



**Hochschule
Augsburg** University of
Applied Sciences

FORSCHUNGSBERICHT 2009
HOCHSCHULE FÜR
ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
FACHHOCHSCHULE AUGSBURG

Forschungs bericht 2009



Das Wichtigste ist immer, die Aufgaben des Unternehmers in ihrer Gesamtheit zu sehen.

Die meisten Unternehmergeaufgaben haben eine Vielzahl entscheidender Aspekte. Betriebswirtschaftliche. Steuerliche. Juristische. Schneider, Geiwitz & Partner bietet Ihnen kompetente Ansprechpartner für jede dieser Fragen. Beratung aus einer Hand, die Ihnen die Sicherheit gibt, dass alle Aspekte im Gesamtzusammenhang gesehen werden. So, wie es für eine optimale Lösung von Unternehmerfragen heute unumgänglich ist. **Schneider, Geiwitz & Partner. Unternehmerfragen interdisziplinär wirksam lösen.**



Schneider Geiwitz & Partner

Wirtschaftsprüfer
Steuerberater
Rechtsanwälte

Schneider, Geiwitz & Partner | Bahnhofstraße 41 | 89231 Neu-Ulm
Telefon 0731. 9 70 18-0 | Telefax 0731. 9 70 18-650 | neu-ulm@schneidergeiwitz.de | www.schneidergeiwitz.de

Weitere Büros: Augsburg | München | Stuttgart | Frankfurt | Erfurt | Berlin | Düsseldorf | Eggenfelden | Erding

Innovationen fördern – Nachhaltig denken

Neue Ideen, Verfahren, Produkte und Dienstleistungen – kurz: Innovationen – sind Triebfedern des Fortschritts und des Erfolgs. Dies gilt für Hochschulen und Unternehmen gleichermaßen. Doch Fortschritt und Zukunft können nicht nur unter kurzfristigen ökonomischen Gesichtspunkten erfolgen. Nachhaltiges Denken ist gefordert. Nur durch eine langfristige, strategisch ausgerichtete Positionierung, die Entwicklungen ihrer Zeit aufnimmt und in der Lage ist, auf technische und soziale Herausforderungen zu reagieren, lassen sich in Lehre und Forschung Verbesserungen erzielen.

Auf diese Weise stellt Angewandte Forschung und Entwicklung die Qualität, Praxisnähe und Aktualität der Lehre sowie der praktischen Ausbildungsteile sicher. Durch sie geschehen Optimierungen, die unseren Studierenden ermöglichen, ihre Potentiale zu nutzen. Durch die Mitarbeit an Forschung und Entwicklungsprojekten an ihrer Hochschule können sich unsere Studierenden auf dem neuesten Stand der Technik zu fachkompetenten, innovativen und gefragten Persönlichkeiten in Wirtschaft und Gesellschaft entwickeln. Nicht zuletzt deshalb ist angewandte Forschung neben Lehre und Weiterbildung die dritte Säule unseres gesetzlichen Auftrags als Hochschule.

Doch Innovationen fallen nicht vom Himmel! Sie sind Ergebnisse harter Arbeit, unternehmerischen Handelns, erfolgreicher Forschungs- und Entwicklungsarbeit sowie Resultate eines effizienten Technologietransfers. Parallel zur Lehre bringt Angewandte Forschung und Entwicklung daher Anerkennung und Zufriedenheit auch bei Lehrenden und Mitarbeitern, denen wir an dieser Stelle noch einmal herzlich für ihr Engagement danken möchten. Zusammen mit den Unternehmen, den Kammern und den Verbänden können wir durch gemeinsame Forschungsprojekte unsere Region voranbringen und Impulsgeber des Fortschritts sein.

Mit diesem Forschungsbericht 2009 geben wir einen Einblick in die Forschungs- und Entwicklungsarbeit an unserer Hochschule. Dabei kann sicherlich nur ein kleines Spektrum unserer Kompetenzen dargestellt werden. Falls Sie beim Lesen „Lust auf mehr“ bekommen sollten, laden wir Sie ganz herzlich ein, uns auch persönlich kennen zu lernen und gemeinsam Ihre Herausforderungen zu diskutieren. Rufen Sie an oder kommen Sie vorbei. Wir freuen uns auf Sie.



Prof. Dr.-Ing.
Hans-Eberhard Schurk

Präsident der
Hochschule Augsburg



Prof. Dr.-Ing.
Markus Glück

Technologie-
transferbeauftragter



Never stop thinking

Bring Technology to LIFE !

For students & graduates of :

- Engineering Sciences
- Natural Sciences
- Computer Sciences
- Economics

WE CHANGE THE WORLD by making people more independent of time, space and limitations. We ask questions. Through our semiconductor and system solutions we address three central challenges to modern society: energy efficiency, communications and security. About 26.000 Infineon team members worldwide cooperate to turn ideas into answers for the future.

CURIOUS TO WORK ON LEADING-EDGE TECHNOLOGIES and world-class products in an international environment? If so, you are welcome to find out more about the various possibilities for students and graduates in our company. Whether you join us as an intern, a temporary student employee, or if you are planning to write your thesis with us, there are many ways to become a member of the Infineon team.

MORE INFORMATION about career opportunities at Infineon:

www.infineon.com/careers

TA Triumph-Adler
The Document Business
CONSULTING REALISATION EFFICIENCY

70%

sparen – einfach so

Steigern Sie einfach Ihren Gewinn – *jedes Mal*, wenn Sie kopieren, drucken, scannen, faxen oder mit digitalen Dokumenten arbeiten. Denn: Auch gesparte Kosten sind Gewinn. Und der lohnt sich. Sie können bis zu 70 % sparen.

Während Sie sich also Ihren eigentlichen Geschäften widmen, *organisieren* unsere *Lösungen* zuverlässig Ihre Dokumente – sowohl in digitaler als auch in Papierform. Glauben Sie nicht? Können Sie aber. Denn wir sind seit 113 Jahren Deutschlands Marktführer im Document Business.

TA Triumph-Adler: *Gewinn, mal einfach.*

Mehr Informationen unter:

TA Triumph-Adler Bayern GmbH
Niederlassung Planegg-Martinsried bei München
Fraunhoferstraße 18b
82152 Planegg-Martinsried
Telefon: +49 89 51084-0 • Telefax: +49 89 51084-29
info@ta-bayern.de • www.ta-bayern.de

Die Hochschule Augsburg im Überblick Gefragte Persönlichkeiten für die Region

Die Hochschule Augsburg ist mit 4.200 Studierenden die größte Hochschule in Bayerisch-Schwaben. Fest verwurzelt in der Region Augsburg und Schwaben, kann sie in der Ausbildung kompetenter Fachkräfte auf eine lange Tradition zurückblicken.

Als Fachhochschule besteht sie zwar erst seit 1971, ihre Anfänge reichen jedoch bis in das Jahr 1710 zurück, als die private „Akademie“ für Künstler als „Reichsstädtische Kunstakademie“ allen Bürgern zugänglich gemacht wurde. 125 Jahre später, 1835 wurde sie in die zwei Jahre zuvor gegründete „königlich polytechnische Schule“ eingegliedert und als „Polytechnische Lehranstalt“ weitergeführt. Seit der Änderung des bayerischen Hochschulgesetzes im Jahre 2006 trägt sie den Namen Hochschule für angewandte Wissenschaften – Fachhochschule Augsburg.

Seit nahezu 300 Jahren, bis zum heutigen Tag, versteht sich die Hochschule als Dienstleister für die Region und wissenschaftlicher Partner für Unternehmen, der junge Menschen mithilfe innovativer Methoden zu begehrten Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern ausbildet.

Derzeit werden 4.200 Studierende von 126 Professoren und 200 Lehrbeauftragten mit großem Engagement und hoher Fachkompetenz in den sieben Fakultäten

- Allgemeinwissenschaften,
- Architektur und Bauingenieurwesen,
- Elektrotechnik und Mechatronik,
- Gestaltung,
- Informatik,
- Maschinenbau,
- Wirtschaft

auf ihre spätere Berufstätigkeit vorbereitet.

Alle Fakultäten verfolgen dabei ein Ziel: Sie wollen ihren Studierenden im Zusammenspiel ihrer Kompetenzen und mit fächerübergreifendem Wissen die Möglichkeit geben, sich zu gefragten Persönlichkeiten in Wirtschaft und Gesellschaft zu entwickeln. Nicht Kleinkariertheit, sondern der Blick auf das Gesamte, der Blick auf die Arbeitsmarktschancen der Studierenden steht dabei im Vordergrund.

Die Qualität der Ausgebildeten und damit die Höhe der Nachfrage nach Absolventinnen und Absolventen der Hochschule Augsburg bemisst sich aber auch und

vor allem an der Qualität, Praxisnähe und Aktualität der vermittelten Wissensinhalte. Die Professoren der Hochschule aktualisieren dieses Wissen im kontinuierlichen Dialog mit Unternehmen und Wissenschaft sowie durch die Weiterbildung ihrer Mitarbeiter und suchen nach Feldern der Anwendung.

Durch anwendungsbezogene Forschungsvorhaben leisten sie ihren Teil zur Stärkung der Kompetenz- und Wirtschaftsregion Augsburg. Die drei Kompetenzzentren Mechatronik, Konstruktiver Ingenieurbau sowie Umwelt- und Verfahrenstechnik sind gemeinsam mit dem Institut für Technologietransfer und Weiterbildung sowie dem Technologie Centrum Westbayern Aushängeschilder des Dialogprozesses.

Gemeinsam mit den Unternehmen wollen wir Impulsgeber für die Region sein.



Forschungsbericht der Hochschule Augsburg

Editorial 3

Die Hochschule Augsburg im Überblick – Gefragte Persönlichkeiten für die Region 5

TECHNOLOGIETRANSFER

Prof. Dr.-Ing. Markus Glück

Stärkung von Technologietransfer, Innovationsmanagement, Forschung und
Entwicklung an der Hochschule Augsburg 9

Nadine Pousttchi, Gabriele Schwarz, Prof. Dr.-Ing. Markus Glück

TEA Netzwerk der Hochschul-Transfereinrichtungen Augsburg - ein ESF Projekt
zur Bündelung der Kräfte im Technologietransfer. 14

INGENIEURWESEN UND TECHNIKGESCHICHTE

Prof. Dr.-Ing. Michael Finkel, MBA

Hochspannungstechnik - Zustandserfassung elektrischer Betriebsmittel mit Hilfe
der Messung von Teilentladungen 17

Prof. Dr.-Ing. Manfred Reddig

Netznachbildung zur Messung leitungsgebundener Störemission
in Gleichstromnetze bis 800 V 19

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Stolle, Stephan Kolb

Erschließung moderner Ultra-Wide-Band (UWB)- und Multiple-Input-Multiple-Output
(MIMO)-Architekturen für Anwendungen der Radartechnik 21

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Villain

Forschungsprojekte am c2m (Kompetenzzentrum Mechatronik) 23

Prof. Dr.-Ing. Markus Glück, Josef Wolf, Bernd Lechner, Wolfram Stahl,

Alexander Deffner, Michael Schäfer, Heinrich Walk

Drahtlose ISM Band Sensorsysteme und Prüfstand für das Condition Monitoring an
Getrieben und mechatronischen Systemen 31

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rommel, Martin Weng, Meng, Bernhard Tezlaff

Automatische Sortierung von Wertstofffraktionen mit Hilfe von Industrierobotern 37

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rommel, Dominik Molitor, Dominik Schneider

Korrosionsschutz in Dampferzeugern durch schmelzphasen-infiltrierte
Silizium-Kohlenstoff-Keramiken 45

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Roos, Christian Oblinger

Development of High Precision Robot-based Optical Quality Inspection 51

Prof. Dr.-Ing. François Colling

Forschungsbericht der PÜZ-Stelle für Holzbau 57

Prof. Dr.-Ing. Richard Rojek

Zur Rissentwicklung in Biegebereichen von Stahlbetontragwerken ohne
Stegbewehrung 59

Prof. Dr. Wilhelm Liebhart, M.A.	
Rudolf Diesel als Weltverbesserer	69
Ringvorlesung anlässlich des 150-jährigen Geburtstags des Erfinders, 05.06.2008	
Gerlinde Simon	
Rudolf Diesel und die MAN.	77
Ringvorlesung anlässlich des 150-jährigen Geburtstags des Erfinders, 08.05.2008	
Prof. Dr. Matthias Risch	
400 Jahre Astronomie mit dem Fernrohr und 400 Jahre Entdeckungen am Saturn	87
INFORMATIK UND MULTIMEDIA	
Prof. Dr. Hubert Högl	
Forschungsbericht - Embedded World 2008 - Embedded Linux	88
Prof. KP Ludwig John, Andreas Romer	
Vom Handy auf den Großbildschirm - Einsatzmöglichkeiten interaktiver Public Screens am Beispiel des xioSCREEN der HS Augsburg	91
Prof. Dr. Rainer Kelch	
Vorgehensmodell „V-Modell-RK“ für SAP-Dialoganwendungen.....	97
Prof. Dr. Gundolf Kiefer	
Triokulus: Effiziente Bildverarbeitung für 3D-Trackingsysteme	103
Prof. Dr.-Ing. Christian Märtin	
Patternbasierte Software-Automatisierung.....	105
Prof. Dr. Peter Rösch	
Medizinische Bildverarbeitung für klinische Anwendungen	109
WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN	
Prof. Dr. Kai-Uwe Wellner	
Der CAMPUS OF EXCELLENCE und Forschungsprojekte im Bereich Wirtschaft	113
ARCHITEKTUR UND DESIGN	
Prof. Jens Müller	
Design und Ethik – Nachhaltigkeit in der Hochschulbildung.....	117
Prof. Michael Stoll	
Forschungsfeld Newsdesign	119
Prof. Dr.-Ing. Klaus Tragbar	
Forschungen zur Baugeschichte des Mittelalters und zur Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts, i. B. zur Architektur im Faschismus in Italien und der Rolle der historischen Stadt in der Moderne	122
IMPRESSUM/KONTAKT	126

Als international tätiges Unternehmen entwickeln und fertigen wir mit rund 370 Mitarbeitern High-Tech-Produkte in der faszinierenden Welt der Mikro- und Leistungselektronik. Wir arbeiten an Steuer- und Regelsystemen für mobile Arbeitsmaschinen, an Sensoren auf Mikrosystembasis für extreme Einsatzbedingungen und an zukunftsweisenden Konzepten für Hybridantriebe und Brennstoffzellen.



■ Steuer- und Regelelektronik

Frei programmierbare ESX[®]-Module übernehmen die Steuerungen in mobilen Anwendungen, bei denen Extremsituationen an der Tagesordnung sind. Teleservice-Module in Verbindung mit maßgeschneiderten Office-Lösungen und bieten vielfältige Diagnose- und Wartungsmöglichkeiten.



■ Messtechnik und Sensorik

Zum Messen von Druck und Kraft entwickeln und fertigen wir die zu den Messzellen passende Elektronik. Durch die Fertigung von Dünnschichtsensoren im eigenen Hause können Elektronik und Messelement optimal aufeinander abgestimmt werden. Unsere Transmitter sind immer auf dem neuesten Stand der Technik.



■ Kundenspezifische Entwicklungen

Mit unserem hervorragenden fachlichen Know-How und unserem modernen Equipment bieten wir umfassende Dienstleistungen im Bereich Elektronik, Software und Gehäusetechnik. Physiker, Informatiker, Elektroingenieure, Elektrotechniker und Konstrukteure entwickeln fertigungsgerechte Produkte für höchste Anforderungen.

Gerne können Sie bei uns auch ein Vorpraktikum, Praktikum oder Ihre Diplomarbeit absolvieren.

Sensor-Technik Wiedemann GmbH · Am Bärenwald 6 · 87600 Kaufbeuren
Telefon +49 (0) 8341 9505-0 · E-Mail info@sensor-technik.de · Internet www.sensor-technik.de

Lust auf eine Herausforderung?

Handwerkskammer für Schwaben



Wir vertreten die Interessen der rund 26.000 schwäbischen Handwerksbetriebe und ihrer 117.000 Beschäftigten. Mit unserem Team stellen wir die Selbstverwaltung der handwerklichen Wirtschaft in Schwaben sicher, beraten unsere Mitglieder in Fragen der Unternehmensführung und fördern mit unseren Bildungszentren berufliche Aus- und Weiterbildung.



Wir bieten Weiterbildung in den Bereichen

- Technik
- EDV
- Kaufmännische Kurse
- Meisterprüfung

Unser Seminarprogramm erhalten Sie unter: akademie@hwk-schwaben.de



Ihre Zukunft in einem starken Team!

Wir freuen uns auf alle motivierten Studenten und Hochschulabsolventen. Ergreifen Sie die Initiative und bewerben Sie sich bei uns. [Aktuelle Stellenausschreibungen](#) finden Sie auf unserer Homepage. Schauen Sie doch einfach mal rein!



HWK Schwaben, Personalabteilung
Ansprechpartner: Volker Zimmermann
Siebentischstr. 52 - 58, 86161 Augsburg
www.hwk-schwaben.de



hwk
Handwerkskammer
für Schwaben

Stärkung von Technologietransfer, Innovationsmanagement, Forschung und Entwicklung an der Hochschule Augsburg

Prof. Dr.-Ing. Markus Gluck, Hochschule Augsburg, Institut für Technologietransfer und Weiterbildung (ITW)
Fakultät für Maschinenbau, Technologie Centrum Westbayern (TCW)

Der effiziente Wissens- und Technologietransfer wird immer mehr zu einem entscheidenden Standortfaktor für Wissenschaft und Wirtschaft. Die erfolgreiche Auseinandersetzung mit angewandter Forschung und Entwicklung (FuE) wird in vielerlei Hinsicht zum Lebenselixier der Hochschulen. Dabei gilt es, die Erkenntnisse aus Lehre und Laborarbeit schnell und effizient an die Zielkunden zu bringen. Doch Transfererfolg erfordert mehr als Vertrieb und Hochschulmarketing. In einer kritischen Auseinandersetzung mit den Handlungserfordernissen hat die Hochschule Augsburg einen Strategieprozess eingeleitet, an dessen Ende eine unternehmerisch geprägte, optimierte FuE Strategie einerseits sowie eine verbesserte Ergebnissituation andererseits stehen soll. Veränderung, Innovation und Ausbau zugleich!

EINLEITUNG

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

Der institutionalisierte Wissens- und Technologietransfer ist ein wichtiges Instrument, um vorhandene externe Wissenspotenziale für Unternehmen effizient und in hoher Dienstleistungsqualität verfügbar zu machen. Nur so können Unternehmen wissenschaftliche Erkenntnisse aufgreifen und diese rasch in marktfähige Innovationen umsetzen. Dieser im Allgemeinen bekannte Prozess der Überführung von organisatorischem, betriebswirtschaftlichem und technischem Wissen darf dabei keine Einbahnstraße sein, bei der eine Seite Wissen „produziert und liefert“ und die andere Seite lediglich Wissen „abschöpft“. Die Schnittstelle zwischen Transferangebot- und -nachfrageseite will wohl verstanden und partnerschaftlich gestaltet sein.

Aus diesem Grund hat sich eine Arbeitsgruppe der Hochschule auf den Weg gemacht, um eine Stärkung

von Technologietransfer, Innovationsmanagement, Forschung und Entwicklung systematisch zu diskutieren und die Ergebnisse dieses Strategieprozesses in die Maßnahmen zur Hochschulentwicklung im Sinne einer kontinuierlichen Verbesserung einfließen zu lassen. Als Ergebnis soll ein „FuE Businessplan“ entstehen, denn Businesspläne sind erheblich mehr als nur ein Stück Papier! Sie sind eine bewährte Methodik und Struktur zur ganzheitlichen Beschreibung, Erörterung, und betriebswirtschaftlichen Bewertung von Geschäfts- und Produktideen sowie dazugehörigen Marketings- und Vertriebsstrategien. Dies erarbeitet mit wohl bekannten Instrumenten und einem unternehmerischen Gestaltungsanspruch, denn Innovationen fallen nicht vom Himmel. Sie sind Ergebnisse harter Arbeit, unternehmerischen Handels, erfolgreicher Forschungs- und Entwicklungsarbeit sowie Resultate eines effizienten Technologietransfers.

AUSGANGSPUNKT - WAS IST „TECHNOLOGIETRANSFER“?

Ein allgemeine Definition findet sich bei der Europäischen Kommission: „Technologie- und Wissenstransfer beinhaltet die Einholung, die Erfassung und den Austausch von explizitem und implizitem Wissen, einschließlich Fertigkeiten und Kompetenzen. Dazu gehören sowohl kommerzielle als auch nichtkommerzielle Tätigkeiten wie Forschungsk Kooperationen, Beratungsleistungen, Lizenzvergabe, Spin-Off-Gründungen, Mobilität von Forschern, Veröffentlichungen usw. mit dem Ziel der Hervorbringung konkreter Innovationen.“ Ergänzend spricht man von „horizontalem Transfer“, wenn Technologien und Wissen auf gleicher Innovationsstufe ausgetauscht werden, und „vertikalem Transfer“, wenn unterschiedliche Akteure in verschiedenen Innovationsphasen vorherrschend sind.

Vielfach kommt es aber nicht zu dem gewünschten wechselseitigen Austausch wissenschaftlicher Erkenntnisse zwischen den Technologieanbietern (Hochschulen, FuE Einrichtungen) und den Technologienachfragern (Wirtschaftsunternehmen). Deshalb muss zu Beginn unseres Veränderungsprozesses eine kritische Auseinandersetzung mit eigenen Stärken und Schwächen sowie eine detaillierte, ständig aktualisierte Bewertung der wichtigsten erfolgskritischen Faktoren vorgenommen werden. Dies ist in Teilen unangenehm und erfordert eine schonungslose Offenheit, um die richtigen Schlüsse



Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Markus Gluck

Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau,
Institut für Technologietransfer
und Weiterbildung (ITW)
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

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

Technologie Centrum Westbayern GmbH

Emil-Eigner-Straße 1
86720 Nördlingen
Telefon:
(+49) 9081 8055-101, -102
Telefax: (+49) 9081 8055-151
www.tcw-donau-ries.de

Fachgebiete:

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

ziehen zu können. Ganz im Sinne eines erfolgreichen Innovations- und Veränderungsmanagements!

WAS HEMMT DEN WISSENSAUSTAUSCH?

Durch selbstkritische Analysen, Recherchen Dritter und im Zuge einer Unternehmensbefragung im Rahmen des TEA Projekts (vgl. separaten Bericht) konnten wesentliche Hemmnisfaktoren und Besonderheiten unserer Zielgruppe extrahiert werden.

Die Mittelstandsunternehmen als unsere wichtigste Zielgruppe lähmen – bewusst oder unbewusst – erhebliche Innovationsdefizite. Zum einen ist daher Aufklärung über die Bedeutung des Technologietransfers und eine Professionalisierung des Innovationsmanagements nötig. Die mangelnde Angebotstransparenz auf Seiten der Hochschulen erleichtert die Suche nach wichtigen Neuerungen und Hilfestellungen nicht unbedingt.

Auf Seiten der Mittelstandsunternehmen sind v. a. die knappe Ressourcendecke (Personal, Fachkräftemangel, Kapital, Infrastruktur, ...) in den vielfach Familiengeführten Unternehmen häufig ein Hindernis. Oft fehlt der selbstkritische Blick „über den Tellerrand“ hinaus. Die hohe Arbeitsbelastung weniger Schlüsselpersonen im Tagesgeschäft lässt keine Innovationsplanung zu. Die Schlüsselressourcen des Unternehmens sind „Erfolg bringend“ einzusetzen.

In der Regel lösen Kundenwünsche die betrieblichen Innovationsanstrengungen aus, verstärkt durch

Unternehmenskulturen, die häufig durch eine vertraute Zuliefer-Rolle bestimmt sind. Dem Prozess der „Innovation“ wird eine zu geringe Bedeutung beigemessen. Technik- und Marktverfolgung, Strategiedefinition fehlen. In der Konsequenz werden Chancen zu spät erkannt. Kooperationspotenziale (Netzwerke, Cluster, Hochschulen) werden unterschätzt, Kooperationen gefürchtet, vernachlässigt. Dringend nötig ist eine kompetente Beratungsunterstützung bei der Professionalisierung des Innovationsmanagements. Im Übrigen ein Hauptbetätigungsfeld der Kollegen im Freisemester und in der beratenden Begleitung von Firmen in Haupt- und Nebenamt.

KOMPETENTE ANSPRECHPARTNER - SCHNELL ERREICHBAR

Vereinfachend wurden an der Hochschule Augsburg Transferstellen oder Anwenderzentren eingerichtet. Diese übernehmen sowohl Serviceaufgaben für Hochschulangehörige wie auch besonders für kooperationsinteressierte Unternehmen. Sie fungieren als Mittler zwischen Hochschule und Unternehmen, um das Wissens- und Technologiepotenzial gebündelt zugänglich zu machen, Kooperationen zu initiieren, diese organisatorisch zu begleiten und zu unterstützen.

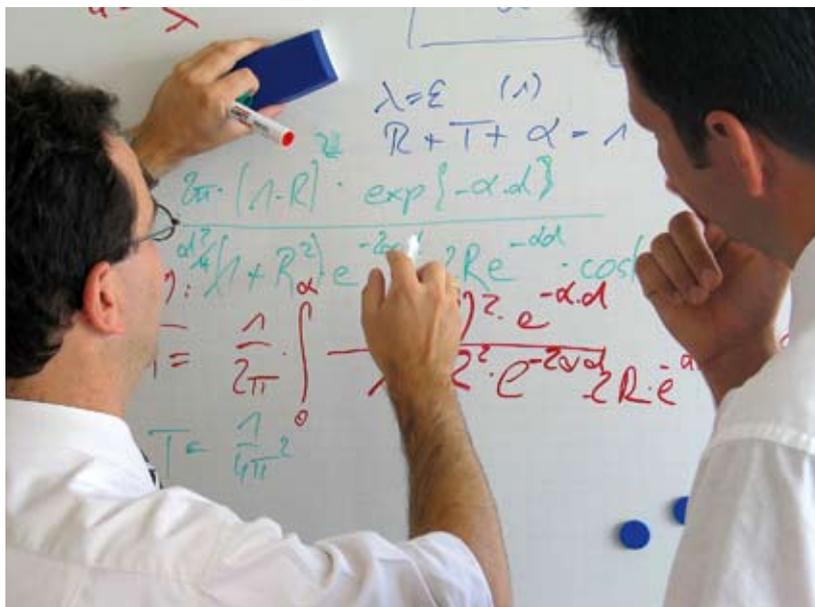
WIE VERHÄLT SICH DIE ZIELGRUPPE?

Laut TEA-Befragung stand bereits mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen im Wirtschaftsraum Augsburg / Nordschwaben (53%) in Kontakt mit Universitäten und Fachhochschulen. Die befragten Unternehmen der Region bewerten Fachhochschulen, gefolgt von Universitäten, auf Grund ihrer Praxisnähe als Kooperationspartner ihrer Wahl.

Die eigene aktive Suche und Recherche sowie bestehende persönliche Kontakte, Beziehungen und Empfehlungen nehmen bei der Partnersuche klar den wichtigsten Stellenwert ein. Optimale Transferkooperationen verlaufen im direkten Kontakt, da bestimmtes Erfahrungswissen nur über die unmittelbare persönliche Zusammenarbeit übertragen werden kann.

Gezielt wurde daher unsere Erreichbarkeit optimiert. Die Präsenz in Unternehmens- und Branchennetzwerken bei einschlägigen wirtschaftsnahen Veranstaltungen und Messen wurde erhöht und zur Anbahnung von Hochschulkooperationen genutzt. So

Schwieriges löst man leichter gemeinsam – Wissenschaft und Wirtschaft



spielt die Hochschule Augsburg u. a. ganz gezielt eine aktive Rolle in der Arbeit von Berufsverbänden (z. B. VDI, VDE), in Clustern und Projektverbänden (z. B. Mechatronik & Automation, Umwelttechnik, Carbon Composite). Ergebnisse werden auf Tagungen (z. B. Technologieforen Robotik, Intern. Forum Mechatronik) und Fachmessen vorgestellt (z. B. renexpo, Productronica 2008).

WO BESTEHT HANDLUNGSBEDARF?

In der Analyse wurde deutlich, dass zahlreiche wissenschaftlich hervorragende FuE Projekte bearbeitet wurden. In Summe führt allerdings noch immer ein zu langsamer Transfer in zu geringem Umfang zu neuen Produkten und Verfahren mit hoher Marktfähigkeit.

Teilweise traten Erklärungs- und Verständnisprobleme und Defizite in der angewandten FuE vor allem beim vertikalen Transfer und bei der Kooperation mit Mittelstandsfirmen mangels eines gegenseitigen Verständnisses von Erwartungshaltung und unterschiedlicher Austauschkulturen auf.

Hochschulen dürfen nicht nur über Forschungsinhalte und neueste Erkenntnisse im Zuge des Technologietransfers berichten. Sie müssen auch in die Lage versetzt werden, wichtige, bereits für die Anwendung und Integration reife Querschnittstechnologien und Komponenten anschaulich zu demonstrieren und die FuE Herausforderung in der Anpassungsentwicklung, der Optimierung oder der Systemintegration zu suchen. Ein Ansatz im Test sind die am Technologie Centrum Westbayern in Kooperation mit renommierten Unternehmen entstandenen „Demo & Research Center“ für angewandte Robotik und Handhabungstechnik, für Industrievernetzung sowie ein neuartig ausgestattetes Labor für industrielle Bildverarbeitung und Laserpräzisionsmesstechnik.

In der TEA-Befragung verweisen zahlreiche Unternehmen auf branchenspezifische technische Lösungsbedürfnisse im erweiterten Bereich der Produktionstechnik, analog zu den am Standort Augsburg und an der Hochschule Augsburg vorherrschenden Themenschwerpunkten. Die nutzbaren Kernkompetenzen unserer Hochschule liegen z. B. im Bereich Produktionstechnik, Mechatronik, Robotik, Antriebstechnik, Materialwissenschaft und Mikrosystemtechnik, in der technischen Informatik und im konstruktiven Ingeni-



ebau. Hierzu wurden Angebotsportfolios entwickelt. Diese sind somit direkt am Markt nutzbar und durch unseren TEA Außendienst verkaufbar geworden.

HÜRDEN NICHT NUR AUF UNTERNEHMENSEITE

Das Thema „Ressourcenausstattung“ hinsichtlich des verfügbaren Personals und der zeitlichen Freiräume für FuE Kooperationen auch bei den Hochschulangehörigen einen Engpassfaktor dar. Die aktuell hohe Lehrbelastung von 19 Vorlesungsstunden pro Woche schränkt Freiräume beträchtlich ein. Ihr gegenüber stehen oft nur geringe motivierende Anreize für Wissenschaftler.

Damit sind hochschulstrategische Frage aufgeworfen, z. B. welcher Stellenwert dem Thema FuE beigemessen wird, welche Ausstattung an Mitarbeitern und Budget für wirksames Transfer-Marketing und die Anbahnung und Begleitung von Kooperationsprojekten zur Verfügung gestellt wird, die eine geschlossene Beurteilung erfordert. Dies in Form des FuE Businessplans, der aktuell entsteht.

Wichtige Elemente sind neben der Schaffung einer klaren Angebotstransparenz an Service- und Transferdienstleistungen v. a. unternehmerische Lösungen zur Schaffung, Positionierung und langfristigen Absicherung eines Personalmittelbaus, bestehend aus Mitarbeitern, die Lehrveranstaltungen unterstützen und durch ihre feste Einbindung in FuE Projekte für Entlastung sowie eine kompetente zeit-, budget- und qualitätsge-

Praxisnahes Lernen und
Forschen im Robotik
Demo & Research Center
am Technologie Centrum
Westbayern



Bildverarbeitung und Robotik kombiniert: Vision Guided Robotics

rechte Themenbearbeitung sorgen. Dieser Aufbau muss auf alle Instrumente der Personalentwicklung zurückgreifen: Einbindung von Studenten in FuE Projekte, kooperative Promotionen, Weiterentwicklungsmaßnahmen für Lehrende und Mitarbeiter, Personaltransfers von und zu Partnerunternehmen, Freisemester, Stiftungsprofessuren und vieles mehr. Erste erfreuliche Erfahrungswerte liegen bereits vor. Weitere Einnahmequellen sind systematisch und innovativ zu erschließen, z. B. Beratungsdienstleistungen durch Wissenschaftler, die entgeltpflichtige Nutzung von Laborgeräten, Prüfständen. Hier wird noch manches Modell zu diskutieren sein.

FuE ARBEIT WIRD UNTERSCHÄTZT!

Die Bedeutung der FuE Arbeit als dritte Säule der Hochschularbeit - neben Lehre und Weiterbildung - wird häufig unterschätzt. Sie stellt die Qualität, Praxisnähe und Aktualität der Lehre und der praktischen Ausbildungsteile sicher und bildet einen wichtigen Nährboden für neue projektorientierte Lehrformen sowie die verstärkt praxisnahe Wissensvermittlung. FuE Erfolge prägen das Image einer Hochschule und bilden eine wichtige Einnahmequelle, die es überhaupt erst möglich macht, Gestaltungsfreiräume zu schaffen.

Die aktive FuE (Mit-)Arbeit stellt wichtiges Methodenwissen für unsere Absolventen dar und erhöht die Attraktivität ihrer Abschlussarbeiten. Erfolg in der FuE Arbeit erhält zudem die Gesundheit und Motivation der Lehrenden, unserer Mitarbeiter und der Studierenden. Sie alle brauchen parallel zur Lehre diese Herausforderung für ihre Anerkennung und Zufriedenheit.

Bei der Diskussion verschiedener Anreizsysteme stellte sich heraus, dass finanzielle Anreize eher unterge-



Prof. Dr.-Ing. Markus Glück bei einem Projektpartner im Gespräch mit Bundesforschungsministerin Dr. Annette Schavan

ordnet sind. Die wirksamste Entlastung verspricht man sich über den bereits diskutierten Aufbau eines schlagkräftigen Mittelbaus sowie eine Minimierung administrativer Aufwende und Nachweispflichten. Optimierungsansätze werden verfolgt.

ZUKUNFT ERSCHLIESSEN, INNOVATIONSPROZESSE STIMULIEREN

Innovationen sind überall Ergebnisse erfolgreichen unternehmerischen Handelns! Und so schließt sich der Kreis mit der Umsetzung von Handlungserfordernissen im Sinne eines geordneten Innovations- und Veränderungsmanagements mit all seinen Facetten.

Entscheidend sind vor allem Gespräche und die gemeinsame Identifizierung geeigneter Innovationsprojekte und Technologien. Eine fakultätsübergreifende Bündelung der Arbeitsgebiete zu zukunftssträchtigen Themenclustern ist erforderlich. Sie kann sich aus verschiedenen Quellen speisen: aus naturwissenschaftlicher Erkenntnis und neuen Ergebnissen der Forschung, aus der laufenden Entwicklungsarbeit (Technologietransfer), aus dem Erkennen einer Bedarfslage für neue / verbesserte Produkte / Verfahren (market pull), aus strategischen Gründen, aus einem technologischen oder verfahrenstechnischen Durchbruch (technology push) oder aus systematischem Kompetenzmanagement (resource based). Diese Lösungsansätze gilt es zu bewerten.

ZIELE UND FuE CONTROLLING WICHTIG!

Menschen ohne Ziele neigen dazu, sich übereifrig mit peripheren Aufgaben zu beschäftigen, die nur geringen Bezug zu den gewünschten Endresultaten haben. Umso wichtiger ist es, für so ein bedeutendes Standbein wie die FuE Arbeit einer Hochschule, Ziele und Budgets zu definieren und diese in regelmäßigen Abständen gemeinsam zu bewerten.

Ziele sind eine bewusste Verpflichtung, ein bestimmtes Ergebnis erreichen zu wollen. Spezifisch, messbar, ambitioniert, angemessen, realistisch und terminlich bestimmt. Sie müssen allen Beteiligten bekannt gemacht werden. Dabei wollen wir uns mit den Besten vergleichen und gezielt Best Practices Dritter in unsere Strategiedefinition einfließen lassen. Denn Denkanstöße von außen und kreative „Querdenker“ beflügeln Innovationsprozesse! Schließlich geht ein Großteil aller

Neuerungen in der Wirtschaft auf Außenseiter zurück oder wurde gezielt nach der Suche nach Anleihen und nutzbaren Synergien eingeleitet.

MUTIGE SCHRITTE IN DER HOCHSCHULENTWICKLUNG

Je mehr man sich mit dem Bestehenden und den Potenzialen unserer Hochschule auseinandersetzt, desto mehr wird klar, dass auch kulturelle Schritte und vor allem mutige Veränderungen an der einen oder anderen Stelle notwendig werden.

Der Standort Augsburg und das Partnerumfeld der Hochschule bieten einzigartige Chancen, die unbedingt zu nutzen sind. Es zeigt sich, dass man sich gemeinsam mit den anderen Spielern - der Universität, den Instituten und Anwenderzentren in Augsburg - messen und weiterentwickeln muss, denn in der Kooperation liegt die Kraft, z. B. im Rahmen des neuen TEA Projekts oder der bereits mehrfach laufenden Kooperationen und Abschlussarbeiten.

Ein kundenorientiertes Selbstverständnis, bei dem die Hochschulen zu den Unternehmen kommen, ist zu begründen. Erste Instrumente sind bereits etabliert. Zum Beispiel besucht ein gemeinsam finanzierter TEA Außendienst die Betriebe in der Region. Er sensibilisiert, informiert und stößt konkrete Kooperationsprojekte direkt vor Ort an. Gemeinsam mit den Unternehmen, erörtert er, welchen Nutzen das Unternehmen aus der Zusammenarbeit mit den Hochschulen und Transferinstitutionen Augsburgs ziehen kann. Beleuchtet werden technologische aber auch betriebswirtschaftliche Lösungen zu konkreten Anliegen der Unternehmen. Ein völlig neues Modell der Präsenz am Markt.

EIN KONTINUIERLICHER VERÄNDERUNGSPROZESS

Veränderung und Innovation brauchen Zeit, Konzentration, Phantasie und Geduld. Keine Innovation ist möglich unter Zeit- und Erfolgsdruck, unter extremer Belastung, bei ständiger Ablenkung und Überbeanspruchung, bei fehlenden Hilfsmitteln, in einem Klima der Angst.

Wir sollten sicherlich nicht alles gleichzeitig anpacken wollen. Umgekehrt können wir es uns nicht leisten, die Stärkung von Technologietransfer, Innovationsmanagement, Forschung und Entwicklung an der Hochschule Augsburg auf die lange Bank zu schieben. Wir alle sind gefordert, ein innovationsfreundliches

Klima und ein positives Umfeld in den Unternehmen und an den Hochschulen aufzubauen und dieses durch ein schlagkräftiges Partnernetzwerk abzusichern. Dies erfordert sprichwörtlich Geduld und Spucke - Schlüsselkompetenzen, die wir bei allem Willen zur Veränderung nicht außer acht lassen sollten.

VORTRÄGE UND VERÖFFENTLICHUNGEN ZUR TECHNOLOGIETRANSFERARBEIT

[1] *Kameraeinsatz und Lasersensorik* in der Roboter unterstützten Montage

Prof. Dr. Markus Glück, Josef Wolf, Bernd Lechner, Prof. Dr. Eberhard Roos, Christian Oblinger, Dr. Thomas Bongardt, Robert Wagner, Florian Martin
Vortrag Prof. Dr. Markus Glück, unterstützt durch KUKA Roboter GmbH und Micro-Epsilon Messtechnik GmbH, Vortrag im Rahmen des 6. Technologieforums „Roboter unterstützte Montage - Robotereinsatz im Mittelstand“ am 31.03.2009 im Technologie Centrum Westbayern, in Kooperation mit dem Cluster Mechatronik & Automation e.V., dem iwb Anwenderzentrum Augsburg (TU München), Brötje Automation (Wiefelsfelde), Eurocopter Deutschland (Donauwörth) und Schunk (Lauffen am Neckar).



VDI Landesvorstand Bayern zu Gast im Fritz & Lieselotte Hopf Technikum für mechatronische Antriebe am Technologie Centrum Westbayern

TEA-Netzwerk der Hochschul-Transfereinrichtungen Augsburg – ein ESF-Förderprojekt zur Bündelung der Kräfte im Technologietransfer



Nadine Pousttchi¹, Gabriele Schwarz², Prof. Dr.-Ing. Markus Glück²

¹Regio Augsburg Wirtschaft GmbH, Maximilianstr. 3, 86150 Augsburg, ²Hochschule Augsburg, Institut für Technologietransfer und Weiterbildung (ITW)

Ansprechpartner:

Gabriele Schwarz,
Prof. Dr.-Ing.
Markus Glück

Hochschule Augsburg

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

Telefon: (+49)821 5586-3251
Telefax: (+49)821 5586-3190

itw@hs-augsburg.de,
markus.gluock@
hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Innovationsmanagement
und Technologietransfer,
Weiterbildung

TEA Projektleitung:

Nadine Pousttchi

Regio Augsburg Wirtschaft GmbH

Maximilianstr. 3
86150 Augsburg

Telefon: (+49)821 450102-30
Telefax: (+49)821 450101-11

tea@region-a3.de
www.tea-transfer.de

Unter Projekträgerschaft der Hochschule Augsburg startete im Herbst 2008 eine Bayern weit einzigartige Netzwerkinitiative der Hochschul-Transfereinrichtungen in Augsburg. Aufgrund seiner Einzigartigkeit erhielt das neue TEA-Netzwerk (Transfereinrichtungen Augsburg) einen Zuschlag für eine Förderung aus dem Europäischen Sozialfonds (ESF) in Höhe von rd. 620.000 Euro (Projektlaufzeit 2008-2011).

EINLEITUNG

Wissens- und Technologietransfer im Sinne einer regional gelebten Vernetzung und aktiven Zusammenarbeit von Hochschulen und Unternehmen wird im Zeitalter der Globalisierung immer mehr zu einem entscheidenden Standortfaktor für Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Universitäten und Fachhochschulen „produzieren“ Wissen und Fachspezialisten, Unternehmen greifen wissenschaftliche Erkenntnisse auf und setzen sie in marktfähige Innovationen um, die Politik unterstützt, lenkt und fördert die Rahmenbedingungen für eine fruchtbare Kooperation zwischen Transferangebot- und -nachfrageseite, zwischen Hochschulen und Unternehmen in der Region.

In einzigartiger Weise ist um den Hochschulstandort Augsburg mit dem TEA-Netzwerk der Hochschul-Transfereinrichtungen Augsburg eine eigeninitiativ gewachsene Gemeinschaft der wichtigsten hochschulnahen Transfereinrichtungen und assoziierter Partner entstanden. Hierzu zählen das Institut für Technologietransfer und Weiterbildung der Hochschule Augsburg

(ITW), das Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung (AMU) sowie die Transferstelle der Universität Augsburg, die Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebebau Augsburg (FZG) und das iwB Produktionstechnische Anwenderzentrum Augsburg, die Regio Augsburg Wirtschaft GmbH sowie das Technologie Centrum Westbayern (TCW) - ein An-Institut der Hochschule Augsburg mitten im Zielgebiet Nordschwaben in Nördlingen.

WICHTIGSTE AKTIVITÄTEN IM 1. PROJEKTJAHR 2008/2009

Im Herbst 2008 wurde eine umfassende Kunden- und Nachfrageanalyse bei 1.400 Unternehmen im Wirtschaftsraum Augsburg / Nordschwaben zum Thema „Zusammenarbeit mit Hochschulen“ im Rahmen einer Diplomarbeit durchgeführt. Ziel dieser Umfrage war es, zum einen weitere Kenntnisse über den Markt und die Kundenwünsche zu gewinnen. Zum anderen sollten Hemmnisfaktoren bei der Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft umfassend analysiert werden.

Ein Ergebnis dieser TEA-Befragung ist, dass weder bürokratische Hürden auf der Hochschuleseite, noch mangelnde Ressourcen auf der Unternehmerseite als Haupthindernisgründe angegeben wurden. Die erste Hürde, an der regionale Unternehmen als Nachfrageseite des Wissens- und Technologietransfers bereits zu scheitern glauben, ist die mangelnde Transparenz darüber, in welchen Bereichen überhaupt Transferleistungen angeboten werden und wer die korrekten Ansprechpartner an den Hochschulen sind.

