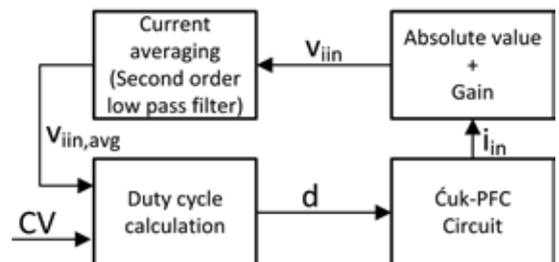


Figure 8: Duty cycle ratio calculation structure.

Integrating **Equation (27)** in **Figure 8** results in the control loop shown in **Figure 9**. The control value there is multiplied by gain  $k$  to satisfy **Equation (27)**. There

is no degree of freedom in this control loop. The open loop transfer function is given by **Equation (29)**. It can be seen that the loop gain depends on the control value  $CV$ .

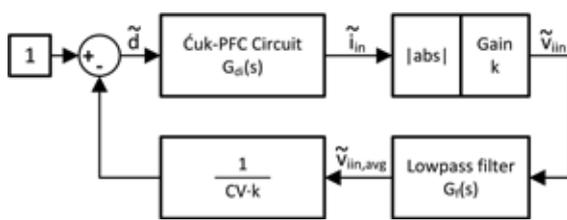


Figure 9: Duty cycle ratio calculation loop.

$$G_O(s) = G_{di}(s) \cdot G_f(s) \cdot \frac{1}{CV} \quad (29)$$

**EFFECT OF DIGITAL SIGNAL PROCESSING**

As the control should be executed by a midrange microcontroller ( $\mu C$ ), the calculation power available is much lower compared to a DSP. So the ADC conversion time and the computation dead time must be considered with regard to loop stability analysis. The huge dead time  $T_d$  produces a non-negligible phase lag [6].

$$\angle T_d = -360^\circ \cdot f \cdot T_d \quad (30)$$

The microcontrollers ADC and the PWM module is modelled by a so called “zero order hold” block (ZOH) that block inserts a phase lag in the control loop, too [6].  $f_{sample}$  represents the ADC conversion rate and according to this the duty cycle ratio update rate in the PWM module as well.

$$\angle ZOH = -180^\circ \cdot \frac{f}{f_{sample}} \quad (31)$$

**OPEN LOOP BODE PLOT WITH DEAD TIME AND ZERO ORDER HOLD**

The ideal open loop transfer function (29) is extended by a dead time block with  $T_d$  and a ZOH block with a sample period  $T_{sample} = 1/f_{sample}$ . The second order low-pass filter cut-off frequency is chosen to  $f_c = 16 \text{ kHz}$  to suppress the converters switching frequency ( $f_s = 50 \text{ kHz}$ ). The following open loop bode plots show the converter

operating at 230 V (**Figure 10**) and 120 V (**Figure 11**) line peak voltage under different loads  $P = 20 \text{ W}, 80 \text{ W}, 140 \text{ W}, 200 \text{ W}$  and with  $T_d = T_{sample} = 22\mu s$ .

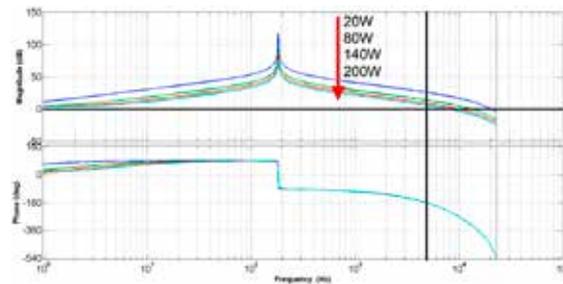


Figure 10: Open loop transfer function at  $\hat{v}_{in}=325V$ .

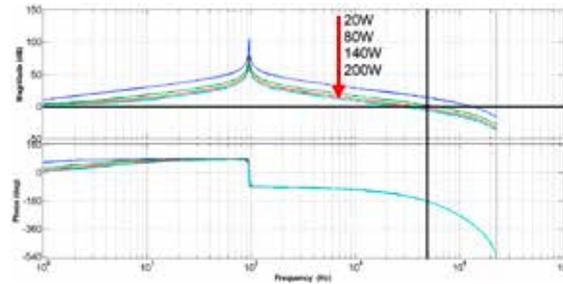


Figure 11: Open loop transfer function at  $\hat{v}_{in}=170V$ .

As expected, the stability depends on the converter load specifically on the converters input resistance  $R_{in}$ . The duty cycle calculation loop for current control is only stable for  $P > 110 \text{ W}$  load at  $120 \text{ V}$  input line voltage, respectively an input resistance  $R_{in} < 131 \Omega$  in general for this designed converter.

**IMPLEMENTATION AND MEASUREMENTS**

The duty cycle ratio calculation algorithm is implemented in a PIC18 series microcontroller from Microchip. The PIC18 doesn't support division in hardware, a fast software division algorithm based on the radix-2-SRT division is used instead. This leads to an overall dead time  $T_d = 22\mu s$ , together with the comparatively long ADC conversion time. Analog hardware solutions for the input current averaging are shown in **Figure 12** and **Figure 13**, the first one with a shunt resistor and secondly with a current transformer in the resonant path. Both circuits include gain, absolute value and RC low pass filter for averaging.

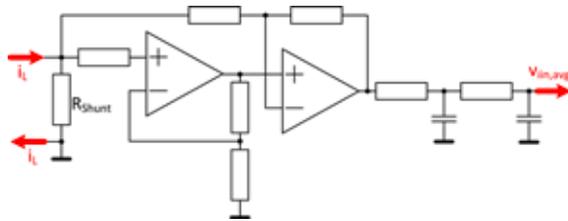


Figure 12: Input current measurement using  $i_L$  current sensing circuit with shunt resistor.

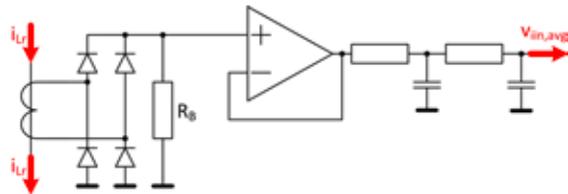


Figure 13: Input current measurement using  $i_L$  current sensing circuit with current transformer.

Figure 14 shows that unity power factor is achieved, the input inductor current is in phase with the input voltage. Sinus voltage distortion can also be seen in the current shape. The small current peak after the zero voltage crossing is caused by the DC offset charge of the resonant capacitor. The stability limit is shown in Figure 15.

### CONCLUSION

The implementation of average current mode control for a Ćuk PFC stage is shown in this paper. This control without input voltage sensing is done by a low cost 8-bit midrange microcontroller. The control loop gain and also the loop bandwidth depend on the converter's load. The duty cycle calculation loop is only stable within a certain range, at higher  $R_m$  the control is not stable any more.

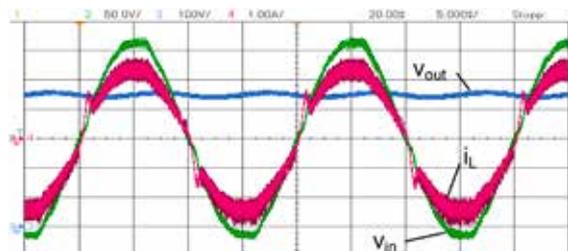


Figure 14 120 V input voltage and input inductor current at nominal power  $P = 200W$ .

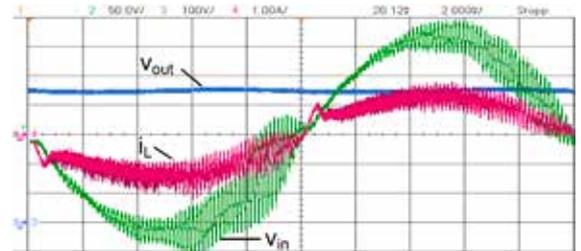


Figure 15: 20 V input voltage and input inductor current at stability limit  $P \approx 110W$ .

### ACKNOWLEDGEMENT

The project is supported by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), Germany, within the "High-Tech Strategy" program. Support code 16N11809.

### REFERENCES

- [1] Ćuk, S.: True Bridgeless PFC Converter Achieves Over 98 % Efficiency, 0.999 Power Factor, Power Electronics Technology, Vol. 36, No. 7, July 2010
- [2] Middlebrook, R. D.; Ćuk, S.: A general unified approach to modelling switching-converter power stages, Proceedings of Power Electronics Specialists Conference, June 1976, pp. 18–34
- [3] Xu, J.; Long, D. Z.; Lee, C. Q.: Generalized state space averaging approach and its application to the analysis of quasi-resonant converters, Proceedings of Power Electronics Specialists Conference, June 1994, pp. 1046–1052
- [4] Abedi, M. R.; Ernzen, B.: A Hybrid-Switching Based Bridgeless PFC Converter for On-Board Battery Chargers using Predictive Current Control, International Journal of Renewable Energy Research, Vol. 2, No. 4, 2012
- [5] Vuthchhay, E.; Bunlaksananusorn, C.: Dynamic Modeling of a Zeta Converter with State-Space Averaging Technique, Proceedings of ECTI-CON, 2008
- [6] Choudhury, S.: Designing a TMS320F280x Based Digitally Controlled DC-DC Switching Power Supply, Application Report SPRAAB3, Texas Instruments, July 2005

## Simulation of innovative business cases for household customers in the german electricity supply

CIRED 22nd International Conference on Electricity Distribution, Stockholm, 10-13 June 2013, Paper 0695

### ABSTRACT

The scope of this paper is to show the challenges within the German electricity residential market based on an electricity price analysis since 1990. On this basis, three business models are introduced: Status Quo, Energy Contracting and Capacity Tariff. Furthermore, a simulation environment named GENESIS will be presented, in which the business models have been simulated and economic impacts of the individual actors of the German electricity supply have been analysed.

### INTRODUCTION

In the German electricity supply a rigid tariff system is used for household customers. Neither flexible customer behaviour nor a reasonable usage of stochastic feed-in of renewable energies can be implemented economically. Therefore, it is currently not possible to include the customer as active participant into the energy market like it is required in [1]. The development of the electricity price stands also in contrast with this thinking (Figure 1). Until 1998, there was an integrated energy utility company as well as the state institutions. After the liberalisation of the energy market in 1998 the energy utility company was separated into supplier, distribution system

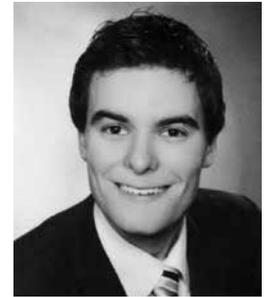
operator (DSO) and metering operator / data collector (MOP/DC).

In this shared market, the total expenditures for electricity energy of an average private household in Germany with 3,500 kWh have more than doubled since the year 2000. Related to the year 1990, the total price increase results in round about 266 per cent. This corresponds to an average electricity price increase of over 7 per cent per year within the last 23 years.

The development of the electricity prices and production costs of photovoltaic systems or rather the declining feed-in tariffs (FITs) resulted in the point of grid parity during the year 2012 [6]. Thus, it is more economical for private plant operators to use their own generated electricity instead of feeding into the distribution grid. Furthermore, the usage of battery systems is going to be more economical because of the increasing self-consumption in this sense. These investment considerations are additionally supported by tax savings. All these developments result in more and more self-consumption and, therefore, in less electricity energy usage from the public electricity grid. This explains that the revenues of the electricity price actors are going to decline dramatically because the major portion of the electricity costs are based on the used kilowatt hour (Figure 1). The actors of the electricity price get the challenge to develop new business models to be able to economise sustainably. All in all, the residential market of electrical energy is located on a spiral accelerating by itself, which makes it indispensable to change the current tariffs corresponding to the above mentioned challenges.

### BUSINESS MODELS

On this basis, two innovative business models named *Energy Contracting* (EC) and *Capacity Tariff* (CT) have been developed. In order to have a common reference for these models the current tariff system was considered as the third business model named *Status Quo* (SQ). The business models are categorised by two customer types. The first is the *Consumer* (C) which represents a regular private household customer. The second customer type is named *Prosumer* (P) and affects his electricity household actively by a renewable energy plant.