TRANSPARENZ BEI TRANSFERANGEBOTEN

Um mehr Transparenz bei Transferangeboten zu schaffen, arbeitet TEA an einem einheitlich strukturierten, zentral zugänglichen Transferkompetenz-Katalog der Augsburger Hochschul- und Transfereinrichtungen. Die Online-Version 1.0 ist unter www.tea-transfer.de abrufbar. Eine Print-Version erscheint ebenfalls. Hier sind konkrete Transferangebotspakete für Unternehmen einheitlich und übersichtlich aufbereitet. Der Transfer-Kompetenzkatalog wird laufend aktualisiert und erweitert. Interessierte Wissenschaftler der Augsburger Hochschulen können hier ihre Transfer-Angebote kostenfrei einstellen lassen!



Auftaktveranstaltung und Netzwerkvorstellung am 17.12.2008 an der Hochschule Augsburg

**AUFBAU UND EINSATZ EINES GEMEINSAM
TEA-TRANSFERAUSSENDIENSTES**

Gefördert mit Mitteln aus dem Europäischen Sozialfonds (ESF) ist der Einsatz eines Transfer-Vertriebsbeauftragten möglich geworden. Unter dem Motto „Die Hochschulen kommen zu den Unternehmen“ besucht dieser Betriebe in der Region, sensibilisiert, informiert und stößt konkrete Kooperationsprojekte an. Direkt vor Ort, gemeinsam mit den Unternehmen, erörtert er welchen Nutzen das Unternehmen aus der Zusammenarbeit mit den Hochschulen und Transfereinrichtungen Augsburgs ziehen kann. Beleuchtet werden technologische aber auch betriebswirtschaftliche Lösungen zu konkreten Anliegen der Unternehmen.

**GEMEINSAM ENTWICKELTE UND
GENUTZTE NETZWERKDIENTSTLEISTUNGEN**

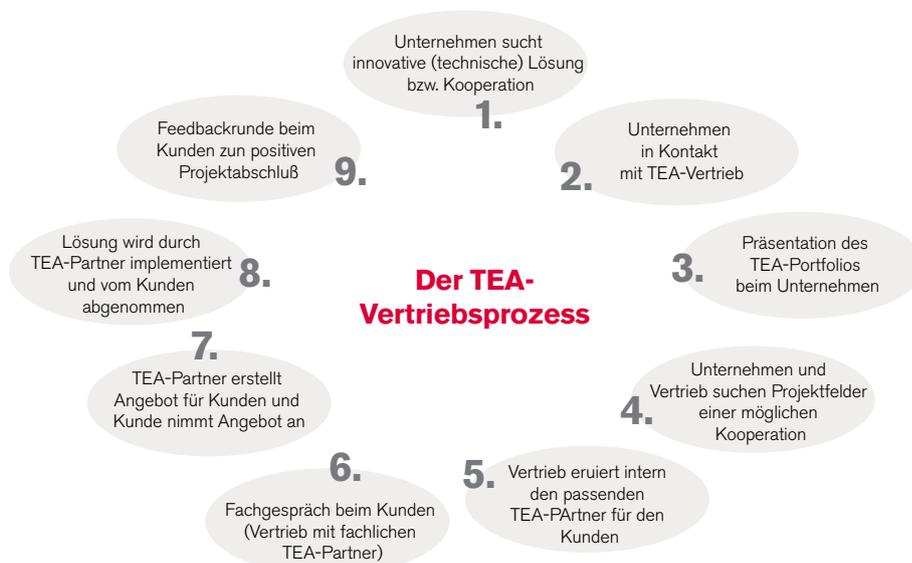
Bei der Erweiterung des Angebots- und Serviceportfolios sollen gezielt Synergieeffekte aus der Partnerarbeit und den sich ergänzenden Kernkompetenzen der beteiligten Transferstellen genutzt und weiterentwickelt werden. Die Kooperation dehnt sich somit weit über die gemeinsame Angebotsvorstellung am Markt aus. Querschnittstechnologien sollen gezielt im Verbund weiterentwickelt und einem erweiterten Nutzerkreis anschaulich demonstriert werden. Dies zum einen bei gemeinsamen Messeauftritten, aber auch in Seminaren und Technologieforen, bei denen TEA Partner, regionale



Problemfaktoren im Überblick

und überregionale Partner zusammengeführt werden. Drei Foren dieser Art fanden bereits im Technologie Centrum Westbayern statt.

Mit der TEA Projektkoordination wurde die Regio Augsburg Wirtschaft GmbH beauftragt. Sie ist der organisatorische Knotenpunkt des Netzwerkmanagements und zentrale Anlaufstelle für Projektinteressenten in Augsburg. Ergänzend werden dort Kapazitäten für Transfermarketing, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit und Organisation des vielfältigen Veranstaltungsangebots zur Verfügung gestellt.



Der TEA-Vertriebsprozess



Friedberger Strasse 4
D - 86453 Dasing

info@blobel.de
www.blobel.com

Tel 08205 9607 0
Fax 08205 9607 20

- ▶ Auslaufsperrn
- ▶ Löschwasserbarrieren
- ▶ Hochwasserschutz
- ▶ Kanaleinlauf-Absicherung

SPITZENREGION MIT IDEEN, PROFIL UND ZUKUNFT.



INFORMIEREN.

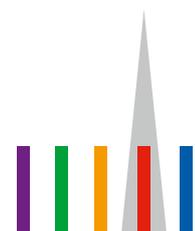
VERGLEICHEN.

BLEIBEN.

GENIESSEN.

- „Wohlfühlregion“ mit ausgezeichneter Lebensqualität
- Top-Freizeit- und -Sportangebote
- Verkehrsgünstige Lage
- Vielfältiges, bezahlbares Wohnungsangebot
- Beste Perspektiven für „Denker“ und „Lenker“ (lt. Prognos Karrieresatlas 2008)

Die Innovationsregion Ulm, Spitze im Süden e.V.
Olgastraße 101, D-89073 Ulm
Fon 0049 731 / 173-191, Fax 0049 731 / 173-291
innovationsregion@ulm.ihk.de
www.innovationsregion-ulm.de



DIE INNOVATIONSREGION **ULM**

SPITZE IM SÜDEN

Hochspannungstechnik – Zustandserfassung elektrischer Betriebsmittel mit Hilfe der Messung von Teilentladungen

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

In Zeiten der Liberalisierung des Energiemarktes ist es für Energieversorger sehr wichtig, die Kosten für den Betrieb und Unterhalt des Netzes zu reduzieren. Aus diese Gründe gewinnt die Erfassung und Bewertung von Daten in elektrischen Betriebsmitteln sowohl für ihre Beurteilung im Neuzustand mit Hinblick auf die mögliche Lebensdauer als auch für die Einschätzung des jeweils aktuellen Zustands der Betriebszuverlässigkeit und der Restnutzungsdauer an Bedeutung. Die Begriffe „Monitoring“ und „Diagnostik“ stehen dabei für die Gesamtheit der Prozesse von der Datenermittlung über ihre Interpretation bis zu einer Entscheidung, unter Umständen sogar über einen möglichen Eingriff (online) in das System.

Die Forschungsaktivitäten des Labors Hochspannungstechnik konzentrierten sich im WS 2008/09 auf die Messung von Teilentladungen (TE). Teilentladungsphänomene deuten in vielen Fällen auf Isolationsfehler an Hochspannungskomponenten hin. Eine Erkennung und Überwachung von TE schafft die Voraussetzungen, um sich vor später oft sehr kostenintensiven Ausfällen und Reparaturen zu schützen.

- Aktivitäten auf dem Bereich der TE-Messung erscheinen aus verschiedenen Gründen erfolgversprechend:
- Die Messung von TE an elektrischen Betriebsmitteln als Indikator für intelligente zustandsabhängige Instandhaltungsmaßnahmen gewinnt immer mehr an Bedeutung.

- Aufbau auf bereits vorhandener Expertise des Laborleiters und an der Partneruniversität (Jadavpur University) in Kalkutta.
- Wiederholte Anfragen von Energieversorgungsunternehmen und Hersteller von Hochspannungsgeräten zur Durchführung von TE-Messungen.
- Erweiterung des Lehrangebotes (Praktikum und Vorlesung) um aktuelle vielversprechende Diagnosemethode.

Für die Erfassung möglicher TE-Aktivitäten bieten sich verschiedene Methoden an:

- „konventionelles“ Verfahren nach IEC 60270
- UHF-Messverfahren
- akustisches Messverfahren

Im WS 2008/09 wurde das TE-Messsystem MPD600 der Firma Omicron (nach IEC 60270) sowohl in einer Hochspannungsprüfbox – Nutzung für das Hochspannungspraktikum und Prüfung von Betriebsmittels für Mittelspannung – als auch in der Hochspannungshalle in Betrieb genommen. Damit wurde die Grundlage für weitere Forschungsaktivitäten gelegt. Diese sollen im SS 2009 intensiviert werden. Zur Vervollständigung der Messeinrichtung ist außerdem die Installation eines UHF-Messsystems für das SS 2009 bzw. WS 2009/2010 angedacht. Die UHF-Messung bietet vor allem bei einer Vor-Ort-Messung den Vorteil unabhängig von äußeren elektromagnetischen Störeinflüssen zu sein.



Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Michael Finkel,
MBA

Hochschule Augsburg

Fakultät für Elektrotechnik
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

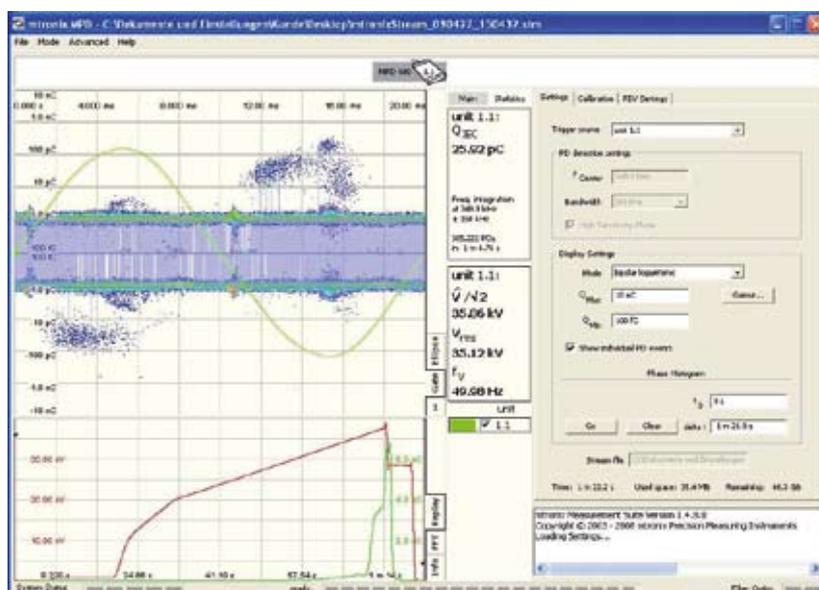
Telefon: (+49) 821 5586-3366

Telefax: (+49) 821 5586-3360

michael.finkel@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Hochspannungstechnik,
Energietechnische Anlagen



Messsystem (MPD600) zur Bestimmung von Teilentladungen nach IEC 60270

Gesundheit in besten Händen.



BEWEGTE ZEITEN. SICHERE LEISTUNG.

Gewinnen auch Sie mehr
Sicherheit mit der AOK!
www.aok-gewinnerseite.de

Jetzt zur AOK
wechseln!

Ihre Zukunft beginnt hier.

**Augsburg –
starker Standort für**

- Faserverbundtechnologie
- IT-Kommunikation
- Mechatronik + Automation
- Umwelttechnologie

Ab 2009:

Fraunhofer Institute mit
zwei Forschungsgruppen
Deutsches Institut für
Luft- und Raumfahrt DLR

Stadt Augsburg
Wirtschaftsreferat
Rathausplatz 1
86150 Augsburg

Karl Bayerle
Projektleiter Sciencepark
Telefon +49 (0) 821 / 324-3010
sciencepark@augsbu.de



Stadt
Augsburg

Technische
Akademie
Schwaben



Unser aktuelles Programm:
Freecall 0800 44525233

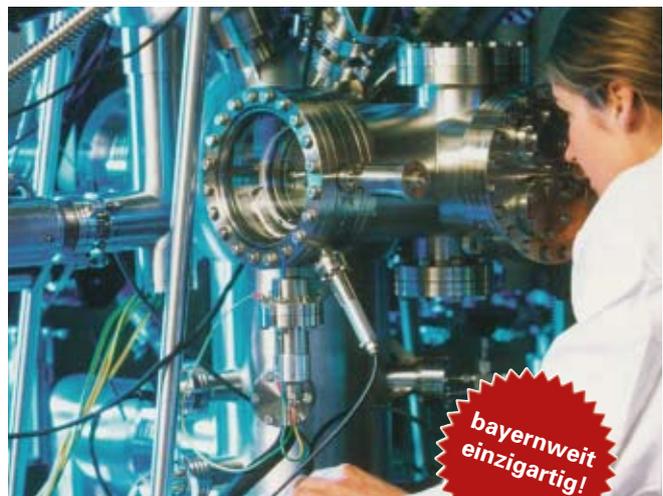


Praxisstudium Seminare

Energie, Gebäudetechnik
Qualitätsmanagement
Arbeitsschutz, Sicherheit
Entwicklung, Konstruktion
Produktion, Fertigung
Faserverbundwerkstoffe
Mechatronik

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

DIE HOCHSCHUL-TRANSFER-EINRICHTUNGEN AUGSBURG
www.tea-transfer.de



**bayernweit
einzigartig!**

Jetzt das KNOW-HOW der Hochschulen nutzen!

- ✓ Problemlösungen
- ✓ Forschungs- und Entwicklungsprojekte
- ✓ Wissens- und Technologietransfer
- ✓ Geräte, Maschinen, Labore, Apparate
- ✓ Gutachten, Beratung, Studien, Analysen
- ✓ Qualifizierung, Fortbildung
- ✓ Master, Diplomarbeiten, Praktikum

TEA Zentrale:
Wir finden den richtigen Ansprechpartner an
den Hochschulen

TEA Außendienstservice:
Die Hochschulen stellen Ihnen ihr Angebot vor -
vor Ort!



TEA-Netzwerk e/o Augsburg GmbH | Maximilianstraße 3 | 86150 Augsburg | Tel. 0821 45010 230 | Fax 0821 45010 111 | tea@region-a3.com
Dieses Projekt wird aus dem Europäischen Sozialfonds kofinanziert. „ESF in Bayern – Wir investieren in Menschen“

Netznachbildung zur Messung leitungsgebundener Störemission in Gleichstromnetze bis 800V

Prof. Dr.-Ing. Manfred Reddig, Hochschule Augsburg, Fakultät für Elektrotechnik

Getrieben von der Tendenz zu kleinen und hoch leistungsfähigen Systemen in der Kommunikationstechnik, werden von der Leistungselektronik Geräten mit kleinen Bauformen und hohen Leistungsdichten gefordert.

Um diese hohen Leistungsdichten bei hartschaltenden Systemen zu erreichen, sind sehr hohe Schaltfrequenzen erforderlich.

Schneller Schalten bedeutet aber auch, dass Störabstrahlung im Bereich höherer Frequenzen u. U. zunimmt. Um hier messtechnisch verlässliche Angaben machen zu können, ist analog zur Messung von leitungsgebundenen Störungen in Wechselspannungs-

netzen eine Netznachbildung für Gleichstromnetze erforderlich. Für Gleichstromnetze mit geringer Spannung – z. B. 12 V im Automobilbereich – sind solche Netznachbildungen kommerziell verfügbar. Für den Bereich höherer Spannungen gibt es erste Ansätze und Richtwerte.

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Netznachbildung zur Messung der leitungsgebundenen Störemission für Gleichspannungsnetze bis 800 V aufgebaut. *Tabelle 1* gibt die Eckdaten an. In den *Bildern 1 und 2* ist die technisch realisierte Schaltung zu sehen. Die notwendigen induktiven Bauelemente wurden – teils in Einzelanfertigung – von der Fa. Würth-Elektronik zur Verfügung gestellt.



Ansprechpartner:
Prof. Dr.-Ing.
Manfred Reddig

Hochschule Augsburg

Fakultät für Elektrotechnik
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3352
Telefax: (+49) 821 5586-3360
manfred.reddig@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Leistungselektronik,
Elektrische Antriebe

Tabelle 1: Eckdaten der Schaltung

max. Eingangsgleichspannung	800V
max. Eingangsstrom	12A
Frequenzmessbereich	150 kHz– 30MHz

Tabelle 2: Zusammenfassung der Messergebnisse

Übertragungsverhalten bei Gegentaktaussteuerung	erfolgreich
Übertragungsverhalten bei Gleichtaktaussteuerung	erfolgreich
Eingangsimpedanz bei Gegentaktaussteuerung	erfolgreich
Eingangsimpedanz bei Gleichtaktaussteuerung	Nicht erfolgreich

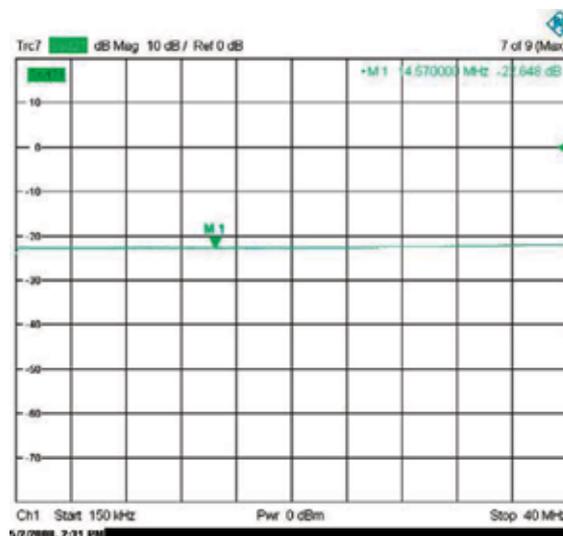


Bild 3: Übertragungsverhalten bei Gegentaktaussteuerung

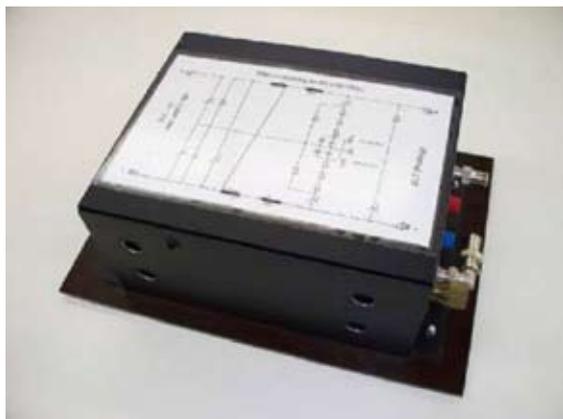


Bild 1: Aussenansicht der Netznachbildung



Bild 2: Blick in das Innere der Netznachbildung

Mit freundlicher Unterstützung der Fa. Rohde und Schwarz konnten in sehr aufwendigen Messungen die vier wichtigsten Kennwerte der Schaltung

- Übertragungsverhalten bei Gleich- und Gegentakt-
aussteuerung
 - Eingangsimpedanz bei Gleich- und Gegentakt-
aussteuerung
- ermittelt werden.

Bei drei der vier Messungen wurden die empfohlenen Richtwerte eingehalten, bei einer Größe leider nicht.

Tabelle 2 zeigt die entsprechende Übersicht.

In *Bild 3* ist exemplarisch das Messergebnis für das Übertragungsverhalten bei Gegentaktaussteuerung dargestellt. Man erkennt das ausgezeichnete Verhalten der Schaltung.

Es wurde nach einer Lösung gesucht, die aufwendigen Messungen auch innerhalb der Hochschule Augsburg durchzuführen. Mit Unterstützung der Experten für Hochfrequenztechnik Herrn Prof. Dr.-Ing. R. Stolle und Herrn Dipl.-Ing. S. Kolb konnte eine Anpass- und Kalibriereinheit entworfen werden, die eine Vermessung der Netznachbildung innerhalb der Hochschule erlaubt. Die endgültigen Aufbauten und Messungen sowie ein Vergleich mit den Ergebnissen von Fa. Rohde und Schwarz erfolgen in Kürze.

Bestimmung des Füllstandes eines Behälters, wie z. B. eines Tanks oder Silos mit Hilfe der Hochfrequenztechnik (HF-Technik)

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

Seit Mitte des Jahres 2008 wird die Forschung an der Fakultät für Elektrotechnik durch die Förderlinie „IngenieurNachwuchs“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Die Förderlinie setzt sich zum Ziel, sowohl neuberufene Professoren als auch Studierende in Bezug auf ingenieurwissenschaftliche Forschung zu unterstützen. Bei der Ausschreibung wurde Wert darauf gelegt, die Praxisrelevanz durch die Einbeziehung von kleinen und mittleren Unternehmen zu gewährleisten, was in diesem Fall durch Einbeziehung der Firmen Radio Frequency Consulting und RF Consult GmbH erreicht wurde. Darüber hinaus konnten die Firma Krohne Messtechnik GmbH & Co. KG sowie das Institut für Hochfrequenztechnik (HFT) der Leibniz Universität Hannover als Projektpartner gewonnen werden.

PROJEKTIHALT / ZIELSETZUNG

Eine in der industriellen Prozessmesstechnik häufig gegebene Problemstellung ist die möglichst genaue Bestimmung des Füllstandes eines Behälters, wie z.B. eines Tanks oder Silos. Mit Hilfe der Hochfrequenztechnik (HF-Technik) lässt sich diese Aufgabe bewältigen, indem die Reflexion einer elektromagnetischen Welle an der Oberfläche des Tankinhalts messtechnisch erfasst wird. Bei Kenntnis der geometrischen Ausmaße des Behälters lässt sich sogar das Volumen seiner Füllung bestimmen. Ein zu diesem Zweck in einen Tank eingebautes Radarsystem ist in *Abbildung 1* dargestellt.

Bei der Füllstandsmesstechnik handelt es sich genau genommen um die verbreitetste zivile Anwendung der Radartechnik. Für Flüssigkeiten sind derartige Systeme weitgehend ausgereift, da diese eine ebene Oberfläche aufweisen. Bei den sog. Schüttgütern dagegen kann die Oberfläche etwa trichter- oder kegelförmig sein. Eine Bestimmung von Größen wie dem Volumen oder der Höhe des Füllstands im Maximum des Kegels ist dann z. B. möglich durch bildgebende Radarverfahren. Solche Verfahren besitzen den zusätzlichen Vorteil, sich im Tank befindliche Störreflexionen vom Füllstand unterscheiden zu können.

Ein Teil des vom BMBF geförderten Projektes mit dem Namen „Erschließung moderner Ultra-Wide-Band (UWB)- und Multiple-Input-Multiple-Output (MIMO)-Architekturen für Anwendungen der Radartechnik“ beschäftigt sich mit solchen Verfahren. Diesen Arbeiten liegt die Idee zu Grunde, sog. Diversitätsverfahren wie sie aus der Kommunikationstechnik bekannt

sind auch in der Radartechnik einzusetzen. Räumliche Diversität etwa wird durch die Auswertung von Signalen erzielt, die von verschiedenen Antennen empfangen werden (MIMO). Hiermit wird neben der sonst üblichen radialen Auflösung auch eine laterale Auflösung erreicht. Frequenzdiversität wird durch die Messung in einem sehr breiten Frequenzspektrum erzielt (UWB). Hiermit lassen sich die Auflösung und Messgenauigkeit in radialer Richtung verbessern.

Um die Ziele des Forschungsvorhabens zu erreichen, werden sowohl Algorithmen der Signalverarbeitung als auch Hardware-Komponenten für den HF-Bereich entwickelt, wie z. B. geeignete Antennen für die räumliche Diversität. Zur Durchführung dieser durch Herrn Prof. Dr.-Ing. R. Stolle angeleiteten Arbeiten wurde mit Herrn Dipl.-Ing. Stephan Kolb ein Wissenschaftlicher Mitarbeiter eingestellt, für den die Möglichkeit der Promotion in Kooperation mit der Leibniz-Universität Hannover besteht.

Weitere Unterstützung erhält das Projekt durch die Mitarbeit zahlreicher Studenten. Diese haben im Rahmen von Projektseminaren, Abschlussarbeiten und als studentische Hilfskräfte bereits jetzt einen wichtigen Beitrag geleistet, wie man sich auf der Studentenseite des Projektes



Ansprechpartner:

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

Hochschule Augsburg
Fakultät für Elektrotechnik
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3356

Telefax: (+49) 821 5586-3360

reinhard.stolle@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Hochfrequenztechnik,
Nachrichtensysteme,
Elektronische Bauelemente

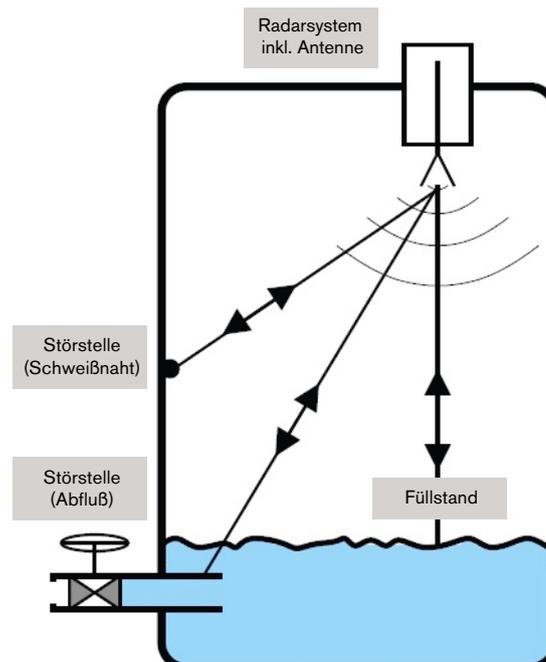


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Tanks mit Inhalt und möglichen Störstellen

überzeugen kann (www.hs-augsburg.de/~stolle/studenten.htm). Durch das Projekt wird den Studenten nicht nur die Möglichkeit gegeben, an anwendungsorientierter Forschung unmittelbar beteiligt zu sein. Die im Rahmen des Projektes erzielten Anschaffungen ermöglichen es den Studenten darüber hinaus, mit modernsten HF-Messplätzen und modernsten Software-Paketen für den Entwurf von HF-Systemen zu arbeiten.

DERZEITIGE ARBEITEN

Um eine sinnvolle und verlässliche Vermessung von entwickelten Antennen oder Antennengruppen durchführen zu können, wurde von zwei Studenten im Rahmen der kombinierten Projektseminare „Messdaten-Erfassung und Visualisierung mittels Matlab zum Einsatz in einem vollautomatischen Antennen-Messplatz“ bzw. „Ansteuerung eines Schrittmotors mit Matlab zum Einsatz in einem vollautomatischen Antennen-Messplatz“ ein Messplatz realisiert. Mit dessen Hilfe ist die vollautomatische Erfassung des Strahlungsdiagramms einer Antenne über Azimut und Elevation möglich. Eine unverzichtbare Voraussetzung zum Aufbau eines solchen Messplatzes und damit zur Verifikation selbst gefertigter Antennen stellt der im HF-Labor verfügbare Antennen-Messraum dar.

Dieser Messplatz kann unmittelbar genutzt werden,

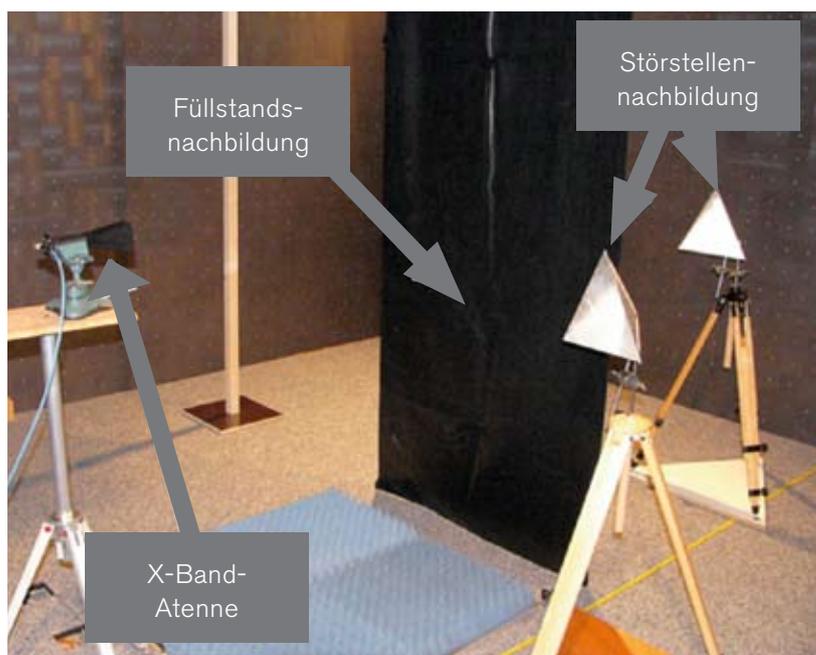


Abbildung 2: Nachbildung eines realistischen Messszenarios im Labor

um das Endprodukt des gegenwärtig aktiven Projektseminars „Realisierung einer Tapered-Slot-Antenne für das X-Band“ messtechnisch zu überprüfen und mit den Simulationsergebnissen zu vergleichen. In der derzeit laufenden Diplomarbeit „Realisierung einer virtuellen Antennenstrahl-Schwenkung zum Einsatz in einem MIMO-Radarsystem“ wird mit einigen Exemplaren dieser Antenne ein sog. Antennen-Array aufgebaut. Mit dessen Hilfe lässt sich die weiter oben erwähnte räumliche Diversität erreichen. Dazu wird ein virtuelles Schwenken des Antennen-Arrays implementiert, welches eine raumselektive Abtastung ohne Einsatz von mechanisch beweglichen Komponenten, nur durch geschickte Signalverarbeitung vorsieht. *Abbildung 2* zeigt einen Laboraufbau zur Untersuchung eines solchen Verfahrens. Die Grundlagen für diese Arbeit wurden unter Mitwirkung einer studentischen Hilfskraft mit der Aufgabenstellung „Beamforming-Methoden für bildgebendes UWB-Radar“ gelegt.

Ist der Kanal mit entsprechend vorhandenen Radarzielen winkelselektiv erfasst, gilt es einzelne Ziele zu separieren und deren Position zu bestimmen, um das vor den Antennen liegende Szenario hinreichend charakterisieren zu können. Vorarbeiten hierzu wurden durch zwei Studenten im Rahmen einer Tätigkeit als studentische Hilfskräfte („Erprobung von Zielerkennungsalgorithmen“) geleistet. Es wurden Algorithmen implementiert und anhand von Messdaten erfolgreich erprobt, die die Erkennung von Radarzielen in einer (radialen) Dimension erlauben. Die Ausweitung der Zielerkennung auf weitere Dimensionen ist Inhalt einer derzeit beginnenden Diplomarbeit mit dem Titel „Zielpositionsschätzung von ausgedehnten Objekten in einem MIMO-Radarsystem“. In diesem Zusammenhang sind nach Literaturrecherche bislang nur Verfahren nach dem Prinzip des synthetischen Apertur Radars (SAR) zur Anwendung gekommen, das aber für die Verwendung in einem Füllstandsradar impraktikabel ist. Der Inhalt der Arbeit wird sich daher mit der Erprobung neuer Prinzipien beschäftigen, wobei etwa das oben erwähnte Antennen-Array eingesetzt werden wird.

In weiteren durch studentische Hilfskräfte unterstützten Arbeiten entsteht ein Demonstrator eines vollständig auf Digitaltechnik basierenden Radarsystems. Hierbei handelt es sich um eine weitere Variante eines UWB-Radars, die besonders für die Erkennung von Hindernissen auf Schienenwegen geeignet ist.

Forschungsprojekte am c2m (Kompetenzzentrum Mechatronik)

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Villain, Hochschule Augsburg, c2m Kompetenzzentrum Mechatronik

Im c2m wurden folgende Aktivitäten auf dem Gebiet der angewandten Forschung durchgeführt:

1. ABSCHLUSS BMBF-PROJEKT „LiVe“

Im Juni lief das BMBF-Projekt „LiVe“ nach vier Jahren Laufzeit und einer kostenneutralen Verlängerung von drei Monaten aus. Das Ziel, eine gezielte prozesskontrollierte Veredelung von Mikroverbindungsloten und die thermomechanische Charakterisierung der Lebensdauer auf der Basis von neuen Schädigungsmodellen für bleifreie Lote, konnte voll erreicht werden. Die Arbeiten wurden in Buchform veröffentlicht (Buchreihe: Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik – aktuelle Berichte, Band 8, ISSN 1614-6131, Materialmodifikation für geometrisch und stofflich limitierte Verbindungsstrukturen hochintegrierter Elektronikbaugruppen „LiVe“, 325 Seiten).

DIE ANTEILE DER HS AUGSBURG WAREN:

- Leitung der AG 2 (Materialmodifikationen für miniaturisierte Verbindungsvolumina) – Bulkcharakterisierung, Gefügecharakterisierung, Veredelungsverfahren
- Festigkeitsanalyse $f(T, \square)$ und Kriechverhalte von Bulk und Lötverbindungen
- Definition einer neuen SnAgCu- Basislegierung, die während des Lötvorganges durch Cu-Auflegierung (Cu, Ni, Ag) verändert wird (SnAg_{2,7}Cu_{0,4})
- Größeneinfluss auf mech. Eigenschaften incl. Kriechverhalten
- Phasenanalyse Lötstellen
- Erstellung eines Schadensmodells

Auf der Basis von sechs Testleiterplatten konnte eine umfangreiche Gefügesammlung erstellt werden, die in Verbindung mit Festigkeitsanalysen (Scherversuche an Bausteinen) es erlaubte, neue Lebensdauermodell zu erstellen, die sich von denen bleihaltiger Lote und Lotverbindungen deutlich unterscheiden. Der Beitrag der HSA lag hier auf der ausführlichen Gefüge- und Phasenanalyse und der erstmaligen Beschreibung des Schädigungsmechanismus von bleifreien Lotten auf der Basis von REM- und EBSD-Untersuchungen. *Abb. 1* und *2* zeigen zum einen die Auflegierung unterschiedlich großer Lötstellen und zum anderen den Ablauf der Schädigung durch Subkornbildung und gleichzeitiger dynamischer Rekristallisation.

Dabei zeigt sich, dass durch unterschiedliche Konvektion in unterschiedlich großen Lötstellen, in kleinen Lotvolumina weniger Fremdelemente (z. B. Cu) gelöst werden, was deren mechanische Eigenschaften stark beeinflusst. Je geringer der Cu-Gehalt, desto geringer sind die Festigkeitseigenschaften. Damit liegen auf einer bestückten Leiterplatte Lötstellen mit deutlich unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften und damit Zuverlässigkeiten vor.

IM SINNE DER ZIELE DES VORLIEGENDEN PROJEKTS, DASS

- eine gezielte, homogene, volumenunabhängige Auflegierung nicht möglich ist,
- die Auflegierung von intermetallischen Randphasen sich nur auf das Verhalten unter Dropbelastung positiv auswirkt
- dass deshalb eine Lotlegierung definiert und angeboten werden muß, die im Mittel für alle aktuellen Bausteine zu hohen spezifischen Zuverlässigkeiten führt. D. h., verfestigte Sn-Kristallite, verzögerte Rekristallisation vom Sn und verzögerte Koagulation der intermetallischen eutektischen Sn-Phasen. Dieses wird in gewisser Weise von gelösten Elementen wie Bi, Sb und Ni und vielleicht auch von P bewirkt. Die im TB 5 und 6 verwendeten und mit Ni und P auflegierten Lote führen zu einer geringen Verschiebung des Beginns der Schädigung im Vergleich zu reinen SAC-Loten, sie sind aber schlechter als das Innotot (SnAg_{3,8}Cu_{0,7}Bi₃Sb_{1,5}Ni_{0,15}), das die o. g. Anforderungen am Besten erfüllt.



Ansprechpartner:
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Villain

Hochschule Augsburg

Fakultät für Elektrotechnik
c2m Kompetenzzentrum
Mechatronik
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon:
(+49) 821 5586-3386,
-3389

Telefax: (+49) 821 5586-3360

juergen.villain@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Werkstoffe der
Elektrotechnik und Elektronik,
Fertigungstechnik,
Mikrosystemtechnik,
Konstruktion und
Festigkeitslehre

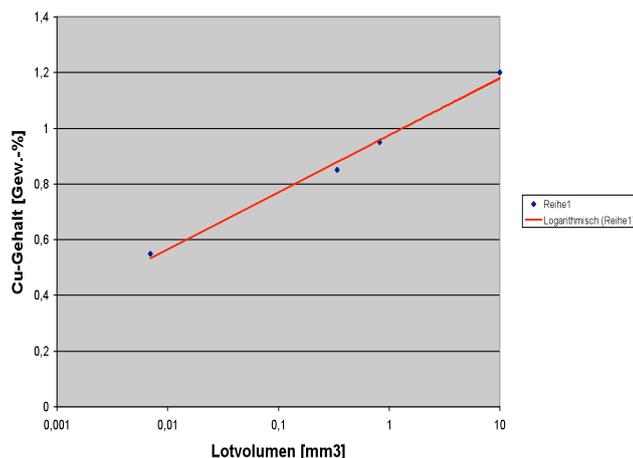


Abb. 1: Cu-Auflegierung unterschiedlicher Lotvolumina

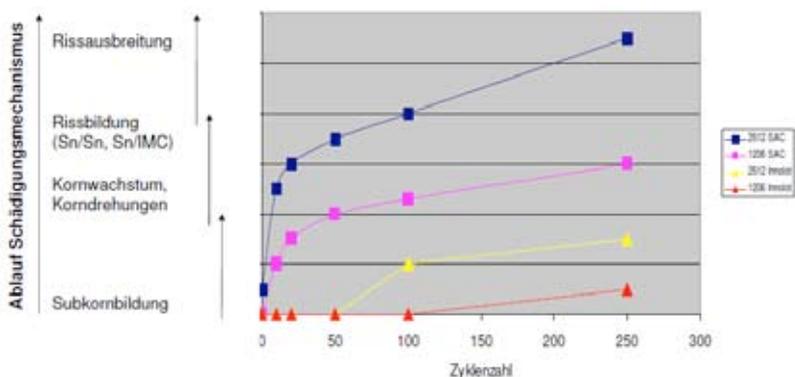


Abb. 2: Schadensmodell für unterschiedliche Lote und Bausteingrößen

Basierend auf den Ergebnissen vom EBSD-Messungen läuft der Schädigungsmechanismus über dynamische Rekristallisation mit Subkornbildung und Subkornwachstum in Kombination mit Koagulationseffekten von eutektischen intermetallischen Phasen zusammen mit Entfestigungseffekten ab. Danach erfolgt an den Stellen höchster Schubspannung und geringster Kohäsion ein Korngrenzgleiten zwischen Sn/Sn- bzw. Sn/IMP-Phase (IMP – intermetallische Phase), was zur Rissbildung und weiter zur Rissausbreitung führt.

Diese Ergebnisse führten zum Durchbruch bei der Beschreibung der Schädigungsmechanismen bleifreier Lote und zu weiteren bezahlten Drittmittelaufträgen der Firmen VW und Bosch. Die Untersuchungen des Kriechverhaltens, zusammen mit der TU Dresden und dem FhG/IZM, zeigten, dass das Lotvolumen das Kriechverhalten und damit die Zuverlässigkeit einer Lötverbindung bestimmt. Damit konnte ein Größeneffekt nachgewiesen werden, der aber noch weiter verifiziert werden muss.

Basierend auf diesen neuen Erkenntnissen wurden in 2008 zwei Forschungsanträge zusammen mit den Firmen Siemens, Bosch, Daimler, Continental und den Universitäten Berlin, Dresden und Freiburg gestellt (Lift, Power Joint; Gesamtumfang 6–8 Mio Euro Anteil HSA: ca. 150-200 T Euro). Das Projekt „Lift“ wurde in 2008 abgelehnt.

2. PROJEKT NANOHÄRTE – PIW

Vorhabensbezeichnung: PIW- Entwicklung und Erprobung einer Nanoprüfvorrichtung mit korrigierbarer Einsinkwegmessung zur Bestimmung der realen mechanischen Eigenschaften von Phasen in weichen

metallischen Werkstoffen und in gefüllten Kautschuken (Laufzeit des Vorhabens: 4/2007 – 3/2010, Projektpartner: Fa. Siemens AG, Berlin, FhG/IZM Berlin, Fa. Kamrath & Weiss, Fa. Vides Eventum).

Im Zeitraum von 1/2008 bis 12/2008 wurden folgende Fortschritte im o. g. Forschungsvorhaben erzielt:

Die neue Prüfeinheit mit zwei Prüfköpfen (zylindrischer Flachkopf, Durchmesser 8 µm; Vickers-Diamant) wurde erfolgreich in Betrieb genommen und wird z. Zt. weiter hard- und softwaremäßig optimiert (Abb. 3). Der Piezotisch erlaubt eine Positionierung der Proben in einem Bereich von +/- 50 nm, die Positionierung der Prüfköpfe wird über einem Glasmaßstab mit einer Auflösung von 1 µm realisiert. Die minimale Last beträgt 50 µN.

Mit dem zylindrischen Flachkopf wird der elastische Anteil der Matrix beim flächigen Eindringen einer harten Phase in die weiche Matrix in Form einer Kraft-Weg-Kurve gemessen, die zur Korrektur der Kraft-Weg-Kurve eines eindringenden Vickers-Diamanten der Härtemessung dieser harten Phase in einer weichen Matrix benutzt wird. Damit werden der wahre Härtewert, die wahre Streckgrenze und der wahre E-Modul der geprüften Phase nach den theoretischen Ansätzen von Oliver und Pharr bestimmt. Die theoretischen Ergebnisse der Promotion von Herrn Dr. Sterhaus werden durch die Messungen mit dem entwickelten Nanohärteprüfer verifiziert und gegebenenfalls optimiert (Parameteridentifikation an metallischen Werkstoffen, basierend auf numerischen Simulationen und instrumentierter Eindringprüfung, TU Berlin 2008, Gutachter: Prof. Dr.



Abb. 3: Nanohärteprüfer mit zwei Indentern, chromatischer Wegmessung (links), Piezotisch (Mitte) für die Proben und Glasmaßstab für die Positionierung der Prüfköpfe (rechts)

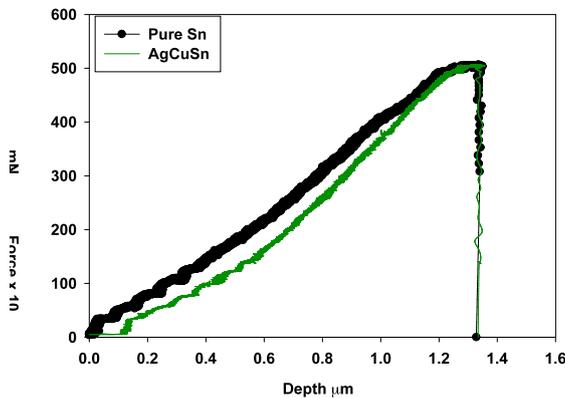


Abb. 4: Kraft-Weg-Kurven für reines Zinn und β -Zinn in SAC-Lotlegierungen

Müller, TU Berlin, Prof. Dr. Villain, HS Augsburg).

Nachdem an verschiedenen großen Phasen die elastische Antwort der Matrix bestimmt wurde, kann diese für kleinere Phasen bis ca. 1 μm Durchmesser extrapoliert werden, an denen dann problemlos die Kraft-Eindringweg-Kurven zur Bestimmung der o. g. Werkstoffkennwerte mit dem Vickers-Diamanten bestimmt werden können.

Abb. 4 zeigt zwei verschiedene Kraft-Weg-Kurven für reines Zinn und β -Zinn in SAC-Lotlegierungen und Abb. 5 die Korrelation der Streckgrenze zu den Härtewerten von Sinn. Die bisher wichtigsten Ergebnisse im Vergleich zu Literaturdaten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

An Hand von Zinnkörnern von SAC-Lotlegierungen (SAC – Zinn-Silber-Kupfer) wurden deren Kornorientierung mittels EBSD-Technik bestimmt, um in Verbindung mit den Nanohärtewerten die mechanische Anisotropie von tetragonalem Zinn zu vermessen. Hierzu liegen erste Ergebnisse vor, die an Hand von Einkristallen in 2009 verifiziert werden.

Mit einem von der TU Berlin, Prof. Dr. Müller, ausgeliehenen AFM (Atomic Force Microscope) wurden die realen Eindrücke vermessen, um auf diese Weise den plastisch verformten Bereich um den Härteeindruck (sink-in, pile-up) zu vermessen.

Zur Entwicklung mathematischer Modelle zur Kennwertbestimmung aus korrigierten Kraft-Weg-Kurven, auch unter Berücksichtigung von Bildverarbeitungssystemen liegen erste Ansätze in Verbindung mit Prof. Müller, TU Berlin, auf der Basis der Dissertation von Herrn Sterthaus vor (Prof. Villain zweiter Gutachter).

Bisher wurden keine vergleichbaren Prüfvorrich-

Specimen	Hardness (calculated AFM) HV	Hardness (Experimental) HV	Indent. Modulus GPa	Indent. Modulus (lit.) GPa
Sn (Pure)				
1	9.84	10.43	46.8	50**
2	8.44	9.76	42.8	
3	10.43	10.62	48.92	
4	10.82	11.31	45.97	
5	10.32	11.02	45.31	
6	9.44	9.93	45.06	
Sn-9Zn	11.58	12.39	45.9	
Sn-1Ag-0.5Cu	16.21	17.34	45.5	
Sn-3Ag-0.5Cu	17.55	18.31	46.3	
Sn-3Ag-0.9Cu	18.53	19.50	46.0	
Sn-3Ag-1.2Cu	18.45	19.24	48	

Tab. 1: Vergleich zwischen gemessenen E-Moduli und Härten mit Literaturwerten von SAC-Legierungen

tungen und deren Ergebnisse entdeckt. Ebenso werden spezifische wissenschaftlich-technische Tagungen und Messen besucht und eigene erste Ergebnisse präsentiert (s. Literaturliste).

3. SNZn-UMSCHMELZVERSUCHE UND NUMERISCHE GEFÜGESIMULATIONEN

Frau Dipl.-Chem. Simona Klima führte während dieser Zeit folgende Arbeiten mit dem Ziel der Drittmittelwerbung durch:

- Erarbeitung von Grundlagen zur Simulation von SnAgCu-Lotgefügen durch Verifikation mittels Gefügeuntersuchungen im Licht- und Rasterelektronenmikroskops (Einflußparameter: Chemische Zusammensetzung, lokale Abkühlgeschwindigkeit, Unterkühlung)
- Promotionsarbeit: Gefügestrukturen von SnZn- und SnZnAl-Loten in Abhängigkeit von Lotvolumen auf Cu/Ni/Au-Metallisierungen (Ziel: Simulation der Gefügestruktur auf der Basis von SnAgCu-Erkenntnissen)

In Zusammenarbeit mit der Fa. ACCESS e.V., RWTH Aachen, wurden erste Simulationsrechnungen an der naheutektischen Legierung SnAg_{3,8}Cu_{0,7} an der RWTH Aachen durchgeführt. Frau Klima lieferte dazu die

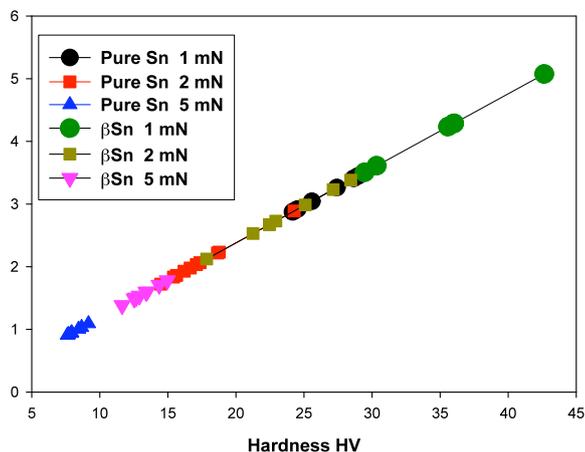


Abb. 5: Korrelation der Streckgrenze mit den Härtewerten von Zinn-Phasen

entsprechenden Gefügeanalysen mit dem Schwerpunkt der Ermittlung der Abstände der Dendritenäste und der Form und Größe der eutektischen intermetallischen Phasen. Hier zeigt sich, dass die örtliche Unterkühlung und die Art und Menge der Elementanreicherung an der Grenzfläche fest/flüssig die Ausbildung des Gefüges stark beeinflusst. Erste Parameterstudien zeigen, dass die Gefügestruktur von bleifreien Lötten bei Kenntnis der Abkühlbedingungen simuliert werden kann. Im zweiten Schritt sollen dann auf der Basis der simulierten Gefügestruktur deren mechanische Eigenschaften berechnet und mit experimentellen Daten verifiziert werden, um Entwicklungszeit und -kosten zu sparen. Diese ersten Ergebnisse führten zur Erstellung und Einreichung von einem BMBF- Forschungsantrag im Bereich der bleifreien Lote - Projektskizze BMBF – Verbundprojekt LiFT „Verifizierte Transformation Test- zu Felddaten für die Lebensdauervorhersage von Elektronikbaugruppen“, BMBF Förderprogramm MaTech, 8/2008, Umfang: 8,5 Mio €; Siemens Bosch, Conti, Daimler, ACCESS, FhG/IZM, Vishey, Ruwel, Zollner, HS Augsburg, TU Dresden, Universität Rostock. Dieser wurde leider nicht bewilligt, was mit hoher Wahrscheinlichkeit darauf zurückzuführen ist, dass in Deutschland Projekte zum Thema „Bleifreie Lote“ mit großem Industrieanteil nicht mehr gefördert werden. Grundsatzuntersuchungen mit anwendungsorientierten Anteilen und KMU Beteiligung sind aber nicht betroffen. Deshalb wird ein weiterer Forschungsantrag zusammen mit der Universität Bukarest und deutschen Partnern (z. B. Bosch, FhG, TU Berlin,

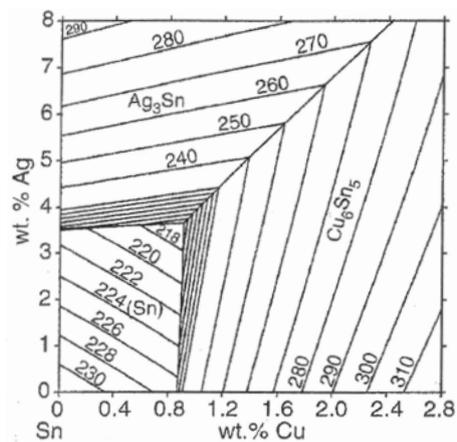


Abb. 6: Zinnreiche Ecke des Systems Sn/Ag/Cu

FhG/IZM, KMUs) in 2009 eingereicht.

Aufgrund der naheutektischen Zusammensetzung der simulierten Lotprobe (SnAg3,8Cu0,7, Bulkmaterial) wird sich ein Gefüge aus β -Zinn, Ag₃Sn und Cu₆Sn₅ ergeben (Abb. 6).

Die wichtigsten thermodynamischen Randbedingungen für die Simulation sind: Abkühlrate: 2 K/s, Starttemperatur der Abkühlung: 485 K (212 °C – Temperatur < Liquidustemperatur auf Grund von Unterkühlungseffekten), Temperaturgradient an der Grenzfläche fest/flüssig: 100 K/cm).

In Abbildung 7 sind für verschiedene Zeiten nach der Unterschreitung der Liquiduslinie die sich bildenden Gefügeanteile dargestellt. Zuerst bilden sich punktuell Ag₃Sn und Cu₆Sn₅ Phasen in der Schmelze. Danach bilden sich β -Zinn Dendriten mit Restschmelze zwischen den Dendritenästen. Diese Restschmelze erstarrt eutektisch. Die Simulationsergebnisse dieser eutektischen erstarrten Schmelze sind in der Abb. 3 zusammenfassend dargestellt. Danach ergeben sich streifenförmige Ag₃Sn und Cu₆Sn₅ Phasen, die sich gegenseitig als Keim dienen können. Diese unterschiedliche Keimbildung ist auf Grund der Ähnlichkeit der Kristallart theoretisch möglich. Um die intermetallischen Phasen bilden sich in den Sn-Phasen keine Diffusionszonen aus, was mittels EDX-Linescans nachgewiesen werden konnte (Auflösung ca. 0,5 – 1 μ m).

Zur Verifizierung dieser ersten Simulationsergebnisse wurden Schlitze an entsprechend legierten Proben erstellt, die im Lichtmikroskop und im REM mit EDX analysiert wurden. Die dazu verwendete Legierung war SnAg₄Cu_{1,2} und damit etwas unterschiedlich zur simulierten Struktur. Trotz der kleinen Unterschiede im Elementgehalt, können diese beiden Legierungen gut verglichen werden, da sie beide naheutektisch sind. Dabei zeigt sich, dass sich in den realen Proben die beschriebene dendritische Struktur tendenziell wieder findet, wobei die Dendritenarmabstände teilweise unterschiedlich sind (Hauptachsenabstand Simulation/Schliff = 2; Nebenarmabstände vergleichbar). Bei der Erstarrung und Kristallisation des Eutektikums zeigen sich in der realen Probe dagegen streifenförmige und globulare intermetallische eutektische Phasen. Ein Diffusionsbereich von Ag oder Cu um die entsprechenden Ag₃Sn oder Cu₆Sn₅ Phasen konnte mittels Linescans auch hier nicht nachgewiesen werden. Ebenso zeigten sich an diesem Schliff keine Cu₆Sn₅ Phasen an Ag₃Sn Phasen im Eutektikum. Dieser Effekt konnte nur sehr vereinzelt an BGA-Lötungen beobachtet werden und ist höchstwahrscheinlich auf den Einfluss des Temperaturgradienten an der Phasengrenze flüssig/fest zurück zu führen, der über weite Bereiche noch variiert werden muss.

Diese ersten Ergebnisse zeigen, dass eine Gefügesimulation, die bisher noch nicht für Sn-basierte Legierungen durchgeführt wurde, möglich ist. Die Unterschiede zwischen realen Gefüge und „Simulationsgefüge“ sind z. Z. noch relativ groß, was zum einen auf das kleine simulierte Volumen und zum anderen auf den gewählten Temperaturgradienten and der Grenzfläche fest/flüssig zurückzuführen ist.

Im Rahmen der Promotion von Frau Klima sollte das an SnAgCu-Lotlegierungen erarbeitete Wissen zur numerischen Gefügesimulation auf SnZn-basierte Lotlegierungen angewendet werden, um den Einfluss von Legierungselementen wie Au, Ni und Cu auf die Gefügestruktur und die mechanischen Eigenschaften numerisch zu untersuchen und experimentell zu verifizieren. Die experimentellen Arbeiten zur Erstarrung und zum Gefügeaufbau von SnZn₉ und SnZnAl-Lotlegierungen auf Cu bzw. Cu/Ni/Au wurden im Jahr 2008 begonnen. Für weitere SnZnAl-Legierungen wurden erste Mischungen erstellt und das Benetzungs- und Erstarrungsverhalten bestimmt.

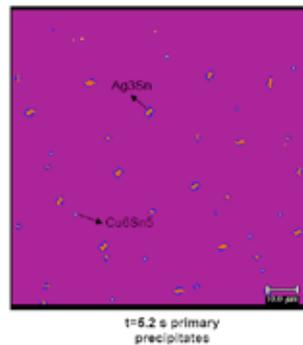
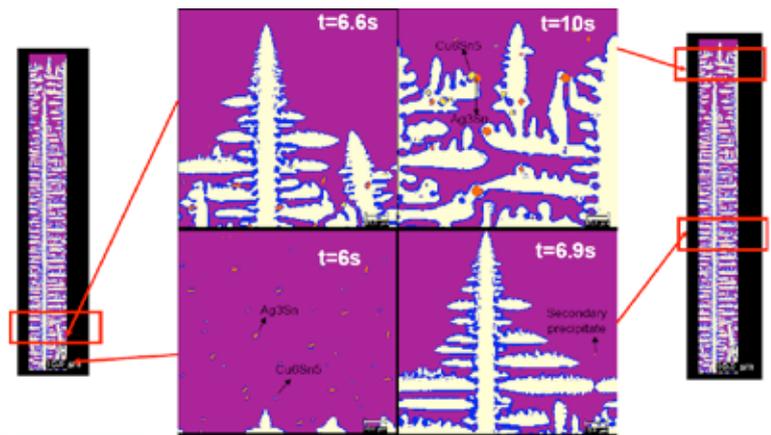


Abb. 7: Zeitlich versetzte Kristallbildung (lila – Schmelze, weiß - β-Sn)



Zum Erreichen der o. g. Ziele wären weitere Versuche mit dem Ziel der Simulation und Verifikation des Gefüges eines realen Lotvolumens auf der Basis von SnAgCu-Legierungen und die Verknüpfung mit den spezifischen mechanischen Eigenschaften in 2009

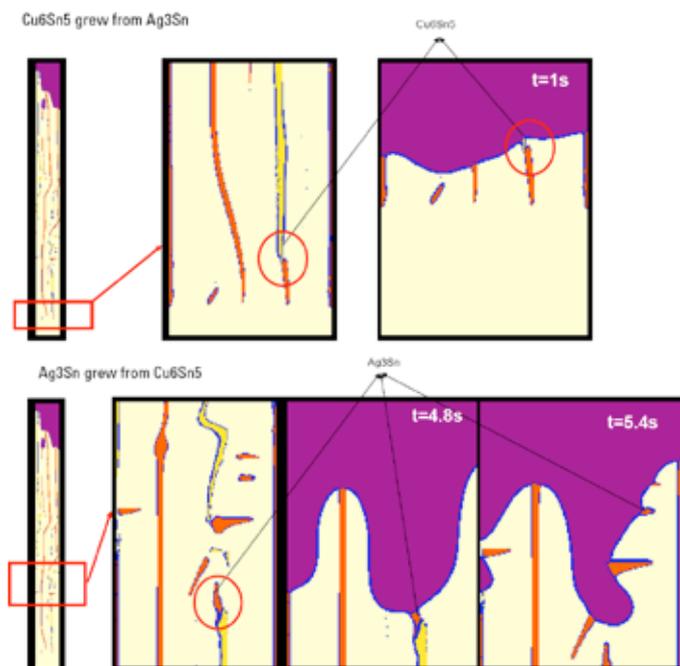


Abb. 8: Streifenförmige eutektische Erstarrung mit Ag₃Sn Keimen für Cu₆Sn₅ und Cu₆Sn₅ Keimen für Ag₃Sn (lila – Schmelze, beige – β-Sn)

Abb. 9: Gefügevergleich SnAg4Cu1,2 real (links) mit Simulationsgefüge SnAg3,8Cu0,7

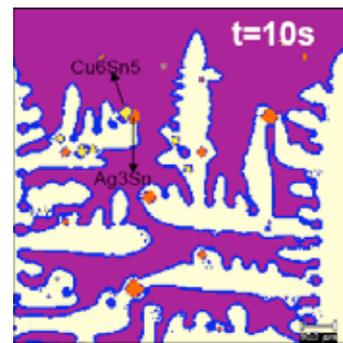
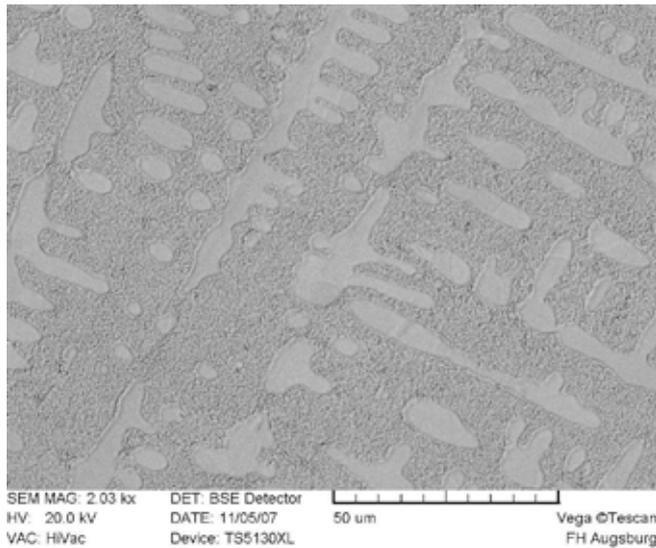
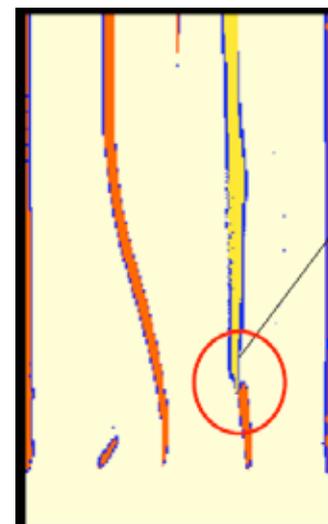
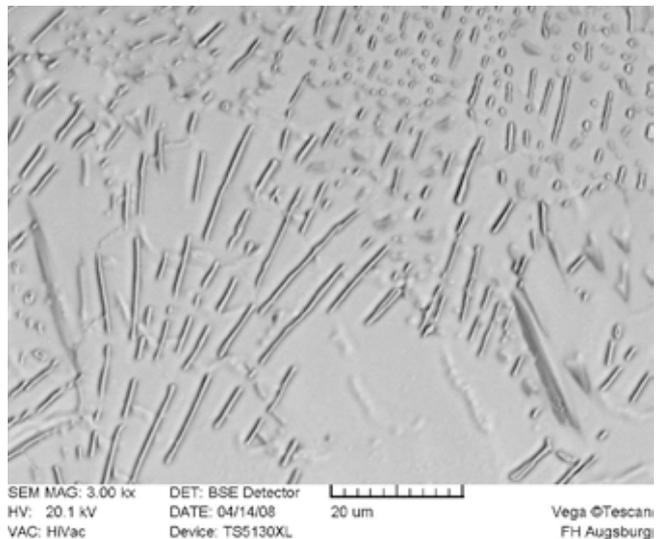


Abb. 10: Vergleich vom realen eutektischen Gefüge (links) mit „eutektischem Simulationsgefüge“ (rechts, gelb-Cu6Sn5, rot-Ag3Sn, beige-β-Sn)



notwendig. Diese ersten Schritte können nun aber leider nicht mehr durchgeführt werden, da die Stelle von Frau Klima in den neuen Zielvereinbarungen gestrichen wurde. Damit wird ein erfolgreicher Ansatz im Bereich der Werkstoffsimulation weicher Werkstoffe, der z. Zt. in Deutschland einmalig ist, nicht weitergeführt.

4. EBSD AKTIVITÄTEN

Auch in 2008 hat sich der Einsatz der EBSD-Technik zur Bestimmung der Korngröße, der Subkorngröße, der Kornorientierung und der Textur in metallischen Werkstoffen weiter durchgesetzt und ist ein weiterer Schwerpunkt im c2m geworden, der auch international

anerkannt ist. Ein Beispiel ist die Klärung des Schädigungsmechanismus bei thermo-mechanisch belasteten bleifreien Lötverbindungen (s. Kap. 1), der durch weitere Messungen verifiziert werden muss.

Für die Dissertation von Herrn. M. Günther, Fa. Bosch, der an der TU Dresden promovierte, wurden zum Thema „Untersuchungen zur Optimierung von elektrischen Schaltungsträgern auf der Basis von Keramik-Metall-Verbunden“ EBSD-Messungen zur Kornorientierung in Kupferfolien durchgeführt. Herr Prof. Villain war Gutachter bei der Promotionsprüfung an der TU Dresden.

Die HSA ist als einzige Fachhochschule bei den

EBS-Workshops der D-A-CH-Länder vertreten („Mikrostrukturcharakterisierung im Rasterelektronenmikroskop“, Veranstalter: DGM - Deutsche Gesellschaft für Materialkunde; DVM – Deutscher Verband für Materialforschung und Materialprüfung). Hier werden aktuelle Ergebnisse vorgestellt und diskutiert, z. B. beim Workshop in Ilmenau vom 13.-14.3.2008.

Im Juni 2008 (17./18.6.2008) wurde ein zweitägiger Workshop zusammen mit der Firma EOS an der HSA durchgeführt. Neben Firmen wie VW und Plansee (Österreich) konnte auch eine Vertreterin der Universität Augsburg (Fakultät Physik) begrüßt werden. Die Kontakte werden in 2009 zu externen Aufträgen von ca. 10 T€ führen. Die Fa. VW wird EBS-Untersuchungen an bleifreien Lötverbindungen mit dem Ziel der Bestimmung der Kornverteilung und Kornorientierung durchführen, um weitere Ergebnisse zum Schadensmechanismus dieser Verbindungen zu erhalten. Eine enge Zusammenarbeit mit der Fa. Plansee ist für 2009 geplant.

5. SONSTIGES

Im Rahmen einer SHORT-TERM SCIENTIFIC MISSIONS (STSM) der EU COST-Action MP0602 besuchte Frau Dr. Simona Delsante von der Universität Genua University, von Prof. Dr. J. Villain vom 6.-11.10.2008. Sie wurde von Frau Weippert in die EBS-Technik eingearbeitet, und führte Messungen an intermetallischen CuSn-Phasen durch. Mit der Universität Genua ist eine Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Charakterisierung von intermetallischen Sn-Phasen im Rahmen der COST-Action geplant.

6. VERÖFFENTLICHUNGEN UND DISSERTATIONEN

Veröffentlichungen

- [1] Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik – aktuelle Berichte, Band 8, ISSN 1614-6131, Materialmodifikation für geometrisch und stofflich limitierte Verbindungsstrukturen hochintegrierter Elektronikbaugruppen „LiVe“, 325 Seiten
- [2] Villain, J.: Kriechverhalten von Loten und Auswirkungen auf das Gefüge, Tutorial 13 (Zuverlässigkeitssteigerung durch Miniaturisierung der Lötverbindungen – Auszüge der Ergebnisse des BMBF-Verbundprojekts LIVE), SMT/Hybrid/Packaging, 3.6.2008, Nürnberg
- [3] Abschlusspräsentation LIVE-Projekt; Siemens Berlin, (Kriechverhalten von Loten und Lötverbindungen; Gefügecharakterisierung unter Test- und Feldbedingungen; Charakterisierung von Lotwerkstoffen – Bestimmung der mechanischen Kennwerte), 7.10. 2008
- [4] Villain, J.; Mueller, W., Haese, A., Weippert, Chr., Corradi, U.,; Saeed, U., Sterthaus, J.: Determination of mechanical properties of small test volumes using nanoindentation– a critical view, ESTC 2008, 2nd Electronics System-integration Technology Conference, 1st-4th Sept. 2008, Greenwich, London, UK
- [5] Villain, Jürgen; Müller, Wolfgang H.*; Saeed, Usman; Weippert, Christina; Corradi, Ulrike: Determination of Mechanical Properties of Electronic Materials as Gold, Nickel and Tin using Nanoindentation, EPTC 2008, 9.-12. 12. 2008, Singapore

Dissertationen

- [6] Jens Sterthaus: Parameteridentifikation an metallischen Werkstoffen basierend auf numerischen Simulationen und instrumentierter Eindringprüfung, TU Berlin, 8.2.2008
- [7] Michael Günther: Untersuchungen zur Optimierung von elektrischen Schaltungsträgern auf der Basis von Keramik-Metall-Verbunden, TU Dresden, 22.7.2008

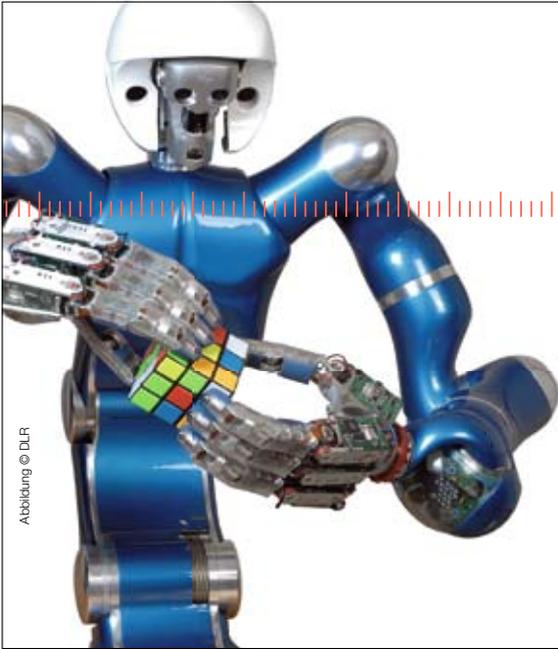


Abbildung © DLR

Grenzen aufheben.

Innovationen an den Schnittstellen traditioneller Disziplinen.

Maschinenbau – Elektrotechnik – Informatik? Von allem das Beste – das ist Mechatronik. Die interdisziplinäre Ausbildung ist in unterschiedlichsten Branchen gefragt, ob Maschinen- und Anlagenbau, Automobil-, Luft- und Raumfahrt- oder Elektronikindustrie. Im Cluster Mechatronik & Automation sind Sie immer bestens informiert und profitieren als Mitglied von besten Kontakten in einem Netzwerk für Innovation. Mehr unter www.cluster-ma.de



Innovationen vernetzen.

- Planung und Umwelt
- Wirtschaft und Unternehmen
- Immobilien, Bau, Miete und Wohnungseigentum
- Arbeit und Dienst
- Kommunalberatung
- Landwirtschaft
- Vergabe und Öffentliche Aufträge
- Familie und Erben
- Verkehr, Versicherung und Schaden



AUGSBURG MÜNCHEN KEMPTEN

www.meidert-kollegen.de

Peter Schicker
Fachanwalt für Miet- und
Wohnungseigentumsrecht

Dr. Thomas Jahn
Fachanwalt für Bau- und
Architektenrecht

Prof. Dr. Thomas Barnert
Außerplanmäßiger Professor für Bür-
gerliches Recht, Gesellschaftsrecht und
Zivilprozessrecht (Uni Augsburg)

Prof. Dr. Fritz Böckh
Professor für Recht
Fachanwalt für Verwaltungsrecht
Dipl.-Verwaltungswirt (FH)

Dr. Nikolaus Birkl
Fachanwalt für Verwaltungsrecht

Mathias Reitberger
Fachanwalt für Verwaltungsrecht

Meike Baur

Dr. Wolfram Gaedt

Josef Deuringer

Axel Weisbach
Fachanwalt für Verwaltungsrecht

Dr. Michael Sommer

Nicole Kandzia
Fachwältin für Verwaltungsrecht

Guntram Baumann
Fachanwalt für Arbeitsrecht

Thomas Sauer
Fachanwalt für Familienrecht

Frank Sommer

Hartwig Schneider

Jürgen Weisbach
Fachanwalt für Verwaltungsrecht

Christine Sauer

Robert Schulze

Nico F. Kummer



attraktiv...

• • • für Ihre erfolgreiche Kommunikation!

Kundenzeitschriften | Geschäftsberichte | Mitarbeitermagazine
Hochschulpublikationen | Newsletter | E-Journals

vmm
wirtschaftsverlag

Corporate Publishing

Monika Burzler | Tel: +49 (0)821 4405-423
monika.burzler@vmm-wirtschaftsverlag.de
www.vmm-wirtschaftsverlag.de/cp

Drahtlose ISM Band Sensorsysteme und Prüfstand für das Condition Monitoring an Getrieben und mechatronischen Systemen

Prof. Dr.-Ing. Markus Glück¹, Josef Wolf¹, Bernd Lechner¹, Wolfram Stahl², Alexander Deffner², Michael Schäfer³, Heinrich Walk³

¹ Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau und Technologie Centrum Westbayern GmbH, Fritz & Lieselotte Hopf Technikum, Emil-Eigner-Straße 1, Nördlingen,

² Schwaben-Präzision Fritz Hopf GmbH, Glashütter Straße 1-3, 86720 Nördlingen, ³ CADwalk Design & Simulation, Stegäckerstraße 7, 89604 Allmendingen

Die ständig steigende Produktivität und der immens hohe Kostendruck in der Produktion erfordern optimale Prozessergebnisse, hohe Taktraten, zuverlässige und sichere Produktionsmittel sowie eine Minimierung der Wartungs- und Stillstandszeiten. Ein großes Interesse kommt dabei der Analyse von Verschleißeffekten an Getrieben und vor allem Zahnradern zu.

Die zuverlässige Überwachung von Getrieben und „intelligenten“ mechatronischen Antriebskomponenten während des Betriebs und der Übergang auf vom Markt gefragte bedarfs- und zustandsorientierte Instandhaltungskonzepte (sog. „Condition Monitoring“) ist heute unabdingbare Grundlage zur kontinuierlichen Prozessoptimierung sowie zur Vermeidung von Schädigungen und Betriebsunterbrechungen. Werden Maschinen nicht gepflegt und gewartet, produzieren sie immer ungenauer und sind irgendwann defekt. Werden Fertigungsschritte nicht ständig überwacht, droht ein unbemerktes Nachlassen der Qualität der gefertigten Erzeugnisse, das zu einem bösen Erwachen und immensen Folgekosten führen kann.

Vorgestellt werden erste Entwicklungsergebnisse aus der Auseinandersetzung mit der Thematik der Schwingungsanalyse an einem hierfür am Fritz & Lieselotte Hopf Technikum im Technologie Centrum Westbayern (Nördlingen) aufgebauten Prüfstand. Diskutiert werden dabei Lösungsansätze zur Bewertung von Prozessergebnissen im rauen Umfeld der Beton verarbeitenden Industrie sowie Möglichkeiten der Bewertung von Zahnfehlern und einsetzenden Schädigungen (z. B. durch Verschleiß). Zum Einsatz kommen selbst entwickelte, drahtlos arbeitende Funksensorsysteme zur Vibrationsmessung im 2,4 GHz ISM Band.

1. EINLEITUNG

Nicht allein die Mechanik kennzeichnet heute noch eine Maschine oder Anlage; vielmehr stellen die ständig erweiterten Zusatzfunktionen die entscheidenden Alleinstellungsmerkmale in einem sich zusehends verschärfenden globalen Wettbewerbsumfeld dar.

Feinfühligere Sensoren und Sensorsysteme erlauben die Überwachung und Selbstdiagnose während des Maschinenbetriebs, vermeiden Produktionsausfälle, optimieren Maschinenperformance und Durchsatz. Diese Innovationsanstrengungen werden durch die „Mechatronik“ geradezu beflügelt. Das zuverlässige Beobachten

von Betriebszuständen – das „Condition Monitoring“ – gewinnt zusehends an Bedeutung, insbesondere bei der Überwachung moderner Getriebe sowie „intelligenter“ mechatronischer Maschinen- und Antriebskomponenten.

Genügte es in der Vergangenheit meistens noch, vorbeugend zu warten und in festgelegten Intervallen kritische Komponenten auszutauschen – ganz gleich, ob sie nun schon wirklich verschlissen waren oder nicht – so stellt die zuverlässige Überwachung von Getrieben und „intelligenten“ Antriebskomponenten ein vom Markt dringend nachgefragtes Alleinstellungsmerkmal im Hinblick auf zukünftige *zustandsorientierte Instandhaltungskonzepte* dar, um Maschinenausfälle und Stillstandszeiten durch rechtzeitigen Komponenten- oder Werkzeugwechsel nach Möglichkeit vermeiden zu können.

Ganze Fertigungssysteme, Prüfplätze, Fördereinrichtungen und Werkzeuge müssen zu mechatronischen Systemen „veredelt“ werden, die im Zuge der Prozess- und Produktionsmesstechnik Form, Geometrie, Lage und Maßhaltigkeit zugeführter Werkstücke identifizieren, End-, Kontroll- und Handhabungspunkte sicher erkennen, korrekte und zuverlässige Montagen sicherstellen, Prozessergebnisse und Medienversorgung verlässlich bewerten, Taktzeiten und Handlingszyklen optimal gestalten, Maschinenzustände (z. B. Güte, Sauberkeit der Werkzeuge) auch in einem rauen Fertigungsumfeld sauber und berührungslos dokumentieren, ggf. auch korrigieren.

Ein weiterer Trend zeichnet sich ab. In der Automatisierungswelt beginnen funktechnische Lösungen in verstärktem Ausmaß Eingang zu finden. Ein extrem raues Testumfeld beispielsweise ist die Herstellung von Betonsteinen in der Beton verarbeitenden Industrie. Ein Fertigungsumfeld von Staub und Feuchtigkeit geprägt, extrem vibrierend in riesigen Fertigungsmaschinen ohne Rücksicht auf EMV Verträglichkeit.

1.1. HERAUSFORDERUNG MASCHINEN- UND GETRIEBEDIAGNOSE

Schadensfrüherkennung ist wie ein Gesundheits-Check beim Arzt. Auch Getriebe, Antriebskomponenten und Werkzeuge „senden“ eine Vielzahl an wichtigen Informationen (vgl. Abb.1), die es mit geeigneten Sensorsystemen zu messen und anhand der beobachteten Symptome richtig zu diagnostizieren gilt. Wichtig ist es, geeignete



Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Markus Glück

Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau,
Institut für Technologietransfer
und Weiterbildung (ITW)
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

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

Technologie Centrum Westbayern GmbH

Emil-Eigner-Straße 1
86720 Nördlingen
Telefon:
(+49) 9081 8055-101, -102
Telefax: (+49) 9081 8055-151
www.tcw-donau-ries.de

Fachgebiete:

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

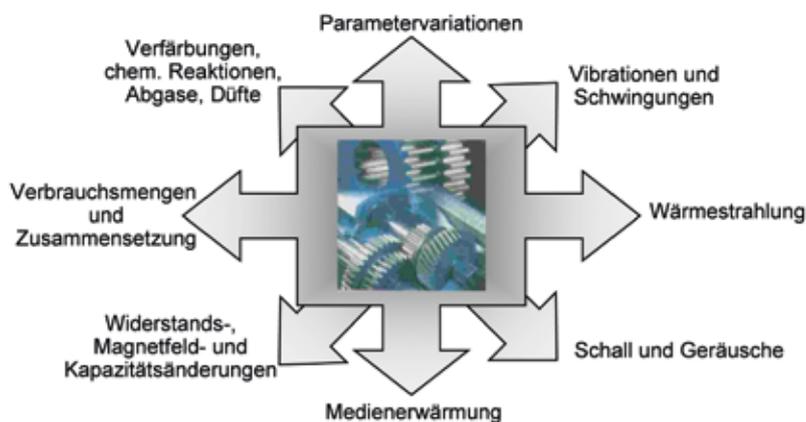


Abbildung 1: Kenngrößen und Schlüsselinformationen, die in Getrieben, Antriebskomponenten, Werkzeugen und mechatronischen Systemen gemessen und zur Zustandsbeobachtung herangezogen werden können.

Analyseansätze zu finden und Sensorsysteme dementsprechend zu optimieren.

Ein hohes Interesse kommt der Analyse von Schädigungen an Getrieben und vor allem Zahnradern zu. Zum Hintergrund: Die verschiedenen Baugruppen eines Zahnradgetriebes zeigen eine unterschiedliche Anfälligkeit bezüglich eines möglichen Schadens. Lager und Dichtungen weisen eine eher hohe Ausfallquote gegenüber Wellen oder Gehäusen auf. Die größte Gefahrenquelle für einen Getriebeschaden geht jedoch von den Zahnradern aus.

Für die Zustandsbewertung ergibt sich ein besonders großes Informationspotenzial aus der Messung und Analyse des Temperatur- und des Vibrationsverhaltens von Getrieben und „intelligenter“ Maschinenbestandteile. Im Rahmen der hier vorgestellten Projektarbeit konzentrieren wir uns auf Vibrationsmessungen und neuartige telemetrische Sensorsysteme.

1.2. PRÜFSTANDSMESSTECHNIK

Die präzise Verzahnung von Getrieben ist Grundvoraussetzung für exakte Spieleinstellbarkeit, Geräuscharmheit, eine lange Lebensdauer, Energieeffizienz und einen hohen Wirkungsgrad. Um ihre Qualität zu überprüfen, werden Getriebe auf einem Prüfstand Dauer- und diversen Belastungstests unterzogen. Hierzu wurde im Fritz & Lieselotte Hopf Technikum am Technologie Centrum Westbayern (TCW) – einem An-Institut der Hochschule Augsburg – ein Prüfstand aufgebaut und mit modernster Auswertesoftware ausgestattet (vgl. Abb. 2). Auf diesem wurden alle Versuche durchgeführt. Er steht

auch Dritten im Rahmen einer FuE Kooperation mit der Hochschule Augsburg zur Verfügung.

Der Prüfstand besteht auf der rechten Seite aus einem antreibenden regelbaren Asynchronmotor mit einem Drehzahlregelbereich von 500 bis 2.000 min^{-1} . Auf der Abtriebsseite (links) wird ein zweiter Motor als Generator betrieben. Dieser erlaubt es, beliebige Lastprofile zu simulieren. Die beiden Motoren sind so montiert, dass dazwischen das zu prüfende Getriebe eingebaut wird. Mit Hilfe eines computergesteuerten Regelsystems ist die Drehzahlregelung nach vorgegebenen Funktionen mit hoher Reproduzierbarkeit möglich, z. B. stationäre Drehzahlen, Rampen- und Bremsvorgänge, Zyklen und variable Lasten, die flexibel simuliert werden, indem man verschiedene Momentenbegrenzungen vorgibt.



Abbildung 2: Prüfstandaufbau mit eingebautem Planetenradgetriebe am Fritz & Lieselotte Hopf Technikum im Technologie Centrum Westbayern in Nördlingen

In Messreihen werden Kenndaten von Planetengetrieben und das Schwingungsverhalten des Antriebssystems ermittelt. Am Prüfstand lassen sich wichtige Betriebsparameter messen und diese in Tabellenform für weitere Analysen ausgeben. Eigenschwingungsbeiträge der Motoren und des Prüfstandaufbaus können vernachlässigt werden. Mit unterschiedlichen Sensoren (u. a. einem selbst entwickelten Funksensorsystem, vgl. Absatz 1.3) wurden Beschleunigungssignale am Gehäuse eines Planetenradgetriebes vorgenommen. Einen Ergebnisüberblick zeigen die nachfolgenden Ausführungen.

1.3. ENTWICKLUNG UND NUTZUNG INNOVATIVER FUNKSENSORIK

Funksensorsysteme eröffnen neue Möglichkeiten, die Produktivität einer Anlage zu steigern. Primäres Ziel ist es, Kabelsysteme dort abzulösen oder zu ergänzen, wo

Sensoren mit Kabelverbindungen nicht einsetzbar sind, zum Beispiel auf oder in der Nähe von rotierenden Wellen, auf Robotern und Greifwerkzeugen, in Prozess- und Bioreaktoren, in abgeschlossenen Anlagen der Chemie- und Pharmaindustrie sowie zur Messung von Betriebszuständen an rotierenden Baugruppen im Maschinen- und Fahrzeugbau.

Einer der für die Fertigungsautomation attraktivsten Bereiche ist das lizenzfreie ISM-Band bei 2,4 GHz (ISM steht für „Industrial, Scientific, Medical“), welches 83 MHz nutzbare Bandbreite bietet und im Gegensatz zu GSM/UMTS permanent kostenfrei verwendet werden kann. So erklärt es sich von selbst, dass zahlreiche Anwendungen vom ISM-Band Gebrauch machen. Ein klarer Trend zu einer Standardisierung zeichnet sich für die Funksensorik jedoch noch nicht ab. Unbestritten ist, dass Bluetooth auf Grund seiner hohen Datensicherheit im Massenmarkt zu akzeptablen Preisen eingeführt ist. In Kürze könnte sich dies durch den „ZigBee“ Standard oder *Wireless-USB* leicht verändern.

Für die mobile Vibrations- und Modalanalyse wurde ein möglichst universell einsetzbares und modular aufgebautes Funksensorsystem entwickelt, das mit einem hoch auflösenden Beschleunigungssensor kombiniert und auf einer Standardleiterplatte als Erstmuster bestückt wurde (vgl. Abb. 3). Die Übertragung an die Auswerteeinheit (Laptop) erfolgt unter Verwendung des *Bluetooth* Protokolls. Die Entwicklung der Analyse-Software erfolgte unter Nutzung der Entwicklungsumgebung *LabVIEW 8.6* (National Instruments). Sie sorgt für das Daten Handling, d. h. ein Zerlegen der Daten-

pakete, das gleichzeitige Anzeigen und Abspeichern der Werte im Zeitbereich (Amplitude) sowie die anschließende FFT-Berechnung. Alle Schwingungsmessungen werden auf einer grafischen Oberfläche dargestellt. Sie zeigen sowohl die Aufnahme der Schwingungsprofile im Zeitbereich in zwei Translationsrichtungen als auch das entsprechende, über FFT (Fast Fourier Transform) ermittelte Frequenzspektrum.

Ein extrem raues Testumfeld beispielsweise ist die Herstellung von Betonsteinen in der Beton verarbeitenden Industrie. Ein Fertigungsumfeld von Staub und Feuchtigkeit geprägt, extrem vibrierend in riesigen Fertigungsmaschinen ohne Rücksicht auf EMV Verträglichkeit. Ein ideales Testfeld und keineswegs eine einfache Funksensoraufgabe!

Vermessen wurden zunächst Rahmenteile der Maschine, anschließend Konstruktionselemente am Rütteltisch, Teile des Basisfundaments sowie auftretende Schwingungen in der Form.

2. ERGEBNISSE DER VERSUCHSREIHEN

Als besonders empfindlicher Indikator für die Diagnose des Zustands von Getrieben und Maschinenelementen haben sich Schwingungssignale erwiesen. Eine Reihe ausgereifter Lösungsansätze ist bekannt, die jeweils im Zeitbereich, im Frequenzbereich und im Bereich der statistischen Amplitudenverteilung aussagefähige Diagnosemerkmale bilden lassen. Besonders die Frequenzanalyse sowie ihre verfeinerten Verfahren, z. B. Seitenbandanalyse und Hüllkurvenspektren führen – wie unsere Versuche zeigten – zu interessanten Ansatzpunk-



Abbildung 3: ISM Band Funksensorsystem mit Haftmagnet, hier an einem Rahmen fixiert.

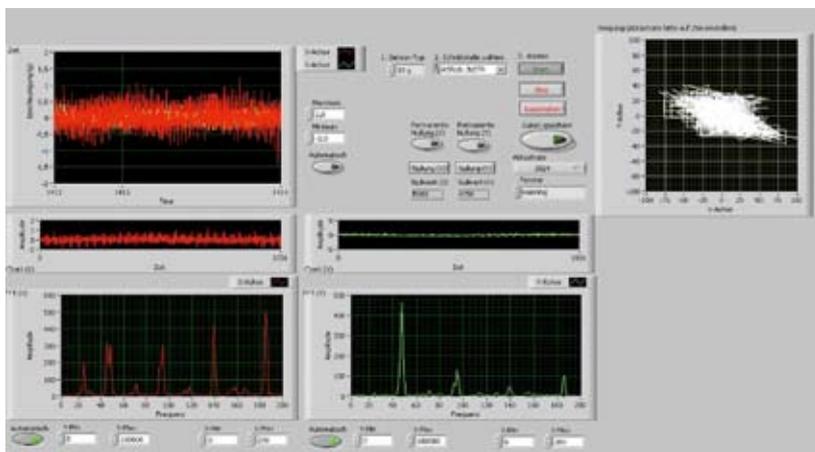


Abbildung 4: In LabVIEW realisierte Auswertesoftware mit 2D Beschleunigungs- und Vibrationsmessung. Die Schwingungssignale wurden vom Funksensormodul am Getriebegehäuse an den Rechner übertragen, ausgewertet und für spätere Detailauswertungen gespeichert, u. a. zur Analyse im Labor oder mit erweiterten Diagnose- und Filtertools.

ten. *Abbildung 4* zeigt ein am Gehäuse eines Getriebes aufgenommenes Schwingungsprofil. Erkennbar sind die primäre Erregerfrequenz, einige Seitenbänder sowie z. T. Nebenmaxima.

Die Schwingungsanregung erfolgt in erster Linie durch die Folgen des Zahneingriffs. Die Schwingungen wurden zunächst direkt am Getriebegehäuse in unmittelbarer Nähe der Zahnräder gemessen. Im Anschluss wurden die Messpositionen variiert. Übertragungswege sind der Luftschallpfad (ca. 10 %) und der Körperschallpfad (ca. 90 %), über den der Hauptanteil der Schwingungsenergie über Wellen und Lager zum Gehäuse abfließt.

Ein schadensbedingter Modulationseffekt äußert sich durch ausgeprägte Seitenbandstrukturen links und rechts der Zahneingriffsfrequenz und ihrer höheren Harmonischen. Mit zunehmender Zustandsverschlechterung nehmen die Amplituden der Seitenbänder zu. Bei höheren Belastungen tritt dieser Effekt stärker auf. Sowohl Schwingungspeaks als auch höhere Harmonische der Zahneingriffsfrequenz lassen sich in scharfen Linien erkennen und treffsicher quantifizieren. Der Nachteil der Seitenbandanalyse besteht in ihrer Empfindlichkeit gegenüber Drehzahländerungen und Messbedingungen.