Dipl.-Ing. (FH)  
Anton Gerblinger

[anton.gerblinger@hs-augsburg.de](mailto:anton.gerblinger@hs-augsburg.de)

### Betreuer

#### Hochschule Augsburg

Prof. Dr.-Ing. Michael Finkel MBA

Fakultät für Elektrotechnik

Telefon +49(0)821 5586-3366

[michael.finkel@hs-augsburg.de](mailto:michael.finkel@hs-augsburg.de)

#### TU München

Prof. Dr.-Ing. Rolf Witzmann

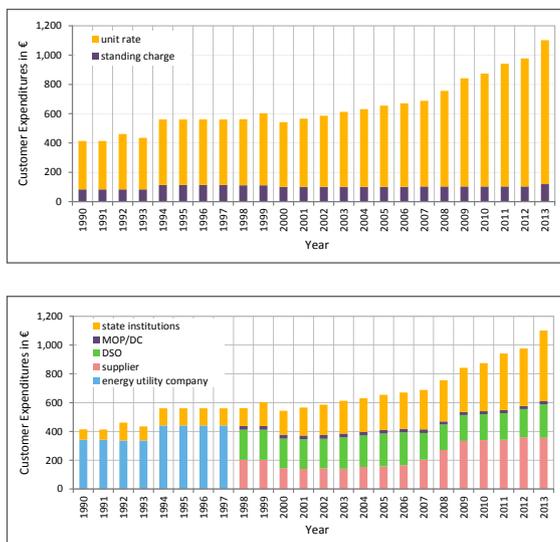
Telefon +49(0)89 289 220

[rolf.witzmann@tum.de](mailto:rolf.witzmann@tum.de)

### Projektpartner

- TU München,  
Prof. Dr.-Ing. Rolf Witzmann
- Lechwerke AG

Figure 1: Customer expenditures of an average household in Germany with an electricity consumption of 3,500 kWh [2, 3, 4, 5]



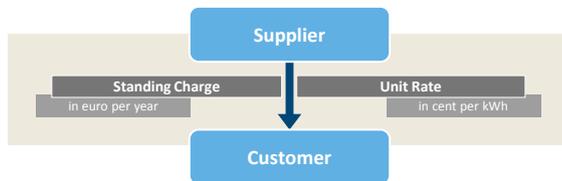


Figure 2: Current tariff model for a Consumer (SQ-C)

**STATUS QUO**

The *Consumer* in the *Status Quo* (SQ-C) has a supply contract with his supplier, which is composed of a standing charge in euro per year and a unit rate in cent per kWh (Figure 2).

The unit rate represents the major portion of the customer expenditures. The components of the supply contract are detailed in the following formulas:

$$\text{Standing charge} = \text{Supplier Part} + \text{Grid Usage} + \text{Billing} + \text{Measurement} + \text{Meter} + \text{VAT}$$

$$\begin{aligned} \text{Unit Rate} = & \text{Supplier Part} + \text{CHP-Levy} + \text{EEG-Levy} \\ & + \text{Offshore-Levy} + \text{Concession Fee} \\ & + \text{Electricity Tax} + \text{Grid Fee} \\ & + \text{\$19 StromNEV Surcharge} + \text{VAT} \end{aligned}$$

The offshore-levy is intended as an additional charge on the grid fee for the end consumers in German electricity supply, in accordance to a revision of section 17f paragraph 5 German Energy Industry Act (EnWG) [4].

In case of a *Prosumer* in the *Status Quo* (SQ-P) the customer has two different contracts (Figure 3). First of all, like in the SQ-C-Model, a contract of supply with his supplier, regarding his grid usage. The second tariff is a FIT with the local DSO, in which a fixed payment

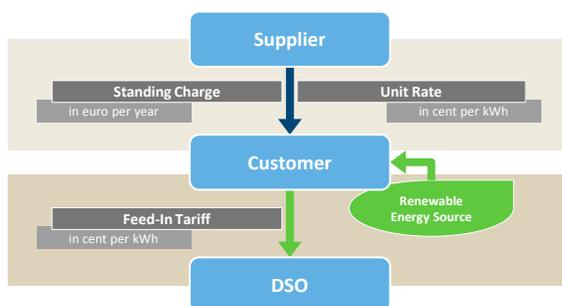


Figure 3: Current tariff model for a Prosumer (SQ-P)

per kilowatt hour is established. The *Prosumer* has also the possibility of self-consumption to feed-in additionally. The price of the self-consumed kilowatt hour depends on the legal person of the plant operator. If the plant operator is an entrepreneur and therewith able to take tax benefits, the self-consumption is subjected to the VAT. The self-consumption is exempt from charges if the plant operator is a private person in legal accordance.

**ENERGY CONTRACTING**

The first innovative business model is the *Energy Contracting* (EC), whose concept is already known from the heat energy market.

There, the change of an energy supplier to an energy provider is performed.

The supplier operates a renewable energy source which is installed at the customer. Thereby, the customer is partly supplied with electrical energy by his own plant, which is run by the supplier. The customer, who has to be a *Prosumer* in this business model, finds himself in a comfort contract with the supplier, in which grid purchase, the renewable energy direct purchase and also the leasing of the renewable energy source are settled (Figure 4). The customer remains the owner of the renewable energy source and gives off only the operation or rather the assembling and maintenance to the supplier. The customer as the plant owner receives leasing receipts from the supplier. Due to the continuous leasing receipts, the customer is an entrepreneur and can therefore claim tax advantages. This business model also offers the possibility for the DSO to influence the renewable energy source, for which the DSO is

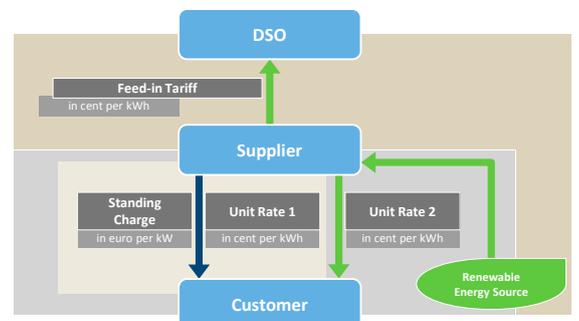


Figure 4: Tariffs of the Energy Contracting-Model (EC-P)

obligated to pay a levy to the supplier. Via contract the supplier offers one standing charge and two different unit rates to the customer. The first unit rate represents the costs for the kilowatt hour, which is purchased from the grid and which, with the standing charge, constitutes the supply contract like in the SQ-C-Model.

The second unit rate refers to the direct consumption of the renewable energy source. Due to the lower tax and levy charging, the unit rate 2 can be offered at lower price than the unit rate 1. The supplier has the FIT with the local DSO because of its operator status. The components of the unit rate 2 are detailed in the following formula:

$$\text{Unit Rate 2} = \text{Supplier Part} + \text{EEG-Levy} + \text{VAT} \quad (3)$$

For the unit rate 2 neither grid nor concession fee are incurred because of the none-take-up of the public electricity grid. CHP-levy, offshore-levy and the § 19 StromNEV surcharge are interpreted as a surcharge of the grid fee and that is why these are not discharged in this case. According to section 9 paragraph 1 German Electricity Tax Act (StromStG), no electricity tax must be paid for electricity from an electricity grid which is exclusively fed in by renewable energies.

Therefore, the unit rate 2 includes no electricity tax. In this unit rate only the VAT and the EEG-levy have to be discharged according to section 37 paragraph 3 German Renewable Energy Source Act (EEG) [7].

### CAPACITY TARIFF

The way from a “working world” that is characterised by kilowatt hours to a “power world” that is based on kilowatts is described in the second business model [8]. The major portion of customer expenditures do not consist of energy costs, like in the SQ-Model, but of the actually demand set up power. On the one hand, this becomes necessary due to the increased self-consumption percentage and on the other hand because of the further increasing role of the power as an influenceable magnitude in the smart grid [9].

In case of a *Consumer* (CT-C) the tariff is assembled by two rates (Figure 5). The first is a capacity charge in euro per kW which allocates the actual demand set up

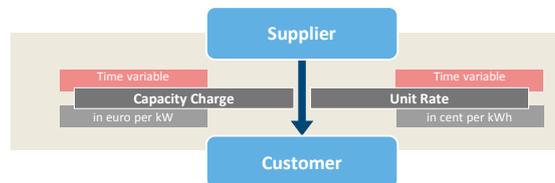


Figure 5: Capacity Tariff for a Consumer (CT-C)

power of the connection user. Compared with the SQ-Model the second part is a substantially reduced unit rate in cent per kWh, which still refers to the energy consumption of the customer.

The components of the capacity price and the unit rate are detailed in the following formulas:

$$\begin{aligned} \text{Capacity Charge} = & \text{Supplier Part} + \text{CHP-Levy} + \text{EEG-Levy} \\ & + \text{Offshore-Levy} + \text{Grid Usage} + \text{Billing} \\ & + \text{Measurement} + \text{Meter} + \text{Concession Fee} \\ & + \text{\$19StromNEV Surcharge} + \text{VAT} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{Unit Rate} = \text{Supplier Part} + \text{Electricity Tax} + \text{VAT} \quad (5)$$

The electricity tax is still included within the unit rate by the state institutions because of the intended impact of energy efficiency of this component. Both capacity charge and unit rate are variable in time to provide incentives for production-oriented consumption throughout the day. In order to keep the model simple, two time zones have been realized. Every component of capacity charge and unit rate is modifiable by a factor by the respective actor. The first time zone is from midnight to 11.00 a.m. and from 4.00 p.m. to midnight. Consequently, the second time zone is between 11.00 a.m. and 4.00 p.m..

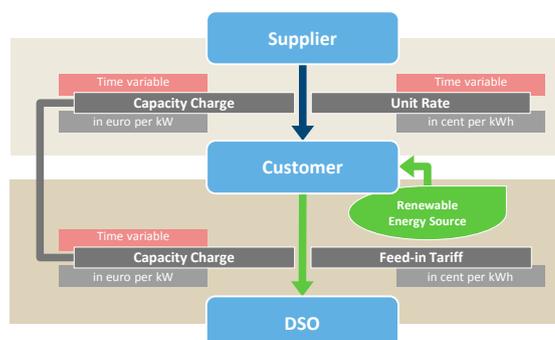


Figure 6: Capacity Tariff for a Prosumer (CT-P)

The SQ-Model has been used as a starting base for this business model.

In case of a Prosumer (CT-P) the CT-C-Model is supplemented in the sense that also the feed-in capacity is considered for the capacity charge (Figure 6).

The actual maximum, which is fundamental for the capacity charge, will be subsequently determined by the maximum of consumption and feed-in. The renewable energy which is fed into the distribution grid is still remunerated under the EEG.

**SIMULATION ENVIRONMENT GENESIS**

A simulation environment named GENESIS was developed to evaluate the corresponding business models for all actors. Under this amendment, the business models SQ, EC and CT were developed by using the Software CONSIDERO MODELER. The models are simulated on guidelines by the legislator and the energy system (Figure 7).

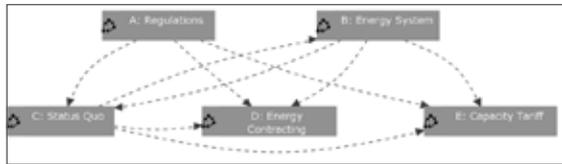


Figure 7: Overview of the main functions realized in GENESIS

Furthermore, in GENESIS it is possible to perform sensitivity analyses and takes conclusions for the business models and their actors.

**FRAMEWORK CONDITIONS**

The parameters considerations below are variably adjustable within the simulation environment and merely represent an example in their dimensions. The simulation period was therefore defined from 2013 to 2032. The residential customer was determined with an average electricity energy consumption of 3,500 kWh per year. In case of a Prosumer a photovoltaic system with 4 kW as well as a battery system with a capacity of 4.6 kWh and a calculated service life of 20 years were additionally specified. Due to this combination a self-consumption percentage of 60 percent was chosen. The annual price increase of the unit rate was fixed on 6 percent. This growth rate in turn, defines the rates of increase of all

components of the electricity price by using a special distribution key.

**BUSINESS CASES**

The revenues and expenditures for each actor and every business model were simulated in GENESIS according to the above mentioned parameters. The pool of actors consisted of customer, supplier, DSO, state institutions and MOP/DC. The diagrams show the economical result for each actor in every business model as accumulated curves over 20 years.

The customer has in the SQ-C-Case total expenditures over 20 years of almost EUR 39,000 (Figure 8). The customer expenditures take about the same development in the CT-C-Case because the SQ-Model is used as a reference base for the CT-Model. The little deviation between the SQ-C-Case and the CT-C-Case is based on the additional time variability of the CT-Model.

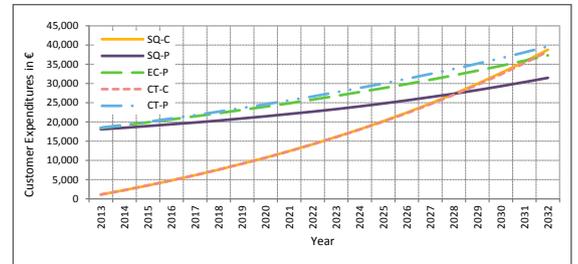


Figure 8: Customer expenditures in euro for all business cases

In case of a Prosumer the expected date of amortization for the customer in the SQ-P-Case will appear in 2028. In the EC-P-Case this point will be reached in 2031. Both amortization times are very late because of the currently high investment costs of battery systems. Within the CT-P-Case the customer has still the regular consumption as well as feed-in behaviour and do not conduct these according to the capacity incentives of this business model. Therefore, the amortization of the investment costs is not possible in this case.

As far as the revenues of the actors of the electricity price concerned, the supplier will serve as an example for all actors (Figure 9). The purchasing costs of the supplier are included in his revenues. As expected, the highest revenues of the supplier were recorded in the

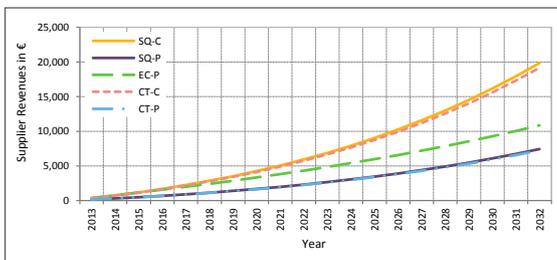


Figure 9: Supplier revenues in euro for all business cases

cases of SQ-C and CT-C because of the high amount of energy that has been sold.

In contrast, the supplier has the lowest revenue situation in the SQ-P-Case because of the reduced quantity of energy that was delivered through the distribution grid. The CT-P curve rises in a similar way to that because of the reference to the SQ-P-Case. The reduced revenues of the described *Prosumer* models have increased significantly within the EC-P-Case.

## CONCLUSIONS

The EC – and CT –Model were presented as wise business models approaches to solve the challenges of the residential electricity market. As far as the simulation results have shown, the simulation environment GENESIS is an adequate tool to simulate and evaluate corresponding business models.

Further sensitive analysis will offer more findings about the business models as well as the simulation environment. Therewith, the innovative business model approaches will be developed to a sustainable and viable solution for all actors in the residential electricity market.

## REFERENCES

- [1] Bundesnetzagentur, 2011, “Smart Grid und Smart Market”, Eckpunktepapier der Bundesnetzagentur zu den Aspekten des sich verändernden Energieversorgungssystems, Bonn
- [2] LEW Verteilnetz GmbH, 1998-2013, price sheets of grid usage and metrology, Augsburg
- [3] LEW AG, 1990-2013, tariff sheets of the general tariff named LEW [Grundversorgung Privat], Augsburg
- [4] TSOs, 2013, „EEG / KWK-G“, Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, www.eeg-kwk.net
- [5] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2012, „Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2011)“, Foliensatz zur Energie-Info
- [6] Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2012, „Vom Verbraucher zum Prosumer – Auswirkungen auf das Geschäftsmodell für Versorger“
- [7] I. Mikesic; H. Thieme et al, 2012, „Juristische Prüfung der Befreiung der Eigenerzeugung von der EEG-Umlage nach §37 Absatz 1 und 3 EEG“, Kurzgutachten
- [8] H. Wiechmann, 2012, „Die Smarte Energiewelt aus wettbewerblicher Sicht – Ein Zusammenspiel aus Smarten Kunden, Smart Market und Smartem Netz“, VDE-Kongress Smart Grid, Stuttgart
- [9] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2012, „Eckpunkte einer neuen Netzentgelt-systematik“, Stellungnahme, Berlin

## Sensorfusion von DGPS und INS für das autonome Testen eines Rennfahrzeugs

Entwicklung einer autonomen Fahrzeugführung



**Robert Dollinger**

robert.dollinger@hs-augsburg.de

### Betreuer

Prof. Dr. Carsten Markgraf

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Elektrotechnik  
+49(0)821 5586-3557  
carsten.markgraf@  
hs-augsburg.de

### R&D-Partner

Starkstrom Augsburg e.V.

Zur Optimierung des Fahrverhaltens eines elektrisch angetriebenen Rennfahrzeugs ist es hilfreich, Parameterstudien auf der Basis von reproduzierbaren Fahrmanövern durchzuführen. Auch sehr gut ausgebildete Testfahrer sind nur eingeschränkt in der Lage, bei diesen Fahrten für die notwendige Wiederholgenauigkeit zu sorgen. Aus diesem Grund wird im Rahmen dieses Projekts an der Hochschule Augsburg eine autonome Fahrzeugführung entwickelt, die die erforderliche Reproduzierbarkeit der Testfahrten gewährleistet. Die Basis dafür bildet eine präzise Bestimmung der Position und der Orientierung des Fahrzeugs. Im Rahmen dieses Projektmodul I wird untersucht, wie die Position mit Hilfe eines D-GPS Systems und einer Inertialsensorik (INS) mit der erforderlichen Genauigkeit und in der notwendigen Abtastrate ermittelt werden kann.

Das D-GPS System ermittelt die Position des Empfängers im Fahrzeug (Rover) per Satellitennavigation. Eine fest auf dem Testgelände installierte Basisstation ermittelt ebenfalls per Satellitennavigation ein Korrektursignal, das in Echtzeit per Funkmodem zum Rover übertragen wird. Auf diese Weise ist es möglich, einen Fehler kleiner als 2cm bei einer Abtastrate von 20ms zu erreichen. Nachteilig ist hierbei die Möglichkeit des Satelliten- und somit des Positionsverlusts. Außerdem führt die Abtastrate von 20ms bei höheren Geschwindigkeiten zu relativ großen Strecken ohne Positionsmesspunkt.

Aus diesem Grund wird zusätzlich zum D-GPS System ein Inertialsystem (INS), bestehend aus Beschleunigungssensoren und einem Gierratensensor zur Messung und Drehung des Fahrzeugs um die Hochachse, ins Fahrzeug integriert. Durch Integration der Beschleuni-

gung und Gierrate kann die zurückgelegte Strecke und Ausrichtung des Fahrzeugs und somit dessen Position bestimmt werden. Beim INS allein führen verschiedene Fehler, wie z.B. Sensoroffsets oder Verdrehungen des Sensorkoordinatensystems (z. B. beim Wanken, Nicken oder auf Steigungen), zu einem Drift im Positionssignal.

Im Rahmen dieser Arbeit werden das D-GPS und das INS so kombiniert, dass ein für das autonome Testen ausreichend genaues und robustes Positionssignal erzeugt und der Positionsregelung des Fahrzeugs zur Verfügung gestellt wird.

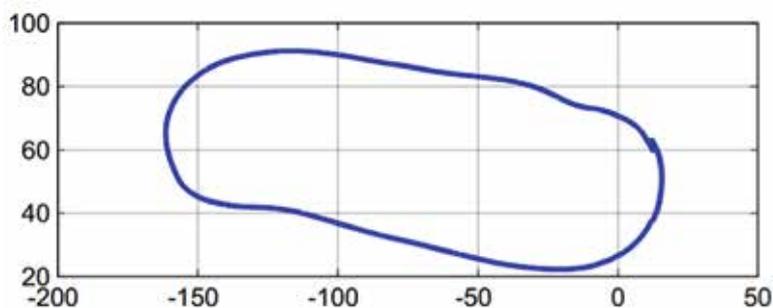


Abbildung 1: GPS - Positionsmessung während einer Testfahrt



Abbildung 2: Basisstation des D-GPS

## Steuerungskonzept für Produktionsmaschinen auf Basis standardisierter programmierbarer Antriebs- und Sicherheitsfunktionen

Prozessoptimierung und Steigerung der Wirtschaftlichkeit in der Antriebs- und Steuerungstechnik

Das Ziel bei der Entwicklung heutiger Produktionssysteme ist eine Prozessoptimierung und Steigerung der Wirtschaftlichkeit. Die dadurch ansteigende Komplexität in der Antriebs- und Steuerungstechnik erhöht den Aufwand bei der Realisierung von Einzel- und Serienmaschinen. Dabei nimmt im Verhältnis die eingesetzte Hardware zur Software immer weiter ab. Die angestrebten Ziele sind mit umfangreichen Softwarelösungen verbunden, welche immer weiter in die Sicherheitstechnik hineinreichen. Diese Situation wird in heutigen Planungsabläufen in der Industrie noch nicht ausreichend berücksichtigt. In sequenziellen Abläufen steht die Softwareentwicklung allzu häufig am Schluss der Entwicklungskette. Dadurch fehlt die Zeit für ein iteratives Vorgehen bei der Programmierung und anschließenden Validierung. Ein weiterer Punkt ist die zu späte Berücksichtigung sicherheitstechnischer Anforderungen von Produktionsmaschinen. So entstehen zusätzliche Aufwände bei der Entwicklung, die mit standardisierten sicheren Antriebs- und Sicherheitsfunktionen reduziert werden könnten.

Auf den ersten Blick scheint der Einsatz von Standardfunktionen eine Begrenzung der Möglichkeiten in der Realisierung von Produktionsanlagen zu sein. So lässt sich aktuell mit bereits existierenden Standardfunktionen ein Großteil der Grundfunktionen an Maschinen verwirklichen. Die PLCopen stellt dokumentierte und validierte Standardfunktionen zur Verfügung, die von namhaften Automatisierungstechnikherstellern in ihre Antriebssysteme und speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) integriert sind. Ein wichtiger Vorteil bei der Anwendung von standardisierten Sicherheitsfunktionen der PLCopen ist, dass bereits die Spezifikationen für die einzelnen Bausteine von benannten Stellen, wie Berufsgenossenschaft oder TÜV, geprüft wurden. Die Hochschule Augsburg beteiligt sich aktiv bei der Entwicklung neuer standardisierter Sicherheitsfunktionen und bei der Erstellung von Programmierrichtlinien.

Einer der Grundlagen für das Konzept zur Integration von standardisierten sicheren Antriebs- und Sicherheitsfunktionen sind Experteninterviews mit Industriepartnern in verschiedenen Branchen. Durch Gespräche mit Anlagenherstellern, wie manroland web systems und KUKA, leiten sich Informationen zum Verbreitungsgrad

und der Einsatzmöglichkeit standardisierter Sicherheitstechnik ab. Aus diesen Informationen ergibt sich ein Anforderungsprofil an das Bedien- und Steuerungskonzept für Produktionsmaschinen. Die gesammelten Anforderungen der Hersteller und der neueste Stand der Technik werden an einer Demonstrationsanlage am Technologie Transfer Zentrum (TTZ) in Nördlingen praktisch veranschaulicht.

Zielsetzung des Steuerungskonzeptes ist es, die technischen und wirtschaftlichen Aspekte bei der Umsetzung von Maschinenfunktionen zu berücksichtigen. Die Nutzung von Standardfunktionen soll den Entwicklern flexible und effiziente Wege zur Lösung sicherheitstechnischer Aufgaben in der Automatisierung von Produktionsmaschinen aufzeigen.



Christoph Berger, B.Eng

christoph.berger@hs-augsburg.de

### Betreuer

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Zeller

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Elektrotechnik

Telefon +49(0)821 5586-3342  
 wolfgang.zeller@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Automatisierungstechnik
- Steuerungstechnik

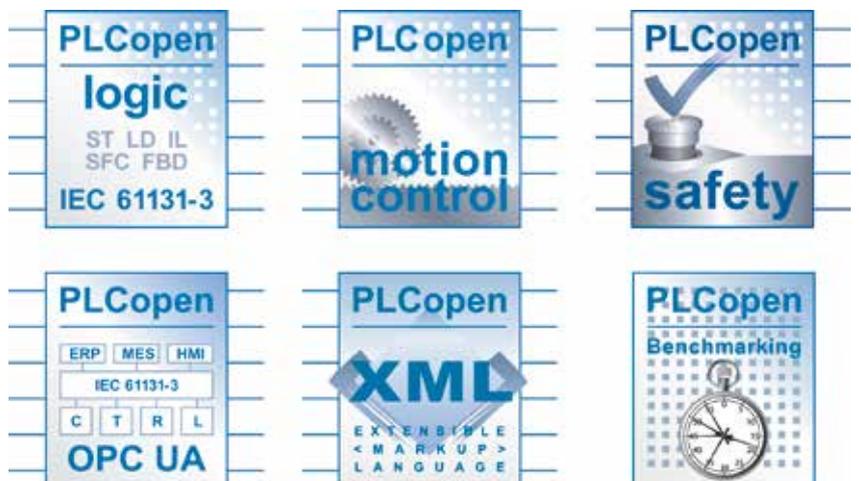


Abbildung 1: Darstellung der derzeitigen sechs Arbeitsfelder der Organisation PLCopen. Diese Logos zeigen einen etablierten Standard im Bereich der Automatisierungstechnik. [Bildquelle: www.PLCopen.org].

## Abstimmbare Filter für Hochfrequenzsysteme

Satellitenkommunikation, Mobilfunk und Richtfunk



Philipp Heine, B.Eng.

philipp.heine@hs-augsburg.de

### Betreuer

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Stolle

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Elektrotechnik

Telefon +49(0)821 5586-3356

reinhard.stolle@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Hochfrequenztechnik
- Nachrichtensysteme
- Elektronische Bauelemente

Filter in Hochfrequenzsystemen besitzen meist eine strikt festgelegte Übertragungscharakteristik hinsichtlich Bandbreite und Mittenfrequenz. Durch die nur begrenzte Verfügbarkeit der Ressource Frequenz wird der Fokus moderner Systeme in Satellitenkommunikation, Mobilfunk und Richtfunk auf eine dynamische Nutzung unterschiedlicher, schmaler Frequenzbänder mit nur einem System gelegt. Dies hat zur Folge, dass für jedes Frequenzband ein gesonderter Filter zum Schutz der benachbarten Bänder bzw. Kanäle eingesetzt werden muss. Eine räumlich und ökonomisch vorteilhafte Lösung stellt der Einsatz eines abstimmbaren Filters dar.

### ANALOGE FILTER IN FUNKSYSTEMEN

Bei der aktiven Verarbeitung eines Signals mit beispielsweise einem Verstärker entstehen unter anderem durch nichtlineare Effekte Signalprodukte, welche sich im Spektrum nah am gewählten Frequenzbereich befinden. Durch diese Signalprodukte können benachbarte Übertragungen, beispielsweise benachbarte Kanäle in einem Mobilfunkband, stark negativ beeinflusst werden. Um die Störung so gering wie möglich zu halten, wird in einem Sendezug als letzte Komponente vor der Antenne ein Filter eingesetzt. Auf der Empfängerseite soll ausschließlich das gewünschte Frequenzband verarbeitet und die Signale im restlichen Spektrum möglichst stark gedämpft werden.