Im Frühstadium der Schadenentstehung bleiben schadensbedingte Signalanteile infolge anderer Schwingungsursachen (Gehäuse- und Wellenschwingungen, Verzahnungsabweichungen) im Frequenzspektrum verborgen. Zudem muss darauf geachtet werden, dass die Seitenbänder auch durch ein schwankendes Lastmoment bei völlig ungeschädigten Zähnen verursacht werden können. Daher wird in der betrieblichen Praxis

auf die Ordnungsanalyse zurückgegriffen.

Mit zunehmender Belastung und Umfangsgeschwindigkeit steigt die Stoßanregung. Infolge der unter Last und im Schadensfall starken Zahnverformungen entsteht ein energiereicher Eingriffstoß, der die Eigenschwingungen der Getriebestruktur zur Folge hat. Daher lassen sich aufgrund der Wirkung des Eingriffstoßes nahezu alle schadensrelevanten Merkmale im Schwingungssignal erkennen:

- Schädigungen einzelner Zähne (lokaler Schaden, z. B. Zahnbruch) führen zu einem breitbandigen Ansteigen der Seitenbänder im Teppichbereich zwischen den Zahneingriffsharmonischen.
- Eine gleichmäßige Schädigung aller Zähne führt zu einem Anstieg der Amplituden bei den Zahneingriffsharmonischen selbst, ohne dass Seitenbänder auftreten. Dies ist zum Beispiel bei Grübchenbildung (Pitting) der Fall.
- Verzahnungsschäden, die ungleichmäßig über dem gesamten Umfang des Rades verteilt auftreten, können zu Seitenbändern führen. Dominierendes Kennzeichen der Schädigung bleibt aber die Erhöhung der Signalleistung der Zahneingriffs-Harmonischen.
- Liegt ein über eine Umdrehung harmonisch verteilter Schaden durch Verschleiß vor, führt dies zum Ansteigen der Seitenbänder neben den Zahneingriffsharmonischen. Es gibt mehrere Verschleißstadien. Die geringste Stufe ist Einlaufverschleiß, der den Abtrag der Rauigkeitsspitzen an Zahnflanken in den ersten Betriebsstunden verursacht.

Durch die Messung von Zeitsignalen und Spektren lassen sich somit sinnvolle Diagnosemerkmale für alle zu erwartenden Schadensverteilungen ableiten. Der Einsatz der Zeit-Frequenz-Analyse bietet die Möglichkeit, Merkmale gleichzeitig im Zeit- und Frequenzbereich darzustellen und somit auch schnelle zeitliche Veränderungen der spektralen Zusammensetzung des Signals zu Analyse Zwecken zu verfolgen. Durch die Darstellung von Ergebnissen in der Zeit-Frequenz-Ebene gelingt es, transiente Ereignisse im Signal zu detektieren und für die Entwicklungsarbeit zu lokalisieren.

Eine etwas weniger rechenintensive Diagnosemöglichkeit ergibt sich aus der statistischen Signalanalyse. Eine Methode, die zur Getriebediagnose verwendet werden kann, ist das zeitliche Tracking von Querbeschleunigungen oder Neigungswinkeln des Getriebegehäuses zu einer 2D Ortskurve des Schwingers. Hieraus

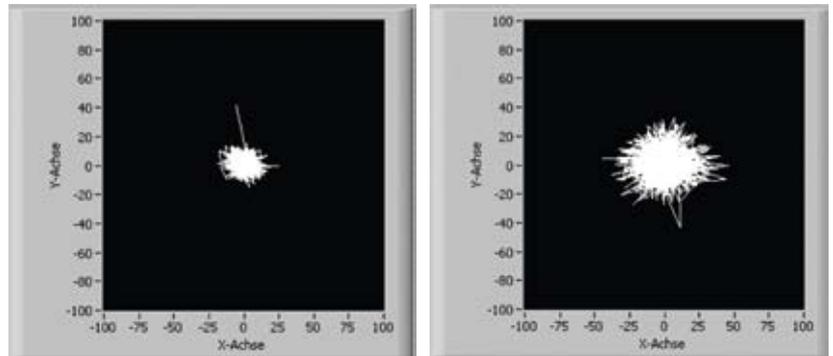
ergibt sich eine selbst durch ungeübte Anwender leicht interpretierbare und durch Mittelwert- und Streuwertanalyse automatisierbare quantifizierbare Diagnosemöglichkeit in Form einer Polardarstellung, die - vergleichbar einem Augen-Diagramm in der digitalen Signalverarbeitung - leicht in die Auswertesoftware integriert werden kann. Abb. 5 zeigt die Nutzung dieser Diagnosemöglichkeit beim Prüfstandsversuch an einem Planetengetriebe. Links ein Getriebe ohne nennenswerte Unwucht oder Schädigung, rechts ein gleichmäßig geschädigtes Getriebe (ebenfalls ohne Unwucht durch lokale Beschädigungen). Deutlich erkennbar, die Zunahme des Durchmessers bzw. Radius. Eine Trendlinie (z. B. Ortskurve der Varianz) würde zu einer Kreisbahn mit vom Schadensbild abhängigem Durchmesser führen, die mit hoher Empfindlichkeit auf Schadenseffekte im Getriebe hinzuweisen vermag.

3. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Um ungeplante Produktionsstillstände oder kapitale Schäden an Getrieben zu vermeiden, wird in Zukunft eine kontinuierliche Überwachung unumgänglich. Dabei wird es darauf ankommen, bei möglichst geringen Investitions- und Betriebskosten optimale Ergebnisse zu erzielen, so dass Verschleißeffekte und beginnende Schädigungen ohne teures Expertenwissen möglichst früh erkannt und Fehlalarme ausgeschlossen werden.

Die meisten am Markt erhältlichen Diagnosesysteme erfüllen die Anforderungen im realen Praxisumfeld mit variabler Belastung und nicht-stationären Drehzahlen nur teilweise. Der Einsatz der Zeit-Frequenz-Analyse und einfacher statistischer Methoden kann einen Lösungsweg aufzeigen. Zeit-Frequenz-Analysen erfordern allerdings einen immens hohen Rechenaufwand. Bei der Realisierung eines geeigneten Analyseverfahrens muss daher voraussichtlich ein Kompromiss zwischen Einfachheit, Interpretierbarkeit und Genauigkeit der Diagnose eingegangen werden.

Die weitere Miniaturisierung und Leistungssteigerung der Funksensormodule wird in naher Zukunft den Einsatz von Funktechnologien bei der Schwingungsanalyse und einer nachgelagerten Zustandsanalyse in Bereichen ermöglichen, die mit herkömmlichen Kabelverbindungen nicht zu erreichen sind (z. B. auf Robotern, rotierenden Antriebselementen, in Greifwerkzeugen, etc.). Funksensoren haben heute bereits das Potenzial,



Kabelsysteme dort abzulösen oder zu ergänzen, wo Kabelverbindungen nicht einsetzbar oder zu teuer sind.

Die im Rahmen der Projektarbeit entwickelten Funksensoren zeichnen sich durch ihre kleine Baugröße aus. Sie sind in verschiedenste mechatronische Funktionsträger integrierbar. Dadurch erschließt sich eine wichtige Grundlage für den Einsatz telemetrischer Sensoren in der Produktions- und Kraftfahrzeugtechnik, im Maschinenbau, der medizinischen Diagnostik und Therapie, im Sport etc. Unzählige intelligente und teilweise drahtlos vernetzte Sensoren werden in wenigen Jahren dezentral als „funkende“ Sinnes- und Motorikorgane unserer Maschinen, in mechatronischen Komponenten und „intelligenten“ Antrieben zu integrieren sein. Zeitgleich müssen neue Verfahren zur drahtlosen Datenübertragung sowie zur Datenverarbeitung im Sinne eines effektiven und zuverlässigen „Condition Monitorings“ entwickelt werden, die den hohen technischen Anforderungen industrieller Anwendungen und Sensornetze genügen.

QUELLENHINWEISE UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- [1] Bryzek, K.: „Impact of MEMS Technology on Society“, Sensors and Actuators A56 (1996), S.1-9
- [2] Dresig, H. in „Schwingungen mechanischer Antriebssysteme“, S. 236 ff., Springer Verlag (2. Auflage, 2006)
- [3] Glück M. in „MEMS in der Mikrosystemtechnik“, S. 172-194, Teubner Verlag (2005)
- [4] Glück, M., Bühler, T., Walk, H., Schäfer, M., Wörz, A.: „2.4 GHz RF MEMS for Wireless Vibration Analysis under Extreme Manufacturing Conditions“, Beitrag zur 26th European Telemetry Conference (etc 2006) vom 2.-5. Mai 2006 in Garmisch-Partenkirchen, veröffentlicht als Konferenzpapier

Abbildung 5: Prüfstandsversuch zur Charakterisierung des Verschleißfortschritts auf einem Planetenradgetriebe, hierbei Darstellung der Neigungswinkel und Querschleunigungen durch Tracking der jeweils 1024 letzten Messwerte und Auftragung dieser Werte in einem Polardiagramm.

- [5] Hascher, W.: „2,4 GHz Chips: Hightech in einem boomenden Markt“, S. 48-51, Elektronik Heft 17/2004
- [6] Glück, M., „Condition Monitoring und drahtlose Vibrationsanalyse“, Vortrag bei den Technologie Thementagen „Sound & Vibration“ von National Instruments (15.11.06 Nördlingen; 29.11.06 Stuttgart).

DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich bei allen nicht namentlich genannten Mitarbeitern unserer Firmen, die zur Entwicklung und experimentellen Charakterisierung der Antriebskomponenten und Schwingungsmesssysteme beigetragen haben. Die Aktivitäten des Technologie Centrum Westbayern werden gefördert aus Mitteln des Freistaats Bayern (Hightech Offensive) und der Europäischen Union (EFRE).

Die Einrichtung einer Stiftungsprofessur der Hochschule Augsburg im Umfeld des Technologie Centrum Westbayern 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).

Automatische Sortierung von Wertstofffraktionen mit Hilfe von Industrierobotern

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rommel, Martin Weng, Bernhard Tezloff

Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau, bifa Umweltinstitut GmbH, Augsburg

Viele Werkstoffe, die heute standardmäßig in sog. High-Tech- aber auch „Allerweltsprodukten“ eingesetzt werden, sind sowohl in der Reichweite ihrer Ressourcen als auch ihrer Verfügbarkeit begrenzt, z. B. Indium, Tantal, Wolfram, etc. Die „Rohstoffbasis der Zukunft“ wird deshalb vermehrt der „Abfall von Heute und Morgen“ sein müssen. Es wird notwendig werden, Verfahren zu entwickeln, die es ermöglichen, solche Materialien gezielt aus im Wesentlichen Gewerbeabfall(fraktionen) rück zu gewinnen¹.

Seit Juni 2007 steht der Hochschule Augsburg eine per DFG-Großgeräteantrag² beschaffte „multifunktionale Detektions- und Sortierstrecke“ als Technikumsanlage zur Verfügung. Mit ihrer Hilfe können via Bildauswertung, NIR-Spektroskopie und kapazitiv/induktiv unterschiedlichste Materialien identifiziert und in Wertstofffraktionen getrennt werden. Solche Anlagen werden auch zunehmend in industriellen Gewerbeabfallaufbereitungsanlagen eingesetzt. Nach wie vor kommen aber solche Anlagen nicht ohne manuelle Sortierung aus. Aufgrund von Stückigkeit, Gewicht und Heterogenität können manche Stoffe zwar zum Teil erkannt, nicht aber aussortiert und schon gar nicht getrennt werden, andere Stoffe werden gar nicht erst sicher erkannt. Eine Erfolg versprechende Lösung könnte ein Sortierroboter sein, der mit einer optimierten Detektionstechnik gekoppelt wird, deren Materialinformation verarbeitet und den erkannten Stoff ähnlich einer menschlichen Arbeitskraft ergreift und materialspezifisch sortiert.

In dem im Folgenden beschriebenen und Ende 2008 erfolgreich abgeschlossenen Projekt sollte die grundsätzliche Machbarkeit dieser Lösung demonstriert werden, die Schwierigkeiten einer Umsetzung aufgezeigt und insbesondere notwendige Entwicklungsaufgaben identifiziert werden. Wesentliche Aufgabenstellung war die Verknüpfung des Roboters mit den Erkennungs- und Detektionssystemen der Sortierstrecke. Die Arbeiten wurden durch den Innovationsfonds der IHK Schwaben gefördert und von der Hochschule Augsburg gemeinsam mit der bifa Umweltinstitut GmbH sowie der Kuka Roboter GmbH durchgeführt.

1. TECHNISCHE KOMPONENTEN

Für die Aufgabenstellung sind die Sortierstrecke und der Industrieroboter die beiden technischen Hauptkomponenten und werden nachfolgend kurz beschrieben.

1.1 SORTIERSTRECKE

Bei der Sortierstrecke handelt es sich um eine multifunktionale Detektionsstrecke, die von der Firma S+S Separation and Sorting Technology aus Schönberg in Niederbayern geliefert wurde und folgende Funktionsweise hat: Zunächst wird das Material an einer Vibrationsförderrinne (*Abb. 1, Nr. 2*) aufgegeben und mit deren Hilfe vereinzelt. Die Geschwindigkeit des Förderbandes (*Abb. 1, Nr. 4*) ist stufenlos am Förderbandsteuerkasten (*Abb. 1, Nr. 3*) regelbar. Dadurch wird ein Einsatz und Test unterschiedlichster Sensortechniken und Verfahren ermöglicht. Zudem kann auch mit der Geschwindigkeitsregelung die Vereinzelung optimiert werden. Die Vereinzelung ist für ein gutes Sortierergebnis wesentlich, denn übereinanderliegende Teile können weder durch einen Roboter noch durch herkömmliche Ausblastechnik getrennt werden. Die Erkennung des Materials erfolgt mit drei Sensoreinheiten, die im Folgenden beschreiben werden:

Zum einem die NIR- Sensoreinheit (*Abb. 1, Nr. 5*), welche zur Sortierung von Kunststoffen dient. Dabei können Wertstoffe wie z.B. PE, PET, ABS aber auch Tetra-Packs und Holz/Papier abgetrennt werden. Dazu wird das zu trennende Material durch sichtbares Licht mit hohem nahinfrarotem Anteil beleuchtet. Das vom Objekt reflektierte Licht wird mit Hilfe eines Infrarot Spektrometers über die Wellenlänge von ca. 1000 bis 2000 nm aufgenommen und es entsteht ein für jedes Material charakteristisches Bild.

In der MAG- Sensoreinheit (*Abb. 1, Nr. 6*) werden die, durch eine Hochfrequenzspule erzeugten, Wirbelströme (bewegter Leiter im Magnetfeld) im elektrisch leitenden Material mit Hilfe von kapazitiven und induktiven Sensoren erkannt. So können Materialien wie z. B. Stahl, Kupfer oder Aluminium detektiert werden.

Die RGB- Sensoreinheit (*Abb. 1, Nr. 7*), auch GAMUT (Farbseparator) genannt, im Aufsichtverfahren besteht im Wesentlichen aus einer Hochgeschwindigkeitszeilenkamera und einer entsprechenden Beleuchtungseinheit. Die Zeilenkamera nimmt Zeile für Zeile auf, blendet mit Hilfe eines Steuerrechners den Hinter-



Ansprechpartner:

**Prof. Dr.-Ing.
Wolfgang Rommel**

Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3164

Telefax: (+49) 821 5586-3160

wolfgang.rommel@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

bifa Umweltinstitut GmbH

Am Mittleren Moos 46
86167 Augsburg

Telefon: (+49) 821 7000-111

Telefax: (+49) 821 7000-100

www.bifa.de

Fachgebiete:

Chemische und Mechanische
Verfahrenstechnik, Apparate-
und Anlagentechnik, Technischer
Umweltschutz, Abfalltechnik

¹ Siehe z. B. Umweltbundesamt (Hrsg.), Forschungsbericht 363 01 124, Seltene Metalle, Dessau, März 2007 und Goldschmitt Karl, Verfahren zur Gewinnung strategischer Metalle aus sekundären Rohstoffquellen, Diplomarbeit (unveröffentlicht), FH Augsburg, Februar 2007
² DFG. Deutsche Forschungsgemeinschaft

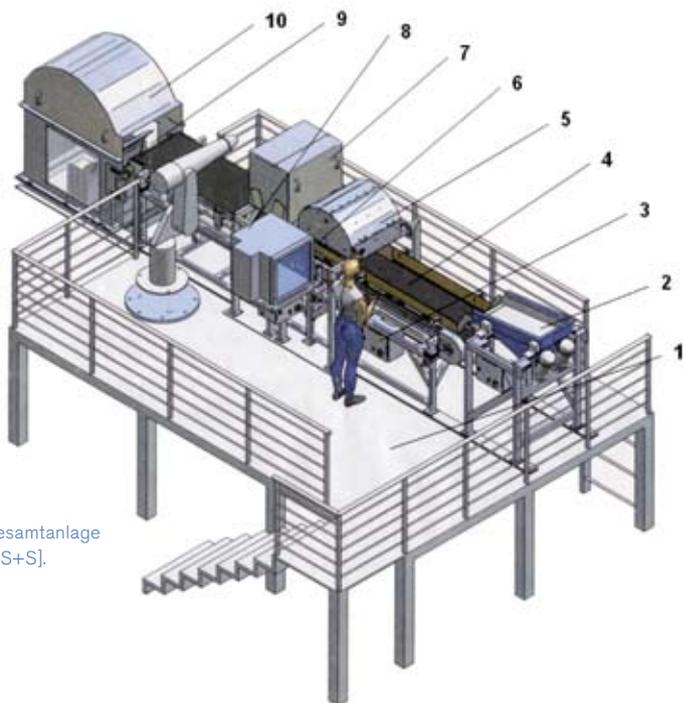


Abbildung 1: Gesamtanlage [Anlagenskizze S+S].

grund aus und fügt die Zeilen zu Objekten zusammen. Es können beliebige Farben mit Hilfe eines Einlernprogramms programmiert und sortiert werden.

In *Abbildung 2* ist das Funktionsprinzip der Sortierstrecke zusammenfassend dargestellt.

Das Herzstück der Anlage ist die Steuertechnik (*Abb. 1, Nr. 8*) auf PC-Basis für die unterschiedlichen Sensoreinheiten. Die Anlage kann auch über eine zweite Bedieneinheit von anderer Stelle aus gesteuert werden. Das ist u.A. für eine Demonstration wichtig, da große Gruppen keinen Platz auf dem Podest (*siehe Abb. 1, Nr. 1*) der Anlage haben und damit auch größtmögliche Sicherheit gewährleistet ist.

Im Anschluss an die Sensoren erfolgt die Sortierung mittels einer Blasleiste (*Abb. 1, Nr. 9*). Dabei werden die Fehlteile durch einen Druckluftstrahl über eine Barriere

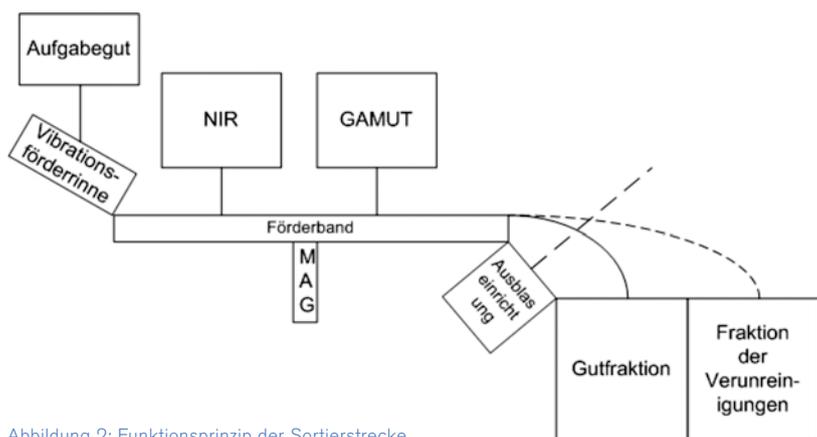


Abbildung 2: Funktionsprinzip der Sortierstrecke.

in der Sortierkammer (*Abb. 1, Nr. 10*) geblasen. Alle übrigen Teile fliegen der Flugparabel entsprechend in die erste Kammer.

Die Besonderheit der Anlage ist der modulare Aufbau. Dieser ermöglicht einen schnellen Wechsel der Komponenten und ist dadurch für Entwicklungsarbeiten ideal geeignet. Des Weiteren ist es üblich, die Farberkennung im Gegenlichtverfahren einzusetzen. Hier wurde wegen der Modularität das Auflichtverfahren integriert. Dadurch werden gleichzeitig neue Möglichkeiten in der Bilderkennung eröffnet.

1.2 ROBOTER

Der wichtigste Aspekt zur Demonstration der Machbarkeit einer automatischen Vorsortierung von Gewerbeabfällen war die Kopplung eines Industrieroboters an die bestehende Anlage. Hierzu wurde vom Projektpartner KUKA Roboter GmbH ein Leihroboter für die Dauer des Vorprojektes zur Verfügung gestellt. Zunächst wurde ein „Standard“ 6-Achsen Roboter des Typs KR16 geliefert und installiert. Die Eigenschaften dieses Roboters erwiesen sich in den ersten Versuchen für die geplanten Zwecke als nicht ausreichend. Die maximale Geschwindigkeit des KR16 bei linearen Bewegungen war zu gering. Aus den Erkenntnissen dieser Untersuchungen resultierte die Entscheidung einen SCARA Roboter für diese Aufgabenstellung einzusetzen. KUKA stellte auch hier als Projektpartner ein entsprechendes Produkt als Leihroboter zur Verfügung. Das Modell KR10 scara ist ein in Leichtmetallguss ausgeführter Knickarmroboter mit 4 Achsen.

Der Arm beinhaltet die Achsen 2, 3 und 4. Die Achsen 2 und 4 sind rotatorische Achsen, Achse 3 ist eine translatorische Achse. Im Arm sind alle Motoren für diese Achsen enthalten. Die Achse 2 wird über ein Getriebe direkt und die Achsen 3 und 4 über eine vorgeschaltete Zahnriemenstufe angetrieben. Die Motoren dieser beiden Achsen sind mit Bremsen ausgestattet. Die Schwinde ist ein Hohlkörper, der im Grundgestell gelagert und mit den Antriebssystemen des Arms verschraubt ist. Durch die Schwinde werden die Versorgungs- und Signalleitungen für die Antriebe der Achsen 2 und 4 und die Energiezuleitungen (Hand I/O-Leitungen und Druckluftleitung) geführt. Das Grundgestell ist die Basis des Roboters. In ihm ist der Motor für die Achse 1 installiert und er bildet die Schnittstelle für die

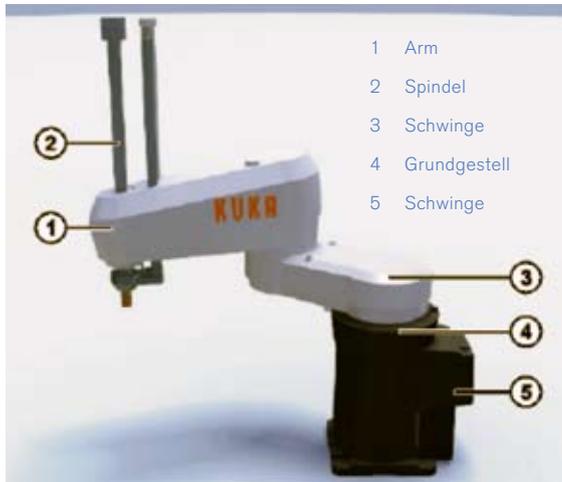


Abbildung 3: Hauptbaugruppen des Roboters.

Verbindungsleitungen zwischen Roboter, Robotersteuerung und Energiezuführung.

2. ANPASSUNG DER INFRASTRUKTUR

Kernaufgabe des Vorprojekts war die Schaffung der notwendigen Infrastruktur und die Integration der Komponenten der Versuchsanlage. Um eine Demonstration der Machbarkeit darstellen zu können, mussten einige infrastrukturelle Anpassungen vorgenommen werden. So wurde ein Podest für den Roboter, eine Schutztüre sowie eine Halterung für einen Positionsgeber konstruiert und gefertigt.

2.1 PODEST

Nach dem die Entscheidung für einen Roboter der SCARA-Reihe gefallen war, konnten alle notwendigen Vorbereitungen für die Platzierung an der Anlage getroffen werden. So wurde ein Podest in Auftrag gegeben, das ein Höchstmaß an Flexibilität gewährleistet. Dies war notwendig, um zu einem späteren Zeitpunkt auch mit Robotern anderer Baugröße arbeiten zu können.

Eine wichtige Voraussetzung für den Betrieb der Anlage in der Entwicklung ist, Vorkehrungen für möglichst flexiblen Einsatz zu treffen. Zum Einen handelt es sich bei dem SCARA vom Projektpartner KUKA um ein Leihgerät. Zum Anderen gibt es noch andere Robotervarianten von KUKA, die möglicherweise eine besser geeignete Konstellation zur Erreichung der Zielstellungen bilden. So wurde die Kopplung zwi-



Abbildung 4: Universalplatte mit Podest.

schen Roboter und Podest mit einer positionierbaren „Universalplatte“ (siehe Abbildung 4) versehen, welche Erreichbarkeit und Aufnahmefähigkeit unterschiedlicher Geräte ermöglichen.

2.2 SCHUTZTÜRE

Ein weiterer wichtiger Bestandteil war die Beschreibung und anschließende Bestellung einer Schutztüre. Diese Türe ist aus Arbeitssicherheitsgründen unabdingbar. Durch die erhöhte Anzahl der Personen mit Zugang zu Sortierstrecke und Roboter werden die Anforderungen an die Sicherheit erhöht. Als Lösung wurde eine Schiebetüre mit Plexiglas und Sicherheitsschaltung gewählt, die mit dem Not-Aus-Kreis der Anlage und des Roboters gekoppelt wurden. In den beiden Abbildungen 5 und 6 ist der Wirkungsbereich des Roboters ohne Schutztüre (Abb. 5) und mit Schutztüre (Abb. 6) dargestellt. In der



Abbildung 5: Anlage ohne Schutztür im Roboterbereich.



Abbildung 6: Anlage mit Schutztür im Roboterbereich.

Gefährdungsanalyse der Anlage wurde deutlich, dass ein Betrieb ohne Schutztüre nur bedingt möglich gewesen wäre.

2.3 HALTERUNG FÜR POSITIONSGEBER

Für die Kopplung der Fördertechnik mit dem Roboter benötigt die KUKA Software ConveyorTech Positionsdaten der Fördertechnik. Diese liefert ein hoch auflösender Rotationsgeber. Da ein solcher an der Anlage nicht vorhanden war, musste dafür eine entsprechende konstruktive Lösung gefunden werden.

Der Rotationsgeber muss durch die Auswahl einer geeigneten Anpressrolle zuverlässig die Bandbewegung aufnehmen. Gleichzeitig sollen Erschütterungen und Bandvibrationen von der Geberachse entkoppelt werden.

Die Lösung war eine Halterung aus 2mm Aluminiumblech welche hinter die Abgrenzung an den Rahmen montiert wird. Das Eigengewicht des Gebers gewährleistet einen permanenten Auflagedruck der Rolle bei gleichzeitiger Möglichkeit Vibrationen auszugleichen (siehe Abbildung 7). An dieser Stelle kommt der Vorteil des Rapid Prototyping zum Tragen. Die Verbindungskupplung zwischen Rotationsgeber und Andruckrolle wurde in CatiaV5 konstruiert und am 3D Drucker gefertigt und war als ABS Fertigteil sofort einsetzbar.

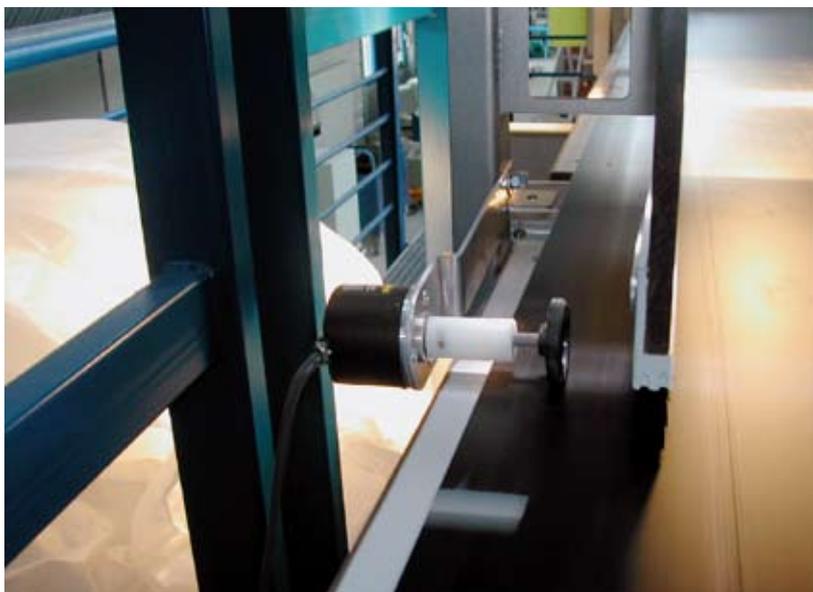


Abbildung 7: Rotationsgeber mit Halterung und Andruckrolle.

3. FERTIGUNG DER MUSTERABFÄLLE

Für die ersten Versuche und die Demonstration der Machbarkeit wurden sog. „Musterabfälle“ definiert, um damit eine reproduzierbare Durchführung von Versuchen zu erreichen. Die Komplexität des heterogenen Gewerbeabfallgemisches wäre für die ersten Entwicklungsschritte ein zu anspruchvolles Material, so dass Musterabfälle mit definierten und annähernd identischen Eigenschaften gefertigt wurden. Dazu zählen die äußere Form, Farbe, Material aber auch das Gewicht des Musterabfalls spielt bei den Vorversuchen (Greiftechnik) eine wesentliche Rolle.

Die Herstellung des Musterabfalls erfolgte mittels Rapid Prototyping (RPT). Dabei kam das Fused Deposition Modeling (Schmelzschichtung) - RPT zum Einsatz. Hier können Prototypen und Kleinserien aus dem Kunststoff ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol) gefertigt werden. Das Werkstück wird schichtweise aus dem schmelzfähigen Kunststoff aufgebaut. Durch eine in der Fertigungsebene frei verfahrbare Heizdüse wird der drahtförmige Kunststoff verflüssigt und aufgetragen. Beim anschließenden Abkühlen erstarrt das Material wieder und die nächste Schicht kann aufgetragen werden.

Die Konstruktion muss somit auf die Eigenheiten des RPT abgestimmt werden. So sollte beachtet werden, dass Rundungen nur schwer darzustellen sind. Ebenso sollte auf Überhänge über 45° verzichtet werden, da hierzu Stützstrukturen notwendig wären. Gleichzeitig werden durch die Anwendung an der Sortierstrecke Anforderungen an die Teile gestellt. So sollte die Geometrie möglichst einfach sein, um eine hohe Reproduzierbarkeit zu gewährleisten. Dennoch wären die Teile durch einen asymmetrischen Aufbau und somit einen verschobenen Schwerpunkt näher am tatsächlichen Material.

Letztendlich wurden verschiedene Teile in unterschiedlichen Farben und Formen mit unterschiedlichen Schwerpunkten gefertigt. Um eine kostengünstige Produktion zu gewährleisten ist die Größe der zu fertigenden Werkstücke auf 45mm x 45mm durch die Trägerplatten der RPT-Anlage begrenzt. Um Material zu sparen wurde eine Dicke von 2mm als ausreichend festgelegt. Eines der gefertigten Teile ist eine an beiden Seiten aufgebogene Ellipse (Abbildung 8). Durch die Biegungen wird die Erkennung gegenüber flach auf dem

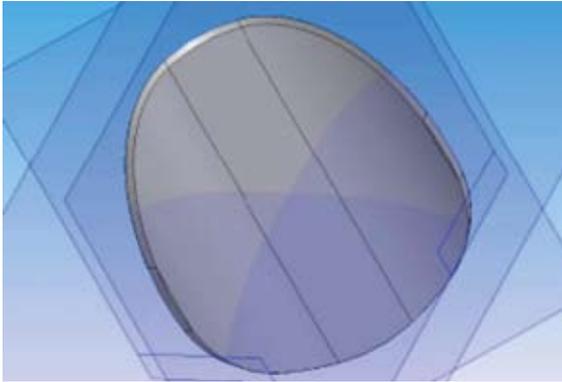


Abbildung 8: Ellipsenförmiger ABS-Chip.

Band liegenden Teilen weiter erschwert. Dadurch wird erreicht, dass der Musterabfall nicht nur flach auf dem Förderband liegt und eine weitere Eigenschaft des zu sortierenden Materials getestet werden kann. Dennoch ist die Reproduzierbarkeit mit diesem Teil wegen der einfachen Geometrie gewährleistet.

4. INTEGRATION DES ROBOTERS

Auch der Roboter musste mit zusätzlichen Komponenten wie der Greiftechnik und dem Technologie Paket „ConveyorTech“ ausgestattet werden.

4.1 GREIFTECHNIK

Die Greiftechnik für den Scara Roboter zu finden war eine große Herausforderung. Es gibt viele adäquate professionelle Lösungen auf dem Markt. Dies war aber nicht der Ansatz, der im Rahmen des Projekts verfolgt werden sollte. Vielmehr ging es darum auf kostengünstigem und schnell umsetzbarem Wege zu zeigen, dass grundsätzlich eine Verbindung zwischen Roboter und Sortieranlage technisch möglich ist.

Ziel der ersten Demonstrationsversuche ist es, mit dem Roboter magnetische Wertstoffe zu erfassen und durch einen elektromagnetischen Greifer zu sortieren. Parallel dazu ist es möglich, die Farb- und Infrarotseparation über die Ausblasleiste und die Metallseparation über den Roboter zu demonstrieren. Anforderung an die Greiftechnik war es, eine universelle Aufnahme für einen Elektromagneten zu schaffen, welcher über die Robotersteuerung angesprochen werden kann. Ausgangsbasis waren dabei die Angaben aus dem Datenblatt für den eingesetzten Roboter KR10 Scara (Abb. 9).

Ideal erschien wieder der Einsatz des RPT Verfah-

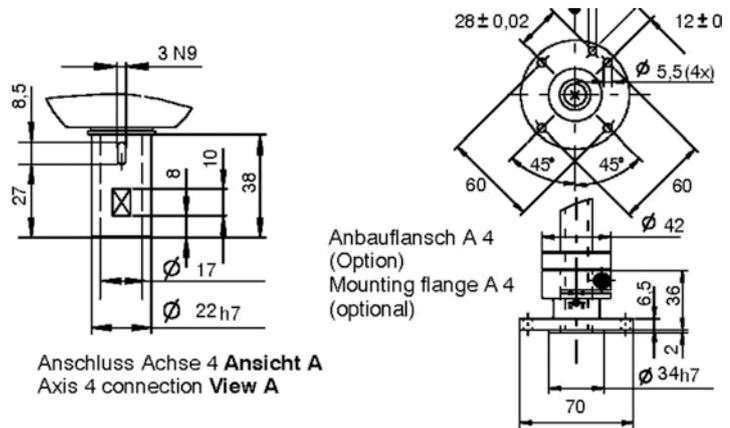


Abbildung 9: Abmessung für universellen Greifadapter.

rens. Aus den KUKA Unterlagen über den SCARA wurde in CatiaV5 ein universeller Adapter (siehe Abbildung 10) konstruiert, an den die eigentliche Greiftechnik angedockt werden kann. Für zukünftige Projekte ist damit der Grundstock gelegt, alle möglichen Greiftechniken zu adaptieren und sofort im Feldversuch zu testen.



Abbildung 10: Universeller Adapter für die Greiftechnik.

Im Laufe der Versuche wurde die Greiferlösung angepasst und verbessert. Besonders eine Sollbruchstelle erwies sich als vorteilhafte konstruktive Lösung. Wie in Abbildung 11 zu erkennen ist, wurde bei Feldversuchen die Greiftechnik zerstört. Hier wird der Vorteil des RPT Verfahrens mit ABS Kunststoffteilen deutlich. Die Bruchstelle konnte kostengünstig mit Kleber repariert werden und die Versuche sofort und ohne weiteren Konstruktions- und Produktionsaufwand, also zeitlichen Verzug und zusätzliche Kosten, fortgeführt werden.

Ein Federpaket wurde implementiert, um die zu hebenden Teile mit definierter Anpresskraft am Magneten

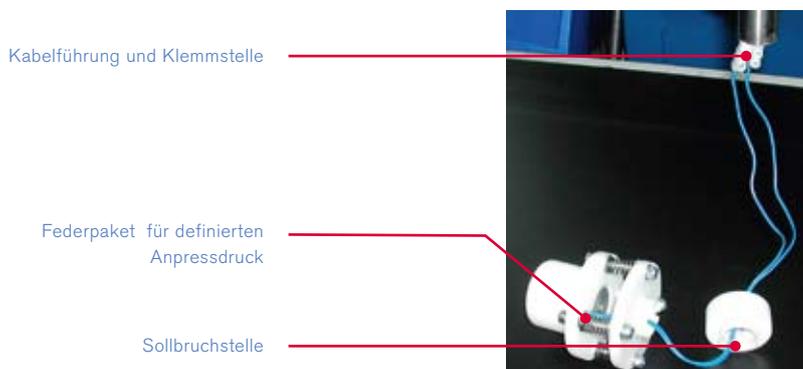


Abbildung 11: Greiftechnik modifiziert.

fixieren zu können. Gleichzeitig können so kleine Höhenunterschiede ohne Zerstörung der Greiftechnik ausgeglichen werden, da zum jetzigen Zeitpunkt eine Höhenerkennung der Sortierteile noch nicht integriert ist.

Damit die Vielfalt der möglichen Greiftechniken auch bei der weiteren Entwicklung ohne großen Aufwand angesteuert werden kann, wurde eine großzügige Steuereinheit aufgebaut. Mit dieser können Module mit hohen Leistungen und mehreren elektrischen Ein- und Ausgängen bedient werden.

In einen Steuerkasten (Abbildung 12) wurden Sicherung, Schaltrelais und Leistungsnetzteil für die Aktivierung und Deaktivierung des Elektromagneten der Greifeinheit eingebaut und entsprechend verschaltet. Die Relaiseinheit kann dadurch direkt von den Ausgängen der Robotersteuerung angesprochen werden. Somit ist das Ausgangsmodul entkoppelt und gewährleistet einen sicheren Betrieb vor allem im Versuchsbetrieb.

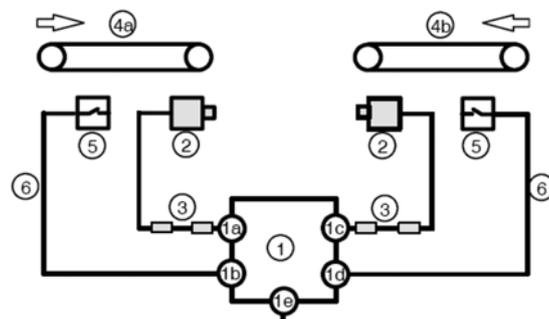


Abbildung 12: Ansteuereinheit für Greiftechnik.

4.2 CONVEYORTECH

Ein Schwerpunkt der Softwarelösungen behandelt die Kopplung des Roboters an die Fördertechnik. Im Kapitel 4.3 wurde darauf schon beim konstruktiven Lösungsansatz eingegangen. Die KUKA Steuerung bietet dazu ein Technologie-Paket Namens ConveyorTech (siehe Abbildung 13).

Dieses Paket wird dazu eingesetzt, den Roboter zu befähigen, sich synchron zu einer Fördertechnik bewegen zu können. Dabei sind sowohl translatorische als auch rotatorische Einheiten einsetzbar. Über die getriggerte und synchronisierte Bahnbewegung sind Aufgaben wie Transport, Bewegung, Entnahme und Positionierung möglich. Im ersten Anlauf wurde mit Hilfe des ConveyorTech die gängige Vorgehensweise



1 Conveyor Box, 2 Encoder, 4a Förderband, 5 Synchronisierungsschalter
Abbildung 13: Prinzipieller Aufbau ConveyorTech.

für die Anbindung an die in diesem Fall translatorische Fördertechnik durchgeführt. Im Folgenden wird auf die Besonderheiten bei der Vorgehensweise zum Einlernen des Roboters eingegangen, die für den Betrieb der Sortierstrecke relevant sind.

Zunächst wurde der Roboter an die Fördertechnik gekoppelt. Dazu erfolgten die Installation der Software ConveyorTech sowie die Eingabe aller notwendigen Einstellungen. Der wichtigste Parameter für die Kopplung ist hierbei, die Bandgeschwindigkeit über die Auflösung des Rotationsgebers zu bestimmen. Dadurch ist eine synchrone Bewegung zwischen Roboter und Band möglich. Wesentlich ist auch die Werkzeugbasis, mit deren Vorgabe die Laufrichtung X und die Bandposition Y der später zu erfassenden Bauteile ermittelt werden kann. Besondere Bedeutung hat die Z-Richtung. Hier besteht die größte Gefahr von Kollisionen der Greiftechnik mit der Fördertechnik.

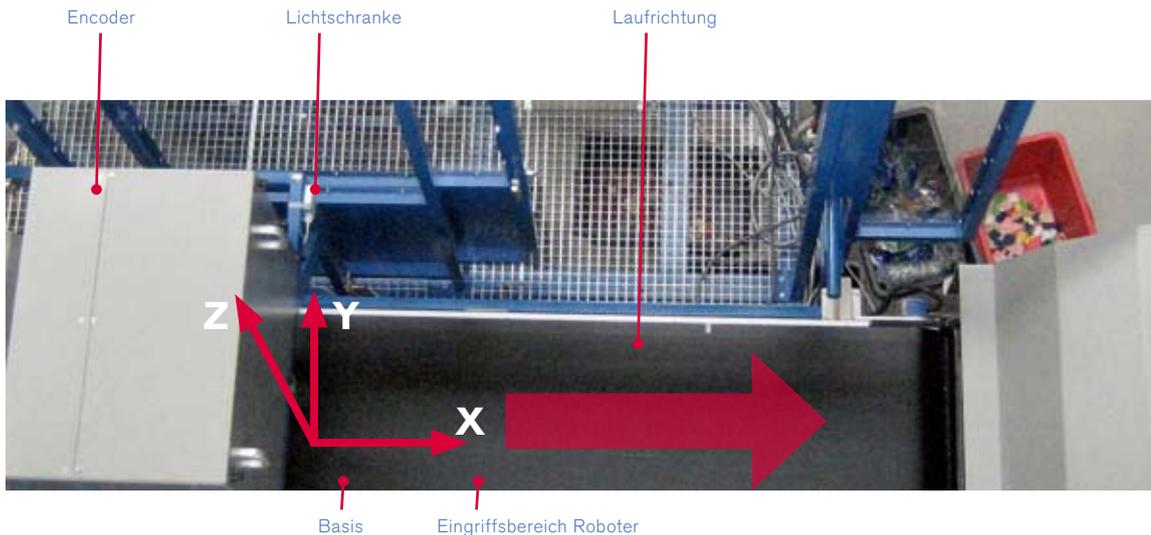


Abbildung 14: Eingriffsbereich des Roboters an der Anlage.

5. DURCHFÜHRTE VERSUCHE UND TESTREIHEN MIT ERGEBNISSEN

5.1 ANPASSUNG DER SENSORTECHNIK AN DEN MUSTERABFALL

Mit dem erzeugten Musterabfall wurden erste Versuche auf die verschiedenen Sensoren GAMUT, MAG und NIR durchgeführt. Insbesondere die Anpassung der GAMUT-Software und Erkennung der Farben des Musterabfalls bedurfte einiger Versuche. Das Erkennen der dunkleren Farben wie blau und grün konnte nicht „eingelernt“ werden. Durch ein Software-Update im Juli dieses Jahres wurde eine Verbesserung der Farberkennung des Musterabfalls erreicht. Trotzdem bleibt die Problematik des schwarzen Förderbandes sowie der auf dem Band vorhandenen Verschmutzungen, die eine Erkennung des dunklen Musterabfalls erschweren. Von einem definierten Musterabfall ist jedoch eine nahezu 100 %-Erkennung für die ersten Testreihen zu fordern. Bei „optimalen“ Bedingungen muss die Erkennung ein besseres Ergebnis liefern. Mit der Herstellerfirma wurden gemeinsam weitere Anpassungen vorgenommen. Diese lagen sowohl im Bereich der Software als auch bei der Vorgehensweise des „Einlernens“ der Farben. Letztlich konnten bei Versuchen im November 2008 Werte über 90 % erreicht werden. Eine weitere Optimierung der Farberkennung wird in den nächsten Entwicklungsschritten durchgeführt.