Um diese Forderungen zu erfüllen werden Filter aus gekoppelten Resonatoren eingesetzt. Ein Resonator stellt bei einer bestimmten Frequenz einen Energiespeicher dar, welcher über seine ungeladene Güte  $Q_U$  spezifiziert wird.

$$Q_U = 2\pi * \frac{\text{gespeicherte Energie}}{\text{absorbierte Energie pro Zyklus}}$$

Durch die Verkoppelung mehrerer Resonatoren kann die Bandbreite eines Filters definiert werden.

### HERAUSFORDERUNG

Bisher entwickelte Systeme sind meist auf ein gesamtes Frequenzband ausgelegt. Es sollen nun dynamisch einzelne Kanäle aus diesem Band mit nur einem Filter selektiert werden. Dies hat zur Folge, dass die Anforderung an die

Güte des Filters erhöht wird, da diese in direktem Zusammenhang zur relativen Bandbreite des Filters steht.

$$Q = \frac{1}{\delta f}$$

Gleichzeitig muss das Filter über einen Abstimmmechanismus verfügen, um unterschiedliche Kanäle selektieren zu können. Dabei tritt das Problem auf, dass bei einer Veränderung der Resonanzfrequenz der einzelnen Resonatoren auch eine Veränderung der Bandbreite des Filters auftreten kann. Es ist somit möglich, dass das abgestimmte Filter nicht mehr auf den gewünschten Kanal passt.

Diese Herausforderungen gilt es im Rahmen dieser Forschungsarbeit zu lösen.

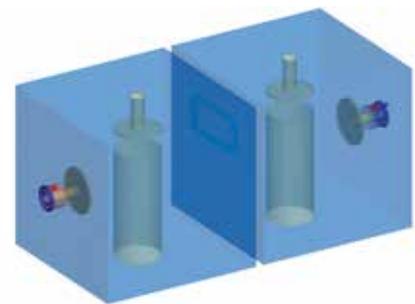


Abb. 1: Simulationsmodell mit Iris gekoppelter Koaxial-Resonatoren.

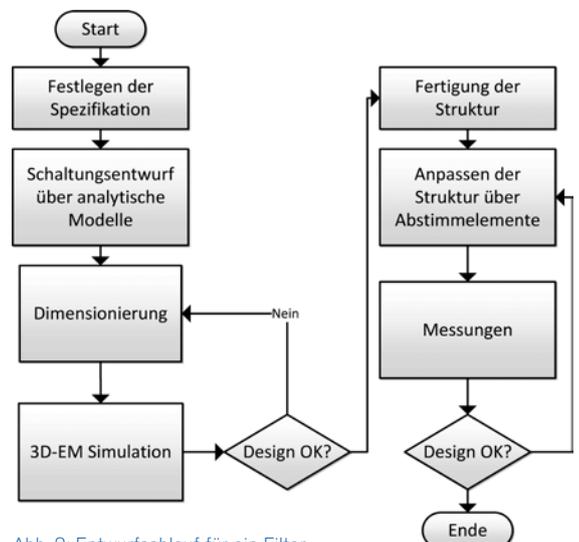


Abb. 2: Entwurfsablauf für ein Filter.

## Entwicklung von Simulationsmodellen

Modelle für verkoppelte DSL-Leitungen mit großer Signalbreite

In den aktuellen DSL-Standards werden üblicherweise Frequenzen bis 2,2 MHz (ADSL2+) oder bis 30 MHz (VDSL2) verwendet. In diesem Frequenzbereich und mit diesen Standards werden heute Datenraten von bis zu 50 Mbit/s (VDSL2) erreicht. Doch die Technik wird sich in Zukunft verstärkt daran orientieren, dass nicht nur Telefon und Internet, sondern weitere „Home-Anwendungen“ wie VoIP, VoD oder das klassische TV über die Telefonleitung ins Haus kommen. Damit dies ermöglicht wird, müssen die Leitungen noch höhere Datenraten als bislang übertragen können. Um diese Datenraten zu realisieren, bedarf es einiges an technischem Aufwand.

Eine Möglichkeit, dieses Ziel zu erreichen, ist die Signalbandbreite zu erhöhen. Dies wird mit dem neuen DSL-Standard „G.fast“ umgesetzt, der die bis zu siebenfache Bandbreite von VDSL2 spezifiziert. Durch die Nutzung höherer Frequenzen treten jedoch bei

Kupferleitungen, die in den meisten Häusern installiert und nur für geringe Frequenzen ausgelegt sind, verstärkt parasitäre Effekte auf, die bei der Modellbildung der verwendeten Leitungen zu berücksichtigen sind. Eine andere Möglichkeit zur Erhöhung der Datenraten ist die Bündelung von Leitungen. Ein als Vectoring bezeichnetes Übertragungsverfahren nutzt auch das zwischen den gebündelten Leitungen auftretende Nebensprechen. Dies wird mit dem DSL-Standard „G.vector“ umgesetzt, einer Ergänzung des VDSL2-Standards. Mit der gleichzeitigen Anwendung von Vectoring und höheren Bandbreiten lassen sich Datenraten von über 1 Gbit/s verwirklichen.

Das Ziel des Forschungsprojektes ist es, Simulationsmodelle für die beschriebenen Leitungsbündel zu entwickeln, um die erzielbare Datenrate möglichst genau vorherzusagen zu können.



Thomas Blenk, B.Eng.

thomas.blenk@hs-augsburg.de

### Betreuer

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Stolle

### Hochschule Augsburg

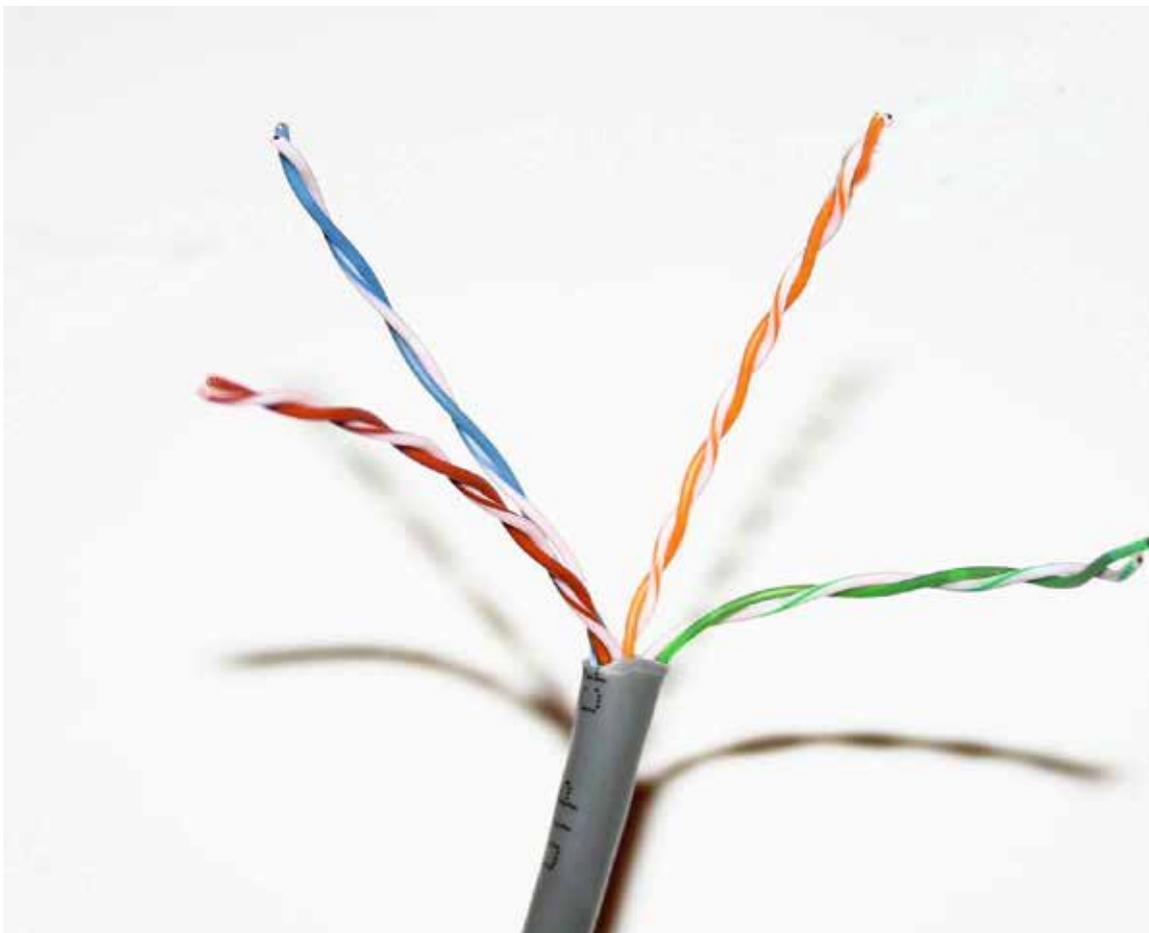
Fakultät für Elektrotechnik

Telefon +49(0)821 5586-3356

reinhard.stolle@hs-augsburg.de

### Fachgebiete

- Hochfrequenztechnik
- Nachrichtensysteme
- Elektronische Bauelemente



Kabelbündel mit vier Twisted Pair Leitungen

(Bildquelle: <http://khurney.blogspot.de/>)

## Nachhaltigkeit von Energie-Plus-Häusern

Wie werden Energie-Plus-Häuser sinnvoll bewertet?



Johannes Rieger, B.Eng.

johannes.rieger@hs-augsburg.de

### Betreuer

Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig  
Prof. Dipl.-Ing. Georg Sahner

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Architektur und  
Bauingenieurwesen

E2D Energie Effizienz Design

Telefon +49(0)821 5586-3611  
runa.hellwig@hs-augsburg.de

Telefon +49(0)821 5586-3116  
georg.sahner@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig

- Monitoring und Optimierung von Energie und Raumklima
- Nutzerzufriedenheit und Wechselwirkungen Nutzer-Gebäude-Technik
- Energieeffizientes und nachhaltiges Bauen
- Nachhaltigkeitsbewertung, -zertifizierung

### Fachgebiete

Prof. Dipl.-Ing. Georg Sahner

- Baukonstruktion
- Entwurf
- Gebäudetechnologie
- Energie Effizienz Design

Im Energiekonzept der deutschen Bundesregierung ist festgelegt, bis zum Jahr 2020 den Primärenergieverbrauch um 20 Prozent und die Treibhausgas-Emissionen um 40 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 zu senken. Der Anteil der Erneuerbaren Energien soll dabei bis zum Jahr 2050 auf 60 Prozent ausgeweitet werden. Gebäude weisen einen Anteil von etwa 40 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland auf. Um diese Ziele zu erreichen und die angestrebte Energiewende zu bewältigen, fördert das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) die Verbreitung des Energie-Plus-Haus-Standards. Das Förderprogramm des BMVBS „Effizienzhaus-Plus“ soll hierfür ein Instrument darstellen.

Danach sind die wesentlichen Kriterien für das Erreichen dieses Standards ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf ( $Q_p < 0$  [kWh/m<sup>2</sup>a]) und ein negativer Jahres-Endenergiebedarf ( $Q_f < 0$  [kWh/m<sup>2</sup>a]). Desweiteren sind die Nachweise nach der aktuellen EnEV 2009 und der DIN 18599 zu führen. Als Bilanzgrenze ist das Grundstück, auf dem das Gebäude steht definiert. Klare gesetzlich geregelte Bewertungskriterien für den Energie-Plus-Haus Standard gibt es jedoch noch nicht.

Dabei sind sowohl die zeitliche, als auch die räumliche Bilanzgrenze maßgeblich für die Bewertung eines Gebäudes. Der bisherige Betrachtungszeitraum beläuft sich auf ein gesamtes Jahr. Die Energie-Produktion des Gebäudes findet jedoch überwiegend in den Sommer- und Übergangsmonaten statt. Auch die räumliche Bilanz-

grenze müsste erweitert werden. Beispielsweise wäre es sinnvoll, gesamte Quartiere oder kommunale Strukturen im Rahmen eines Energie-Plus-Haus-Konzeptes zu bilanzieren. Dadurch, dass die Einspeisevergütung von solar produziertem Strom aufgrund der Überlast rückläufig ist, ist ein entscheidender Bewertungs-Parameter der Selbstnutzungsgrad der innerhalb der Bilanzgrenzen erzeugten Energie. Die Bestimmung des Selbstnutzungsgrades erfolgt durch die Gegenüberstellung der produzierten mit der verbrauchten Energie. Durch eine Synchronisation des Gesamtsystems und durch Speicherung kann der Selbstnutzungsgrad erhöht werden.