Die Erkennung von Metallen mit dem MAG-Sensor sowie von unterschiedlichen Kunststoffarten mit dem NIR-Sensor wurde ebenfalls getestet und optimiert. Die Erkennung erfolgt gemäß den momentan definierten

Spezifikationen der auszusortierenden Musterabfälle ohne Schwierigkeiten.

5.2 KOPPLUNG VON FÖRDERBAND UND ROBOTER

Die Synchronisierung und Höheneinstellung wurden für den Betrieb und die Kopplung der Anlage in Verbindung mit dem Roboter eingerichtet.

Bei den ersten Versuchen mit dem Roboter sollten magnetische Bauteile mit dem Robotergreifer vom Band gehoben und abgelegt werden. Damit kann ein Teil der Machbarkeit demonstriert werden. Die Steuerung des Roboters benötigt die Information wann sich wo ein auszusortierendes Teil auf dem Band befindet. Mit dieser Information findet dann eine Synchronisation des Roboters zur Bewegung des Bauteils statt. Über den Magnetgreifer, der aktiviert werden muss, wird das Teil dann aufgenommen und im Abwurfbereich abgelegt. In dieser Entwicklungsphase wird aus pragmatischen Überlegungen heraus eine Lichtschranke eingesetzt. Das Signal wird dabei manuell an einer bestimmten Position des Bauteils ausgelöst. Die gewählte Vorgehensweise ist zwar ungenau, führt aber zu einer raschen Umsetzung der Einrichtung eines entsprechenden Programms.

Die metallischen Bauteile waren flache Scheiben, die durch den Magnetgreifer einfach erfasst werden können. Die Entfernung in Y-Richtung kann von der Lichtschranke nicht erfasst werden. In dieser Versuchsphase werden die Bauteile an einer vorgegebenen Y-Position auf dem Band platziert. Ebenso ist die Höhererkennung in Z-Richtung nicht vorhanden. Dies könnte theoretisch über Lichtschranke funktionieren. Wegen der Sortieraufgabe ist diese Art der Höher-

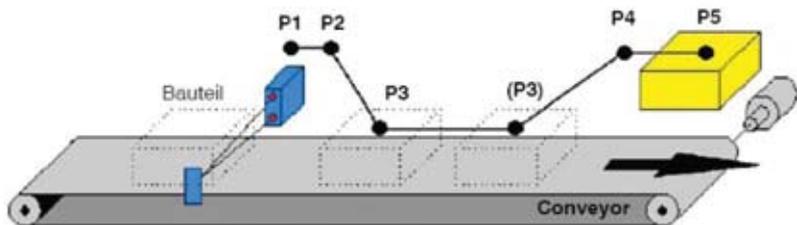


Abbildung 15:
Synchronisierte Bewegung des Roboters.

kennung aber mittelfristig nicht zielführend. Die Höhererkennung wurde im Rahmen dieses Projekts nicht umgesetzt, Recherchen für mögliche Lösungsansätze wurden bereits durchgeführt und sind in der nächsten Projektphase zu realisieren.

Als Ergebnis der Versuchsreihen zur Kopplung von Förderband und Roboter kann Folgendes festgehalten werden: An einer vorgegebenen Y-Position auf dem Förderband wird bei korrekter manueller Auslösung der Lichtschranke eine flache Metallscheibe mit dem Roboter aufgenommen und in einem Behälter abgelegt.

5.3 KOMMUNIKATION ZWISCHEN SORTIERSTRECKE UND ROBOTER

Bei den weiteren Versuchen war die Aufgabe, die Sensortechnik mit der Robotersteuerung zu kombinieren, also eine Kommunikation zwischen den beiden Schnittstellen zu erreichen. Die Aufgabe stellte sich komplexer als zunächst erwartet dar. Zwar sind Anwendungen von KUKA-Robotern mit Matrix-Kameras umgesetzt. Bei der Sensortechnik von S+S wird jedoch eine Zeilenkamera eingesetzt, da diese für bisherige Anwendungen ausreichend war. Damit war eine Vergleichbarkeit der Erkennungsgeschichte und Auswerteeinheit mit der Matrixkamera-Anwendung nicht möglich. Für die Datenübertragung wurde die serielle Schnittstelle RS232 gewählt, über die S+S aus der Sensortechnik die Daten senden kann. Dazu mussten vom Hersteller noch diverse Änderungen in der Software und der Hardware vorgenommen werden.

Der 16 Byte Datensatz der Sensortechnik kann durch die Funktion CREAD/CWRITE über die COM Schnittstelle der Robotersteuerung gelesen werden. Die Ventildaten, welche die Y-Position der erkannten Probanden wiedergeben, werden entsprechend umgerechnet und als Y-Verfahrposition an den Roboter weitergeleitet. Durch eine spezielle Verkabelung konnte dieser Test an der Robotersteuerung erfolgreich durchgeführt werden, ohne die eigentlichen Sensorwerte zu benötigen. Dieses Testvorgehen war notwendig, um nicht auf die Auslieferung der neuen Software für die Sensortechnik warten zu müssen. Ergebnis der Testreihe war, dass

die COM Schnittstelle der Robotersteuerung abgefragt werden kann. Dabei werden die ankommenden Daten den entsprechenden Variablen zugewiesen.

Im nächsten Schritt wurde von der Sensortechnik das Softwarepaket für die Datenausgabe über die serielle Schnittstelle bereitgestellt. Ein Schnittstellenumsetzer wurde ebenfalls von S+S mitgeliefert. Dieser wurde zwischen beiden Anschlüssen aktiv, das heißt mit Netzteil, implementiert. Nach dem erfolgreichen Update erfolgten zusammen mit S+S und KUKA sowie oben genanntem Programm erneute Testreihen. Dabei stellte sich heraus, dass die Datenflut, die von den Sensoren permanent geschickt wird, den Puffer der Robotersteuerung überfüllt und ein definiertes Abgreifen der relevanten Daten nicht mehr möglich war.

Ergebnis der Versuche zur Kommunikation zwischen Sortierstrecke und Roboter ist, dass der 16 Byte Datensatz der S+S Sensortechnik über die COM Schnittstelle übertragen und grundsätzlich auch abgefragt werden kann. Die Datenmenge, die zwangsläufig bei Bildverarbeitungssystemen anfällt, kann jedoch von der KUKA Steuerung so nicht verwertet werden.

WEITERES VORGEHEN

Durch die Anpassung der Infrastruktur, der Integration des Roboters sowie bei der Durchführung der Versuche und Testreihen wurden die wesentlichen Aufgabenstellungen identifiziert, die für eine Weiterentwicklung zu einem Prototyp eines Sortierroboters an der Technikumsanlage notwendig sind. Neben den im Folgenden aufgeführten Hauptaspekten sind die Systemintegration des Roboters, die komplette Prozesstechnik der Versuchsanlage und das Einbringen von Know How über die Abfälle von Bedeutung für die Umsetzung der Entwicklungsziele. Die Arbeiten sollen in Kürze im Rahmen eines von der AIF geförderten Projektes fortgesetzt werden. Dazu wird der Anlagenhersteller S+S zusätzlich in die Projektgruppe eintreten.

Zudem steht die Versuchsanlage ab dem Wintersemester 2009/2010 für Ausbildungszwecke in den Studiengängen Mechatronik, Umwelt- und Verfahrenstechnik sowie Maschinenbau zur Verfügung.

Die Autoren bedanken sich bei der IHK Schwaben für die Förderung der Arbeiten durch den Innovationsfonds und bei den Prokelpartnern für die vertrauensvolle und erfolgreiche Zusammenarbeit.

Korrosionsschutz in Dampferzeugern durch schmelzphasen-infiltrierte Silizium-Kohlenstoff-Keramiken

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rommel, Dominik Molitor, Dominik Schneider, Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau, bifa Umweltinstitut GmbH, Augsburg

Im Rahmen des bayerischen Verbundforschungsprojektes „Korrosionsschutz in Dampferzeugern durch schmelzphasen-infiltrierte Silizium-Kohlenstoff-Keramiken“ der SGL Crabon Group, der Abfallverwertung Augsburg AVA GmbH, der bifa Umweltinstitut GmbH, der ChemIn GmbH und der Hochschule Augsburg werden mit Förderung der Bayerischen Forschungsförderung sollen verschiedene Werkstoffe auf ihre Tauglichkeit, den Kesselstahl in Verbrennungsanlage für Nicht-Regelbrennstoffe vor Korrosion zu schützen, untersucht werden.

Eine typische Korrosionsschutzmaßnahme in Kessel stellt der Aufbau einer schützenden Zwischenschicht zwischen dem Kesselstahl und dem korrosiven Rauchgas dar. Für diese Zwischenschicht werden Schweißplattierungen (Cladding), thermische Spritzschichten und hauptsächlich feuerfeste Werkstoffe, auch Feuerfestkeramiken genannt, herangezogen. Feuerfeste Werkstoffe sind definitionsgemäß Stoffe, die einen Erweichungsbereich bei Temperaturen über 1500 °C besitzen. Sollen die Feuerfestkeramiken chemisch-mineralogisch klassifiziert werden, so sind die meisten in das Zweistoffsystem $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ einzuordnen. Es handelt sich hierbei um silicatische Feuerfestkeramiken, die von niedrigem zu hohem Korundanteil als kieselsäurereiche Erzeugnisse, Schamotteerzeugnisse oder hochtonhaltige Erzeugnisse bezeichnet werden. Desweiteren gibt es oxidische Feuerfestkeramiken, zu denen unter anderem MgO/CaO -Erzeugnisse und MgO und $\text{MgO}/\text{Spinell}$ -Erzeugnisse zählen und Sondererzeugnisse, die auf Kohlenstoff, Zirkoniumsilicat, -oxid, Nitriden, Boriden, Carbiden und im speziellen Siliziumcarbid basieren. Feuerfeste Keramiken auf SiC-Basis sind unabhängig ihrer Bindung durch hohe mechanische Festigkeiten, hohe Wärmeleitfähigkeit und relativ geringe Wärmeausdehnung gekennzeichnet. Durch die hohe Wärmeleitfähigkeit wird auch ihr günstiges Verhalten bei Temperaturwechseln bedingt.

A) OXIDISCH UND SILICATISCH GEBUNDENES SiC

Die meisten SiC-Produkte mit Gehalten unter 95% an SiC sind mit Ton gebunden, der beim Brand zu Quarz und Mullit reagiert. Feuerfestkeramiken, die einen SiC-Gehalt unter 70% aufweisen, enthalten zudem noch Korund im Bindemittel. Dies führt zu einer mehr oder weniger aluminareichen Bindung. Nachdem zunächst

aus ökonomischen Gründen oxidisch bzw. silicatisch gebundene SiC-Keramiken eingesetzt wurden, sind es jüngst auch vermehrt die nitridgebundenen SiC-Werkstoffe, die eine noch höhere chemische und mechanische Widerstandsfähigkeit und höhere Wärmeleitfähigkeit aufweisen.

B) NITRIDGEBUNDENES SiC

Zur Erzeugung der Si_3N_4 - oder Si_2ON_2 - Bindung wird ein Formkörper aus SiC und feinkörnigem, metallischem Si hergestellt. Dieser wird bei Temperaturen oberhalb des Schmelzpunktes von Silizium, d.h. zwischen 1400 °C und 1600 °C, in einer Stickstoffatmosphäre gebrannt. Dabei reagiert das Si zu Si_3N_4 oder Si_2ON_2 je nach Restsauerstoffanteil innerhalb der N_2 -Atmosphäre. Temperatur und Dauer richten sich nach den gewünschten Eigenschaften und Größe der Formstücke.

Die im Forschungsvorhaben eingesetzten Werkstoffe sind den schmelzphasen-infiltrierten Siliziumcarbiden bzw. den kohlenstofffaserverstärkten Siliziumcarbiden zuzuordnen. Es werden unterschiedliche Erzeugnisse auf Siliziumcarbid-Basis in Form von Platten, Folien und Geweben getestet. Die Hochschule Augsburg übernimmt hierbei unterschiedliche Aufgabengebiete:

1. Konstruktion von Plattensystemen / Optimieren der Plattengeometrien
2. FEM-Simulation von Plattensystemen
3. Entwicklung des Mannlochversuchsstandes

Das Projekt begann im Mai 2007 und läuft voraussichtlich noch bis Ende 2009. Der folgende Beitrag fasst den Stand der Arbeiten der Hochschule Augsburg zusammen.

1. KONSTRUKTION VON PLATTENSYSTEMEN / OPTIMIEREN DER PLATTENGEOMETRIEN

Während der ersten Projektphase sind mittels des CAD-Programmes Solid Edge drei unterschiedliche Plattensysteme entwickelt worden. Alle entwickelten Plattensysteme zeichnen sich durch eine Ein-Punkt-Aufhängung aus, die sich im Zentrum auf der Plattenrückseite befindet. Dort besitzt die Platte eine ausreichend große Materialstärke (Aufdickung: Schindelplatte, überlappende Platte; Aufdickung im Stegbereich: angepasste Platte), um mit einer Winkelbohrung auf einen an der Membranwand im 45° angeschweißten Bolzen aufgehängt zu werden.



Ansprechpartner:
Prof. Dr.-Ing.
Wolfgang Rommel

Hochschule Augsburg

Fakultät für Maschinenbau
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3164

Telefax: (+49) 821 5586-3160

wolfgang.rommel@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

bifa Umweltinstitut GmbH

Am Mittleren Moos 46
86167 Augsburg

Telefon: (+49) 821 7000-111

Telefax: (+49) 821 7000-100

www.bifa.de

Fachgebiete:

Chemische und Mechanische
Verfahrenstechnik, Apparate-
und Anlagentechnik, Technischer
Umweltschutz, Abfalltechnik

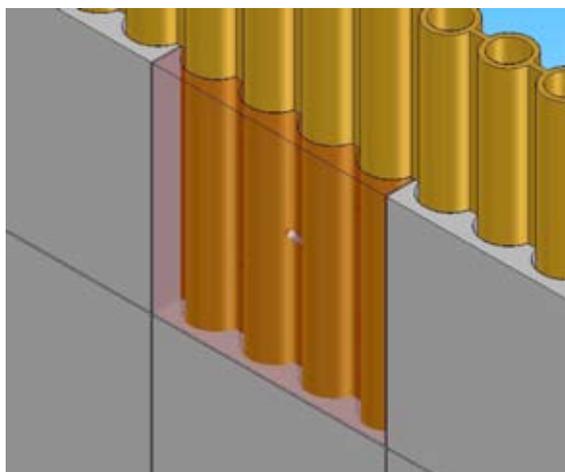


Abb.1.1 Angepasste Platte

Im Folgenden werden die drei entwickelten Plattensysteme näher vorgestellt und auf ihre Besonderheiten und Unterschiede eingegangen. Bei den entwickelten Systemen handelt es sich um:

- a) Angepasste SiSiC-Schaumplatte
- b) Schindelplatte (faserverstärktes SiSiC, filzbasierendes SiSiC)
- c) Überlappende Platte

a) Angepasste SiSiC-Schaumplatte

Bei der angepassten SiSiC-Schaumplatte handelt es sich um eine Vierrohrplatte, die der Rohrgeometrie der Verdampferrohre angepasst ist. Bei der flächigen Anbringung berühren sich die einzelnen Platten nicht, wodurch kleine Spalte zwischen den einzelnen Platten entstehen. Durch Abstandshalter ergibt sich zwischen Verdampferwand und Platte ein gleich bleibender Spalt von 5 mm. Die im ersten Plattenversuch getestete SiSiC-Schaumplatte zerbrach schon infolge geringer mechanischer Belastung beim Einbau in den Kessel. Aufgrund dessen wird der Schaumwerkstoff in Kombination mit dieser Plattengeometrie als ungeeignet eingestuft. Für andere Werkstoffe eignet sich die Plattengeometrie aufgrund des großen Materialeinsatzes und des hohen Bearbeitungsaufwands nicht.

Als Optimierungsschritt ist eine 50 mm dicke, ebene Platte aus Schaumwerkstoff hergestellt worden. Die Platte besteht aus zwei unterschiedlichen Schäumen, die in zwei Schichten übereinander gelegt und miteinander verbunden wurden. Dieser Lagenbau führt zu einer

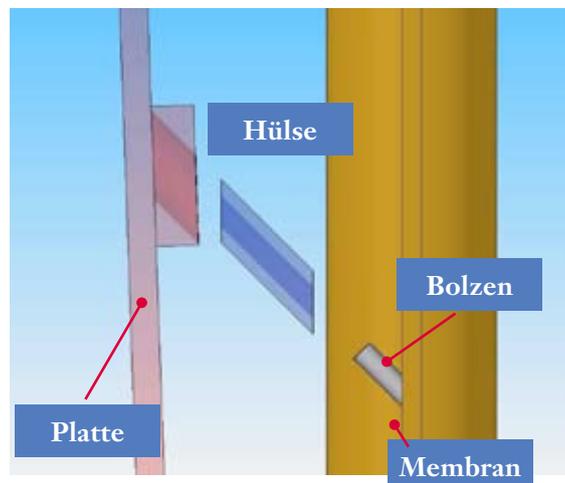


Abb.1.2 Explosionsdarstellung

Stabilitätssteigerung. Zur Befestigung wurde die Platte über drei Winkel an der Membranwand befestigt.

b) Schindelplatte

(faserverstärktes C/SiC, filzbasierendes C/SiC)

Die Schindelplatte ist eine 10 mm dicke, ebene Vierrohrplatte, die im eingebauten Zustand einen Neigungswinkel von 2° aufweist. Eine Veränderung der Halterung gegenüber der angepassten Platte ist die Verlängerung des 45°-Bolzens durch eine Keramik- oder Metall-Hülse [C/SiC (1. Generation bzw. 2. Generation); Alloy 625]. Die im Verbund applizierte Platten überlappen sich vertikal um 20 mm. Horizontal überlappen sich die Platten nicht, sondern liegen dicht nebeneinander, wodurch eine schmale Fuge entsteht. Die Schindelplatte wurde bisher aus zwei verschiedenen Werkstoffen hergestellt. Hierzu wurde einmal faserverstärktes und einmal filzbasiertes C/SiC verwendet. Mit beiden Plattensorten sind bereits erfolgreiche Versuche durchgeführt worden. Vier Platten (jeweils zwei von einer Sorte) wurden im Verbund an die Verdampferwand angebracht. Um die Randeffekte zu minimieren, wurden sowohl am oberen als auch am unteren Testfeldrand Bleche angeschweißt. Zusätzlich wurde der gesamte Testfeldrand mit keramischem Feuerfestmaterial geschützt. Nach einer gesamten Versuchsdauer von etwa einem Jahr wurden die Platten untersucht. Es hat sich gezeigt, dass beide Plattensorten den Bedingungen im Kraftwerk Stand halten. Allerdings sind auch einige Platten auf Grund des Versagens der C/SiC-Hülsen von

der Verdampferwand gefallen (Anm.: über ein Versagen einer Alloy 625-Hülse ist bisher nichts bekannt). Dennoch kann die Hülse als potentielle Schwachstelle entfernt werden. Deshalb wurde ein neues, optimiertes Halterungssystem entworfen, bei dem auf die Hülse verzichtet werden kann. Der Einbau eines hülsenlosen Schindelplatten-Testfeldes wird im April 2009 durchgeführt.

c) Überlappende Platte

Die überlappende Platte zeichnet sich dadurch aus, dass sie die Nachbarplatten an zwei angrenzenden Seiten überlappt. Beim Anbringen im Verbund überlappen sich somit die Platten zu einer ebenen Plattenfront, wodurch keine auf den Steg durchgehende Fuge, sondern eine Z-Fuge entsteht. Die überlappende Platte stellt ein derzeit noch nicht getestetes Plattensystem dar und wird aufgrund ihrer aufwendigen Geometrie und des erhöhten Materialeinsatzes erst dann zum Einsatz kommen, falls die wesentlich einfacher zu produzierende Schindelplatte versagt.

2. FEM-SIMULATION VON PLATTENSYSTEMEN

Zwei der entwickelten Plattensystemen sind mit der FEM-Software Femap NX Nastran untersucht worden:

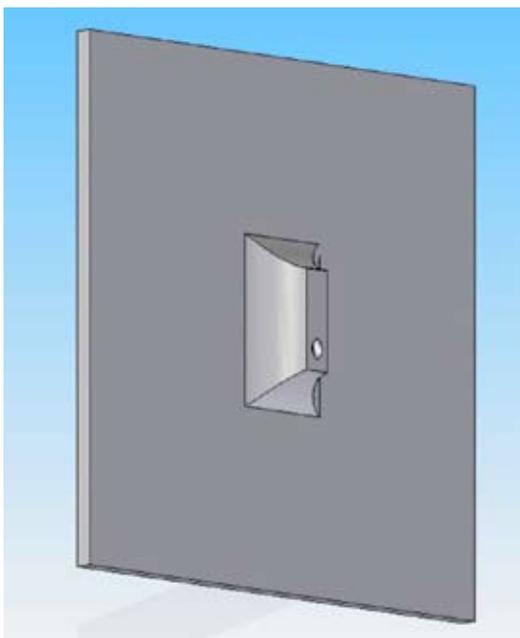


Abb.1.3 „hülsenlose“ Schindelplatte

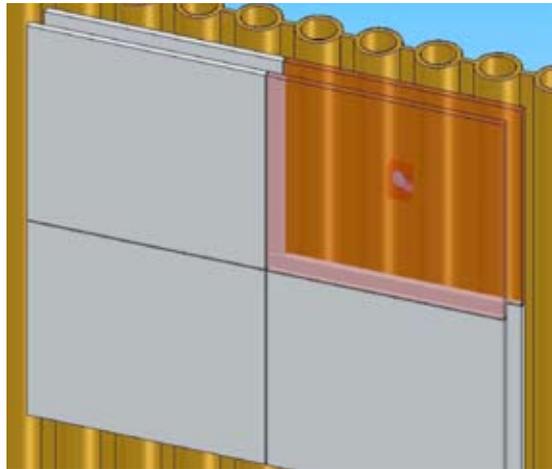


Abb.1.4 überlappende Platte

die Schindelplatte und die überlappende Platte (Anm.: die angepasste Platte, für die nur die SiSiC-Schäume in Frage kommen, ist hierbei nicht untersucht worden, da eine adäquate Vernetzung und somit die sinnvolle Berechnung des Schaums wirtschaftlich nicht möglich ist). Beispielhaft sollen hier die Ergebnisse der Schindelplatte dargestellt werden, da sie sich derzeit schon im Test befindet und sich analog zur überlappenden Platte verhält. Durch die Simulation sind die Temperaturverteilungen, sowie die Spannungsverteilungen, die sich aufgrund der thermisch-mechanischen Belastungen im Kessel ergeben, in den Platten und Halterungssystemen ermittelt worden.

Die Abbildungen 2.1 und 2.2 zeigen, dass keine unzulässig hohe Beanspruchung aufgrund der Betriebsbedingungen von etwa 800°C innerhalb der Platte bzw. des Halterungssystems zu erwarten ist. Die max. Spannung beträgt nach der Gestaltänderungshypothese an der Hülsenoberfläche (Rot entspricht einem Spannungswert von $\sim 1,7 \text{ N/mm}^2$) Die Platte nimmt selbst aufgrund ihres Abstands zur Membranwand und ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit die Rauchgastemperatur an und weist deshalb kaum Spannungen auf (Rosa entspricht einem Spannungswert von $\sim 0 \text{ N/mm}^2$)

Die einzelne Platte dehnt sich unter der Temperatur von 800°C um 0,8 mm aus. Da der Kesselstahl jedoch eine größere Dehnung bei 250°C (Wasserdampf-temperatur innerhalb des Verdampfers) durchlebt, sind auch im Verbund keine Druckspannungen auf die Keramikplatten zu erwarten.

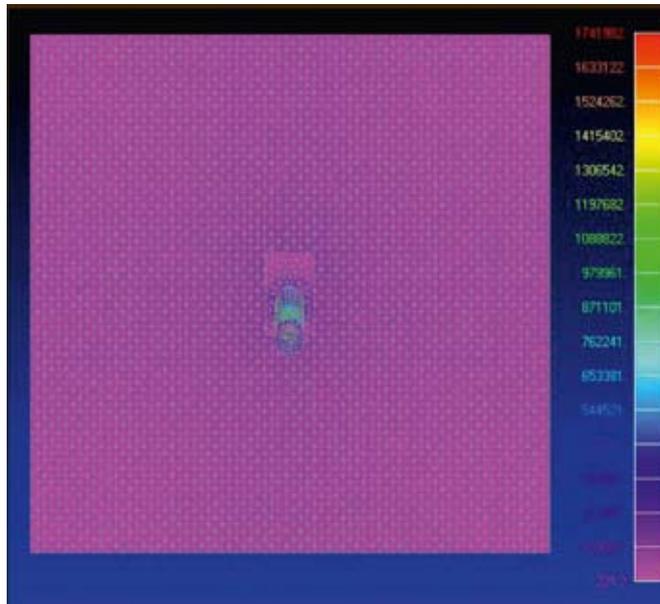
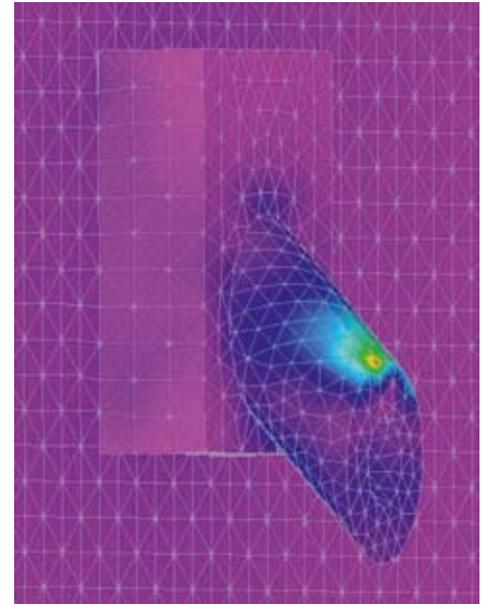
Abb. 2.1 Spannungsverteilung in N/m²

Abb. 2.2 Bereich der max. Spannung

3. ENTWICKLUNG DES MANNLOCHVERSUCHSSTANDES

Beim Mannlochversuchsstand handelt es sich um einen Teststand, der auf 22 m Höhe an der Ofenlinie 3 der AVA Augsburg installiert werden soll. Das Grundgestell mit einem darauf angebrachten beweglichen Schlitten, wurde bereits am Mannloch der LSW montiert. Die Befestigung des Gestells ist ausschließlich an der Membranwand vollzogen worden, wodurch sich keinerlei Unterschiede zwischen Versuchsstand und Kesselwand bzgl. der Wärmeausdehnung ergeben. Um die Umgebung und den Bediener bei herausgefahrenem Schlitten vom Kesselinneren abzuschirmen, ist ein Schott angebracht, das mittels einer Hydraulikpumpe von oben herabgelassen werden kann. Sowohl das Gestell als auch das Schott sind in den folgenden Abbildungen 3.1 und 3.2 dargestellt.

Das Schlittensystem des Versuchsstandes ermöglicht es, Werkstofftests unabhängig von Stillstandszeiten der Ofenlinie durchzuführen, wodurch ein hohes Maß an Flexibilität bzgl. der Versuchsdurchführungen gewonnen wird. Sowohl Start und Ende eines Versuches als auch eine zwischenzeitliche Untersuchung kann somit zu jedem Zeitpunkt ohne Erzeugung zusätzlicher Kosten erfolgen.

Auf Höhe des Versuchsstandes herrschen im

Kesselinneren Temperaturen von etwa 800°C bei einer Wärmestromdichte von rund 20 kW/m². Um eine realitätsgetreue Versuchsdurchführung gewährleisten zu können, bei der die selben Korrosionsprozesse wie an der Verdampferwand auftreten, soll eine Kühlung des Testfeldes erfolgen. Das Testfeld erstreckt sich über eine Breite von 300 mm (vier Rohre) und eine Höhe von 505 mm. Dabei wird eine Temperatur des Testfeldes von etwa 250 °C angestrebt. Diese Temperatur entspricht der Siedetemperatur von Wasser in den Verdampferrohren bei 40 bar. Um die gewünschte Temperatur zu erreichen, ist eine Kühlung der Testfeldfläche nötig. Hierzu wurde zunächst die Verwendung von Thermoöl in Erwägung gezogen. Da Thermoöl bei diesen Temperaturen jedoch eine erhebliche Brandlast mit sich bringt und somit eine große Gefahr für Anlage und Personal darstellt, ist diese Lösung als ungeeignet eingestuft worden. Auch die Lösung mit Wasserdampf, wie sie in den Verdampferrohren Anwendung findet, wird aufgrund der hohen Unfallgefahr verworfen. Letztendlich sind zwei Möglichkeiten erarbeitet worden, die sowohl die gewünschte Kühlung erzielen können als auch dem Sicherheitsaspekt Rechnung tragen:

- a) Kühlung mit Wasser ohne Siedepunktüberschreitung
- b) Kühlung mit Luft



Abb. 3.1 Grundgestell des Versuchsstandes



Abb. 3.2 Schott

a) Kühlung mit Wasser

ohne Siedepunktüberschreitung

Bei dieser Möglichkeit wird die Versuchsfläche aus Kesselstahl auf einem Feuerfestkörper angebracht. Innerhalb dieses Feuerfestkörpers verlaufen Rohre in denen Wasser in einem Kreislauf geführt wird. Das Wasser hat am Rohreintritt eine Temperatur von 60°C und am Rohraustritt eine Temperatur von 90°C. Nachdem das Wasser die Rohre passiert hat wird es in einen Rückkühler geführt, wo es auf 60°C gekühlt wird. Anschließend wird das gekühlte Wasser wieder durch die

Rohre gepumpt und der Kreislauf beginnt erneut. Für den Fall, dass die Wassertemperatur 90°C überschreitet und sich somit Druck aufbaut, ist ein Sicherheitsventil angebracht. Dieses öffnet sich bei Druckaufbau und lässt den Wasserdampf entweichen.

b) Kühlung mit Luft

Bei der Luftkühlung ist die Versuchsfläche aus Kesselstahl zur Oberflächenvergrößerung mit Kühlrippen versehen. Die benötigte Luft wird von einem Kompressor bereitgestellt. Die Druckluft hat am Eintritt in

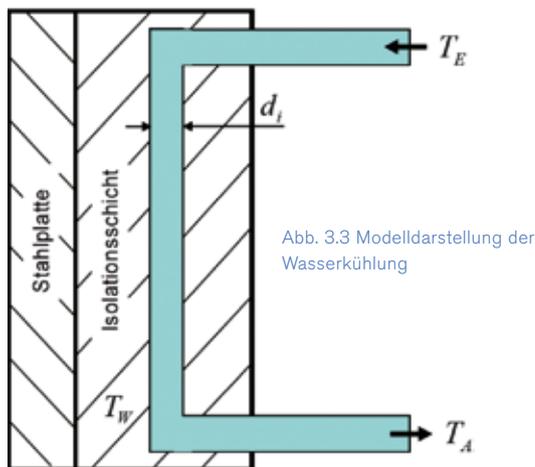


Abb. 3.3 Modelldarstellung der Wasserkühlung

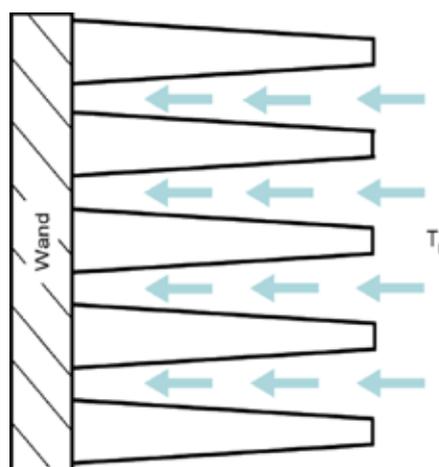


Abb. 3.4 Modelldarstellung der Luftkühlung

die Rippenspalte eine Temperatur von 15°C und tritt mit einer Temperatur von etwa 90°C aus. Anschließend wird die warme Luft über ein Rohr ins Freie geleitet.

Nach Vergleichen beider Varianten wurde sich dafür entschieden die Kühlung mit Wasser ohne Siedepunktüberschreitung zu realisieren. Die Vorteile dieser Variante gegenüber der Luftkühlung liegen in der geringeren Lärmbelästigung und der erhöhten Effizienz. Die zur Wasserkühlung benötigten Komponenten befinden sich zurzeit im Bau. Voraussichtlich kann der Mannlochversuchsstand während der Revision der Ofenlinie 3 im Juni 2009 in Betrieb genommen werden.

Die Autoren danken der Bayerischen Forschungstiftung für die großzügige Förderung des Projektes und den Projektpartnern der SGL Carbon Group, der AVA GmbH, der bifa Umweltinstitut GmbH und der CheMin GmbH für die ausgezeichnete Zusammenarbeit.

Development of High Precision Robot-based Optical Quality Inspection

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Roos, Christian Oblinger, Hochschule Augsburg, Fakultät für Maschinenbau

Industrial robots have developed more and more into multi-purpose and universally useable automation tools. They guarantee high flexibility and perform their tasks reliably, accurately and around the clock. Modern robotic systems are easy to program and operate. However for many applications, robots can still not be used for various reasons. By equipping them with powerful sensors and vision systems, industrial robots are able to verify, calibrate and adjust themselves to changes in their environment. Thus completely new robotic applications can be developed for quality control. In the automotive industry, robot-based optical measurement systems are increasingly being used directly on the production line. Industrial robots are now able to carry out non-contact 100 % inspection of manufacturing steps and work pieces in areas of the car body which are hardly accessible. They can perform these tasks in the shortest possible time. The state-of-the-art of optical measuring robots in industrial production, new developments of sensors and industrial robots, as well as practical experience will be described in the following lecture. Furthermore the new research project RoboMAP-inline will be introduced. A consortium of industrial and academic partners, including the University of Applied Sciences, Augsburg, are working on this joint project, which is promoted by the German Federal Ministry of Education and Research (Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF).

INLINE-MEASURING SYSTEM WITH MULTI-LINE TRIANGULATION SENSORS FOR THE AREA OF THE BODY SHOP.

INTRODUCTION

Today's dimensional examination of construction units in the body shop takes place predominantly with inline-measuring systems, checking fixtures (limit gauges) as well as coordinate measuring machines. Whereas limit gauges usually only permit a qualitative statement about the dimensional stability of construction units (good or bad), coordinate measuring machines as well as inline-measuring systems are able to quantify dimensional deviations and thereby make it possible to make dimensional corrections on the fixtures in production. In the measuring- and checking concepts in the body shop, the two technologies – the 3D-coordinate measuring

technology as well as the inline-measuring technique are seen to perform different tasks.

3D-coordinate measuring technique

The 3D-coordinate measuring technique serves as an exact and reliable analysis of only very few produced parts in the manufacturing process (approx 1 %).

The results of these audit- and analysis measurements have no direct influence on the production taking place at that moment. Compared to the inline-measuring technique the 3D-coordinate measuring technique is very slow and is usually not integrated in the running production. However, its advantage lies in the crucial smaller uncertainty of measurement (< 0.1 mm).

INLINE-MEASURING TECHNIQUE

In the manufacture of body-in-white in automotive engineering, inline-measuring systems are being used increasingly, i.e. measuring systems integrated into the production line. They offer the possibility of examining up to 100 % of all parts directly on the production line, if the cycle time is long enough. Faulty construction units are removed immediately. In this during the production process the bodies pass through the system of measurement, in which fixed or robot-led optical sensors, mostly so-called laser-triangulation-sensors, record images of geometrical measuring characteristics like for example drillings, edges or surface points (*see figure 1 and 2*).

Owing to their limited measurement range, stationary arranged sensors (*figure 1*) are mostly aimed at one feature on the body, they are therefore inflexible. For a few years now flexible robot measuring systems have been used as an alternative to the aforementioned method. They can be programmed as a function of the cycle time for the measurement of a larger and also changing number of measuring points (*compare [1, 2]*). In this procedure, the measuring sensor is led to the component by a temperature-drift-compensated robot (*figure 2*).

A third variant are the so-called hybrid systems, consisting of flexible measuring robots and stationary-arranged sensors. Whereas the robots here measure variable features, for instance in the rear area of a vehicle (notchback, hatchback or station wagon), the stationary-ordered sensors take over the inspection of



Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Roos

Hochschule Augsburg
Fakultät für Maschinenbau
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3198
Telefax: (+49) 821 5586-3160

eberhard.roos@hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Robotertechnik, Produktions-
automatisierung, Technische
Schwingungslehre, Konstruk-
tion, Geometriesimulation,
Technologiemanagement



Figure 1. In-line-gauging station with fixed sensors [1]



Figure 2. In-line-gauging station with gauging robots [1]

features with an identical target with all variants, e. g. in the front area of the vehicle. No matter whether stationary sensors or gauging robots are used, nowadays in-line-measuring systems in the body shop are state of the art. A convincing statistical process control with regard to the vehicle geometry is not realizable without in-line-measurement. In spite of the complexity of the process and occasional setbacks, the trend towards measuring robot systems has continued during the last few years.

The reasons for this are the flexibility as well as the higher profitability which can be attained as soon as a certain number of sensors and vehicle variants are used. (compare [1, 2]).

In addition, applications can be developed as a result of the robot measuring techniques, which were not possible up to now, e. g. the examination of a multiplicity of door- and flap variants in the body shop or in the final assembly the control of flush and gap on varnished vehicles in a separate robot measuring cell [3].

Essential differences between the inline-measuring technique and the 3D-coordinate measuring technique: whereas the 3D-coordinate measuring technique works predominantly with tactile callipers, optical sensors are used with the inline-measuring technique. Different, non-coordinated touching strategies can consequently lead to different measuring results. The 3D-coordinate measuring technique supplies absolute measuring results with high accuracy in a super ordinate coordinate system. On the other hand, the inline-measurement technique based on standard robots so far only supplies measuring results relative to a so-called sample body, however, no exact “absolute” measuring results, meaning measuring results with an uncertainty of measurement of less than 0.2–0.3 mm in any definable co-ordinate system, for instance the vehicle coordinate system (compare [2, 4]). Alignment of both measuring systems or the measuring of all points at a master car body with high-precise measuring devices, for example laser tracking systems is thus unavoidable. (see [1]).

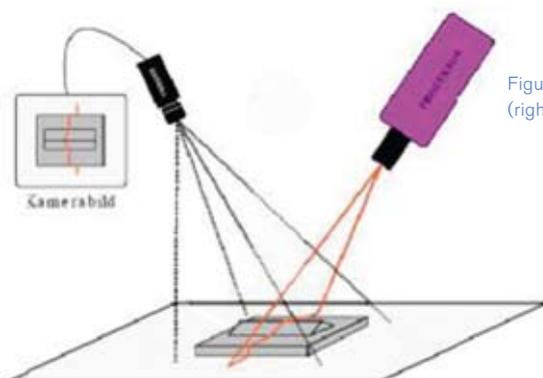


Figure 3. Principle of triangulation with projector (right) and camera (left) [5]

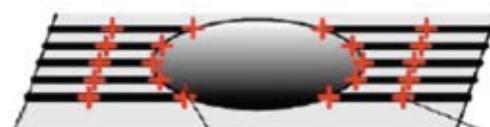


Figure 4. Measuring principle of multi-line triangulation sensors using the example of a drill hole [5]



Figure 5. Test set-up with KUKA/HGV inline-measuring system

Legend:

- 1 Industrial robot KR 200 L140 comp (KUKA Robotics)
- 2 Sensor tool with multi-line triangulation sensor 3D-MVS (KUKA Robotics and HGV Vosseler)
- 3 Energy lead inline-gauging (KUKA Robotics)
- 4 CFK-calibration sphere (KUKA Robotics)
- 5 Fixed sensors (HGV Vosseler)
- 6 Car body (Daimler)

INLINE-MEASURING TECHNIQUE WITH MULTI-LINE TRIANGULATION SENSORS

In the following section, more detail about the technological characteristics of the system will be gone into. The new inline-measuring system was developed according to the following requirements:

- The use of an optical multi-line triangulation sensor which has proven to work satisfactorily in the coordinate measuring technique on an infrared light basis (compare [5, 6]).
- Absolute gauging with standard robots by measuring the features with a high-precision laser-tracking system (so-called point accuracy, compare [1]). Aim: avoidance of the error-prone matching of the inline-measuring system and coordinate measuring machine.
- Absolute gauging without measuring the measuring characteristics with a laser tracking system (so-called absolute accuracy)
- The possibility of planar recording of the part contour is seen as future development potential and represents



Figure 6. 3D-robot sensor [6]

Measuring method:	Five-lines-triangulation
Illumination technique:	Infrared 830 nm LED-light
Outline measuring:	with diffuse LED-incident light
Working distance:	132 mm (alternative 81 mm)
Image field size:	about 90 x 68 mm ² , X-Y-direction (alternative 60 x 40 mm ²)
Depth of sharpness:	± 10 mm, Z-direction (alternative ± 5 mm)
Resolution:	752 x 582 pixel
Activation:	intelligent microcontroller

a unique selling proposition for the inline-measuring system.

- Linear gathering of the part contour in only one recording with the measuring algorithm “N-point-line” and set-actual comparison with the CAD-dataset. In this procedure only one line of the triangulation sensor is evaluated (figure 3 and 4).
- Substitution of the relative measurement concerning a sample body by functionality measurements against CAD-dataset (compare [7]).
- Planar recording of the part contour with up to five lines of the multi-line triangulation sensor and set-actual comparison with the CAD-dataset.
- Measuring evaluation of the coordinate measuring technique to ensure a better comparability of the results of both measuring systems.

The inline-measuring system consists of the following components (figure 5 and 6):

Picture 5 shows a hybrid measuring system, which consists of stationary sensors as well as a compact, robot-guided sensor (picture 6).

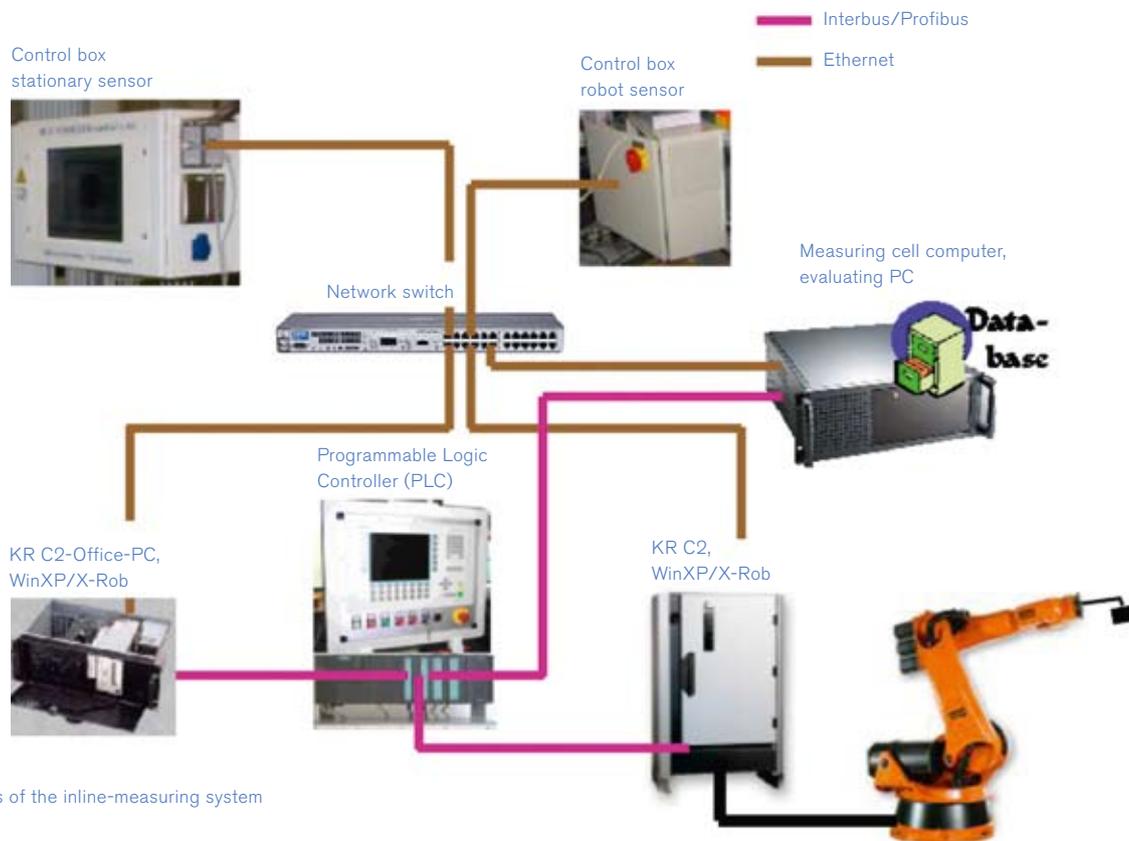


Figure 7. Control components of the inline-measuring system

Both sensor types work according to the multi-line triangulation principle and are an essential component of the new inline-measuring system (unique selling proposition).