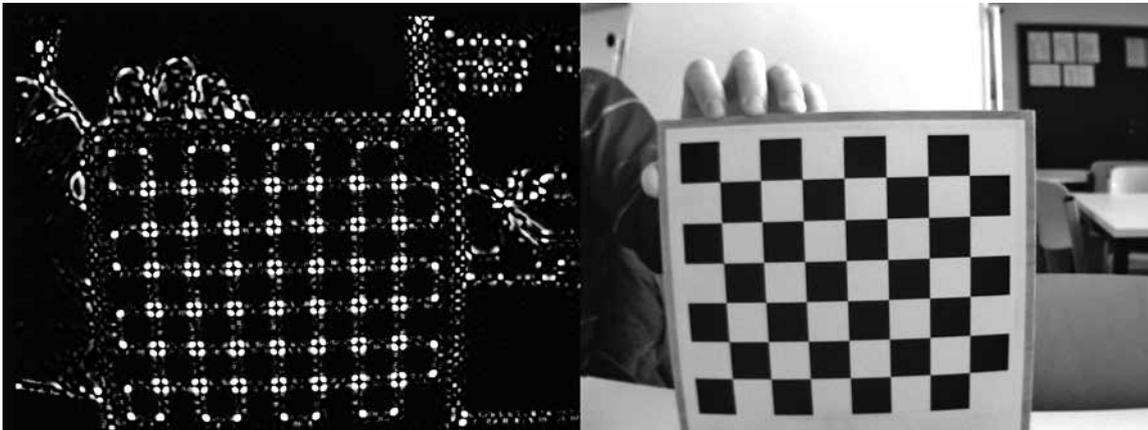
Eine weitere geeignete Bewertungsgröße für ein Energie-Plus-Haus ist die im Rahmen einer Lebenszyklus-Betrachtung ermittelte „Graue Energie“, welche in sämtlichen im Gebäude verbauten Materialien und Bauteilen vorhanden ist. Die „Graue Energie“ ist der kumulierte Aufwand an energetischen Rohstoffen, die erforderlich sind um ein Produkt oder eine Leistung an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb eines Systems bereitzustellen. Das System umfasst in der Regel alle wichtigen Prozesse, vom Rohstoffabbau beginnend bis zum Ort der Bereitstellung.

Das Ziel des ersten Forschungsmoduls im Rahmen des „Master of Applied Research“ ist die Erarbeitung von wesentlichen Bewertungsgrößen für eine geeignete Definition eines Energie-Plus-Hauses, auf der Basis der Beurteilung der bisherigen Kriterien des „Effizienzhaus-Plus“.



## Hardwarebeschleunigte Bildtransformationen und Extraktion natürlicher Merkmale

Teilprojekt des vom BMBF geförderten Forschungsprojektes „Triokulus“



Extraktion natürlicher Bildmerkmale als Vorverarbeitungsschritt zur Objekterkennung

Ein bedeutender Teil des Studiums im Masterstudiengang Master of Applied Research in Engineering Sciences (MAPR) besteht in der aktiven Mitarbeit an einem aktuellen Forschungsprojekt der Hochschule. Im Nachfolgenden werden die Ergebnisse meiner Projektarbeiten und das BMBF-Forschungsprojekt Triokulus vorgestellt.

Das Hauptthema von Triokulus (vgl. Bericht: „Intelligente Kameras und effiziente eingebettete Systeme“) und der Arbeitsgruppe Effiziente Eingebettete Systeme (EES) bildete in den vergangenen Jahren die Entwicklung von Hard- und Softwaremodulen zur Bildverarbeitung auf eingebetteten Systemen. Diese finden ihre Anwendung in Augmented Reality- und Trackingsystemen, wie sie beispielsweise bereits in der Robotik-, Spiele- und Automobilindustrie eingesetzt werden. Da Bildverarbeitungsalgorithmen oft rechenaufwändig sind, stellt ihre Implementierung auf ressourcenarmen eingebetteten Systemen eine große Herausforderung dar. Trotz der begrenzten Rechenleistung mobiler Rechenplattformen besteht nicht selten der Bedarf für performante, echtzeitfähige Bildverarbeitungssysteme (~30 Bilder pro Sekunde). Durch den Einsatz von programmierbarer Hardware (FPGAs) können Teile dieser Algorithmen durch Parallelisierung und anwendungsspezifische Hardwaremodule deutlich beschleunigt werden.

Im Rahmen einer Projektarbeit und in Zusammenarbeit mit der Firma FORTech Software GmbH ent-

stand das Hardwaremodul NITRA+. Dieses ermöglicht die Durchführung nicht-linearer Bildtransformationen in Echtzeit. Ein Beispiel ist die Korrektur von Lin- senverzerrungen. Diese entstehen durch den Einsatz weitwinkliger Linsen, wie sie häufig für industrielle Anwendungen eingesetzt werden. Mit dem Anwendungsfall „Rektifizierung und Entzerrung von Weitwin- kelaufnahmen“ wurde das Modul im vergangenen Jahr auf der IEEE-Konferenz ReConFig2012 und der Messe Embedded World 2012 vorgestellt.

Ein weiteres wichtiges Themengebiet der Computervision ist die Objekterkennung. Diese wird generell in drei Phasen unterteilt: Die Detektion markanter Bildpunkte (Detektor), Beschreibung der Punkte anhand ihrer Umgebung (Deskriptor) und dem Zuordnen der daraus entstehenden Merkmale zu einem Objekt (Matching). Für die Detektorstufe müssen in der Regel mehrfach Filteroperationen auf das gesamte Bild durchgeführt werden, was eine rechenaufwändige Aufgabe darstellt. Das Hardwaremodul FlowSURF parallelisiert diese Filteroperationen und ist dadurch in der Lage, markante Bildmerkmale in Echtzeit zu extrahieren, was exemplarisch in der Abbildung dargestellt ist. In einem weiterführenden Projekt sollen auch die übrigen Arbeitsschritte in einer FPGA-basierten, intelligenten Kamera implementiert werden, um eine attraktive Plattform für Tracking Augmented Reality Anwendungen zu schaffen.



Matthias Pohl, B. Eng.

matthias.pohl@hs-augsburg.de

### Betreuer

Prof. Dr.-Ing. Gundolf Kiefer

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik

Telefon +49(0)821 5586-3329

gundolf.kiefer@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Embedded Systems
- FPGA-Entwicklung
- Bildverarbeitung
- Betriebssysteme

## Intelligente dezentrale Softwareagentensysteme in der Verkehrsleittechnik

Steuerung von Verkehrsleitsystemen



Christian Ego, B.Sc.

[christian.ego@hs-augsburg.de](mailto:christian.ego@hs-augsburg.de)

**Betreuer**

Prof. Dr.-Ing. Thorsten Schöler

**Hochschule Augsburg**

Fakultät für Informatik  
 Telefon +49(0)821 5586-3445  
[thorsten.schoeler@hs-augsburg.de](mailto:thorsten.schoeler@hs-augsburg.de)

**Fachgebiete**

- Softwareagenten
- Complex Event Processing (CEP)
- Datenstrommanagement
- Cyber Physical Systems
- Mobile Computing

<http://divan.informatik.hs-augsburg.de/>

Moderne Verkehrsleitsysteme werden heutzutage üblicherweise durch einen zentralen Verkehrsleitreechner gesteuert. Dabei hat das einzelne System an sich jeweils nur einen sehr begrenzten Überblick über die lokale Verkehrssituation.

Die Analyse der Verkehrssituation erfolgt über zentrale Algorithmen. Die Erfassung bzw. Wahrnehmung des lokalen Verkehrsaufkommens an einer Kreuzung wiederum erfolgt in der Regel über Induktionsschleifen oder moderner, mit Laser-, Radar-, Infrarot- oder Video-Detektoren ca. 60 Meter vor der Lichtsignalanlage.

Dadurch ergeben sich deutliche Einschränkungen, da aufkommender Verkehr erst zu spät erfasst werden kann, um Auswirkungen auf die aktuelle Signalphase zu haben.

In heutigen urbanen Verkehrsleitsystemen besteht noch nicht die Möglichkeit in Echtzeit genaue Vorhersagen über den zu erwartenden Verkehr an einzelnen Kreuzungen zu treffen. Da jedoch mit steigendem Verkehrsaufkommen auch die Anforderungen an Verkehrsleitsysteme gestiegen sind, hat es sich Projekt DIVAN zum Ziel gesetzt, ein Multi-Agenten-basiertes intelligentes Verkehrsleitsystem mit einer dezentralen System-Architektur mit Sensoren, Aktoren und einer Wissensbasis umzusetzen.

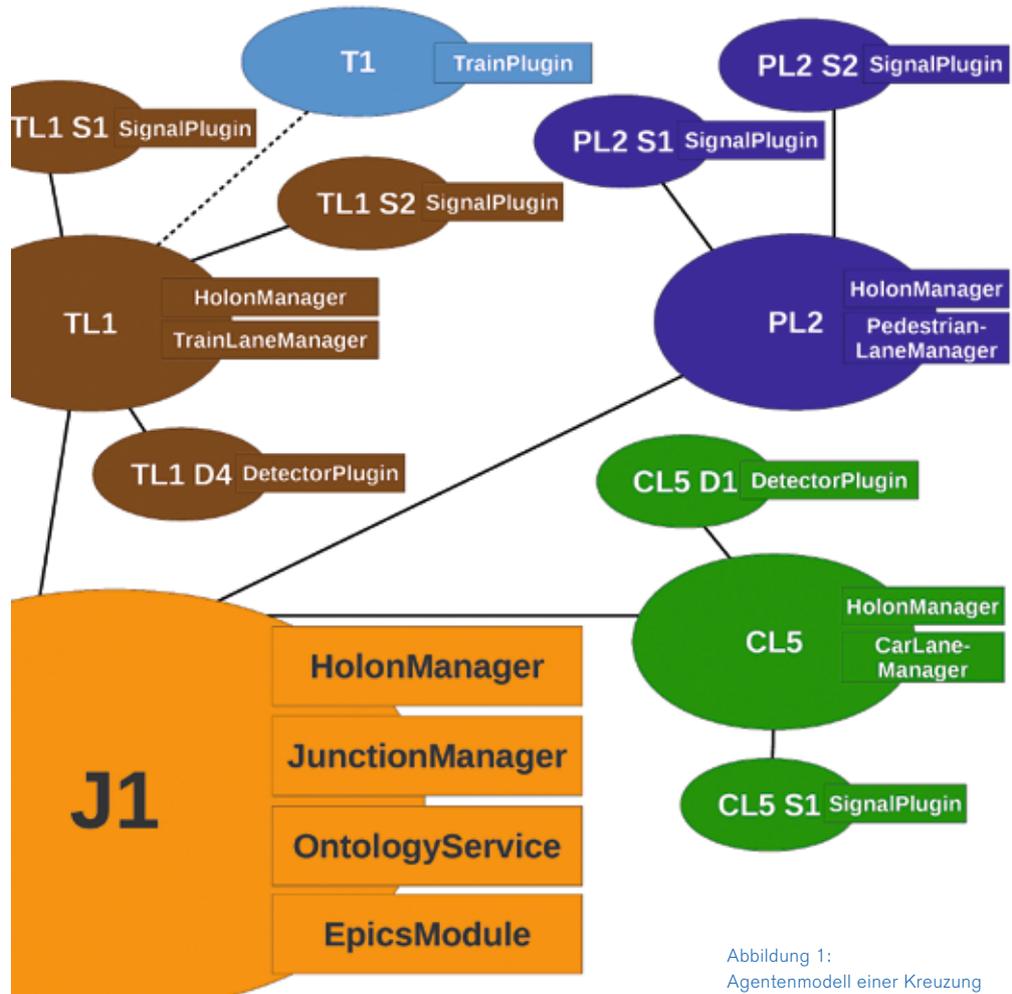


Abbildung 1:  
Agentenmodell einer Kreuzung

DIVAN steht dabei für Digitale intelligente Verkehrsleit-Agententechnik und Normung. Es wurde ausgeschrieben vom Deutschen Institut für Normung (DIN) und wird im Rahmen des Masterstudiengangs Master of Applied Research an der Hochschule Augsburg in Kooperation mit GEVAS software GmbH München durchgeführt.

#### KONZEPT

Ausgehend von der schematischen Darstellung einer fiktiven Kreuzung wurde ein Agentenkonzept zur Repräsentation aller relevanten Infrastruktureinheiten, sowie auch der Verkehrsteilnehmer, entworfen. Dieses ermöglicht es den Verkehrsteilnehmern nicht nur mit der Infrastruktur, sondern auch untereinander zu kommunizieren.

DIVAN verwendet die an der Hochschule entwickelte Agentenplattform Scala Multi Agent System (SMAS). Die Agenten in dem vorgestellten Konzept sind jeweils SMAS-Nodes mit Plugins, die deren Verhalten definieren.

Neben der lokalen Ansicht einer Kreuzung sieht das Konzept auch eine übergeordnete Ebene vor, die ein komplettes Verkehrsnetz abbildet. In dieser übergeordneten Ansicht werden Kreuzungen als eigene Agenten verstanden, die dem System eine Kommunikation zwischen den Kreuzungen ermöglichen sollen.

Das Konzept sieht dabei nicht nur die Integration von wissensbasierten Systemen, wie Ontologien vor, sondern greift auch auf etablierte Verkehrssteuerungsmodule, wie BALANCE und EPICS, mit bewährten Algorithmen zurück.

#### PERSPEKTIVE UND AUSBLICK

Die Möglichkeit der Verkehrsteilnehmer, sowohl untereinander als auch mit der Infrastruktur zu kommunizieren, ist die Schlüsselfähigkeit eines zukünftigen dezentralen adaptiven Verkehrsleitsystems zur Optimierung des Verkehrsflusses.

Die Teilnehmer sind dadurch auch befähigt, das System bereits im Vorfeld über die geplante Route zu informieren und diese Informationen dem System zur Berechnung der Vorhersage des zu erwartenden Verkehrsaufkommens zur Verfügung zu stellen. Tote Warte-

zeiten an wenig befahrenen Kreuzungen könnten damit vermieden bzw. drastisch reduziert werden und dem Verkehrsteilnehmer wird dadurch die Fahrt erleichtert.

Nicht nur die von Verkehrsteilnehmern zur Verfügung gestellten Informationen können als Quelle für die Berechnung des Verkehrsaufkommens genutzt werden, sondern jede Kreuzung ist in der Lage, die jeweils nachfolgende über die Anzahl der in Kürze zu erwartenden Fahrzeuge zu informieren und damit zusätzliche Daten zur Berechnung bereitzustellen.

Durch die Integration externer Quellen profitieren Verkehrsteilnehmer außerdem von frühzeitigen Staumeldungen, Wettervorhersagen oder der aktuellen Verkehrssituation im Allgemeinen. Dabei lassen sich Daten aus externen Systemen wie bspw. TomTom HD Traffic sowie systeminterne Daten aggregieren.

Aktuell wird auf Grundlage des Konzeptes ein Prototyp mit Anbindung an ein Verkehrssimulationstools erstellt. Zum Einsatz soll dabei entweder NONSTOP oder SU-MO (Simulation of Urban Mobility) kommen. Letzteres eignet sich besonders für Forschungszwecke da es ein Open-Source Projekt des DLR ist

## Lean Management Umsetzungsgrad und Einführungs-Strategien für bayerisch-schwäbische KMUs

Schlüsselfaktoren für den Unternehmenserfolg



Frédéric Erben B.A.

frederic.erben@hs-augsburg.de

### Betreuer

Prof. Dr. Peter Richard

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft

Telefon +49(0)821 5586-2931

peterrichard@hs-augsburg.de

### Forschungsgebiete

- Materialwirtschaft
- Logistik

Lean Management gilt heute als einer der Schlüsselfaktoren für den Unternehmenserfolg. Das von Toyota entwickelte Produktionssystem kann auf eine jahrzehntelange weltweite Erfolgsstory zurückblicken. Heute gilt zwar immer noch der Automotive-Bereich als diejenige Branche mit dem höchsten Umsetzungsgrad, doch die Lean-Management-Philosophie hat mittlerweile in Unternehmen aller Größen und aller Branchen Einzug gehalten. Durch die Ergebnisse des aktuellen Forschungsvorhabens sollen vor allem kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) unterstützt werden.

### DER LEAN MANAGEMENT UMSETZUNGSGRAD IST SCHWER ZU ERMITTELN

Da einzelne Bausteine des Lean Managements auch autonom eingesetzt werden können, gibt es verschiedene Auffassungen, was es bedeutet, Lean Management umzusetzen. Generell kann der Umsetzungsgrad anhand von harten und weichen Kriterien ermittelt werden. Ein Auszug dieser Kriterien ist in Abb. 1 dargestellt. Harte Kriterien sind beispielsweise die Entwicklung von Kennzahlen, die durch den Einsatz von Lean Management beeinflusst werden können oder die Anzahl der angewandten Lean Management Tools in einem Unternehmen. Die Herausforderungen bei der Ermittlung des Umsetzungsgrad sind jedoch die weichen Faktoren. Da Lean Management als Philosophie in der Unternehmenskultur verankert werden muss und die Art und Weise, wie dies geschieht, stark vom jeweiligen Unternehmen abhängt, kann ihr Umsetzungsgrad nur sehr schwer objektiv bewertet werden.

### ERFAHRUNGSAUSTAUSCH IN GEMEINSAMER SACHE

Kleine und mittlere Unternehmen bilden das oft zitierte Rückgrat der deutschen Wirtschaft. Gemäß einer Studie des Instituts für Mittelstandforschung erfüllen 99,5 Prozent der in Deutschland ansässigen Unternehmen die EU-Kriterien. Diese definieren KMUs als Unternehmen mit bis zu 250 Beschäftigten und einer Bilanzsumme von höchstens 43 Mio. Euro bzw. einem Maximalumsatz von 50 Mio. Euro. Diese verfügen oftmals nicht über ausgewiesene Lean-Experten und haben dadurch einen Nachteil beim Ausbau ihrer Lean-Management-Aktivitäten. Durch die Einrichtung eines Lean-Management Arbeitskreises an der Hochschule Augsburg soll eine Plattform geschaffen werden, die interessierte und motivierte KMUs nutzen können, um sich in diesem Bereich weiterzuentwickeln. Teilnehmen können 10 bis 15 Unternehmen, die eine vergleichbare Größe und ein ähnliches Betätigungsfeld aufweisen. Um einen offenen und vertrauensvollen Austausch zu ermöglichen, wird die Mitgliedschaft in einer Erfahrungsaustauschgruppe vertraglich geregelt.

### IMPLEMENTIERUNGS-STRATEGIEN SICHERN DIE WETTBEWERBSFÄHIGKEIT VON KMUS

Ziel ist es, ein objektives Bewertungsschema zur Bestimmung des Lean-Management-Umsetzungsgrads zu entwickeln und gemeinsam Implementierungsstrategien abhängig vom jeweiligen Umsetzungsgrad zu erarbeiten. KMUs sollen so in der Lage sein, ihre Aktivitäten in diesem Bereich zu intensivieren und so ihre Marktposition zunächst zu sichern und auch weiter auszubauen.

Abbildung 1: Auszug von Kriterien zur Ermittlung des Lean-Management-Umsetzungsgrads



## Durch geeignete Strategien der internen Komplexität im Unternehmen entgegen wirken

Erhöhter Planungs-, Kontroll- und Steuerungsaufwand erfordert neue Maßnahmen

Aufgrund verschiedener Megatrends in der Weltwirtschaft wie der Globalisierung, verkürzter Technologie- und Produktlebenszyklen oder einer zunehmenden Struktur- und Prozessorientierung, agieren Unternehmen in einem immer komplexer werdenden Umfeld. Um Wettbewerbsvorteile in dieser instabilen Umgebung zu erzielen, reagieren Unternehmen oft mit einer sukzessiven Erweiterung ihrer Produktpalette. Dies führt nicht nur zu einer steigenden Anzahl von Typen und Varianten, sondern auch zu einer zunehmenden Komplexität bei der Planung, Steuerung und Kontrolle. Geeignete Strategien für ein effizientes Komplexitätsmanagement sollen helfen, zielführende Maßnahmen zum Umgang speziell mit intern verursachter Komplexität zu definieren.

### KOMPLEXITÄT IM UNTERNEHMEN HAT VERSCHIEDENE URSACHEN UND AUSWIRKUNGEN

Komplexität in Unternehmen hat verschiedenste Ursachen, sogenannte Komplexitätstreiber. Unterteilen lassen sich diese in interne und externe Faktoren.

Externe Komplexitätstreiber wirken von außen auf das Unternehmen und können nur begrenzt beeinflusst werden. Diese Form der Komplexität wird durch die Beschaffungs- und Absatzmärkte und den Wettbewerb beeinflusst. Die interne Komplexität kann wiederum in korrelierende und autonome Faktoren unterteilt werden. Korrelierende Komplexitätstreiber haben einen unmittelbaren Zusammenhang mit der externen Komplexität. Die autonome Komplexität hingegen entsteht durch die strukturellen und organisatorischen Gegebenheiten sowie durch die Abläufe und Verhaltensweisen innerhalb eines Unternehmens.

Die Auswirkungen von zunehmender Komplexität im Unternehmen sind ebenso vielseitig wie deren Ursachen, führen im Allgemeinen jedoch zu einem erhöhten Planungs-, Steuerungs- und Kontrollaufwand der Material- und Informationsflüsse. In der weiteren Konsequenz kann es zu einer Verschlechterung der Qualität aufgrund von unkontrollierbaren und instabilen Prozessen und zum Verlust der Reaktionsfähigkeit und Flexibilität aufgrund verschiedener Verflechtungen und Wechselwirkungen, kommen. Steigende Komplexitätskosten, welche durch zusätzliche Ausgaben für die

Beschaffung, Produktion und Handhabung zu vieler Varianten entstehen, sind eine weitere Folge.

### INTERNE URSACHEN IDENTIFIZIEREN UND GEEIGNETE STRATEGIEN ENTWICKELN

Um den genannten Effekten entgegen zu wirken, müssen Unternehmen der wachsenden Komplexität mit geeigneten Strategien zur Reduktion der Gesamtkomplexität begegnen, um auch zukünftig eine starke Position in einem wettbewerbsintensiven Umfeld einzunehmen. Am unmittelbarsten zu beeinflussen sind dabei die unternehmensinternen Faktoren, die sich aus den internen Strukturen, Hierarchiestufen, Prozessen und Zielsetzungen ergeben.

Durch eine Online-Unternehmensumfrage werden die Bedeutung und die Abhängigkeiten dieser Faktoren genauer spezifiziert. Im Anschluss werden mit Hilfe von Experten-Interviews geeignete Strategien zur Reduktion, Vermeidung und Beherrschung von interner Komplexität entwickelt.



Anna Pfefferle B.A.

[anna.pfefferle@hs-augsburg.de](mailto:anna.pfefferle@hs-augsburg.de)

#### Betreuer

Prof. Dr. Michael Krupp

#### Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft  
 Telefon +49(0)821 5586-2942  
[michael.krupp@hs-augsburg.de](mailto:michael.krupp@hs-augsburg.de)

#### Fachgebiete:

- Supply Chain Management

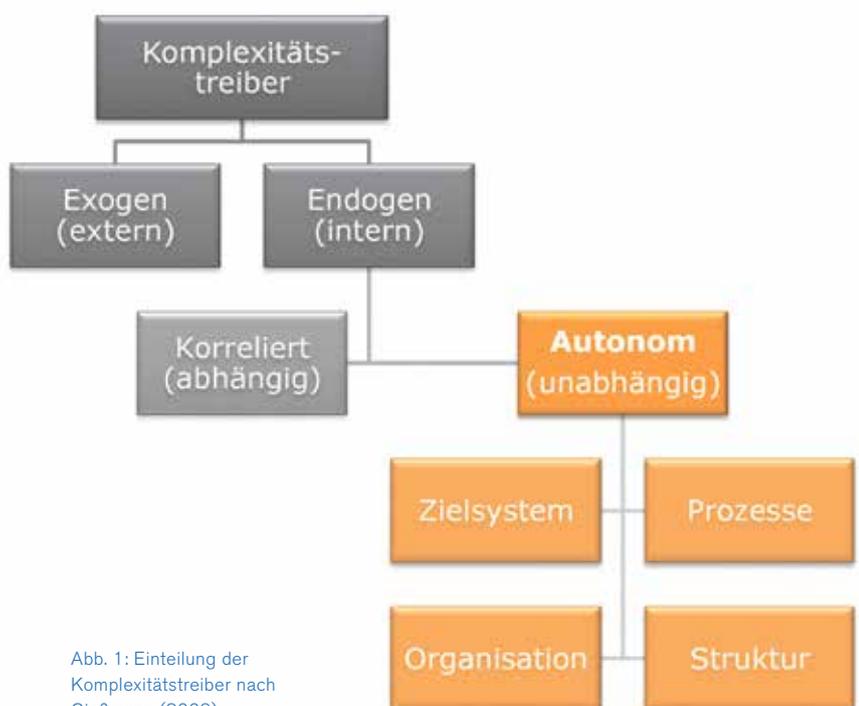


Abb. 1: Einteilung der Komplexitätstreiber nach Gießmann (2009).

HSASec

## Konvertierung von Datenmodellen zwischen Fuzzing-Frameworks

Blackbox-Testmethode für Softwaresysteme



Florian Schmidt

florian.schmidt@hs-augsburg.de

### Betreuer

Prof. Dr. Gordon Thomas  
Rohrmair

### Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik  
Telefon +49(0)821 5586-3211  
gordonthomas.rohrmair@  
hs-augsburg.de

### Fachgebiet

■ IT-Sicherheit

Fuzzing oder Fuzz-Testing ist eine Black-Box Testmethode für Softwaresysteme. Black-Box bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der Quellcode des getesteten Systems nicht bekannt sein muss, um Tests durchführen zu können. Während eines Testlaufs werden semi-valide Daten an das Zielsystem geschickt, um Implementierungsfehler aufzudecken. Zur abstrakten Beschreibung der benötigten Datenstrukturen, gemeinhin als Datenmodell bezeichnet, und zur automatisierten Generierung und Versendung der Daten werden meist spezialisierte Programmierbibliotheken, sogenannte Fuzzing-Frameworks verwendet.