The advantages of the multi-line triangulation are:

- Determining of the position and size of a feature as well as the orientation of the normal vector in the space from a measurement.
- Space-bevel measurement of features possible.
- Clear measuring results of edge gauging attainable through the use of five lines.
- Planar grasping of the construction outline possible with up to five lines.
- In addition to this, these sensors are able to measure on different surfaces and are able to deal with changing conditions, because, instead of visible laser light, infrared light is used [5].

CONTROLLING THE INLINE-MEASURING SYSTEM

The essential control components of the measuring system are:

- Measuring cell computer or evaluating PC (Metro-nom Automation).
- KR C2-Office-PC (KUKA Roboter) to control the fixed sensors. With the advancement of the gauging system today the Office-PC is no longer needed.

- Control box for fixed sensors (HGV Vosseler).
- Control box for robot sensor (KUKA Robotics).
- Software X-Rob for the robot-sided temperature-drift-compensation and as interface between robot control and sensor system (KUKA Robotics) [8].
- Data base for the administration of the features (KUKA Robotics).
- Programmable logic controller (PLC) as a component of the welding-transfer-line for the control of the station.

With the Programmable Logic Controller (PLC) communicating control elements are connected by a field bus system, the metrological control components over Ethernet. These different single components must be connected to a complete system (see figure 7).

FUTURE DEVELOPMENTS

Today these robot based optical sensors with multi-line triangulation allow to comply with high quality standards of today's flexible industrial production with a large number of different variants in the body shop of the automotive industry.

However, for highest precision applications for instance in the production of combustion engines, a combination of several robot-based sensors (multi-sensor application), consisting of multi-line projection in combination with CCD cameras as well as interfero-

metric sensors are a promising starting point for a new research project, called RoboMAP-inline.

Industrial robots and multi-sensor systems will be synthesized in this new research project to perform highest precision measuring tasks.

First feasibility tests were carried out successfully to determine the influence of robot vibrations on the accuracy of interferometric measurements (see figure 8).

During these tests a standard calibration ring with an inner diameter of 16 mm was used. Different types of robots were investigated and programmed to insert a measuring needle, which is part of the interferometric sensor system in different measuring modes into the existing standardised drill hole.

This new research project is promoted by the Federal Ministry of Education and Research (Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF). The Technology Centre of the Association of German Engineers (VDI-TZ) is the responsible project executing organisation.

CONCLUSIONS

The optical robot measuring technique (geometry examination) is firmly established in the body shop. Inline measuring systems are already used by the automobile industry for the quality control of features such as drillings and distances, to examine a construction unit directly in the production line. In the context of a research project at the University of Applied Sciences, Augsburg the development of an inline-measuring system could be accomplished to successfully measure the position and orientation of pins in body shop. Thus, the past measuring strategy with coordinate measuring machines could be replaced and the examining of pins directly on the production line could be made possible. In the future, robot-led sensors can also be used in the manufacture of combustion engines for quality control (newly funded joint project).

The positioning accuracy and the metering precision of the robots and/or the optical sensors must be still partly increased, in order to be able to fulfil the requirements in this new joint project.

REFERENCES

[1] Stelter, J.: Neue, sensorbasierte Verfahren in Robotikanwendungen. Tagungsband des Bayerischen Fach-

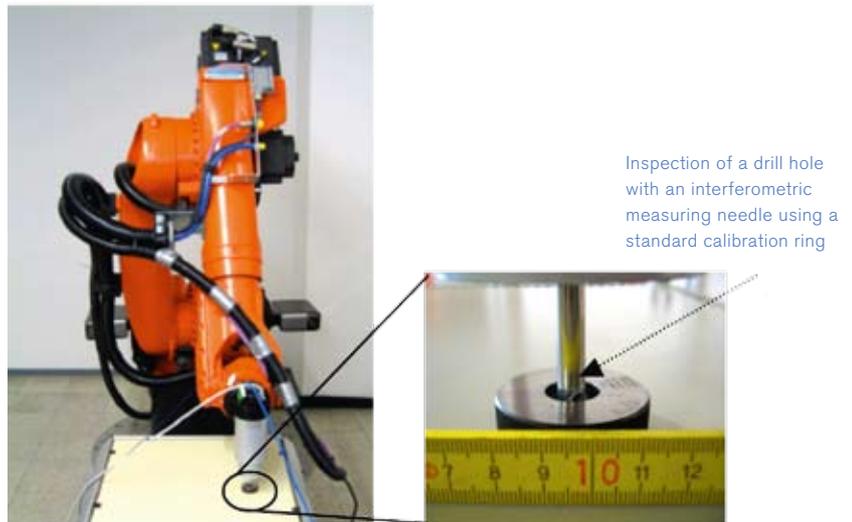
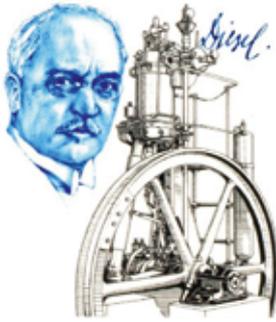


Figure 8. Interferometric measuring system mounted on an industrial robot (KUKA KR 30 HA) for test measurements in the robot laboratory at the University of Applied Sciences, Augsburg

- forums Mechatronik 2004, Augsburg, S. 8-3/8-19.
- [2] Bongardt, Th.: Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern. Dissertation, Technische Universität, München 2003.
- [3] Lettenbauer, H.: System zum Einsatz von Industrierobotern in der fertigungsnahen Qualitätsprüfung. Dissertation, Univ. der Bundeswehr, Hamburg 2002.
- [4] Roos, E.: Anwendungsorientierte Mess- und Berechnungsverfahren zur Kalibrierung off-line programmierter Roboterapplikationen. Fortschr.-Ber. VDI Reihe 8 Nr. 709. Düsseldorf: VDI-Verlag 1998.
- [5] Flexible und stationäre 3D-Inline-Messtechnik. Firmenschrift, HG Vosseler GmbH und Co. KG, Öhringen.
- [6] 3D-Robosense. Firmenschrift, HG Vosseler GmbH und Co. KG, Öhringen.
- [7] IN³ - INtelligente INtegration von INline-Messtechnik. Firmenschrift, Metronom Auto-mation GmbH, Mainz.
- [8] Messroboter durchgängig integriert mit X-Rob. Firmenschrift, KUKA Roboter GmbH, Augsburg.

Vom qualifizierten Facharbeiter zum
“Staatlich geprüften Techniker”



Rudolf-Diesel-Technikum
 Staatlich anerkannte Fachschule für Techniker
 Tel: 0821/42 36 65 Fax: 0821/4 18 07 88
 Riedingerstr. 26 c; 86153 Augsburg

www.rdt-technikum.de
www.hsa-akademie.de

Wir danken der **Fachhochschule Augsburg**
 für die Unterstützung bei unseren Praktika in:
 - Technischer Mechanik und Werkstoffprüfung
 - Versuche mit dem Rasterelektronenmikroskop
 - autom. Bestücken und Lötten von Leiterplatten

IMA
 INGENIEURBÜRO
 A. ABELE + PARTNER GmbH

Das Rad ist bereits erfunden –
 wir bringen es zum Laufen

www.ima-abele.de



Als moderner und unabhängig arbeitender
 Dienstleister für die Konstruktion und den Bau
 von Maschinen und Anlagen müssen wir nicht jedes
 Rad neu erfinden.

35 Jahre Erfahrung
 – für Ihren Erfolg

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

– von der ersten Skizze bis zum fertigen Produkt.

IMA Ingenieurbüro Anton Abele + Partner GmbH

Proviantbachstr. 30 | 86553 Augsburg

Tel.: +49 (0)21 56 0000 | Fax: +49 (0)21 56 000 56

info@ima-abele.de | www.ima-abele.de



im Fabrik Schloss



Und jetzt zur Praxis -
 bei einem Unternehmen des
 Bayerischen Baugewerbes.

In Schwaben bei einem unserer
 600 Mitgliedsbetriebe.



www.lbb-schwaben.de

 **Das Bayerische Baugewerbe**

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

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



Fenster- und Fassadensysteme
 für anspruchsvolle Architektur.

THERM⁺

Fassaden- und Glasdach-
 systeme für Aluminium,
 Holz und Stahl.

FRAME⁺

Aluminium-Fenstersysteme
 mit U_w bis 0,9 W/m²K.



RAICO

Die Zukunft der Fenster
 und Fassaden

www.raico.de

Forschungsbericht der PÜZ-Stelle für Holzbau

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

PERSÖNLICHES

Der Leiter der PÜZ-Stelle für Holzbau, Prof. Dr. François Colling, wurde in den Sachverständigen-Ausschuss „Holzbau“ des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) berufen. Dieser Ausschuss stellt in Deutschland die oberste Instanz für Fragen der Standsicherheit im Holzbau dar.

PÜZ-STELLE FÜR HOLZBAU

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

- Überwachung der Produktion von Nagelplattenbindern im Hinblick auf die Erteilung des Übereinstimmungsnachweises (Ü-Zeichen),
- Überwachung von mehreren Holzbaubetrieben (Holzhausbau) im Hinblick auf die Erteilung des Übereinstimmungsnachweises (Ü-Zeichen) und von RAL-Gütezeichen („Holzhausbau – Herstellung“ und „Holzhausbau – Montage“),
- Überwachung eines Holzbaubetriebes im Hinblick auf die Erteilung des RAL-Gütezeichens „Ingenieurholzbau“. Derzeit gibt es bundesweit nur zwei Betriebe mit einem solchen Gütezeichen,
- Versuche zur Einstufung von Sondernägeln in Tragfähigkeitsklassen,
- Versuche an Biegeträgern aus Brettspertholz im Hinblick auf die Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung durch das DIBt. In *Bild 1* ist ein Versuchsträger nach Erreichen der Traglast dargestellt.



Bild 1 Versuchsträger aus Brettspertholz

PROJEKTE

1. ÜBERDACHUNG MARKTPLATZ SEVILLA

Für die Überdachung des historischen Marktplatzes von Sevilla/Spanien ist eine riesige Holzkonstruktion geplant. In *Bild 2* ist dies an einem Modell dargestellt.

Im Zusammenhang mit der Tragwerksfindung wurde die Abteilung Holzbau mit der Durchführung mehrerer Untersuchungen beauftragt.

1.1 VORSPANNEN VON HOLZBAUTEILEN

Im Rahmen von ersten Untersuchungen wurde die Machbarkeit von vorgespannten Bauteilen aus Furnierschichtholz untersucht. Nach Festlegung eines geeigneten Verfahrens wurden Bauteile im Maßstab 1:1 vorgespannt und das Kriechverhalten untersucht. In *Bild 3* ist ein solcher Prüfkörper mit vorgespannten Stahlstangen und Messvorrichtungen dargestellt.

1.2 KNICKVERSUCHE

Im Rahmen einer zweiten Versuchsreihe sollte das Tragverhalten dieser Bauteile unter einer Druckbeanspruchung (Knicken) untersucht werden. Hierbei sollte ins-



Ansprechpartner:
François Colling

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

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

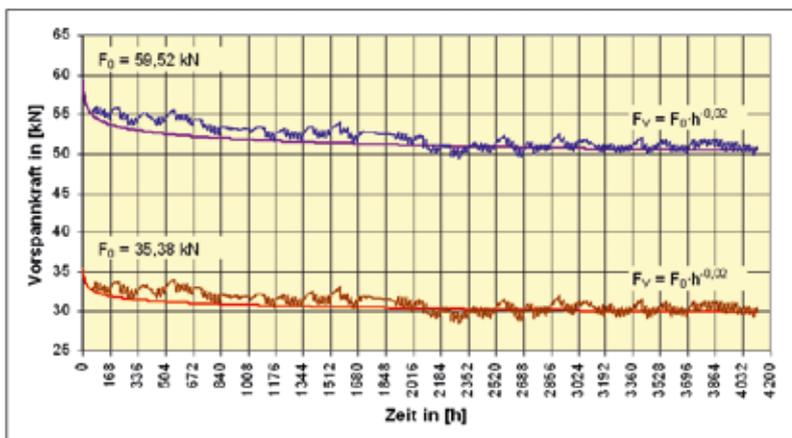
Fachgebiete:
Holzbau, Baustatistik



Bild 2 Modell der Überdachung des historischen Marktplatzes von Sevilla



Bild 3: Prüfkörper zur Ermittlung des Kriechverhaltens von vorgespannten Bauteilen aus Furnierschichtholz



In Bild 4 ist der Abfall der Vorspannkraft über einen Zeitraum von etwa 6 Monaten dargestellt.

besondere der Einfluss der Lastenleitungsstruktur erfasst werden. In Bild 5 ist ein Prüfkörper dargestellt.

Bei allen Versuchen trat das Versagen im Bereich der Lastenleitung auf, bedingt durch Imperfektionen bzw. Exzentrizitäten in den Stahlteilen. Ein Knicken der Holzbauteile war in keinem Fall zu beobachten.

2. BEMESSUNG VON HOLZTRAGWERKEN

Die Abteilung Holzbau wurde damit beauftragt, grundlegende Überlegungen dahingehend anzustellen, wie Tragwerke aus Holz (Bauteile und Verbindungen) bedienerfreundlich mit einer EDV-gestützten Lösung berechnet und bemessen werden können.

Im Zuge dieses Projektes wurden folgende Themen bearbeitet:

- Schnittgrößenberechnung beliebiger Systeme (Stabwerksprogramm),
- Nachweisführung mit den berechneten Schnittgrößen an beliebigen Stellen des Stabwerks (z. B. Biegespannung, Schubspannung etc.) nach DIN 1052 und Eurocode 5,
- vorgefertigte Standardmodule (verschiedene Standardsysteme), incl. aller notwendigen Lastkombinationen und Nachweisen, sodass nur noch die Eingabe von Systemdaten und Lasten erforderlich ist (z. B. Sparrendach mit Kragarm),

Dieses Projekt wird von der Europäischen Vereinigung für Holzbau (EVH) und ihren Mitgliedsverbänden unterstützt (siehe Bild 6). Die Arbeiten haben Eingang gefunden in eine neue Bemessungssoftware „DC-Statik“, die von dem renommierten Softwarehaus Dietrich’s AG, München vertrieben wird.



Bild 5: Prüfkörper im Knickversuch

The image is a complex graphic for the 'DC-Statik' project. It features several logos: 'BUND DEUTSCHER ZIMMERMEISTER BDZ', 'WKO Der Holzbau', 'holzbau schweiz', 'Verein der Südtiroler Zimmerleute', 'Associazione Carpenteri Alto Adige', and 'FEDERATION DES MAITRES CHARPENTERS ET CHARRONS DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG'. There are also technical drawings of a wooden roof structure and mathematical formulas such as $f_{c,0,d} = 14,54 \text{ N/mm}^2$, $f_{m,d} = 1,6 \text{ N/mm}^2$, $f_{v,d} = 1,38 \text{ N/mm}^2$, and $w_{0,per} = 0,7 \text{ mm}$. The website 'www.dc-statik.com' is prominently displayed.

Bild 6: Projekt „DC-Statik“

Zur Rissentwicklung in Biegebereichen von Stahlbetontragwerken ohne Stegbewehrung

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

I. STADIEN DER STEGRISSENTWICKLUNG IM BIEGEBEREICH

Der Biegebereich ist dadurch gekennzeichnet, dass sich die Spannungen im Zustand I nach der Biegetheorie einstellen. Erreichen Zugspannungen die Betonzugfestigkeit, entstehen Risse, in den meisten Fällen zuerst am gezogenen Rand im Bereich der betragsmäßig größten Momente. Diese Risse verlaufen annähernd rechtwinklig zum Rand und werden im Folgenden als Biegerisse bezeichnet.

Das *Bild 1* zeigt diesen Zustand beispielhaft an zwei Versuchsbalken, die von *Rüsch*, *Haugli* und *Mayer* in [1] vorgestellt wurden. Die selten vorgenommene Gegenüberstellung von Balken mit und ohne Stegbewehrung zeigt im *Bild 1* sehr eindrucksvoll, dass durch Bewehrung nicht in allen Fällen bessere Konstruktionen entstehen: Im vorliegenden Fall bilden die Bügel nicht nur die Ansatzpunkte für mehr Risse als im Tragwerk ohne Stegbewehrung, sie führen vielmehr bei der gleichen Laststufe durch die Schwächung des Betonquerschnitts rechtwinklig zu den Biegezugspannungen zu deutlich größeren Risstiefen. Dies sei jedoch nur am Rande erwähnt, da sich, wie bereits oben beschrieben, die in diesem Artikel vorgestellten Untersuchungen auf Stahlbetontragwerke ohne Stegbewehrung beschränken.

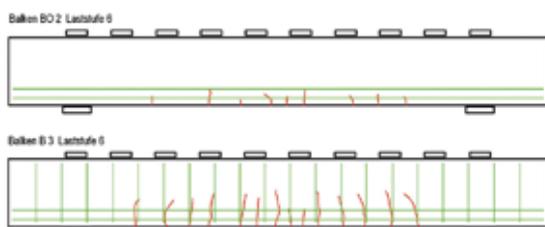


Bild 1: Balken unter Gleichlast nach dem Übergang in den Zustand II [1]

Die im *Bild 1* dargestellten Biegerisse bestätigen die Feststellung, dass diese Biegerisse in guter Näherung rechtwinklig zum gezogenen Rand verlaufen. Weiterhin ist zu erkennen - wenn hier auch nicht all zu stark ausgeprägt - dass sich die Risstiefen etwa proportional zur jeweiligen Größe des Biegemoments ausbilden.

Es kann bereits bei dieser geringen Laststufe festgestellt werden, dass sich die Risstiefen nicht nach der Spannungsverteilung im Zustand I einstellen, sondern zum Teil bereits über die Träger-Nulllinie reichen. Es liegt auf der Hand, dass die Risstiefen ebenso wie die Rissabstände für die Größe der Stegzugspannungen

im Zustand II von ausschlaggebender Bedeutung sind. Ebenso lässt sich leicht nachvollziehen, dass diese bedeutende Größe der Risstiefen stark von der Querschnittsform abhängen kann.

Die im *Bild 1* dargestellten Rissbilder unterscheiden sich von den meisten dokumentierten Versuchsergebnissen dadurch, dass die vielfach bekannten, schräg verlaufenden Risse im Stegbereich bei der betrachteten Laststufe noch kaum vorhanden sind. Dies erlaubt den Schluss, dass sich die Risse im Zustand II schrittweise einstellen. Bei genauerer Betrachtung können tatsächlich nach einem festen Muster immer wieder die gleichen Stufen abgeleitet werden. Bei der Entstehung dieser schrittweisen Rissentwicklung wird man wohl von einer gewissen Rissdynamik ausgehen müssen. Die einzelnen Rissabschnitte entstehen demnach nicht an jeder Stelle in Folge einer zum Zeitpunkt der Rissentstehung immer exakt gleichen Zugfestigkeit, sondern entwickeln sich vielmehr immer über eine gewisse Länge, wenn an einer Stelle die rissauslösende Dehnung erreicht wird. Um diese schrittweise Entwicklung möglichst nachvollziehbar darstellen zu können, werden im Folgenden die einzelnen Entwicklungsstufen aufgezeigt und mit „Zustand II.1“ bis „Zustand II.7“ bezeichnet.

I.1 ZUSTAND II.1

Das *Bild 2* zeigt den Spannungstrajektorienverlauf im Zustand I für den einfachsten Fall eines biegebeanspruchten Balkens, nämlich einen frei drehbar gelagerten Einfeldträger mit Rechteckquerschnitt unter Gleichlast. Es handelt sich um ein von *Leonhardt* und *Mönnig* [2] übernommenes Bild, hier allerdings mit zusätzlicher Kennzeichnung der unterschiedlichen Bereiche (B-Bereich für den Biegebereich und D-Bereich bzw. „D_e-Bereich“ für den Endauflagerbereich). Im *Bild 3* ist dann beispielhaft der Spannungstrajektorienverlauf unter Berücksichtigung von Biegerissen, das heißt, im Zustand II.1, dargestellt.

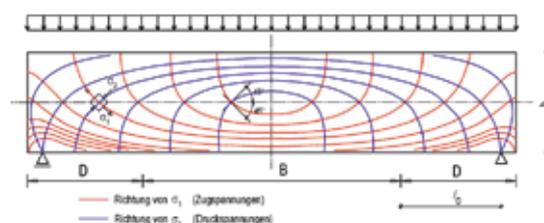


Bild 2: Hauptspannungstrajektorien eines Balkens unter Gleichlast im Zustand I



Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Richard Rojek

Hochschule Augsburg

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

Telefon: (+49) 821 5586-3933

Telefax: (+49) 821 5586-3110

richard.rojek@hs-augsburg.de

www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Stahlbetonbau,

Bauwerke des Massivbaues

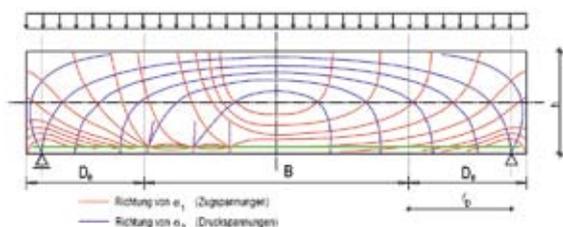


Bild 3: Umgelenkte Hauptspannungstrajektorien im Bereich mehrerer Biegerisse

Durch die Entstehung von Biegerissen beim Übergang in den Zustand II können sich die Spannungsverläufe nicht mehr frei einstellen. Während die Aufnahme der Biegezugkraft im gerissenen Zustand durch die grün dargestellte Biegezugbewehrung problemlos gesichert ist, wird der Spannungszustand im Steg durch die Risse deutlich gestört. Sowohl die mit leichter Krümmung nach oben gerichteten Zugspannungen als auch die nach unten gerichteten Druckspannungen werden im Rissbereich umgelenkt.

In den Feldern zwischen den Rissen bilden sich demnach sich kreuzende Zug- und Druckstreben, wobei die entstehenden Stegzugspannungen natürlich wesentlich größer werden als in vergleichbaren Systemen im Zustand I. Dies resultiert zum Einen aus der Tatsache, dass die Zugspannungen in den Bereichen über den Risswurzeln konzentriert zusammengeführt werden; zum Anderen wird die Größe der Zugspannungen offensichtlich auch stark beeinflusst vom Verhältnis der Risstiefen zu den Rissabständen: Je größer dieses Verhältnis ist, um so steiler verlaufen die Zug- und Druckstreben innerhalb der Rissfelder, wodurch zwar ihre Größe abnimmt, die zugehörigen Zugspannungen nehmen jedoch auf Grund des kleiner werdenden Querschnitts zu.

Von grundlegender Bedeutung ist nun die Frage, ob die hier diskutierten Spannungszustände qualitativ auch aus Rissbildern von Versuchskörpern ablesbar sind. Dies ist tatsächlich der Fall. Als Beleg werden im Folgenden beispielhaft Versuchsbalken von Leonhardt und Walther [3] verwendet.

Im Bild 4 sind in vergrößerter Form Ausschnitte aus den Balken 17/1 und 17/2 dargestellt. An den markierten Stellen der Balken ist im Bild 4 jeweils eindeutig zu erkennen, dass die entstandenen Rissabschnitte genau rechtwinklig zu den oben beschriebenen Zugstre-

ben verlaufen, die ihrerseits stets genau zum nächst gelegenen Kreuzungspunkt der Biegezugbewehrung mit einem Riss führen.

Obwohl der Steg in diesen Teilbereichen in Folge der Hauptzugspannungen Risse aufweist, ist in diesem Zustand kein Versagen festzustellen. Das System ist demnach in der Lage, in diesem Bereich der Stegrisse ein weiteres, tertiäres Tragsystem zu aktivieren.

Verfolgt man die im Bild 4 dargestellten, von den Stegrissen abgeleiteten Zugspannungen in Richtung des Zuggurts, so stellt man fest, dass diese den Zuggurt genau an der Schnittstelle mit dem Biegeriss treffen. Für das Gleichgewicht der Vertikalkraftkomponenten an diesen Punkten ist erforderlich, dass jeweils rechts der Biegerisse eine entsprechende, geneigte Druckstrebe angreift. Der Zuggurt überträgt also nicht nur die randparallelen Komponenten der Steghauptspannungen, sondern bildet darüber hinaus auch einen kräftigen Verbundquerschnitt, der die rissparallelen Vertikalkraftkomponenten über die Biegerisse leitet. Diese Tragwirkung des Zuggurts ist bekannt und wird in der Literatur häufig mit dem Begriff „Dübelwirkung“ beschrieben.

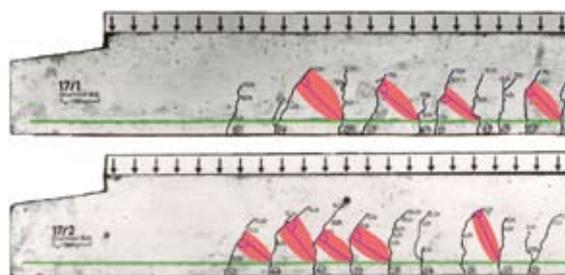


Bild 4: Ausschnitte aus den Balken 17/1 und 17/2 aus [3]

Der Zustand II.1 beschreibt also die bereits am Beispiel des Bildes 1 diskutierte Situation, dass zu Beginn des Zustands II nur Biegerisse entstehen, die näherungsweise alle rechtwinklig zum gezogenen Rand verlaufen - es sei denn, es werden Risse betrachtet, die dem D_c -Bereich zuzuordnen und daher etwas stärker geneigt sind.

Um die verschiedenen Stadien des Zustands II durchgängig darstellen zu können, wird im Folgenden die linke Seite des Balkens 15/1 aus [3] verwendet. In der Ausschnittsvergrößerung im Bild 5 sind für die ersten vier Risse in Auflagernähe jeweils der Anfangspunkt (A) sowie der vorläufige Endpunkt E_1 im Zustand

II.1 eingetragen. Obwohl die Darstellung das gesamte Rissbild nach dem Versagen des Balkens beinhaltet, sind die Punkte E_1 leicht festzustellen, da sie jeweils einen deutlichen, ersten Knickpunkt im Rissverlauf markieren.

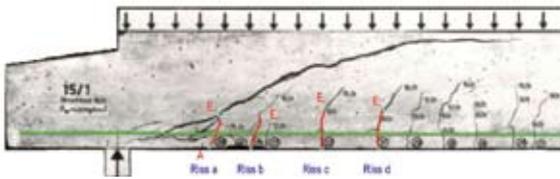


Bild 5: Ausschnittsvergrößerung des Balkens 15/1 aus [3] mit Kennzeichnung der Rissabschnitte A - E1 im Zustand II.1

Definition: Mit Zustand II.1 wird die Situation bezeichnet, in der nur Biegerisse vorhanden sind, die näherungsweise rechtwinklig zum gezogenen Rand verlaufen.

1.2 ZUSTAND II.2

Die Biegerisse des Zustands II.1 bewirken, dass die Stegzugspannungen über die Risswurzeln an den Punkten E_1 umgeleitet werden müssen. Da das System den Spannungszustand einnimmt, der das Minimum der Formänderungsarbeit darstellt, besteht einerseits die Tendenz, dass die Zugspannungen relativ konzentriert an den Risswurzeln vorbei laufen; andererseits ist im Bereich der Risswurzeln in Folge der Bruchprozesszone eine gegenüber den noch ungestörten Bereichen deutlich verringerte Dehnsteifigkeit anzunehmen, wie dies u. a. von Zink [4] anschaulich dargestellt wurde. Die resultierende Stegzugkraft dürfte daher zur Risswurzel meist einen deutlichen Abstand aufweisen.

Die nach diesen Gesichtspunkten entstehende Zugspannungsverteilung bewirkt, dass an den bisherigen Risswurzeln E_1 ein weiterer Rissabschnitt rechtwinklig zu diesen umgelenkten Stegzugspannungen entsteht. Ihr jeweiliger Endpunkt ist im Bild 6 mit E_2 bezeichnet. (Es ist darauf hinzuweisen, dass der entsprechende Rissabschnitt des Risses „b“ vermutlich zu einem deutlich späteren Zeitpunkt entstanden ist als derjenige des Risses „a“. Gleiches gilt für die Risse „c“ und „d“.)

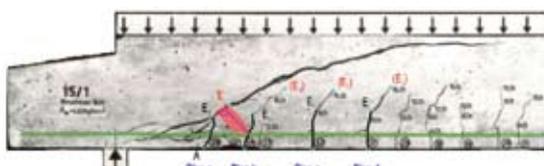


Bild 6: Ausschnittsvergrößerung des Balkens 15/1 aus [3] mit Kennzeichnung der Rissabschnitte A - E2 im Zustand II.2

Legt man an die durch die Punkte E_1 und E_2 begrenzten Rissabschnitte jeweils das Lot an, so führt es stets zielgenau zum Schnittpunkt des nächstgelegenen Biegerisses mit der Biegezugbewehrung.

Die beschriebene, geometrische Abhängigkeit der Rissabschnitte des Zustands II.2 von der Risstiefe und dem jeweiligen Rissabstand führt dazu, dass diese Rissabschnitte weder gleich lang sind, noch die gleichen Neigungswinkel aufweisen. Die Unterschiede sind für die vier betrachteten Risse „a“, „b“, „c“ und „d“ sehr gut zu erkennen.

Die Größe der zugehörigen, rissauslösenden Beanspruchung hängt ganz offensichtlich stark ab von der Risstiefe im Zustand II.1 - also im Wesentlichen von der Größe des an der betrachteten Stelle wirksamen Biegemoments - sowie den Rissabständen, die in erster Linie von den gewählten Stabdurchmessern und der Stahlspannung der Biegezugbewehrung abhängen. Denn je größer die Risstiefen und je kleiner die Rissabstände sind, um so steiler verlaufen die Stegzugstreben. Deren Horizontalkomponente ergibt sich aber stets aus der Gurtdifferenzkraft (dem Momentengradienten), die sich zwischen zwei benachbarten Rissen aufsummiert. Diese Tendenz wird allerdings wieder abgemindert durch den Umstand, dass mit zunehmenden Risstiefen der Hebelarm der inneren Kräfte etwas zunimmt, wodurch die Gurtdifferenzkräfte geringfügig abnehmen.

Im Bild 6 ist noch ein weiterer Beleg für die in den Rissfeldern entstehenden geneigten Stegzugstreben zu erkennen: Diese haben nicht nur jeweils zur Rissbildung von den Punkten E_1 zu den Punkten E_2 geführt, sondern haben auch teilweise am anderen, am Zuggurt angreifenden Ende der Stegzugstreben Risse verursacht. Soweit sie tatsächlich im Zustand II.2 entstanden sind (Beispiel: Riss „c“), verlaufen sie parallel zu dem zugehörigen Riss zwischen den Punkten E_1 und E_2 . Es handelt sich hierbei um die bereits angesprochenen Risse, die bislang in der Literatur meist als „Dübelrisse“ bezeichnet wurden.

Für das Tragvermögen des Systems sind diese am Zuggurt angreifenden Risse von untergeordneter Bedeutung, da der Zuggurt in der Lage ist, die auftretenden Vertikalkraftkomponenten als Biegeträger über die gestörte Zone zu leiten.

Definition: Der Zustand II.2 ist gekennzeichnet durch geknickte oder auch ausgerundete Risse, die sich

zusammensetzen aus den Biegerissen und dem jeweils ersten Abschnitt der Stegrisse. Bei kräftigen Zuggurten kann der Zustand II.2 auch ohne zugehörigen Biegeriss entstehen.

1.3 ZUSTAND II.3

Die im Zustand II.2 entstehenden Stegrisse zwischen den Punkten E_1 und E_2 bewirken, dass die Stegzugspannungen nunmehr an den neuen Risswurzeln E_2 vorbei geführt werden müssen. Sie werden dadurch noch steiler umgelenkt als im Zustand II.2.

Die steil umgelenkten Stegzugspannungen bewirken einen neuen Rissabschnitt, der entsprechend flacher geneigt ist, da die zugehörigen Zugspannungen nach wie vor zum benachbarten Schnittpunkt der Biegezugbewehrung mit dem zugehörigen Biegeriss gerichtet sind. Die Risse können nun bereits das gesamte betrachtete Rissfeld überbrücken. Dies wird dadurch deaktiviert. In diesem Rissfeld kann nun kein Ausgleich mehr stattfinden zwischen den veränderlichen Biegezug- und -druckkräften. Das benachbarte Feld muss die Differenzkräfte dieses Rissfeldes mit ausgleichen. Im Balken 15/1 aus [3] trifft dies zu für das Feld zwischen den Rissen „a“ und „b“, vgl. Bild 7.

Die Rissfelder zwischen den Rissen „b“ und „c“ sowie zwischen „c“ und „d“ können dagegen noch geneigte Stegzugkräfte übertragen. Das Rissfeld „b - c“ befindet sich noch im Zustand II.2, das Rissfeld „c - d“ dagegen im Zustand II.1 und trägt weiterhin zum Ausgleich der Biegezugkräfte bei.

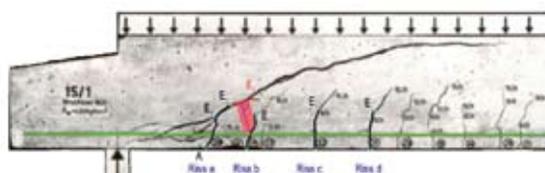


Bild 7: Ausschnittsvergrößerung des Balkens 15/1 aus [3] mit Kennzeichnung der Rissabschnitte A - E3 im Zustand II.3

Je nach Verhältnis zwischen Rissabstand und Risstiefe kann der Zustand II.3 auch übersprungen werden, wenn der Rissabschnitt des Zustandes II.2 so weit reicht, dass sich in dem betroffenen Rissfeld keine Stegzugstrebe mehr ausbilden kann. Hierfür bildet der erste Riss neben dem rechten Auflager des Balkens 16/1 von [4] ein Beispiel.

Definition: Der Zustand II.3 ist gekennzeichnet

durch einen dreiteiligen, geknickten oder ausgerundeten Rissverlauf, der sich zusammensetzt (ggf.) aus dem Biegeriss und einem ersten und zweiten Abschnitt des Stegrisses, der sich aber nur über das unmittelbar betroffene Rissfeld erstreckt.

Ab dem Zustand II.3 wird der schrittweise entstandene Riss als „kritischer Stegriss“ bezeichnet.

1.4 ZUSTAND II.4

Durch den Ausfall des ersten, zwischen den Rissen „a“ und „b“ gelegenen Rissfeldes wird die Beanspruchung im Nachbarfeld (zwischen den Rissen „b“ und „c“) erhöht. Der bereits relativ flach verlaufende kritische Riss verlängert sich in dieses Feld. Da die zu Grunde liegende Stegzugstrebe nun wieder deutlich weniger steil verläuft als diejenige im Zustand II.3, beginnt der zugehörige Rissabschnitt im Beispiel des Balkens 15/1 (s. Bild 8) nicht am bisherigen Endpunkt E_3 des Risses, sondern davor an einem Knickpunkt des Stegrisses. Die Änderung der Rissrichtung in diesem Stadium ist auch bei den entsprechenden Rissen auf der linken Seite der Balken 13/1 und 14/1 aus [3] deutlich zu erkennen.

Je nach Verhältnis der Breite zur Höhe dieses Rissfeldes (hier von den Rissen „b“ und „c“ begrenzt) entwickelt sich dieser Rissabschnitt entweder in einer Stufe über das gesamte Rissfeld oder aber - sinngemäß zu den Zuständen II.2 und II.3 - in zwei Stufen mit leicht unterschiedlichen Rissrichtungen.

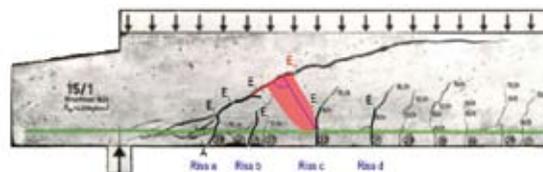


Bild 8: Ausschnittsvergrößerung des Balkens 15/1 aus [3] mit Kennzeichnung der Rissabschnitte A - E4a im Zustand II.4



Bild 9: Ausschnittsvergrößerung des Balkens 15/1 aus [3] mit Kennzeichnung der Rissabschnitte A - E4b im Zustand II.4b

Im Falle der linken Seite des Balkens 15/1 nach [3] hatte sich der Riss in zwei Teilstufen ausgebildet. In der

ersten Teilstufe endete er gemäß *Bild 8* am Punkt E_{4a} . Anschließend verlängerte sich der Riss auf Grund der nunmehr wieder sehr steil angeordneten Stegzugstrebe bis zum Punkt E_{4b} , vgl. *Bild 9*.

Da sich in diesem Stadium der kritische Stegriss bereits aus mehreren Abschnitten zusammensetzt, die allesamt eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Neigung aufweisen, kann ab diesem Zustand die Höhe der Biegedruckzone durch diese Rissentwicklung bereits deutlich eingeschränkt sein. Im Falle des Balkens 15/1 ist dies noch nicht sehr ausgeprägt.

Sobald der kritische Stegriss den Bereich der Biegedruckzone erreicht hat, wird die weitere Rissrichtung nicht mehr allein durch die geometrischen Bedingungen des aktuellen Rissfeldes bestimmt. In Folge der Querkontraktion bilden sich in der Druckzone Querspannungen, die rechtwinklig zum gedrückten Rand verlaufen. Diese Querspannungen bilden mit den Stegzugspannungen resultierende Zugspannungen, die steiler geneigt sind als die allein aus der Stegbeanspruchung resultierenden Zugspannungskomponenten. Dies hat zur Folge, dass der kritische Stegriss in der Biegedruckzone flacher verläuft, als es sich allein aus der Geometrie des Rissfeldes ergeben würde.

Definition: Der Zustand II.4 ist gekennzeichnet durch einen mehrteiligen, geknickten oder ausgerundeten Rissverlauf im Steg, der - meist ausgehend aus einem Biegeriss - zwei Rissfelder überbrückt.

1.5 ZUSTAND II.5

Die Rissbildung des Zustands II.4 führt dazu, dass der Steg bereits in zwei benachbarten Rissfeldern (zwischen den Rissen „a“ und „c“) nicht mehr zum Kraftausgleich zwischen Biegezug- und -druckgurt zur Verfügung steht.

Je nach Verhältnis der Biegerissabstände zur Bauteilhöhe kann sich der Riss noch über weitere Rissfelder fortentwickeln. Dies ist im Beispiel des Balkens 15/1 aus [3] in der Nähe des linken Auflagers geschehen. Da bei den nunmehr entstehenden Teilstufen davon ausgegangen werden kann, dass sie gegenüber dem jeweils vorhergehenden Teilsystem kaum noch nennenswerte Tragreserven aufweisen, werden sie pauschal unter der Bezeichnung „Zustand II.5“ zusammengefasst.

Wie das *Bild 10* verdeutlicht, sind im Beispiel des Balkens 15/1 aus [3] in der Nähe des linken Auflagers in diesem Zustand II.5 noch mehrere Teilstufen zu erkennen:

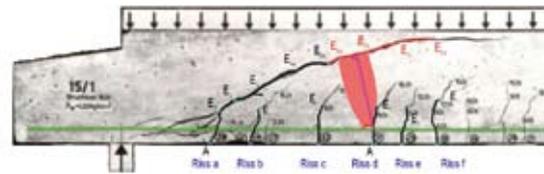


Bild 10: Ausschnittsvergrößerung des Balkens 15/1 aus [3] mit Kennzeichnung der Rissabschnitte A - E5d im Zustand II.5

Der kritische Stegriss verläuft zunächst vom Punkt E_{4b} bis zum Punkt E_{5a} und setzt sich dann zum Punkt E_{5b} fort. Bei jedem der genannten Punkte ist ein - wenn auch nur noch geringer - Neigungswechsel erkennbar. Die im *Bild 10* dargestellte Stegzugstrebe, die zu dem Rissabschnitt führte, hat im vorliegenden Beispiel auch wieder einen kurzen Stegriss am Fußpunkt der Stegzugstrebe (oberhalb des Punktes A des Risses „d“) unmittelbar über der Biegezugbewehrung verursacht (sog. „Dübelriss“). Die Zuordnung dieses Risses zur Stegzugstrebe des zugehörigen Stegspannungszustandes ist jedoch eindeutig möglich, da dieser Riss parallel zum zugehörigen Stegrissabschnitt verläuft (von Punkt E_{5a} bis Punkt E_{5b}).

Nachdem der Riss den Punkt E_{5b} erreicht hat, ist die Mitwirkung des Steges auch im dritten Rissfeld, also zwischen den Rissen „a“ und „d“, ausgeschaltet. Hinter dem Punkt E_{5b} bildet sich eine steile Stegzugstrebe, die zum Kreuzungspunkt des Risses „e“ mit der Biegezugbewehrung führt. Die daraus resultierende Verlängerung des kritischen Stegrisses bis zum Punkt E_{5c} schaltet die Tragwirkung des nunmehr vierten Rissfeldes zwischen den Rissen „d“ und „e“ aus.

Es kann sich noch einmal eine weitere Stegzugstrebe ausbilden, die zur Rissverlängerung bis zum Punkt E_{5d} führt und schließlich auch die Tragwirkung des Gesamtsteges im fünften Rissfeld (zwischen den Rissen „e“ und „f“) ausschaltet.

Im Beispiel des Balkens 15/1 ist nun vom Punkt A des Biegerisses „a“ bis zum Punkt E_{5d} im Bereich der gesamten Stegrisslänge kein Ausgleich mehr möglich zwischen den aus Gleichgewichtsgründen zwingend erforderlichen Veränderungen der Biegezug- und -druckkräfte. Das Tragwerk versucht, in diesem Zustand anderweitige Ersatzsysteme zu aktivieren.

Je nach den gegebenen geometrischen Verhältnissen - insbesondere des Verhältnisses der Rissabstände zu den Risstiefen im Zustand II.1 - kann der Zustand

II.5 auch vollständig übersprungen werden. Dies ist beispielsweise der Fall in der linken Hälfte des Balkens 13/1 aus [4]. Der kritische Stegriss ist hier bereits im Zustand II.4 so weit in die Biegedruckzone vorgedrungen und hat dabei eine nahezu randparallele Richtung eingenommen, dass sich keine weiteren Stegzugstreben ausbilden konnten und der kritische Stegriss bereits ab dem dritten Rissfeld randparallel verläuft. Die Rissrichtung wird in diesem Fall ausschließlich von den Querkzugspannungen der Biegedruckzone bestimmt. Beim Balken 15/1 (*Bild 10*) ist dies rechts des Risses „f“ der Fall.

Definition: Der Zustand II.5 ist gekennzeichnet durch einen mehrteiligen, geknickten oder ausgerundeten Rissverlauf im Steg, der - meist ausgehend von einem Biegeriss - drei oder mehr Rissfelder überbrückt, wobei alle Abschnitte des Stegrisses gegenüber dem gedrückten Rand zumindest leicht geneigt sind.

1.6 ZUSTAND II.6

Der Stegbereich unterhalb des gesamten betrachteten Stegrisses weist nun keinen Kraftschluss mehr auf mit dem darüber befindlichen, durch den kritischen Stegriss abgetrennten Druckgurt. Der verbleibende Stegbereich unterhalb des betrachteten Risses bildet jedoch gemeinsam mit dem Zuggurt ein Teiltragsystem (Subsystem), das an der Stelle A des Risses „a“ über den Biegezuggurt als relativ leistungsfähiges Verbundsystem mit dem übrigen, auflagnahen Bereich des Tragsystems kraftschlüssig verbunden ist. Bei diesem Teiltragsystem, das im *Bild 11* blau unterlegt wurde, handelt es sich um einen Biegebalken mit veränderlicher Höhe, dem der Biegezuggurt im Riss „a“ ein Auflager bietet.