### DATENMODELL

Die abstrakte Beschreibung einer Datenstruktur, wie beispielsweise eines Pakets oder eines Protokolls, wird als Datenmodell bezeichnet. In den beiden untersuchten Frameworks sind die Datenmodelle jeweils als Block, bestehend aus sogenannten Datenelementen, implementiert. Datenelemente dienen zur Abbildung einfacher und komplexer Datentypen. Einfache Datentypen sind zum Beispiel Zeichenketten oder Zahlen, ein Beispiel für einen komplexen Typ ist Xml-Element.

### FUZZING-FRAMEWORKS

Aufgrund des hohen Verbreitungsgrades wurden die Fuzzing-Frameworks Sulley und Peach als Gegenstand der Forschungsarbeit ausgewählt. Beide Frameworks bieten zusätzlich den Vorteil, dass sie für verschiedene Anwendungsfälle konfigurierbar sind. Das heißt, dass es mit Hilfe einer Protokoll- oder Schnittstellenbeschreibung möglich ist, die Frameworks an einen gegebenen Fall, wie z. B. das Testen einer bestimmten Protokollimplementierung anzupassen, ohne die Notwendigkeit den Quellcode zu modifizieren.

### SULLEY

Sulley [1], ist ein Python-basiertes Fuzzing-Framework, dass von der 2005 von Pedram Amini ins Leben gerufenen Open Reverse Code Engineering Community (OpenRCE) herausgegeben wird. Das Framework lehnt sich in seiner Syntax und Semantik zu einem großen Teil an das in C implementierte Fuzzer-Construction-Kit SPIKE [2] an.

### PEACH 3

Peach, herausgegeben von DejaVu Security und verfügbar unter [3], ist ein stark modularisiertes Fuzzing-Framework. Peach wurde ursprünglich, wie Sulley, in Python entwickelt. Für die aktuelle Version wurde eine Neu-Implementierung in C# durchgeführt. Gegenstand der Untersuchung ist Peach mit der Versionsnummer 3.0.207. Die bessere Performance von (JIT-) kompiliertem .NET/Mono-Code im Vergleich zu interpretiertem Python-Skript erlaubt es die Dauer der Testläufe signifikant zu verringern.

Framework	Sulley	Peach3
Objekte	string	String
	delim	-
	static	-
	bit_field	Blob
	byte, word, dword, qword	Number
	block	Block
	group	Choice
	-	XmlElement
	-	XmlAttribute

Tabelle 1: Datenelemente

Zusätzlich zu den in Tabelle 1 aufgelisteten Objekten stellen beide Frameworks noch zusätzliche Hilfsobjekte für unterschiedliche Zwecke bereit.

### ZIEL DES FORSCHUNGSPROJEKTES

Das Ziel des hier beschriebenen Forschungsprojektes ist es zu zeigen, dass die Konvertierung der wesentlichen Teile von Datenmodellen zwischen den beschriebenen Fuzzing-Frameworks möglich ist.

### KONVERTIERUNG

Zur Demonstration der Konvertierbarkeit der Datenmodelle wurde ein Anwendungsprototyp entwickelt. Die Anwendung wurde im Wesentlichen in C# erstellt, kleine Teile des Programmcodes, nämlich diejenigen, die zur Anbindung des Sulley-Frameworks nötig sind,

wurden in IronPython implementiert. Die Anwendung ist unter Verwendung des Mono-Frameworks auch unter Linux ausführbar.

Die Anwendung besteht aus einer Datenschicht, die eine eigene Abstraktion von Datenmodellen und Datenelementen implementiert. Basierend auf den Objekten der oben genannten Abstraktionsschicht, enthält die Anwendung jeweils Zwischenschichten für die Datenmodelle und -elemente von Sulley und Peach. Diese dienen als Schnittstellen zu den konkreten Implementierungen der beiden Frameworks.

Im ersten Schritt der Transformation werden Modelle und deren Elemente unter Nutzung des entsprechenden Frameworks geladen und in das Objektformat der korrespondierenden Zwischenschicht überführt. Im zweiten Schritt werden die Objekte in der Zwischenschicht des Ausgangsframeworks in Objekte der Zwischenschicht des Zielframeworks umgewandelt. Diese Zielobjekte werden im letzten Schritt der Transformation in das Format des Zielframeworks serialisiert.

#### FAZIT

Die gemeinsame Blockstruktur der beiden untersuchten Frameworks erleichtert die Konvertierung zwischen diesen. Die Transformation von primitiven Elementen ist in den meisten Fällen unproblematisch. Die korrekte Umwandlung von komplexen Typen und Hilfsobjekten erfordert zum Teil die Erweiterung des Zielframeworks. Falls eine solche Erweiterung nicht durchgeführt werden kann, ist eine verlustfreie Konvertierung nicht in allen Fällen möglich.

#### QUELLEN

- P. Amini et al. OpenRCE / Sulley. 2013.  
 url: <https://github.com/OpenRCE/sulley>.
- D. Aitel. SPIKE. 2004. url: <http://www.immunitysec.com/downloads/SPIKE2.9.tgz>.
- M. Eddington. Peach fuzzing platform. 2013.  
 url: <http://peachfuzzer.com>.

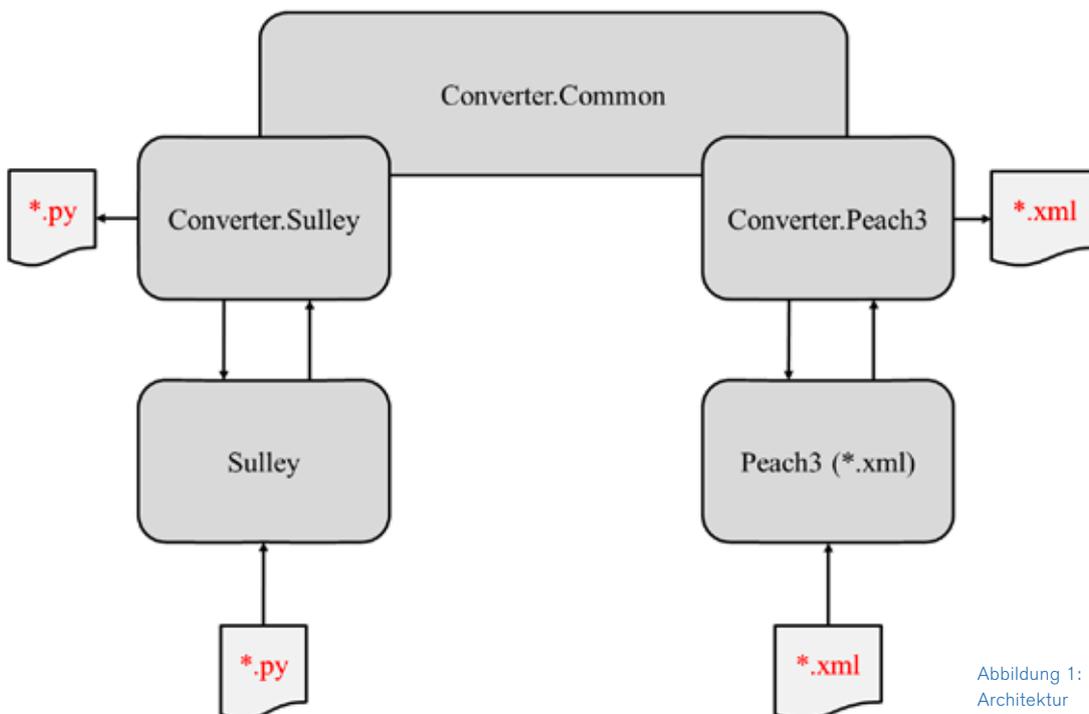


Abbildung 1:  
 Architektur

## Absicherung industrieller IT-Infrastrukturen

Projektarbeit an der HSASec der Hochschule Augsburg sowie dem Technologie Transfer Zentrum (TTZ), Nördlingen



**Andreas Seiler B.Sc.**

andreas.seiler@hs-augsburg.de

**Betreuer**

Prof. Dr. Gordon Thomas Rohrmair

**Hochschule Augsburg**

Fakultät für Informatik  
 Telefon +49(0)821 5586-3211  
 gordonthomas.rohrmair@hs-augsburg.de

**Fachgebiet**

IT-Sicherheit

Workflow gemäß ISA-62443-3-2 (Working Draft).

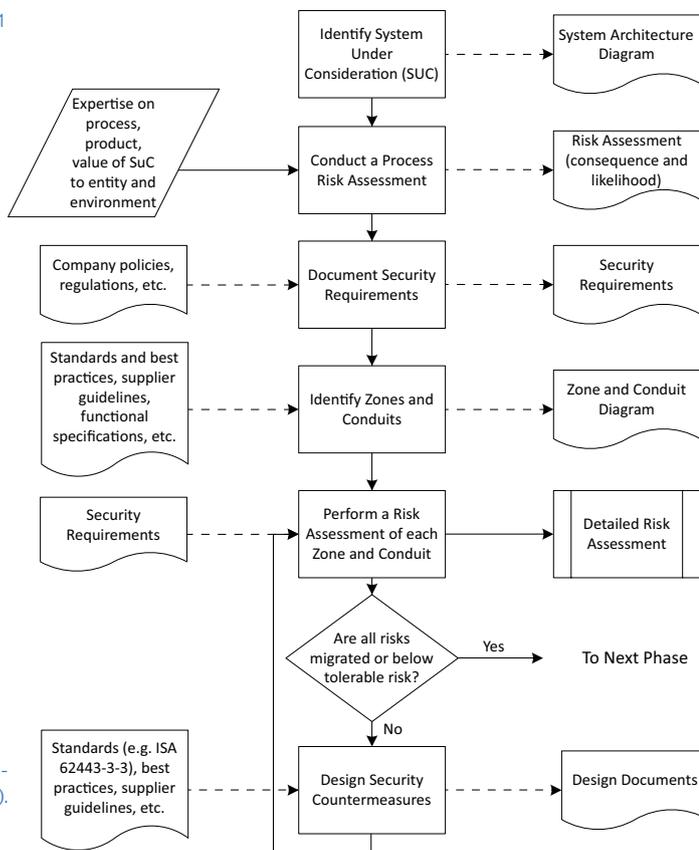
Die Entdeckung des Stuxnet-Wurms im Jahr 2010 hat die Sicherheit von industriellen Kontrollsystemen in Frage gestellt. Nach und nach wurden immer mehr Vorfälle im Bereich der industriellen IT-Sicherheit publiziert und kreierten eine Hype um Cyberware und kritische Infrastrukturen. Die Aufgabe besteht nun darin die Bedrohungslage realistisch einzuschätzen, Firmen aufzuklären und Gegenmaßnahmen in Zusammenarbeit mit Industriepartnern zu entwickeln.

Die Kooperation mit der Grenzbach Maschinenbau GmbH fokussiert sich dabei auf die Absicherung industrieller IT-Infrastrukturen. In einem ersten Projekt dazu wurde eine Risikoanalyse und System Design einer Produktionsanlage nach dem aktuellsten Entwurf des Standards ISA-62443-3-2 "Security Risk Assessment and System Design" durchgeführt. Dabei geht es in erster Linie um die Identifikation von Bedrohungen und deren

Bewertung (Auswirkung und Eintrittswahrscheinlichkeit). In einem zweiten Schritt werden die gewonnenen Erkenntnisse dazu genutzt Zonen und Verbindungen zu modellieren. Zonen sind Teilbereiche der Anlage mit ähnlichen Sicherheitsanforderungen, Funktionen und physischem Standort. Mit deren Hilfe kann das Netzwerk entsprechend segmentiert und abgesichert werden. Neben der Analyse der Risiken für Produktionsanlagen konnte dabei sowohl der Nutzen als auch Verbesserungsmöglichkeiten für den aktuellen Entwurf des Standards herausgearbeitet werden.

Herkömmliche Sicherheitsmaßnahmen wie beispielsweise das Patchen von Systemen oder Anti-viren-Software können in hochverfügbaren Produktionsanlagen (24/7/365) aufgrund unvorhersehbarer Auswirkungen und einer hochfrequenten Signalverarbeitungszeit nicht immer eingesetzt werden. Deshalb wird in folgenden Projekten die Absicherung durch alternative Sicherheitsmechanismen, wie beispielsweise Whitelisting, untersucht.

Am Technologie Centrum Westbayern in Nördlingen wird im Projekt „Technologie Transfer Zentrum“ ein Demonstrator entwickelt, der die technischen Möglichkeiten für einen Roboterarbeitsplatz in der Industrie 4.0 zeigt. Der Anteil der IT Sicherheit ist hierbei ein Aufbau von Hacking-Szenarien die veranschaulichen sollen, über welche Wege und mit welchen Technologien Angreifer Industrieanlagen attackieren. Anhand dieser Szenarien können Angriffe besser verstanden und dementsprechend Verteidigungsmaßnahmen abgeleitet werden.



## Weitere Veröffentlichungen

---

### **Prof. Dr. Thorsten Feix**, Fakultät für Wirtschaft

- Feix, T.: „Der Bewertungsprozess bei einem Strategen“- In: Prof. Kai Lucks (Hrsg.), „M&A-Projekte erfolgreich führen“; Poeschel 2013.

### **Prof. Dr. Jens Horbach**, Fakultät für Wirtschaft

#### *Publications 2013 in peer-reviewed journals*

- Belin, Jean, Horbach, Jens, Oltra, Vanessa (2013): Determinants and specificities of eco-innovations – An econometric analysis for France and Germany based on the Community Innovation Survey. In: *Industry and Innovation* (forthcoming).
- Horbach, Jens, Chen, Qian, Rennings, Klaus, Vögele, Stefan (2013): Do Lead Markets for Clean Coal Technology Follow Market Demand? A Case Study for China, Germany, Japan and the USA. In: *Environmental Innovation and Societal Transitions* (forthcoming)
- Horbach, Jens, Rennings, Klaus (2013): Environmental Innovation and Employment Dynamics in Different Technology Fields – An Analysis Based on the German Community Innovation Survey 2009. In: *Journal of Cleaner Production*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.034>

#### *Other publications*

- Horbach, Jens (2013): Do eco-innovations need specific regional characteristics? An econometric analysis for Germany, DRUID conference papers, Barcelona, <http://druid8.sit.aau.dk/registrant/index/papers>.

### **Prof. Dr. Erika Regnet**, Fakultät für Wirtschaft

- Regnet, E. (2013). Managementdiagnostik und Frauen – kein Widerspruch. In: W. Sarges (Hrsg.), *Management-Diagnostik*. 4. überarbeitete Auflage. Göttingen: Hogrefe. S. 530–537.
- Regnet, E. & Werhahn, D. (2013). Personalentwicklung und Chancengleichheit bei der evangelischen Landeskirche Württemberg. In: L. v. Rosenstiel et al. (Hrsg.), *Change Management Praxisfälle*. Wiesbaden: Springer. S. 81–91.
- Regnet, E. (2013). Motivierung von Mitarbeitern. In: R. Bröckermann & W. Pepels (Hrsg.), *Das neue Personalmarketing – Employee Relationship Management als moderner Erfolgstreiber*. Band 2: *Handbuch Personaleinsatz*. 2. Auflage. Berlin. S. 69–85.

- Regnet, E. (2012). Management von Ehrenamtlichen – Management durch Ehrenamtliche Konfliktpotenziale und erfolgreiches Konfliktmanagement. In: D. Rosenkranz & A. Weber (Hrsg.), *Freiwilligenarbeit. Einführung in das Management von Ehrenamtlichen in der Sozialen Arbeit*, 2. Auflage, Weinheim und München: Beltz. S. 125–140.
- Regnet, E. (2012). Neue Karrieremodelle in einem veränderten wirtschaftlichen Umfeld. In: DGFP (Hrsg.), *Personalentwicklung bei längerer Lebensarbeitszeit*, Bielefeld: Bertelsmann, S. 64–86.

### **Prof. Dr. Mahena Stief**, Fakultät für

#### Allgemeinwissenschaften

- Stief, M. (2013). Tätigkeiten an Hochschulen. In: M. Mendius & S. Werther (Hrsg.), *Faszination Psychologie – Berufsfelder und Karrierewege* (S. 158–165). Heidelberg: Springer.
- Stief, M. (2012) Psychische Erkrankungen im Wirtschaftsleben. In: Stadt Augsburg (2012). *Wir mittendrin. Augsburg auf dem Weg zur barrierefreien Stadt* (S. 21–25). Augsburg.
- Stief, M. & Sagasser, R. (2012). Führungskräfteentwicklung durch Kompetenzmanagement in mittelständischen Unternehmen. *Wirtschaftspsychologie 2012* (S. 97–113). Berlin: Deutscher Psychologen-Verlag.
- Kubowitsch, K. S. & Stief, M. (2012). Team Performance Management: Training und Coaching für nachhaltige Topleistungen. In: J. Smettan, F. Schreiber, L. Olos, C. Riegel & W. Grieshop (Hrsg.), *Erfolg durch Kompetenz. Beiträge zur Wirtschaftspsychologie 2012* (S. 97–113). Berlin: Deutscher Psychologen-Verlag.

### **Prof. Dr. Manfred Uhl**, Fakultät für Wirtschaft

- Uhl, Manfred / Korn, Claudia, *Kommunikation und Produktentwicklung der Zukunft – Die Energiewende und ihre Chancen*. In: *emw Zeitschrift für Energie, Markt, Wettbewerb*, Nr. 6/2012, Essen, S. 32–35.
- Uhl, Manfred, *Moderne Marketing- und Unternehmenskommunikation von Energieversorgern – Schlüsselfaktoren im Kontext der Energiewende*. In: Hofbauer, G./Pattloch, A./Stumpf, M. (Hrsg.), *Marketing in Forschung und Praxis*, Berlin 2013, S. 461–478.



Hochschule Augsburg, Campus am Brunnenlech.

Foto: Eckhart Matthäus, [www.em-foto.de](http://www.em-foto.de)

## Impressum & Kontakt

### Herausgeber und v.i.S.d.P.:

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Hans-Eberhard Schurk  
Präsident der Hochschule Augsburg

Prof. Dr. Gordon Thomas Rohrmair  
Vizepräsident für angewandte Forschung  
und Wissenstransfer

### Projektleitung:

Hochschule Augsburg  
Corporate Communication

Ingrid Scholz M.A.  
Pressesprecherin  
An der Hochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon +49 (0)821 5586-3556  
Telefax +49 (0)821 5586-3516

[presse@hs-augsburg.de](mailto:presse@hs-augsburg.de)  
[www.hs-augsburg.de](http://www.hs-augsburg.de)

### Kontakt:

Hochschule Augsburg  
University of Applied Sciences  
An der Hochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon +49 (0)821 5586-0  
Telefax +49 (0)821 5586-3222

[info@hs-augsburg.de](mailto:info@hs-augsburg.de)  
[www.hs-augsburg.de](http://www.hs-augsburg.de)

### Institut für Technologietransfer und Weiterbildung, ITW

Dipl.-Päd. Gabriele Schwarz  
An der Hochschule 1  
86161 Augsburg

Telefon +49 (0)821 5586-3251  
Telefax +49 (0)821 5586-3190

[itw@hs-augsburg.de](mailto:itw@hs-augsburg.de)  
[www.hs-augsburg.de/einrichtung/itw](http://www.hs-augsburg.de/einrichtung/itw)

### Verlag:

vmm wirtschaftsverlag gmbh & co. kg  
Kleine Grottenau 1  
86150 Augsburg  
[www.vmm-wirtschaftsverlag.de](http://www.vmm-wirtschaftsverlag.de)

**Gestaltung:** Cornelia Anders, Iris Cvetkovic, Anne Gierlich

### Druck:

deVega Medien GmbH, Augsburg

**Auflagenhöhe:** 2.000 Exemplare

**Fotos:** Hochschule Augsburg, andere Bildrechte liegen bei den genannten Urhebern und Autoren.

### Titelbild:

Das Titelbild dieses Forschungsberichts zeigt einen Gipskristall, aufgenommen unter dem Elektronenmikroskop.

© Hochschule Augsburg 2013

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion und der Autoren. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion oder des Herausgebers wieder.

## Wir suchen DICH...

für die hochwertige und exklusive Umsetzung internationaler Hotel- und Bauprojekte



## Bewirb Dich jetzt bei hagenauer!

Die **hagenauer GmbH** ist als internationaler Generalunternehmer von schlüsselfertigen Bauprojekten und Sanierungen erfolgreich tätig. Für komplexe und anspruchsvolle Projekte bieten wir unseren Kunden die Lösung „aus einer Hand“. Gemeinsam mit unseren mehr als 290 hochqualifizierten Mitarbeitern realisieren wir Hotel- und Bauprojekte europaweit.

Für unsere Zentrale in Immenstadt und unsere derzeitigen GU-Projekte in Europa suchen wir Hochschulabsolventen (m/w) aus dem Bereich Architektur & Bauwesen als Assistenten mit Ambition für die „nächsten Schritte“ als

- Projektleiter
- Bauleiter
- CAD Zeichner
- Kalkulatoren

Bitte senden Sie Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen unter Angabe Ihrer Gehaltsvorstellung sowie des frühestmöglichen Eintrittstermins vorzugsweise per E-Mail an: [jobs@hagenauer-group.com](mailto:jobs@hagenauer-group.com)



hagenauer GmbH  
Mittagstraße 7  
87509 Immenstadt  
Deutschland

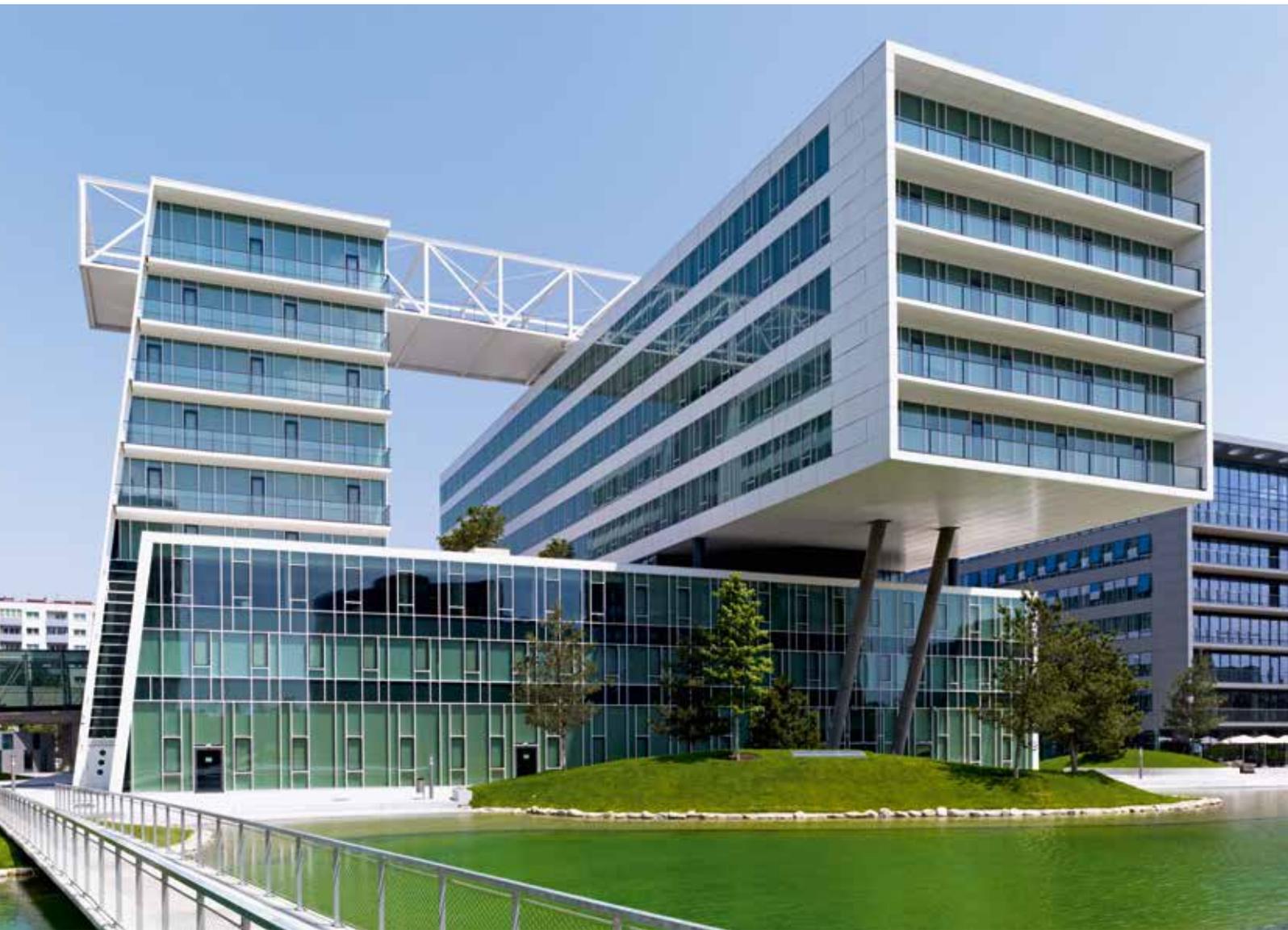
Phone +49 8323 9605 0  
Fax +49 8323 9605 55

Mail [info@hagenauer-group.com](mailto:info@hagenauer-group.com)  
Web [www.hagenauer-group.com](http://www.hagenauer-group.com)

hagenauer GmbH ist eine Gesellschaft  
unter der Dachmarke

**hagenauer group**

# Bauen mit System – für eine optimale Energiebilanz



Ob Neubau oder Modernisierung – Schüco optimiert jedes Bauvorhaben mit zukunftsorientierten Systemlösungen: von wärmegeprägten Fenstern, Türen und Fassaden über Sonnen-, Brand- und Rauchschutz bis hin zu Gebäudeautomation und Lüftung. Bei Schüco gelten stets die höchsten Ansprüche an Sicherheit, Design, Automation und Komfort. So entstehen energieeffiziente Gebäude zum Wohnen und Arbeiten. Darüber hinaus bietet Schüco seinen Partnern spezielle Serviceleistungen zur Planung und Gestaltung, wie Konstruktions- und Kalkulationsprogramme, eine Online-Referenzbibliothek und die persönliche Beratung in jeder Bauphase.

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



Grüne Technologie für den Blauen Planeten  
Saubere Energie aus Solar und Fenstern

**SCHÜCO**