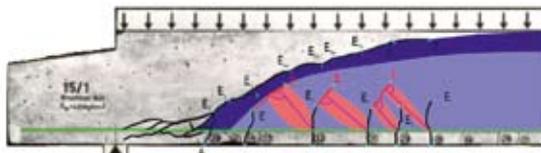


Bild 11: Ausschnittsvergrößerung des Balkens 15/1 aus [3] im Zustand II.6

Dieses Teiltragsystem weist unter dem kritischen Stegriss eine Biegedruckzone auf, die im *Bild 11* etwas dunkler dargestellt ist als das übrige Subsystem. Innerhalb dieses Teiltragsystems können sich nun auch wieder Stegrisse ausbilden, die den oben beschriebenen Ge-

setzmäßigkeiten der Zustände II.2 bis II.4 entsprechen können. Die Rissabschnitte zum Punkt E_2 der Risse „b“ bis „d“ dürften zu diesem Zeitpunkt entstanden sein.

Das Teiltragsystem, das den Zustand II.6 charakterisiert, wird wohl zum Teil auch schon in den vorhergehenden Zuständen aktiviert und bildet eine Ergänzung des (teilweise) noch funktionierenden Ausgangssystems.

Im Zustand II.6 kann man nun näherungsweise davon ausgehen, dass der zwischen den kritischen Stegrissen einwirkende Anteil der Belastung diesem Teiltragsystem zugeordnet werden kann, vgl. *Bild 12*. Der Belastungsanteil, der im Bereich des kritischen Stegrisses wirkt, wird über ein kombiniertes Bogen-Sprengwerkssystem direkt zum Auflager abgetragen.



Bild 12: Lastanteil des Subsystems

Die Auflagerkraft des dunkelblau dargestellten Subsystems wird - bevor die nächste Stufe der Rissentwicklung beginnt - hinter dem kritischen Riss hochgehängt und gewährleistet die Umlenkkräfte für den Biegedruckgurt, der hier im D_c -Bereich in Richtung Auflager geleitet wird, vgl. *Bild 13*. In diesem Stadium verschmilzt der versagende Biegebereich mit der Tragwirkung des D_c -Bereichs.

Maßgebend für die Tragfähigkeit in diesem Zustand ist der Auflagerbereich des Subsystems. Er muss in der Lage sein, die im Rissbereich auf den Zuggurt einwirkende Vertikalkraftkomponente hoch zu hängen. Diese Tragwirkung wird begrenzt durch die Zugfestigkeit des Systems in diesem Bereich, wobei angenommen werden kann, dass diese Zugfestigkeit im Bereich der Wirkungszone der Längsbewehrung über deren Verbundwirkung und durch Querkzugspannungen in Folge der Zugkrafteinleitung am Riss in den Beton günstig beeinflusst wird. Dieser Tragwirkung überlagert sich noch die Fähigkeit des Verbundzuggurtes, Lasten auf Grund seiner Biegesteifigkeit weiter leiten zu können. Diese überlagerten Tragwirkungen sind bedingt vergleichbar mit dem Modell des elastisch gebetteten Balkens. Die „elastische Bettung“ wird im vorliegenden Fall gebildet aus der (zunächst noch) zugfesten Verbindung des Zuggurtes mit dem darüber liegenden Stegbereich, wobei das

Maß der Zugfestigkeit dieser Verbindung wohl auch von der Längsbewehrung beeinflusst wird. Der „Balken“ des Vergleichssystems wird gebildet aus dem Verbundzuggurt, dessen Biegesteifigkeit von verschiedenen, bislang nicht näher bekannten Einflüssen bestimmt wird:

Bewehrungsmenge, -durchmesser und -abstand sowie der zugehörigen Wirkungszone im Beton, die auch bestimmt wird durch das Maß der unteren und auch der seitlichen Betondeckung. Die größte Tragfähigkeit des Verbundzuggurtes dürfte erreicht werden, wenn für jeden Bewehrungsstab die volle Betonwirkungszone zur Verfügung steht.

Zusätzlich zur Rückhängung bildet sich in diesem Zustand noch ein zum „Dreieckspunkt“ gerichteter Zuggurt, der nach den in [1] durchgeführten Untersuchungen etwa drei Achtel der Auflagerkraft des Subsystems aufnimmt. Diese Zugstrebe befindet sich bei den in Versuchen üblichen Abmessungen meistens noch in der Wirkungszone der randparallel verlaufenden Biegezugbewehrung und weist daher in der Regel keine Versagenskriterien auf. Für die Umlenkung des Druckgurtes werden demnach nur etwa fünf Achtel der Querkraft am kritischen Riss in Anspruch genommen.

Das Teilsystem versucht also, die einwirkende Belastung aus den Stegdruckstreben über den Riss „a“ in den Stegbereich neben dem Auflager hoch zu hängen. Der Stegbeton reißt über der Biegezugbewehrung, wo die aus der Druckgurtumlenkung resultierenden Zugspannungen bereits konzentriert gebündelt sind und die Versteifungswirkung der Längsbewehrung auf den Beton geringer wird. Es entstehen die typischen geneigten Risse im Bereich zwischen dem langen, gekrümmt oder polygonal verlaufenden, kritischen Stegriss und dem Auflager. Das System versucht nun mit Hilfe der Biegesteifigkeit des Zuggurtes fortlaufend, die Lasten vom Zuggurt in den Steg zurück nach oben zu hängen, was zu einer progressiven Rissentwicklung zwischen Biegezuggurt und Steg vom kritischen Riss hin in Richtung Auflager führt. Es verbleibt der Zuggurt als Biegeträger zur Weiterleitung der Lasten in Richtung Auflager. Obwohl es sich um eine Verbundkonstruktion - bestehend aus der Biegezugbewehrung und dem umgebenden, mit der Bewehrung in Verbund stehenden Beton - handelt, ist diese Konstruktion doch relativ weich und entzieht sich bei zunehmender Länge immer mehr der Lastaufnahme.

Bei genauerer Betrachtung des Rissbilds im Auflagerbereich des Subsystems - vgl. *Bilder 11* oder *13* - kann man feststellen, dass zwei Risse, die links des Risses „a“ als Folge der Rückhängung entstanden sind, ihren Ursprung etwa am Punkt E_1 haben. Der näher an der Biegezugbewehrung gelegene Riss weist eine Richtung auf, die ziemlich genau in der Verlängerung eines größeren Abschnitts des kritischen Stegrisses liegt. Das Lot zu diesem Riss führt genau durch den Kreuzungspunkt des Risses „a“ mit der Biegezugbewehrung. Der obere, flacher geneigte Riss hat fast den gleichen Ansatzpunkt, das Lot zu diesem Riss läuft aber zum Kreuzungspunkt des zuvor angesprochenen ersten Schrägrisses mit der Bewehrung.

Daraus kann zunächst gefolgert werden, dass zuerst der stärker geneigte Riss entstand und in einer zweiten Stufe der flacher geneigte. Die Tatsache, dass der stärker geneigte Riss offensichtlich eine Verlängerung des geneigten Teils des kritischen Stegrisses bildet, führt zu dem Schluss, dass vom Druckgurt des Subsystems geneigte Druckspannungen über den oberen Teil des Abschnittes A - E_1 des kritischen Stegrisses übertragen und somit auch links dieses Rissabschnittes Lasten auf den Zuggurt abgegeben wurden.

Das Rissbild kann an dieser Stelle als indirekter Beleg für die Wirkung der Rissverzahnung im Bereich des Risses „a“ zwischen der Biegezugbewehrung und dem Punkt E_1 gewertet werden. Der obere Ansatzpunkt des geneigten Risses ist demnach die Stelle, an der die Einleitung der Rissverzahnungskräfte beginnt und die deshalb die größten Zugspannungen aufweist, die dann den geneigten Riss auslösen.



Bild 13: Ausschnittsvergrößerung des Balkens 15/1 aus [3] mit hoch gehängter Auflagerkraft im Zustand II.6 und daraus resultierender Rissbildung

Definition: Der Zustand II.6 beschreibt das Stadium, in dem das Subsystem hinter dem kritischen Stegriss hoch gehängt wird und der Zuggurt zwischen dem Rissanfang A des kritischen Stegrisses und dem Auflager dadurch schrittweise durch Risse vom Steg getrennt wird und mit zunehmend geringerer Wirkung als selbständiger Biegeträger wirkt.

1.7 ZUSTAND II.7

Nach dem Versagen des Teiltragsystems des Zustands II.6 steht vom Auflager bis zum Endpunkt des kritischen Stegrisses kein System mehr zur Verfügung, das ein Gleichgewicht herstellen könnte zwischen sich verändernden Biegezug- und -druckkräften. Es kann sich somit in diesem Bereich kein Spannungszustand mit veränderlichen Biegemomenten mehr einstellen. Da jedoch der Zuggurt - randparallel, ohne weiterhin zum Dreieckelpunkt schwenken zu können - noch funktionsfähig ist, versucht das System, ein Sprengwerk auszubilden, indem sich vom Endpunkt des kritischen Stegrisses eine geneigte Druckstrebe zum Auflager ausbildet, vgl. *Bild 14*.

Für den Druckgurt des Sprengwerks steht nur noch die verbliebene, geringe Höhe über dem kritischen Stegriss zur Verfügung. Es entstehen sehr große Druckspannungen, die auf Grund der Querkontraktion entsprechend große Querkzugspannungen zur Folge haben. Diese können bewirken, dass sich der kritische Stegriss parallel zum gedrückten Rand - das heißt, parallel zu den Druckspannungen - weiter öffnet. Diese Wirkung kann anschaulich und zutreffend mit dem Begriff der „Spaltzugkräfte“ beschrieben werden.

Der direkte Kraftfluss der geneigten Druckstrebe des Sprengwerks ist auf Grund des gekrümmt oder polygonal verlaufenden, kritischen Stegrisses in der Regel nicht möglich. Die verbleibende Druckzone wird mehr oder weniger exzentrisch beansprucht, vgl. *Bild 14*. An der Wurzel des kritischen Stegrisses weist die geneigte Druckstrebe Kontinuität mit der benachbarten Zone des Druckgurts auf und ist mit dieser biegesteif verbunden. Dieser Bereich wird also an der Stelle mit dem kleinsten Querschnitt zusätzlich zu den sehr hohen Druckspannungen des Primärsystems mit sekundären Biegemomenten in Folge der Exzentrizität und der Umlenkung der Druckkraft beansprucht. Die Druckzone versagt daher i. d. R. an dieser Stelle. Danach steht kein weiteres Ersatzsystem mehr zur Verfügung.

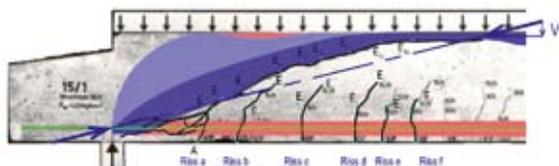


Bild 14: Ausschnittsvergrößerung des Balkens 15/1 aus [3] im Zustand II.7, mit Druckstrebe

In Fällen, bei denen der kritische Stegriss eine ausgeprägte Krümmung aufweist, ist die durch die geneigte Druckstrebe entstehende Exzentrizität besonders stark ausgebildet. Dadurch können an der Oberseite der ursprünglichen Druckzone so große Biegezugspannungen entstehen, dass sich auch hier Risse bilden. Derartige Risse, die zunächst auf diesen Einfluss zurück geführt werden können, sind beispielsweise in beiden Hälften der Balken 12/1 und 13/1, sowie jeweils in der linken Hälfte der Träger 11/1 und 14/1 von [4] erkennbar.

Eine genauere Betrachtung dieser etwa rechtwinklig zum ursprünglich gedrückten Rand verlaufenden Risse lässt erkennen, dass sie keine gleich bleibenden Rissbreiten aufweisen. Teilweise erscheinen die größeren Rissbreiten am Balkenrand, teilweise aber auch am gegenüber liegenden Rissende im Bereich des kritischen Stegrisses. So weit sie von der zuvor beschriebenen Biegebeanspruchung des Druckgurts verursacht wurden, sind die größeren Rissbreiten am Rand zu erwarten. Risse, die sich von innen nach außen entwickelten, sind dagegen wohl eher als Folge der Bruchdynamik nach dem endgültigen Versagen zu werten.

Definition: Der Zustand II.7 ist gekennzeichnet als dasjenige Stadium, in dem im Bereich des Zuggurts keine Querkkräfte mehr aufgenommen werden können und sich über dem kritischen Stegriss eine geneigte Druckstrebe zum Auflager ausbildet, bis die Druckzone versagt.

2. WEITERE RISSBILDER

Die verschiedenen, klar abgrenzbaren Tragfähigkeitsstufen im Zustand II, die zuvor hauptsächlich am Beispiel des Balkens 15/1 aus [4] aufgezeigt wurden, finden sich sinngemäß auch in weiteren Beispielen dokumentierter Versuchsbalken. Die Anzahl der Beispiele ist jedoch begrenzt, da bei den meisten Versuchen keine reinen Biegebereiche abgebildet wurden. Im Folgenden sind einzelne Beispiele für die Entwicklung der kritischen Stegrisse mit den zugehörigen Stegzugstreben (in violettrotten Linien) abgebildet.



Bild 15: Entwicklung der kritischen Stegrisse beim Versuchsbalken BO 3 aus [1]

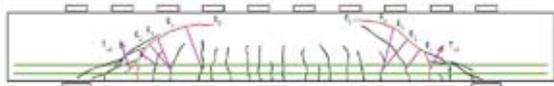


Bild 16: Entwicklung der kritischen Stegrisse beim Versuchsbalken BO 6 aus [1]

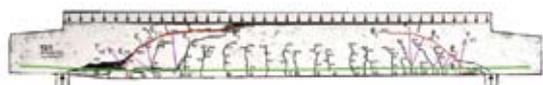


Bild 17: Entwicklung der kritischen Stegrisse beim Versuchsbalken 13/1 aus [3]

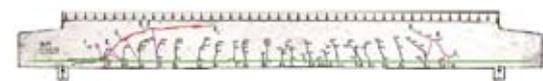


Bild 18: Entwicklung der kritischen Stegrisse beim Versuchsbalken 14/1 aus [3]

3. ERGÄNZENDE FE-BERECHNUNGEN

Die hier aufgezeigten Zusammenhänge können qualitativ auch mit FE-Berechnungen bestätigt werden. Bei den durchgeführten FE-Berechnungen wurde bewusst auf Programme verzichtet, die das nichtlineare Verhalten des Betons abbilden können. Die händische Modellierung von Rissen in Form von Öffnungen stellt sicher, dass das vorgegebene Rissbild nachvollziehbar auch tatsächlich abgebildet wird und nicht mit Rissbildern gearbeitet wird, deren Verlauf möglicherweise an programmtechnische Festlegungen gebunden sein könnte. Allerdings werden dabei von einzelnen Programmen im Bereich der (vergleichsweise sehr kleinen) Elemente für die Bewehrung sehr große Kerbspannungen errechnet.

Im Folgenden sind für die maßgebenden Zustände II.1, II.6 und II.7 die Hauptspannungen aus entsprechenden FE-Berechnungen eines Einfeldträgers unter Gleichlast bei Vorgabe dieser Rissstadien wiedergegeben. Hierbei wird, um einen größeren Darstellungsmaßstab zu erzielen, jeweils nur das halbe System abgebildet.

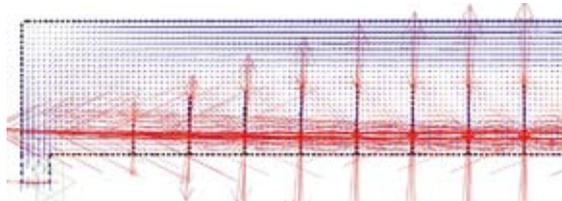


Bild 19: Hauptspannungen im Zustand II.1

Im *Bild 19* ist gut zu erkennen, dass die Zug- und Druckstreben zwischen den Rissen im Zustand II.1 qualitativ die zuvor beschriebene Form annehmen. Es ist u. a. auch abzulesen, dass die um die Risse geleiteten Zugspannungen aus Gleichgewichtsgründen entlang des zugehörigen Rissrandes eine Druckstrebe bilden.

Allerdings ist davon auszugehen, dass das linearelastische Materialverhalten, das die Grundlage bildet für die dargestellten Spannungszustände, vor Allem im Bereich der Risswurzeln in Wirklichkeit nicht gegeben ist. So wurde, wie bereits oben erläutert, u. a. von *Zink* [5] aufgezeigt, dass den jeweiligen Risswurzeln Mikrorisse und eine Bruchprozesszone vorgelagert sind. Dies dürfte dazu führen, dass der Beton in dieser Zone wesentlich weicher auf Zugspannungen reagiert als in noch völlig ungestörten Bereichen und sich somit die im *Bild 19* erkennbaren Spannungskonzentrationen unmittelbar im Bereich der Risswurzeln in Stahlbetonkonstruktionen selbst so nicht wieder finden werden.

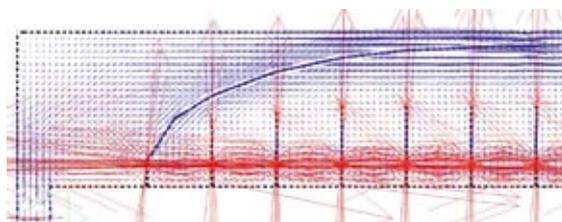


Bild 20: Hauptspannungen beim Übergang von Zustand II.5 in den Zustand II.6

Im *Bild 20* erkennt man deutlich die Ausbildung des Subsystems unterhalb des Stegrisses. Die Übertragung der „Auflagerkraft“ dieses Subsystems über die geneigte Rückhängung links neben dem kritischen Stegriss ist ebenfalls gut zu erkennen. Die aus dieser „Auflagerkraft“ resultierenden schrägen Zugspannungen führen schließlich, wie oben beschrieben, zur Bildung der flach geneigten Risse zwischen dem kritischen Stegriss

und dem Auflager, was in den *Bildern 21* und *22* erfasst wurde.

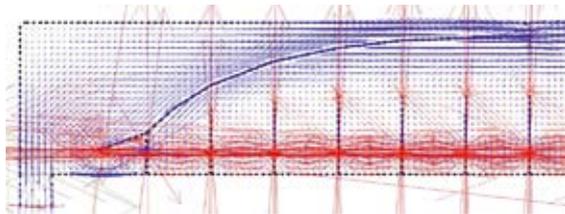


Bild 21: Hauptspannungen im Zustand II.6

Im *Bild 21* zeigt sich deutlich die oben beschriebene Biegetragwirkung des Zuggurtes - Kragträger mit zunehmenden Druckspannungen am unteren Querschnittsrand zum Auflager hin - unterhalb des flachen, progressiv fortschreitenden Risses. Im *Bild 22* ist diese Tragwirkung sogar noch eindeutiger ausgebildet. Hier muss man nun allerdings bedenken, dass durch den Ansatz eines linearelastischen Materialverhaltens in der FE-Berechnung die tatsächliche Tragfähigkeit des Zuggurtes stark überschätzt wird. Deshalb wurde im *Bild 23* ein weiterer - fiktiver - Riss eingeführt, der vom unteren Querschnittsrand bis zur Bewehrung reicht und somit die Steifigkeit des Zuggurtes reduziert.

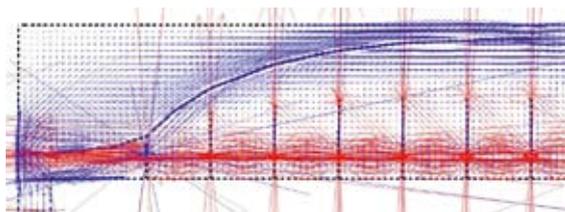


Bild 22: Hauptspannungen beim Übergang von Zustand II.6 in den Zustand II.7

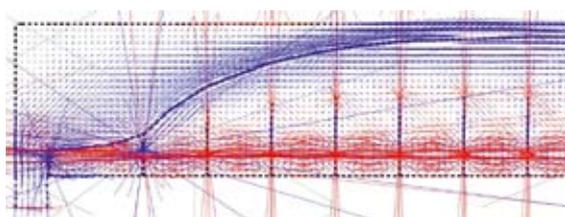


Bild 23: Hauptspannungen im Zustand II.7

Im System des *Bildes 23* wird die Steifigkeit des Zuggurtes immer noch überschätzt (es zeigt sich immer noch eine starke Einspannung des Zuggurtes am Auflager).

Tendenziell lässt sich aber schon die oben beschriebene Tragwirkung im Zustand II.7 - Sprengwerk - nachvollziehen. Speziell die ausgeprägte Druckstrebe über dem kritischen Stegriss und die sich aus der Exzentrizität dieser Druckstrebe ergebenden Zugspannungen am oberen Querschnittsrand sind hier deutlich zu erkennen.

Insgesamt bestätigen die *Bilder 19* bis *23* die aus den Rissbildern abgeleiteten Tragfähigkeitsstufen im Zustand II in vollem Umfang.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Die hier aufgezeigten physikalischen Zusammenhänge, die die einzelnen Stufen der Rissbildung in Stegen im Biegebereich von Stahlbetontragwerken ohne Stegbewehrung bestimmen, basieren auf umfangreichen Analysen von Rissbildern und werden durch die Ergebnisse aus den vorgestellten FE-Berechnungen bestätigt. Danach gliedert sich die Rissbildung in sieben Stufen, welche als Zustand II.1 bis Zustand II.7 vorgestellt wurden. Diese verschiedenen Stufen der Rissentwicklung hängen sehr stark ab von den Abständen und Tiefen der Biegerisse. Von daher kann es vorkommen, dass einzelne der hier allgemein definierten Stufen der Stegrissbildung übersprungen werden oder aber auch, dass Zwischenstufen entstehen können.

Durch die Zuordnung der Rissbildung zu den jeweils zugehörigen physikalischen Hintergründen ist es erstmalig möglich, die bislang ausschließlich empirisch festgelegten Bemessungsmodelle zu ersetzen durch solche, die auf mechanischen Zusammenhängen aufbauen.

LITERATUR

- [1] Rüschi, H., Haugli, F. R. und Mayer, H.: Schubversuche an Stahlbeton-Rechteckbalken mit gleichmäßig verteilter Belastung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 145, Berlin 1962.
- [2] Leonhardt, F. und Mönning, E.: Vorlesungen über Massivbau, Teil 2: Sonderfälle der Bemessung im Stahlbetonbau. 3. Auflage, Springer-Verlag 1977.
- [3] Leonhardt, F. und Walther, R.: Schubversuche an einfeldrigen Stahlbetonbalken mit und ohne Schubbewehrung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 151, Berlin 1962.
- [4] Zink, M.: Zum Biegeschubversagen schlanker Bauteile aus Hochleistungsbeton mit und ohne Vorspannung. B. G. Teubner Stuttgart × Leipzig 2000.

Rudolf Diesel als Weltverbesserer

Prof. Dr. phil. Wilhelm Liebhart MA, Hochschule Augsburg, Fakultät für Allgemeinwissenschaften

Vortrag im Rahmen der Ringvorlesung der Hochschule Augsburg, anlässlich des 150-jährigen Geburtstages des Erfinders am 05. Juni 2008

Der Name Rudolf Diesel ist untrennbar mit einer säkularen Erfindung im Bereich der sogenannten Wärmekraftmaschinen verknüpft, dem „Dieselmotor“. Ein Blick in das größte deutschsprachige Universallexikon führt zu weiteren Begriffen wie „Dieselaggregat“, „dieselelektrischer Antrieb“, „dieselhydraulischer Antrieb“, „Dieselkraftstoff“, „Dieselkraftwerk“, „Diesellokomotive“, „dieselmechanischer Antrieb“, „Dieselprozeß“, „Dieselsatz“ und „Dieseltriebwagen“.¹ In Augsburg erinnern der „Diesel-Gedächtnishain“, eine japanische Stiftung von 1957, die „Dieselstraße“, die „Dieselbrücke“ über die Wertach und das „Rudolf-Diesel-Gymnasium“ an den Ingenieur und Erfinder.² Verschwunden ist das „Rudolf Diesel-Polytechnikum“, sein Nachfolger wurde die Fachhochschule bzw. Hochschule Augsburg.

Doch der bis an die Grenzen arbeitende Rudolf Diesel interessierte sich nicht nur für Technik. Ein Buch mit dem Titel „Solidarismus“ zeigt er eine völlig andere, die Welt verbessernde Seite. Eine gedruckte Utopie, ein schöner Traum, den ein Einsamer geträumt. Rudolf Diesel ein Utopist? Dies will doch näher beleuchtet werden.

Am 30. Dezember 1904 erschien in den „Monatsblätter(n) des wissenschaftlichen Klub in Wien“ eine Buchbesprechung über ein Buch von Rudolf Diesel mit dem Titel „Solidarismus. Natürliche wirtschaftliche Erlösung des Menschen“. Darin führt der Rezensent u.a. aus: *Es ist schade um das Buch und die gewaltige Geistes- und Liebesarbeit, die in ihm niedergelegt worden ist, denn es wird trotz seiner, zumindest theoretisch schlagenden und verblüffend einfachen Beweiskraft wie so manches seiner Vorgänger eine gedruckte Utopie bleiben, ein schöner Traum, den ein Einsamer geträumt.*³ Rudolf Diesel ein Utopist? Lesen wir hinein:

*Volk, du bast die Kraft, Volk, du bast die Macht! Erwache! [...] Nicht länger sei gleichgültig gegen dein eigenes Schicksal, glaube an dich, an die Macht deines Willens! Erfülle dich mit diesem großen Ideal des Wirkens für die Gesamtheit; frohlockend und unverwandt verfolge das gesteckte Ziel: deine wirtschaftliche Erlösung.*⁴

Aus diesen Zeilen sprechen nicht die Nüchternheit und Erfahrung des Naturwissenschaftlers und Ingenieurs, wofür der Name des Verfassers dieser aufrüttelnden Worte steht, sondern Pathos und missionarischer Eifer. Wie passt dies zusammen? Bevor wir diese Frage beantworten, sei kurz der Zeithintergrund skizziert. Denn das Leben Diesels, das 1858 als Sohn eines ausgewanderten Augsburger Lederwarenherstellers in Paris begann und mit dem Freitod 1913 im Ärmelkanal endete, fiel zusammen mit der Hochindustrialisierung und dem Aufstieg der modernen Industrie im jungen Deutschen Reich.

INDUSTRIELLE REVOLUTION

Deutschland wandelte sich in diesen Jahrzehnten vom überwiegenden Agrarstaat zum überwiegenden Industriestaat. Das 1871 gegründete Reich unter Preußens Führung stieg von der politischen und wirtschaftlichen Bedeutungslosigkeit neben Großbritannien, Frankreich und Rußland zu einer europäischen Großmacht auf.⁵ Als Rudolf Diesel nach manchen Irr- und Vorläufern seinen Dieselmotor 1893 patentieren ließ, überrundete der industrielle und politische Nachzügler Deutschland in der Stahlproduktion erstmals die führende Industriemacht Großbritannien.⁶ Stahl bedeutete Stärke, Macht, Zukunft und Sieg. Deutschland war binnen weniger Jahrzehnte zum Vorreiter der industriellen Entwicklung aufgestiegen. Seine Montanindustrie erwies sich als kraftvollster Wachstumssektor. Die Steinkohle lieferte nicht nur 82% der Primärenergie, sondern mit dem Abfallprodukt Teer den Rohstoff für die chemische Industrie. Um die Jahrhundertwende beherrschte die deutsche chemische Industrie im Bereich der synthetischen Farben den Weltmarkt. Ein weiteres Teerprodukt, die Wunderdroge Aspirin, trat damals ihren Siegeszug an. Neben der chemischen Industrie war vor allem die junge Elektrotechnik, die der deutschen Volkswirtschaft einen weiteren Wachstumsschub bescherte.



Ansprechpartner:

Prof. Dr. phil.
Wilhelm Liebhart MA

Hochschule Augsburg

Fakultät für
Allgemeinwissenschaften
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg
Telefon: (+49) 821 5586-3301
Telefax: (+49) 821 5586-3310
wilhelm.liebhart@hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Deutsche Literatur,
Geschichte, Politik

1 Brockhaus. Enzyklopädie in 30 Bänden. Band 6. Leipzig/Mannheim 212006. S. 806-808.

2 Dazu das Augsburger Stadtlexikon. Augsburg 21998. S. 352.

3 XXVI. Jahrgang, Nr. 3, S. 19. Autor war ein gewisser Karl Figdor.

4 Rudolf Diesel: Solidarismus. Natürliche wirtschaftliche Erlösung des Menschen. München und Berlin 1903, S. 70. Alle folgenden Zitate stammen aus diesem Werk und werden eigens nicht mehr nachgewiesen. - 2007 brachte der MaroVerlag in Augsburg einen Neudruck heraus.

5 Zur Epoche als Ganzes vgl. Thomas Nipperdey: Deutsche Geschichte 1866-1918. 2 Bände. München 1991/1992; Volker Bergahn: Das Kaiserreich 1871-1914. Industriegesellschaft, bürgerliche Kultur und autoritärer Staat (Gebhardt. Handbuch der deutschen Geschichte, 10., völlig neu bearbeitete Auflage, Band 16). Stuttgart 2003.

6 Vgl. die Überblicke: Hubert Kiesewetter: Industrielle Revolution in Deutschland 1815-1914. Frankfurt a. M. 1989; Flurin Condrau: Die Industrialisierung in Deutschland. Darmstadt 2005.

Bahnbrechende Erfindungen im Bereich der Wärmekraftmaschinen, die Wärmeenergie in mechanische Kraft umwandelten, begannen der mit Steinkohle beheizten Dampfmaschine den Rang abzulaufen. Hier ist auch der Dieselmotor anzusiedeln, der die bewährte Dampfmaschine und den 1878 erfundenen Otto-Motor ersetzen sollte.⁷

Der neue Motor gehörte auf der Pariser Weltausstellung von 1900 neben dem Fahrrad, dem Automobil, der elektrischen Eisenbahn, den Röntgenstrahlen und der drahtlosen Telegraphie zu den bestaunten Weltneuheiten.

Die Industrialisierung verlief in Deutschland regional unterschiedlich: Augsburg etwa stand bis zur Jahrhundertmitte in Bayern an der Spitze, in der zweiten Hälfte geriet es aber in den Hintergrund⁸, da gewisse Wachstumsbranchen nicht vertreten waren. Nur die MAN machte hier eine Ausnahme.

Die Interessen der deutschen Großindustrie trafen sich um die Jahrhundertwende mit den weltpolitischen Träumen und Plänen der Reichsführung unter dem psychopathischen Kaiser Wilhelm II.⁹ Deutschland verlangte aufgrund seiner wirtschaftlichen Stärke neben den etablierten Großmächten einen „Platz an der Sonne“, also Rohstoff-, Absatz- und Siedlungsgebiete. Dass der Kaiser persönlich von einer historischen Mission der Deutschen, vom „Segen für die Menschheit“ sprach, verdeckte nicht die Zweckgemeinschaft von Großindustrie, Militarismus und Nationalismus. Sie führte in die Katastrophe von 1914.

Diesel erlebte sie nicht mehr, er war an seinen eigenen persönlichen und wirtschaftlichen Problemen gescheitert und zerbrochen. Wie kaum in einem anderen Erfinderleben dieser Epoche widerspiegeln sich in

seinem Leben Aufstieg und Absturz, Ruhm und Tragik.¹⁰ Als 1897 der neue Motor in der Maschinenfabrik Augsburg störungsfrei zu laufen begann und seinen Erfinder zum mehrfachen Millionär machte, war er verbraucht und nervlich am Ende. Ein halbjährlicher Aufenthalt in einer Nervenheilanstalt 1898/1899 stellte ihn nicht wieder her, da sich die Probleme dadurch nicht aus der Welt schaffen ließen. Sie waren neben technischen Sorgen um den neuen Motor und zahlreichen Anfeindungen vor allem durch den plötzlichen Reichtum entstanden, den er geradezu als unheimliche Bedrohung seines an sich bescheidenen Lebens empfand, obwohl er dem Luxusleben nicht abgeneigt war. So schrieb er 1897 seiner Frau: *Mein liebes Weib, laß uns, wenn wir reich werden, nicht Geldmenschen werden; laß uns Gutes tun und wohlthätig sein; laß uns human und menschlich bleiben [...]*.¹¹ Im Krisenjahr 1898 verkaufte er, verursacht durch seine nervliche Depression, alle Rechte am Motor an seine bisherigen Geldgeber und Förderer MAN und Krupp. Dadurch beraubte er sich selbst aller weiteren Einwirkungsmöglichkeiten, er musste den Ablauf der allgemeinen Patentfrist bis 1908 abwarten, um dann seine Entwicklungs- und Forschungsarbeit wieder aufnehmen zu können.

WANDEL DES INTERESSES

In diesem Lebensabschnitt Diesels geschah eine erstaunliche Entwicklung, die bis heute in der breiten Öffentlichkeit unbekannt geblieben ist. Der Ingenieur und Erfinder wandte sich neuen, nichttechnischen Aufgaben zu, sein rastloser Geist suchte sich wohl nolens volens ein anderes Aufgabengebiet, das von ihm nicht weniger Besitz ergriff als die besessene Suche nach einem neuen Verbrennungsmotor. Am 14. Januar 1904 sprach Rudolf Diesel, der mittlerweile weltberühmte und gefeierte Erfinder, nicht wie zu erwarten vor einem technischen

7 So Rudolf Diesel in seinem aus der Patentschrift erwachsenen Buch: *Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren*. Berlin 1893. Reprint Düsseldorf 1986.

8 Wolfgang Zorn: *Handels- und Industriegeschichte Bayerisch-Schwabens 1648-1870*. Augsburg 1961; Ilse Fischer: *Industrialisierung, sozialer Konflikt und politische Willensbildung in der Stadtgemeinde*. Ein Beitrag zur Sozialgeschichte Augsburgs 1840-1914. Augsburg 1977.

9 John C.G. Röhl: *Kaiser, Hof und Staat: Wilhelm II. und die deutsche Politik*. München 1987; ders. (Hrsg.): *Der Ort Kaiser Wilhelms II. in der deutschen Geschichte*. München 1991. Vgl. auch Wilhelm Liebhart: *Deutsche Träume: Großmacht, Weltmacht, Vormacht?* In: *FHA Nachrichten*. Berichte. November 1991. S. 4-7 (mit Literatur).

10 Diesels Biographie kennen wir im Wesentlichen nur aus der Sicht seines Sohnes Eugen Diesel, dessen Buch „Diesel. Der Mensch, das Werk, das Schicksal“ in Hamburg 1937 erstmals erschien. Zuletzt kam es 1983 als Heyne-Taschenbuch heraus, das ebenfalls vergriffen ist. Die MAN AG ließ 1996 eine Sonderauflage drucken, die aber nicht in den Buchhandel gelangte. - Vgl. auch: Eugen Diesel: *Erfinder im Brennpunkt der Welt. Rudolf Diesel und sein Motor*. Stuttgart 1953; des. Rudolf Diesel 1858-1913. In: *Die Großen Deutschen*. Viertes Band: S. 166-174; ders.: Diesel, Rudolf. In: *Neue Deutsche Biographie*. Dritter Band. S. 660-662; Jürgen R. Diesel: *Rudolf Diesel*. In: *Lebensbilder aus dem Bayerischen Schwaben*. Band 2. München 1953. S. 416-431.

11 Zitat bei Horst Hausen: *Rudolf Diesel und sein tragisches Ende unter besonderer Berücksichtigung seines Werkes „Solidarismus“*. In: *Leistung und Weg. Zur Geschichte des MAN Nutzfahrzeugbaus*. Berlin u. a. 1991. S. 241-286, Zitat S.241.

Verein, sondern auf dem „Genossenschaftstag deutscher Konsumvereine“ in Hamburg. Konsumvereine waren Genossenschaften und Selbsthilfeeinrichtungen, die den gemeinsamen Großeinkauf von Lebensmitteln und Gütern mit der Absicht betrieben, diese an die Mitglieder günstig abzugeben. Diesels Rede war eine von vielen und soll im allgemeinen Kongressstrubel untergegangen sein, so hörten wohl nur wenige den bemerkenswerten Satz: Daß ich den Dieselmotor erfunden habe, ist schön und gut. Aber meine Hauptleistung ist, daß ich die soziale Frage gelöst habe.¹²

Wir haben richtig gehört: Diesel behauptete, das Problem des Jahrhunderts schlechthin, die Frage nach besseren sozialen Verhältnissen der neu entstandenen Industriearbeiterschaft, gelöst zu haben. Was wog dagegen die Erfindung eines neuen Verbrennungsmotors, die sozusagen schon lange in der Luft lag?

Wer die Notlage der Arbeiter behob, ihre Arbeits- und Lebensbedingungen verbesserte, ihrem Leben zwischen den traditionellen Welten des Bauernstandes und des Bürgertums seinen Sinn gab, der war der Mann der Epoche. Alle, ob Liberale, Christlich-Konservative und Sozialisten, arbeiteten an der Lösung der sozialen Frage. Auch der Staat stand nicht mehr abseits. Bismarck hatte die Sozialversicherung eingeführt, nicht nur um Monarchie und Obrigkeitsstaat gegen Klassenkampf und Revolution zu verteidigen, sondern auch weil unzureichende Vorsorge für Krankheit, Unfall, Alter und Armut bestand. Ungeregelt blieben aber das Problem der Arbeitslosigkeit und der Arbeiterschutz.¹³

Was hat dies alles mit Rudolf Diesel zu tun? Wie kam er zu dieser Aussage?

SOLIDARISMUS

Ein Jahr zuvor, 1903, hatte Diesel ein 124 Seiten starkes Buch mit dem Titel „Solidarismus - Natürliche wirtschaftliche Erlösung des Menschen“ im Münchner Oldenbourg-Verlag veröffentlicht. Es erschien in einer Auflage von 10.000 Exemplaren und war vom Verfasser vollständig finanziert worden.

Der Begriff „Solidarismus“ ist ein Wort, das in der politischen Sprache unserer Zeit kaum noch vorkommt. Geprägt wurde der Begriff „solidarisme“ von französischen Sozialphilosophen des 19. Jahrhunderts¹⁴, er lebt weiter in der katholischen Soziallehre. Der Jesuit und Nationalökonom Heinrich Pesch (1854-1926) gilt als derjenige, der den „Solidarismus“ „als Suchbewegung nach einem ‚Dritten Weg‘ jenseits von individualistischem Liberalismus und kollektivistischem Sozialismus“¹⁵ in Deutschland bekannt gemacht haben soll. Dieses Verdienst darf sich zweifelsohne Diesel anrechnen¹⁶, auch wenn beide Idealisten zeitgleich mit demselben Thema beschäftigt waren. Beiden ging es um den Gedanken des Solidaritätsprinzips, um das Zusammengehörigkeitsgefühl einzelner und das füreinander Eintreten, um die Solidarität der Gesinnung des Handelns. „Solidarität“ ist bekanntlich bis heute ein Schlagwort der Arbeiterbewegung geblieben.

Was versteht Diesel unter „Solidarismus“?¹⁷

Solidarismus ist die *Zusammengehörigkeit aller Menschen*, das *Wirken des einzelnen für die Gesamtheit* wie auch umgekehrt das *Eintreten der Gesamtheit für den einzelnen* auf der Grundlage gemeinsamer wirtschaftlicher Interessen: *Der Solidarismus baut auf der Pflicht des einzelnen, für die Gesamtheit zu wirken, dessen Recht auf, daß die Gesamtheit für ihn eintrete. Solidarismus, die vollkommene Gleichsetzung des Einzelinteresses mit dem Gesamtinteresse, ist die freie Vereinbarung der Menschen zu gegenseitiger Gerechtigkeit durch Arbeit, Einigkeit und Liebe. Der Solidarismus ist die Sonne, welche gleichmäßig über alle scheinend, durch die milde Wärme ihr glänzendes Licht die Menschheit aus ihrem Winterschlaf zur wirtschaftlichen Erlösung erwecken wird.*

Diesel wäre nicht Diesel, wenn er seine Theorie der idealen Volkswirtschaft nicht systematisch begründen

14 Christian Gülich: Die Durkheim-Schule und der französische Solidarismus. Wiesbaden 1991.

15 Hermann-Josef Große-Kracht/Tobias Karcher SJ/Christian Spieß (Hrsg.): Das System des Solidarismus. Zur Auseinandersetzung mit dem Werk von Heinrich Pesch SJ. Berlin 2007. S. 7.

16 Dazu Hermann-Josef Große-Kracht: Zwischen Soziologie und Metaphysik. Zur Solidarismus-Konzeption von Heinrich Pesch SJ. In: System des Solidarismus (wie Anm. 15), S. 59-89, hier S. 61 Anm. 3.

17 Folge hier Hausen, Diesel, passim. - Die Zitate stammen aus einem der wenigen erhalten gebliebenen Exemplare des Solidarismus. - Dazu auch Eugen Diesel, Diesel, S. 318-325; Donald E. Thomas: Diesel. Technology and Society in Industrial Germany. Alabama 1987; Theodor Rolle: Der Sozialformer Rudolf Diesel. In: Rudolf-Diesel-Gymnasium Augsburg. 17. Jahresbericht 1992/93. Augsburg 1993. S. 56-62; Christoph Brede: „Solidarismus“ im Spektrum der Lösungsansätze zur sozialen Frage. In: aa.O., S. 64-69.

12 Zitiert nach Eugen Diesel, Erfinder im Brennpunkt, S. 307.

13 Zur ‚sozialen Frage‘ Nipperdey, Geschichte 1866-1918, Band 2, S. 335-373 und Hans-Ulrich Wehler: Deutsche Gesellschaftsgeschichte. Dritter Band: Von der ‚Deutschen Doppelrevolution‘ bis zum Beginn des Ersten Weltkrieges 1849-1914. München 22006. - Weiterführende Literatur bei Gerhard Schildt: Die Arbeiterschaft im 19. und 20. Jahrhundert (Enzyklopädie Deutscher Geschichte Band 36). München 1996.

und aufbauen würde. Er konstruiert sie wie eine Maschine, deren Ingenieur der „Sozialingenieur“ ist. Diesel beschränkt sich nicht mehr wie viele andere Techniker und Unternehmer seiner Zeit auf karikative Lösungen der sozialen Frage, auch das damals aktuelle Modell der von Ernst Abbé ins Leben gerufenen Carl-Zeiss-Stiftung geht ihm nicht weit genug. Was er will, ist eine neue Form der Volkswirtschaft, die den Kapitalismus bisheriger Art ersetzt und den Sozialismus erübrigt. Er schlägt einen dritten Weg ein.

Die Erzeuger des Arbeitsproduktes, also die Arbeiter, werden Unternehmer und Miteigentümer ihrer Betriebe. Damit nicht genug, die ganze Volkswirtschaft wird letztendlich zu einer demokratisch legitimierten, nach den Prinzipien der Solidarität funktionierenden Genossenschaft umgebaut. Alle handeln solidarisch, jeder bekommt das, was er braucht: „Nicht das Wohl des Arbeiterstandes, des Mittelstandes, dieser oder jener Gruppe, dieser oder jener Partei, nein, das Gesamtwohl allein, das Wohl aller ohne Ausnahme“ ist das Ziel. Erst wenn der Mensch seine wirtschaftliche Erlösung erreicht hat, ist er zu einem großen, freien und wahren Menschentum fähig.

DER „DRITTE WEG“

Wie sieht das Wirtschafts- und Gesellschaftsmodell des „Solidarismus“ aus? Wie stehen „Kapital“ und „Arbeit“ zueinander? Diesels Modell steht auf zwei Standbeinen, auf dem „Volksvertrag“, der die sogenannte „Volkskasse“ begründet, und auf dem „Arbeitsvertrag“, der die Genossenschaftsbetriebe ins Leben ruft. Jeder Lohnempfänger kann sich aus seiner bisherigen wirtschaftlichen Abhängigkeit befreien, zunächst zwar nur Tausende, nach Jahr und Tag schließlich alle. Dazu bedarf es der Entscheidung, täglich nur einen Pfennig, den „Brüderpfennig“, an die durch einen Volksvertrag ins Leben gerufene Volkskasse abzuführen. Nach Diesel kämen bei 50 Millionen Lohnempfängern pro Jahr 182 Millionen Mark zusammen! Diese Volkskasse, eine genossenschaftliche Stiftung, legt das ihr anvertraute Geld rentierlich an. Sie gewährt ihrerseits aber keinen Kredit, sondern bürgt für Kapital und Zinsen, das die gewerblichen und landwirtschaftlichen Genossenschaftsbetriebe, das zweite Standbein des Modells, auf dem Kapitalmarkt zur Existenzgründung aufnehmen müssen. Wer fünf Jahre freiwillig in die Volkskasse einzahlte, darf

als Arbeitnehmer, Diesel bezeichnet ihn als „Biene“, in einem Genossenschaftsbetrieb, „Bienenstock“ genannt, mitarbeiten. Die neue „Biene“ wird, wie die anderen, Miteigentümerin und Unternehmerin. Der Hauptzweck der Volkskasse besteht also in der Errichtung dieser Bienenstöcke. Sie stellen Betriebe dar, *welche unter Ausschluß der Erzielung eines Gewinnes* 1. die gesamten Erträge an die Arbeitnehmer auszahlen, 2. Einrichtungen wie Sportstätten, Schulen und Kulturstätten unterhalten, 3. medizinische und soziale Fürsorge wie Invaliden-, Witwen-, Waisen- und Altersrente gewähren und 4. den Genossen, die nicht Bienen, sondern nur Brüder der Volkskasse sind, *in möglichst großem Umfange in den Mitgenuß der aufgezählten Vorteile* setzen. Jeder Bienenstock bildet nicht nur eine Produktionsgenossenschaft, sondern im Austausch mit anderen auch eine Konsumgenossenschaft. Die Bienenstöcke tauschen ihre Produkte untereinander zum Selbstkostenpreis aus. Weit über die Sozialleistungen der Zeit hinaus gehen Diesels bezahlter Urlaub und der Kündigungsschutz. Einer drohenden Arbeitslosigkeit wird durch die Herabsetzung der Arbeitszeit und durch einen Vorruhestand entgegengewirkt. Im Laufe der Jahre, vielleicht eines Jahrhunderts, wäre es nach Diesels Ansicht möglich, die gesamte Volkswirtschaft im Sinne des „Solidarismus“ umzubauen. Was wäre der Endzustand?

Eine Zentralbank, die Volkskasse, gespeist von regelmäßigen Beiträgen aller, finanziert die genossenschaftliche Volkswirtschaft. Alle Probleme des Kapitalismus sind verschwunden. Die Produktion regelt sich allein aufgrund der Nachfrage, die Konkurrenz verschwindet, das Risiko wird beseitigt, in den Kapitalmarkt kommt Ruhe; die Arbeitszeit regelt sich von selbst, es gibt keine Streiks und keine Lohnkämpfe mehr.

Um den naheliegenden Vorwurf der Sozialutopie von Anfang an zu entkräften, versucht Diesel in seiner Schrift, die praktische Durchführbarkeit Schritt für Schritt zu beweisen, was hier nicht dargestellt werden kann. Für die Verwirklichung hält er nur einen gemeinsamen Willensakt und eine intelligente Organisation unter selbstloser Leitung für nötig.

VORLÄUFER UND VORBILDER

Viele Fragen drängen sich auf. Warum machte sich Diesel sozialutopische Gedanken, von deren Verwirklichung

er fest überzeugt war? Inwieweit waren sie originell oder gab es Vorläufer und Vorbilder, auf die er sich stützte? Wie sind seine Gedanken heute zu sehen?

Es ist wohl kein Zufall, dass sich Diesel mit wirtschaftlichen und sozialen Fragen befasste, als ihn ein Rückschlag nach dem anderen traf. Durch den Verkauf der Patente waren ihm seit 1898 die Hände gebunden. Sein Millionenvermögen machte ihm aufgrund vieler Anlagefehler die größten Schwierigkeiten, es gab Millionenverluste und nervenaufreibende Prozesse. Am eigenen Leib erlebte der Erfinder Höhen und Tiefen des Kapitalismus seiner Zeit. Was lag näher, als ihn zu reformieren, mehr noch ihn durch ein neues Modell zu ersetzen? Von Kindheit an kannte er die Nöte der Arbeiter aus eigener Anschauung, zum Teil aus eigenem Erleben in der Familie in Paris.¹⁸ Auch die Arbeiter litten unter dem Kapitalismus. Weshalb sollte es nicht möglich sein, gerade sie für seinen Solidarismus zu gewinnen? Unklar ist bis heute, welche sozialtheoretischen Schriften Diesel las, wer und was ihn am stärksten beeinflusste. Er schreibt, dass sein Werk „auf den großen Gedanken einer glänzenden Reihe von Menschenfreunden, welche zum Teil Märtyrer ihrer Pionierarbeit wurden“, aufgebaut sei, ohne ihre Namen zu nennen. Wir wissen, dass ein bei ihm angestellter Volkswirt Literatur las und recherchierte. Inwieweit er auch als Autor mitwirkte, ist unbekannt, aber nicht ganz auszuschließen.

Kurz vor dem Tod soll der Erfinder im September 1913 Exzerpte und Konzepte verbrannt zu haben. Was als einziges erhalten blieb, ist eine inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Buch „Solidarite“ des französischen Politikers Leon Bourgeois.¹⁹ Unverkennbar spürt man den Einfluss verschiedenster französischer Sozialtheoretiker.²⁰ Es fällt auf, dass Diesel weder christlich noch sozialistisch, eher liberal-konservativ dachte. Das Christentum spielte für ihn eine untergeordnete Rolle. Nur einmal stellt er fest: *die Gebote des Christentums sind auch die des Solidarismus*. Diesels Religiosität war ur-

sprünglich durch das fromme Elternhaus protestantisch geprägt. Im Laufe der Jahre soll sie sich vom Christentum weg humanistisch-idealistisch ausgeprägt haben.²¹ Über die Religion wollte Diesel ein weiteres Buch veröffentlichen. Das Manuskript dazu ist mittlerweile unauffindbar.²² Diesel glaubte, dass sein Solidarismus *zum triumphierenden Sieg der Aufklärung, zur Befreiung, zu großem, freiem, wahren Menschentum, zu einer neuen Form der Kultur* führen würde.

Wie versuchte der Liberalismus der Epoche die soziale Frage zu lösen?

Das liberale Reformkonzept der sozialen Frage war nicht einheitlich, stellte aber die Selbsthilfe in den Mittelpunkt und unterstützte deshalb vor allem den Genossenschaftsgedanken. Der Liberalismus wollte die „Arbeiter über Produktionsgenossenschaften zu Kleinunternehmern“²³ machen. Auch im Bereich der Sozialgesetzgebung Bismarcks plädierte er für das Selbsthilfeprogramm des Arbeiters. Unverkennbar steht Diesel dem liberalen Genossenschaftsgedanken²⁴ am nächsten. Hier und nicht etwa bei den französischen Frühsozialisten oder christlichen Sozialtheoretikern sind seine unmittelbaren Vorbilder zu suchen. Denn mit den Liberalen lehnte er die karikative Lösung der sozialen Frage ebenso ab wie die Staatsintervention und den Sozialismus. Wie die Liberalen sah er im Genossenschaftsprinzip ein Mittel, den Kapitalismus zu überwinden. Am deutlichsten ist wohl die Übereinstimmung mit Hermann Schulze-Delitzsch (1808-1883)²⁵, dem Gründer der gewerblichen Kreditgenossenschaften (Volksbanken). Doch geht Diesel über Schulze-Delitzsch hinaus, da er nicht nur den Gedanken der Produktivgenossenschaft verfolgte, sondern ihn auch mit dem der Konsumgenossenschaft verknüpfte. Diesel hat die gesamte Volkswirtschaft im Auge, nicht nur Teile

21 Eugen Diesel, Diesel, S. 81.

22 Hausen, Diesel, S. 280: Das Ms. „Die natürliche Religion: erste Grundgedanken zu einem Werk hierüber“ gilt im MAN-Archiv Augsburg als verschollen.

23 Dieter Langewiesche: Liberalismus in Deutschland. Frankfurt a. M. 1988. S. 198.

24 Zur Geschichte vgl. Helmut Faust: Geschichte der Genossenschaftsbewegung. Frankfurt a. M. 31977; Rüdiger vom Bruch (Hrsg.): „Weder Kommunismus noch Kapitalismus“. Bürgerliche Sozialreform in Deutschland bis zur Ära Adenauer. München 1985.

25 Rita Aldenhoff: Schultze-Delitzsch. Ein Beitrag zur Geschichte des Liberalismus zwischen Revolution und Reichsgründung. Baden-Baden 1984; Ludwig Hüttl: 1893-1993 Genossenschaftsverband Bayern (Raiffeisen/Schulze-Delitzsch) e.V. München. München 1993. S. 298-324.

18 Dazu Eugen Diesel, Diesel, S. 30-55.

19 Leon Victor Bourgeois (1851-1925) war Radikalsozialist und französischer Politiker. Er erhielt 1920 den Friedensnobelpreis.

20 Charles Fourier, Louis Blanc, Alfred Fouille, Emil Durkheim und Charles Gide (1847-1932). Gide war Volkswirtschaftler und Vertreter solidaristischer Ideen. Sein 1900 erschienenes Werk „La cooperation“ dürfte Diesel inspiriert haben. Inwieweit deutsche Sozialtheoretiker wie Heinrich Pesch oder der Chemiker Wilhelm Ostwald ihn beeinflussten, bedürfte nochmals einer Untersuchung.

davon. Diesel konstruiert eine neue, genossenschaftliche Unternehmensstruktur, die frappierend an moderne alternative Betriebe und Unternehmen unserer Tage erinnert: Wie heute in mehreren tausend deutschen Kleinbetrieben verwirklicht, geht es auch bei Diesel um Selbstverwaltung durch die Arbeitnehmer, um die Ausschaltung des privaten und kollektiven Kapitals und um das Wirtschaften nach dem Kostendeckungsprinzip. Das Kapitalproblem löste Diesel nicht durch eine „Ökobank“, sondern durch seine Volkskasse, in die alle Arbeitnehmer einzahlen sollten.

Alles in allem: Rudolf Diesel fasziniert nicht nur als Naturwissenschaftler und Techniker, dessen Motor auch in der Zukunft Bestand haben wir, sondern auch als sozialer Vordenker, der es wagte eine neue Wirtschaftsform zu entwickeln. Sie ist aus unserer Sicht utopisch, da er die Rolle des Staates, der Kirchen und der gesellschaftlichen Gruppen und Organisationen überhaupt nicht ins Kalkül zieht. Auch sein Menschenbild ist zu idealistisch: Er verkennt völlig die unterschiedlichen individuellen Anlagen des Menschen, seinen Ehrgeiz und sein Gewinnstreben. Er glaubt an die Kraft der Vernunft, der sich alle freiwillig beugen werden.

WIRKUNG UND REAKTION

Wie war die Wirkung des Buches? Von 10 000 Exemplaren fanden nur 300 ihren Weg zum Leser! Wie deprimierend für einen Mann wie Diesel. Nicht einmal alle verschickten Rezensionsexemplare wurden besprochen. So rezensierten so wichtige Tageszeitungen wie die „Münchener Neuesten Nachrichten“ das Werk nicht. Von der Wiener Buchbesprechung haben wir bereits gehört. Diesel legte penibel Namenslisten der Befürworter und der Gegner an. Unter „München“ verzeichnete er neben anderen seinen Verleger Paul Oldenbourg, seine akademischen Lehrer, die Professoren Carl von Linde und Moritz Schröter, mit Einschränkung den führenden deutschen Nationalökonom und Kathedersozialisten Prof. Dr. Lujo von Brentano und dessen Schüler Prof. Dr. Walther Lotz.²⁶ Das Interesse der beiden Nationalökonomten war ihm wichtig, da er ja selbst nur ein volkswirtschaftlicher Dilettant war. Einige Stimmen und Meinungen: Der russische Anarchist Peter

Kropotkin (1842-1921), der in Frankreich und England lebte, konnte sich mit der Zentralisation der politischen Macht, die eine Folge des volkswirtschaftlichen Umbaus sein musste, nicht anfreunden.²⁷ Über die politischen Voraussetzungen oder politischen Folgen hatte sich Diesel diesbezüglich keine Gedanken gemacht. Zweifelsohne ein großer Schwachpunkt! Ein Geheimrat von Borries aus Berlin zeigte sich begeistert, befürchtete aber eine *Gleichmacherei, die Lähmung d(er) Kultur durch zu große Macht*.²⁸

GEPLANTE ZWEITAUFLEGE

Mehrere beigelegte und unbeachtet gebliebene Handzettel verraten die weiteren Überlegungen zur Vorgehensweise.

„Beste Taktik.

Kräfte concentriren.

Gegner zersplittern.

alle nicht durchaus notwendigen

Forderungen weg lassen.

einfachstes Programm.

Übereinstimmung in Bezug auf die nächsten prakt(ischen) Ziele herbeiführen.

Keine Aufstell(un)g v. Dogmen.

„Die Zukunft d. deutschen Arbeiter hängt v. d. Siege der Revision²⁹ ab“

Zunächst im eigenen Land und für dasselbe wirken unter Anerkennung des Nationalismus Religiöse Fragen unberührt lassen Staatsform ist gleichgültig für das wirtschaftliche Wohl. Familie, Ehe, in Ruhe lassen Kluft überbrücken; bessere Bezieh(un)gen z. d. Trägern d. Staatsgewalt“.

Und dazu weiter:

„Gesamt-Programm.

Alles was bereits organisirt ist, muß zugezogen werden das sind in erster Linie

die Sozialdemokraten³⁰

die Naumanngruppe³¹

die Konsumvereine & Genossensch(aften)

27 Notiz Diesels auf einem Zettel, abgebildet bei Hausen, Diesel, S. 266. 28 A.a.O.

29 Gemeint ist der „Revisionismus“ als Richtung der Arbeiterbewegung um die Jahrhundertwende. Es ging um eine Revision des klassischen Marxismus. Hauptvertreter war Eduard Bernstein (1850-1932). 30 Mit Bleistift am rechten Rand ergänzt: „größtenteil gleichzeitig Con(sum) Vereine“.

31 Gemeint ist der evangelische Theologe und christlich-liberale Sozialpolitiker Friedrich Naumann (1860-1919), der 1896 den „Nationalsozialen Verein“ gründete, um die Arbeiterschaft an den Staat zu binden.

26 Historisches Archiv der MAN Augsburg, Nachlass Rudolf Diesel, XI 3a K1, Buch Solidarismus und handschriftliche Aufzeichnungen dazu.

die Sparkassen³²

Gewerkschaften

Es muß also zunächst ein parteiloses Comite (der Neune?) gebildet u. bestehend au(s)

Naumann³³

Brentano

Diesel

die wichtigst(en) soc(ialdemokratisch)den Führer

die Führer d(er) Cons(um) Ver(eine) (...)

die hervorragend(en) Leute d(er) Genossensch(aften) (namentl[ich] Credit)

einige Reichstagsabgeordnete liberaler Richt(ung) etc. Vertreter d. Kirchen.

Große Philantropen.

Dieses hätte die versch(iedenen) gangbaren Wege zu beraten unter Beschränk(ung) auf die wirtsch(aftliche) Seite.

Es hätte eine Verpflicht(ung) stattzufinden(?) u(nd) diese wirtsch(aftliche) Seite überall im Reichst(a)g, Landt(a)g, Presse etc. einig zu sein.

Ohne die Unabhängig(eit) d(es) sonst(igen) Standpunktes irgendwie zu berühren

Gleichzeitig ist ein parteiloses Flugblatt : Solidarismus

Herauszugeben u(nd) als Beilage allen Zeit(un)gen der Gruppen beizulegen, sowohl Naumann's Hilfe als

den soc(ial)dem(okratischen) u(nd) freien Blättern soweit sie es wollen“.

DAS ENDE

Dass ihm tatsächlich die Lösung der sozialen Frage mehr am Herzen lag als sein Motor, ist wohl zu bezweifeln.

Denn nach Ablauf der Patentfrist begann er sofort mit der Arbeit am kleinen Dieselmotor, woran er jedoch scheiterte. Zutiefst traf ihn 1910 die negative Entscheidung des Reichsgerichts in seinem Prozess gegen eine Münchner Immobilienfirma, durch die er sich betrogen und um sein Vermögen gebracht sah. Aus dieser dreifach unglücklichen Situation fand er nicht mehr heraus, die Nervenzerrüttung und die jahrelange Einnahme von Schlaf- und Beruhigungsmitteln mögen ihren Teil dazu beigetragen haben. Wie ihm zumute war, verrät seine letzte Veröffentlichung mit dem Titel „Die Entstehung des Dieselmotors“³⁴. Sie erschien im Todesjahr 1913.

Dort heißt es am Ende: Die Durchsetzung seines Motors war *eine Zeit des Kampfes mit Dummheit und Neid, Trägheit und Bosheit, heimlichem Widerstand und offenem Kampf der Interessen, ein Martyrium (sic!), auch wenn man Erfolg hat.*³⁵

Während der Motor den Siegeszug durch die Welt antrat, geriet sein „Solidarismus“ in Vergessenheit. Diesels Stimme blieb ungehört: *Brüder! Ihr habt das natürliche Spiel der solidaristischen Organisation, dieses Gegenseitigkeitsvertrags zwischen der Gesamtheit und dem einzelnen klar erfaßt!*

Ihr wißt, daß ihr auf Grund dieser Organisation Betriebe ins Leben rufen könnt, deren Ertragnis euch voll und ganz als Entlohnung eurer Arbeit gehört, die euch ermöglichen, von der Geburt bis zum Tode eure materiellen, geistigen und moralischen Bedürfnisse voll zu befriedigen, ein ausreichendes Maß an Lebensannehmlichkeit zu genießen und euch gegen alle natürlichen Ungleichheiten und sozialen Schäden ein für allemal zu schützen. [...]

Ihr habt begriffen, daß der Solidarismus euch befreit, euer Leben erweitert, verschönt und lebenswert macht. [...]

Was ihr als Gesamtheit wollt, das wird! Vereint seid ihr unüberwindlich; das Geheimnis eurer wirtschaftlichen Erlösung ist eure Solidarität. [...]

Vorwärts denn, Männer, Frauen, Jugend, im Namen der Gerechtigkeit und der Liebe, im Namen des Solidarismus; vereint entschlossen eure Kräfte, schließt die Reihen, organisiert euch, sucht eure Führer, bildet eure friedlichen Legionen von Brüdern! Kommt! Opfert eure täglichen Brüderpfennige auf dem Altar der Gesamtheit, bildet eure Volkskasse; ihr selbst seid eure Erlöser, glaubt an euch selbst und helft euch selbst! [...] je schneller ihr es tut, je kräftiger ihr einsetzt, je beharrlicher, je unbeugsamer ihr euren Willen durchführt, desto rascher winkt die Erlösung; in eurer Hand liegt euer Geschick.

WAS IST PROFIT?

Zu guter Letzt: Rudolf Diesel beantwortet die Frage *Was ist Profit?* mit der Definition: *Ein wirtschaftlich unnötiges Zwischenglied, erhoben entweder durch Kürzung des rechtmäßigen Arbeitslohnes oder durch Erhöhung des Warenpreises!*

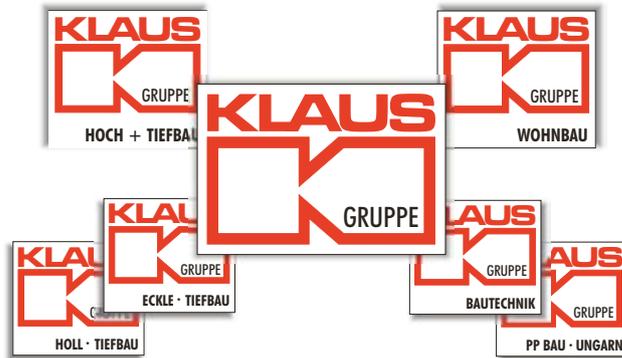
32 Am rechten Rand mit Tinte angefügt: „Die Leute der Inval(iden) vers(icherung) (Staat?)“.

33 Am rechten Rand mit Tinte ergänzt: „Ingenieure Linde? Ärzte“, am linken Rand mit Bleistift „auch Arbeiter“.

34 Rudolf Diesel: Die Entstehung des Dieselmotors. Berlin 1913.

35 Diesel, Entstehung, S. 152.

"Bauen ist unser Handwerk ..."



HOCHBAU · TIEFBAU · BAUTRÄGER



Ingenieurleistungen

- > Bauoberleitung und -überwachung
- > Generalplanung
- > Objekt- und Tragwerksplanung
- > Projektmanagement und -steuerung

Kompetenz und Partnerschaft

- > Brückenbau
- > Hoch- und Industriebau
- > Ingenieurbau
- > Tunnelbau
- > Verkehrsanlagen

www.ssf-ing.de



SSF Ingenieure



baumit.com

Legen Sie bereits heute den Grundstein für Ihre berufliche Zukunft!

Gerne unterstützen wir Sie bei der Erstellung Ihrer Diplomarbeit. Wir bieten Ihnen hierzu immer wieder interessante und spannende Themen insbesondere aus dem Bereich Marketing/Vertrieb an.

Wir freuen uns über Ihren Anruf!

Baumit GmbH · Personalabteilung
Reckenberg 12 · D-87541 Bad Hindelang
Tel. (08324) 921-154 · Fax (08324) 921-51 154
info@baumit.com · www.Baumit.com

Rudolf Diesel und die MAN

Gerlinde Simon, Museum und Historisches Archiv der MAN

Vortrag im Rahmen der Ringvorlesung der Hochschule Augsburg
anlässlich des 150-jährigen Geburtstages des Erfinders am 08. Mai 2008

Diesel und die MAN – der eine Begriff ist nicht denkbar ohne den anderen: MAN nicht ohne Diesel und sein Werk, Rudolf Diesel nicht, ohne dabei sofort an die MAN zu denken. Rudolf Diesel und seine Erfindung prägen den MAN Konzern nun schon seit über 110 Jahren in einmaliger Weise, denn heute sind wesentliche Bereiche des Unternehmens weltweit spezialisiert auf Produkte, die auf Rudolf Diesels Ideen zurückgehen. Es bietet sich daher an, sich mit den Anfängen dieser Beziehung zwischen Rudolf Diesel und der MAN – der damaligen Maschinenfabrik Augsburg – zu befassen und der Frage nachzugehen, wie es zu dieser Beziehung und Zusammenarbeit kam.

ANFÄNGE

Die gemeinsame Geschichte begann 1892 und wurde durch Rudolf Diesels jähen Tod 1913 beendet, sie dauerte also rund 21 Jahre. Die Maschinenfabrik Augsburg hatte sich bis zu diesem Zeitpunkt bereits in Deutschland, Europa und der Welt einen hervorragenden Ruf erworben im Wesentlichen durch ihre Druckmaschinen, Dampf- und Eismaschinen. Dies waren die Hauptprodukte der Maschinenfabrik Augsburg und Heinrich von Buz (1833-1918) war ihr langjähriger, erfolgreicher Generaldirektor. Bereits seit 1864 war er verantwortlicher Leiter des Unternehmens und er sollte es bis 1913 bleiben.

Die sich anbahnende Zusammenarbeit zwischen Diesel und der Maschinenfabrik Augsburg zu Beginn des Jahres 1892 wurde ausgelöst durch Diesels Wunsch und Gesuch an Heinrich von Buz, einen ersten Versuchsmotor bauen zu dürfen. Diesels Kontakte zur Maschinenfabrik Augsburg reichen allerdings weiter zurück. Der Erfinder hatte schon viel früher Kontakt zur Maschinenfabrik, nämlich bereits während seiner ersten Berufsjahre in Paris als Eismaschinenfachmann. War doch die Maschinenfabrik Augsburg seit 1873 eine der beiden Fabrikationsstätten – neben der Firma Sulzer in Winterthur – von Linde's Eismaschinen, die Diesel auf dem französischen Markt zu verkaufen hatte. Gleich nach Abschluss seines Studiums in München 1880 wurde Diesel von seinem damaligen akademischen Lehrer, Professor Carl von Linde (1842-1934), in dessen neu geschaffener französischer Firmen-Vertretung in Paris angestellt als Eismaschinenfachmann. Bereits nach einem Jahr wurde er 1881 im Alter von 23 Jahren Direktor dieser Niederlassung. Ihm kam dabei sicher



Rudolf Diesel (1859-1913): Ein Erfinderleben zwischen Genie und Tragik.

auch sehr zugute, dass er fließend französisch sprach, war er doch in Paris 1858 geboren worden. Die ersten 12 Jahre seines Lebens hatte er dort gelebt.

Im beruflichen Leben Diesels sind immer wieder Personen aufgetreten, die schicksalhaft waren für sein Leben und seinen beruflichen Erfolg. Carl von Linde war einer von ihnen und neben Heinrich von Buz sicher der wichtigste – zumindest am Beginn seiner Karriere. Beide waren Gönner und Förderer Diesels, beide waren miteinander auch beruflich eng verbunden.

CARL VON LINDE

1872 bekam Buz von Linde den Auftrag, seine erste Eismaschine anzufertigen, die 1873 gebaut und geliefert wurde. Linde erarbeitete zahlreiche Verbesserungen und trat einen Teil seiner Patentrechte auch an Heinrich von Buz ab. Im Gegenzug stellten die Patentmitinhaber die nötigen Geldmittel bereit für Entwicklung, Bau und Erprobung einer neuen, optimierten Kältemaschine. 1875 bestellte von Linde diese verbesserte, zweite Kältemaschine ebenfalls wieder bei der Maschinenfabrik Augsburg. Sie erfüllte alle Erwartungen. Gemeinsam mit seinen Lizenznehmern, also auch der Maschinenfabrik

Augsburg, erschloss sich von Linde einen großen Kundenkreis. Am 21. Juni 1879 gründete von Linde seine „Gesellschaft für Linde's Eismaschinen“ und gab gleichzeitig seine Lehrtätigkeit in München auf. Mitbegründer und Geldgeber war Heinrich von Buz, der auch dem Aufsichtsrat der neuen Gesellschaft angehörte.

Dieser kurze Ausflug in die Anfänge der Kältemaschinen ist wichtig, um zu erkennen, welches Netzwerk an Beziehungen sich dem jungen Rudolf Diesel bot, als er seine berufliche Tätigkeit bei seinem bisherigen Hochschullehrer antrat. 1881 traf Rudolf Diesel erstmalig mit dem damaligen Generaldirektor der Maschinenfabrik Augsburg, Heinrich von Buz, zusammen. Er sollte später eine entscheidende Rolle in der Entwicklung des Dieselmotors spielen.

PARIS

Aber zunächst noch einmal zurück zu Diesels Zeit in Paris. Als Theoretiker und Thermodynamiker beschäftigte sich Diesel in Paris neben seiner Haupttätigkeit als Eismaschinen-Repräsentant sehr eingehend mit den Kreisprozessen der Kälte- und Wärmekraftmaschinen. Das Ergebnis seiner langjährigen Studien waren die Entwicklung und der Bau einer kleinen Dampfmaschine, die mit Ammoniak betrieben wurde. Hierbei kam er auf die Idee, dass nicht nur in seiner Ammoniakdampfmaschine, sondern auch bei Verbrennungskraftmaschinen durch Ausnutzen eines höheren Wärmegefälles größere Kraftstoffersparnisse erzielt werden könnten. Erforderlich war dazu nur die Anwendung sehr hoher Drücke und Temperaturen. Mit dieser Erkenntnis und dem unbedingten Willen, diese auch in die Tat umzusetzen, verließ er Paris und wurde ab 1890 in Berlin Carl von Linde's Repräsentant für Kältemaschinen in Deutschland. Dort wurde er auch in den Vorstand der neu gegründeten Aktiengesellschaft für Markt- und Kühlhallen gewählt.

MOTOR-IDEE

Die Beschäftigung mit seiner Motor-Idee aber gewann mehr und mehr die Oberhand gegenüber seiner Eismaschinentätigkeit in Berlin. Am 11. Februar 1892, 14 Tage vor dem Einreichen seiner Patentanmeldung, informierte Diesel seinen Arbeitgeber, Carl von Linde über seine Ideen und bat ihn bzw. bot ihm an, sich beim Bau eines Versuchsmotors unterstützend zu beteiligen. Unter anderem schrieb er: *Als ich 1890 Paris verließ, war mein*

Werk prinzipiell abgeschlossen; ich fand jedoch bisher in Berlin nicht die Zeit, die Quintessenz aus meinen umfangreichen Arbeiten zu ziehen. Obwohl von Linde's Firma sehr kapitalkräftig war, wollte Linde sich nicht an Diesels Erfindung beteiligen. Das war für Diesel sehr enttäuschend. Andererseits jedoch bekam er dadurch nun freie Hand, Kontakte mit anderen Firmen aufzunehmen. Zunächst stellte er seine Patentschrift fertig und legte seine Gedanken darüber hinaus in einem handschriftlichen Aufsatz nieder, den er „Theorie und Construction eines ration-nellen Wärmemotors“ nannte.

THEORIE EINES WÄRMEMOTORS

In diesem Aufsatz und nicht etwa in seiner Patentanmeldung legte er Anfang 1892 seine entsprechenden Erfindungsgedanken nieder. Diesel schrieb darin: *Deshalb kam ich auf den Gedanken, die Verbrennung in der hochgespannten Luft selbst vorzunehmen. Die Verfolgung dieser Idee führte [...] auf den Vorschlag des Motors.* Diesen theoretischen Überlegungen und Berechnungen ist es allein zu verdanken, dass der Dieselmotor entstand. Das Geniale an Diesels Erfindung war dabei, dass er ausschließlich auf Grund von theoretischen Überlegungen zu seinem neuen Arbeitsverfahren gelangte.

Den handschriftlichen Aufsatz schickte er am 7. März 1892 an die Maschinenfabrik Augsburg mit der Bitte, einen Versuchsmotor zu bauen. Vorher noch reichte er dem Patentamt seine Erfindung ein, die mit Datum 28. Februar 1892 als Patent 67207 gültig, aber erst ein Jahr später am 23. Februar 1893 erteilt wurde.

PATENTE

Wie Diesel bald darauf selbst erkannte, waren die Ansprüche des Patentbesitzes nicht umsetzbar. Die „Tragik“ dieser Patentschrift liegt in der Verknüpfung seiner grundlegenden, richtigen Ideen, wie er sie auch in seinem erwähnten Aufsatz beschrieben hat, mit dem sogenannten Carnot-Prozess, der einen in der Praxis nicht realisierbaren Idealmotor beschreibt. Doch dieses Patent bildete die Grundlage seiner späteren Verträge mit der Maschinenfabrik Augsburg und mit Krupp. Diesel hat dies selbst Mitte 1893 erkannt, umfangreiche Nachrechnungen durchgeführt und diese Ergänzungen durch ein zweites Patent schützen lassen, das am 12. Juli 1895 erteilt wurde.

Für Diesels Werk sind beide Patente im Zusammen-

hang zu sehen. Der Erfinder aber war von der Sorge geplagt, dass seine Verträge mit der Maschinenfabrik Augsburg und mit Krupp nichtig werden könnten. Denn hätte er zugegeben, dass nach Patent 67207, das Vertragsgrundlage war, gar kein Motor ausgeführt werden konnte, wäre er möglicherweise unglaublich geworden. Und er hätte auch die von ihm konsultierten Professoren Moritz Schröter und Gustav Zeuner bloßgestellt, die keine wesentlichen Einwände zum Patent 67207 erhoben hatten.

Diesel erkannte auch, dass der von ihm in seinem Aufsatz vorgeschlagene Höchstdruck von 250 atm. zu hoch war, um ausgeführt werden zu können. Er führte daher im Begleitschreiben an die Maschinenfabrik Augsburg aus, dass man den Prozess auch mit 150 atm. durchführen könne. Aber auch die von ihm vorgeschlagenen 150 atm. waren von der Industrie damals nicht zu verwirklichen und viel zu hoch. Deshalb erhielt er am 2. April 1892 von der Maschinenfabrik Augsburg eine Absage: *Wir haben die Sache reiflich nach allen Richtungen überlegt und erachten die Schwierigkeiten der Ausführung derartig groß, dass wir uns an die Sache nicht wagen können.*

Dies war ein harter Schlag für die hochfliegenden Pläne. Die folgenden Tage waren jedoch entscheidend für die Entwicklung des Dieselmotors. Er berechnete erneut geänderte Prozesse mit wesentlich niedrigeren Drücken. In seinem Antwortschreiben an Heinrich von Buz teilte er mit, dass in Abweichung vom Idealprozess die Möglichkeit bestehe, Motoren zu konstruieren, die auch mit heutigen Mitteln zu bauen seien. Außerdem könne man die Versuche statt mit dem bisher vorgeschlagenen Kohlenstaub auch mit flüssigen Brennstoffen vornehmen. Dies waren zwei sehr bedeutende Vorschläge, deren Wichtigkeit und Richtigkeit sich bald erweisen sollte.

Das Jahr 1892

Dass Diesel aber selbst nicht mehr an eine Zusammenarbeit mit der Maschinenfabrik Augsburg glaubte, beweist ein Brief an Carl von Linde, in dem er die Bildung eines Konsortiums zur Auswertung seiner Erfindung vorschlug. Trotzdem wandte er sich aber am 9. April 1892 erneut an Buz und teilte ihm die bisher noch zurückgehaltenen Zahlen seiner Berechnungen mit. Er hatte jetzt einen Verdichtungshöchstdruck von 44 atm. ermittelt, mit dem man auskommen könne. Dies war ein Wert, der



Patenturkunde Nr. 67207: „Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungskraftmaschinen“, Original des Kaiserlichen Patentamtes, Berlin 1892/93.

als durchführbar angesehen werden konnte. Er versuchte Buz zusätzlich zu beeinflussen, indem er auf das grundsätzlich Neue seiner Erfindung hinwies und meinte, dass es sich hierbei um den Ersatz der jetzt gebauten Dampfmaschine handeln könne und seine Ideen schon deshalb für eine Firma wie die Maschinenfabrik Augsburg von besonderem Interesse sein müssen. Aber er bekam keine Antwort von der Maschinenfabrik Augsburg auf seine beiden Schreiben. Es ist daher verständlich, dass er nun versuchte, auch andere Firmen für seine Ideen zu gewinnen. Er wandte sich deshalb an die Gasmotorenfabrik Deutz, die damals die größte und wichtigste Motorenfabrik der Welt war. Auch hier bekam er eine Absage. Umso mehr versuchte Diesel nun, die Verbindung mit der Maschinenfabrik Augsburg aufrechtzuerhalten. Da er auf seine beiden Briefe noch keine Antwort erhalten hatte, aber nicht noch ein drittes Mal schreiben konnte, entschied er sich, dieses Mal einen sehr ausführlichen Brief an Professor Schröter, seinen anderen akademischen Lehrer in München, zu schreiben und sandte einen Durchschlag dieses Schreibens an Buz.

Nachbau des Versuchsmotors von 1895, entstanden im „Laboratorium“ der Maschinenfabrik Augsburg.



Dieser Brief war technisch so aufschlussreich, dass Buz Zutrauen zu Diesels Vorschlägen fasste. Er sandte am 20. April 1892 eine Zusage an Diesel. Die Maschinenfabrik Augsburg erklärte sich darin bereit, ehe überhaupt die Patentfrage geklärt war, die Ausführung einer Versuchsmaschine zu übernehmen. Dieser Brief beweist, dass Buz schon damals den Wert von Diesels Erfindung erkannt hatte, das „Diesel'sche System“, wie Buz es nannte. Doch wer hat Buz beraten oder beeinflusst, trotz seiner anfänglichen Skepsis dem nochmaligen Ersuchen Diesels zuzustimmen? Es liegt nahe, an seinen Schwiegersohn Lucian Vogel zu denken, der bei der Maschinenfabrik Augsburg als Oberingenieur der Eismaschinenabteilung tätig und zudem auch ein Studienfreund Diesels war oder aber an Carl von Linde, der über die Eismaschinenfertigung in Augsburg in ständigem, guten Kontakt zu Buz stand.

Eine Auswertung des damaligen Schriftwechsels zeigt aber, dass es offenbar keiner von beiden war, sondern dass Buz ganz allein und sogar gegen den Rat seiner Oberingenieure sich zu diesem Schritt entschlossen hatte. Durchaus von Einfluss mag aber der Hinweis von Diesel gewesen sein, dass der neue Motor die bisherigen Dampfmaschinen werde ersetzen können. Dieser Hinweis Diesels kam gerade in dem Augenblick als der Dampfmaschinen-Absatz rückläufig war. Man befürchtete einen noch stärkeren Absatzrückgang der Dampfmaschinen, wenn Diesel mit seiner Motoren-Idee Recht behalten würde. Als verantwortlicher Leiter des Unternehmens konnte Buz ein solches Risiko natür-

lich nicht eingehen und handelte gegen den Rat seiner Abteilungsleiter und Oberingenieure. Er wollte sich Gewissheit verschaffen über den Wert oder Unwert des „Diesel'schen Systems“, das so oder so Einfluss nehmen konnte auf das Dampfmaschinen-geschäft.

PUBLIKATION UND DURCHBRUCH 1893

Diesel andererseits war über die etwas vorsichtig abgefasste Zusage der Maschinenfabrik Augsburg nicht so recht zufrieden und teilte es auch Linde mit. Für ihn ging es noch um die ungeklärte Frage seines Lebensunterhaltes für die Dauer der Versuchszeit, für die er drei Jahre veranschlagte. Die Maschinenfabrik war in dieser Hinsicht keinerlei Bindung eingegangen. Um zu Geldmitteln zu kommen, kam Diesel schließlich auf die Idee, durch Veröffentlichung seiner Handschrift mit einem größeren Kreis von Firmen Kontakt aufnehmen zu können. Er ließ die Schrift „Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren“ im Dezember 1892 drucken und in Buchform im Januar 1893 in einer Auflage von 1.000 Exemplaren erscheinen. Noch im Januar 1893 versandte es Diesel an zahlreiche Professoren, Banken und Firmen wie Deutz, Körting, Krupp und Sulzer. Die Veröffentlichung des Buches brachte den erhofften Erfolg, denn Körting und Krupp zeigten Interesse für die neuen Ideen. Während Körting seine Zusagen aber schon nach zwei Tagen wieder zurückzog, verliefen die Verhandlungen mit Krupp günstiger. Krupp holte aber weitere Informationen von der Maschinenfabrik Augsburg ein.

Heinrich von Buz schloss am 21. Februar 1893 seinen Vertrag mit Diesel ab. Die Maschinenfabrik Augsburg verpflichtete sich darin, innerhalb von sechs Monaten einen Versuchsmotor zu bauen und zu erproben. Ferner sollte die Maschinenfabrik Augsburg eine Lizenzgebühr von 25% vom Verkaufspreis eines jeden verkauften und gelieferten Motors zahlen. Dieser Vertrag sicherte der Maschinenfabrik Augsburg die Verkaufsrechte für Bayern, Rheinpfalz, Baden und Württemberg. In den anderen Ländern des Deutschen Reiches konnte Diesel auch anderweitig Lizenzen vergeben, musste sich jedoch verpflichten, von anderen Lizenznehmern eine Lizenzgebühr von 37,5% zu fordern.

Zwischen Diesel und Krupp kam am 25. Februar eine vorläufige Einigung zustande. Erst nachdem noch-

mals zwei Krupp-Direktoren mit Buz verhandelt hatten und sich beide Firmen durch das große Entgegenkommen von Buz geeinigt hatten, die Versuchskosten gemeinsam zu tragen und die sich aus dem Diesel-Geschäft ergebenden Gewinne zu teilen, wurde am 10. April 1893 der endgültige Vertrag zwischen Krupp und Diesel unterzeichnet. Dieser Vertrag unterschied sich wesentlich von jenem mit der Maschinenfabrik Augsburg. Diesel trat an Krupp das Patent 67207 ab. Danach war – unter Anerkennung der Rechte der Maschinenfabrik Augsburg – nur noch Krupp berechtigt, in Deutschland Lizenzen zu erteilen. Auch verpflichtete sich Krupp einen Versuchsmotor zu bauen, unterlag dabei im Gegensatz zur Maschinenfabrik Augsburg aber keiner bindenden Frist. Diesel erhielt als Gegenleistung von Krupp eine jährliche Zahlung von 30.000 Mark während der Versuchszeit, die bei Aufnahme der Produktion von Kundenmotoren von der Lizenzgebühr in Höhe von 37,5% abgelöst werden sollte.

Durch die beiden Verträge mit der Maschinenfabrik Augsburg und Krupp hatte Diesel nun alles erreicht, was er wollte. Er hatte zwei der namhaftesten deutschen Industrieunternehmen für die kostenlose Entwicklung seines Motors gewonnen, hatte sein eigenes Einkommen während dieser Zeit sichergestellt und hatte außerdem nach Beginn der Fabrikation Aussichten auf sehr hohe Lizenz Einkünfte. Er trat daraufhin sofort bei der Firma Linde aus und begann sich mehr als bisher mit den Kritiken zu beschäftigen, die gegen seine Absicht, den Carnot-Prozess in seinem Motor zu verwirklichen, geäußert worden waren.

„MAN“ UND KRUPP

Die Maschinenfabrik Augsburg und Krupp hingegen kamen am 25. April 1893 überein, *die Verwertung des genannten Patentes 67207 gemeinschaftlich zu betreiben* [...] und schlossen einen entsprechenden Konsortialvertrag, *um eine der gesunden Entwicklung des betreffenden Geschäftes nachteilige Konkurrenz fernzubalten* [...]. Damit behielt Krupp zwar das Rücktrittsrecht gegenüber Diesel, zahlte aber auch den Betrag von jährlich 30.000 Mark allein an diesen, während alle Aufwendungen für die Entwicklung geteilt und weitere Lizenzen nur noch gemeinsam vergeben wurden. Dies galt bis zur Gründung der „Allgemeinen Gesellschaft für Dieselmotoren AG“ im Jahre 1898, über die später noch berichtet wird.

ERSTER VERSUCHSMOTOR

Der erste Versuchsmotor, den zu bauen sich die Maschinenfabrik verpflichtet hatte, wurde fristgerecht schon Anfang Juli 1893 fertig gestellt. Man unterrichtete Diesel am 12. Juli 1893 über die Fertigstellung des Motors und den Beginn der Probeläufe. Diesel lebte zu dieser Zeit noch mit seiner Familie in Berlin. Er traf am 17. Juli in Augsburg ein, um bei der Inbetriebnahme des Motors dabei zu sein und die erste Versuchsreihe zu starten, die auch am 17. Juli begann und bis zum 22. August 1893 dauerte. Obwohl der Motor immer noch über Transmission angetrieben wurde, konnte Diesel in seinem Abschlußbericht feststellen: [...] *die Durchführbarkeit des Prozesses an sich ist selbst mit dieser unvollkommenen Maschine als erwiesen zu betrachten*. Der Versuchsmotor hatte einen Kolbendurchmesser von 150 mm und einen Kolbenhub von 400 mm. Diese erste Ausführung wurde für vier Versuchsreihen beibehalten. Die zweiten Tests liefen von Januar bis April, die dritte Testreihe von Mai bis September, die vierte Versuchsreihe von Oktober bis Dezember 1894. Zwischen den Testreihen wurden immer mehr oder weniger große Umbauten vorgenommen, die Zylinderabmessungen aber beibehalten.

„ZWEITER VERSUCHSMOTOR“

Bevor der Motor im Januar 1895 wieder angefahren wurde, erfolgten umfangreichere Umbauten, aber immer auf demselben Grundgestell. Jetzt wurde allerdings ein neuer Zylinderblock aufgesetzt mit einem auf 220 mm vergrößerten Zylinder bzw. Kolbendurchmesser, was das Aussehen des Motors deutlich verändert hatte. Wegen des veränderten Aussehens hat man ihn als den zweiten Versuchsmotor bezeichnet, obwohl das Gestell immer noch das des ersten Motors war. Mit diesem so veränderten Motor wurden erfolgreiche Versuche im Zeitraum von Januar 1895 bis September 1896 gefahren. Dieser Motor steht heute im MAN-Museum. Rudolf Diesel nahm an allen Versuchsreihen teil, war also viele Wochen und Monate in diesen Jahren der Versuche in Augsburg und wohnte im Haus Springergässchen 6.

Anfang 1896 wurde gemeinsam von der Maschinenfabrik Augsburg und Krupp entschieden, einen weiteren Versuchsmotor zu bauen und zwar in zwei Exemplaren, den Motor A und B, wie sie firmenintern genannt wurden. Die Absicht war, einen der beiden weiter in Augsburg zu testen. Der andere sollte zeitweise Krupp als

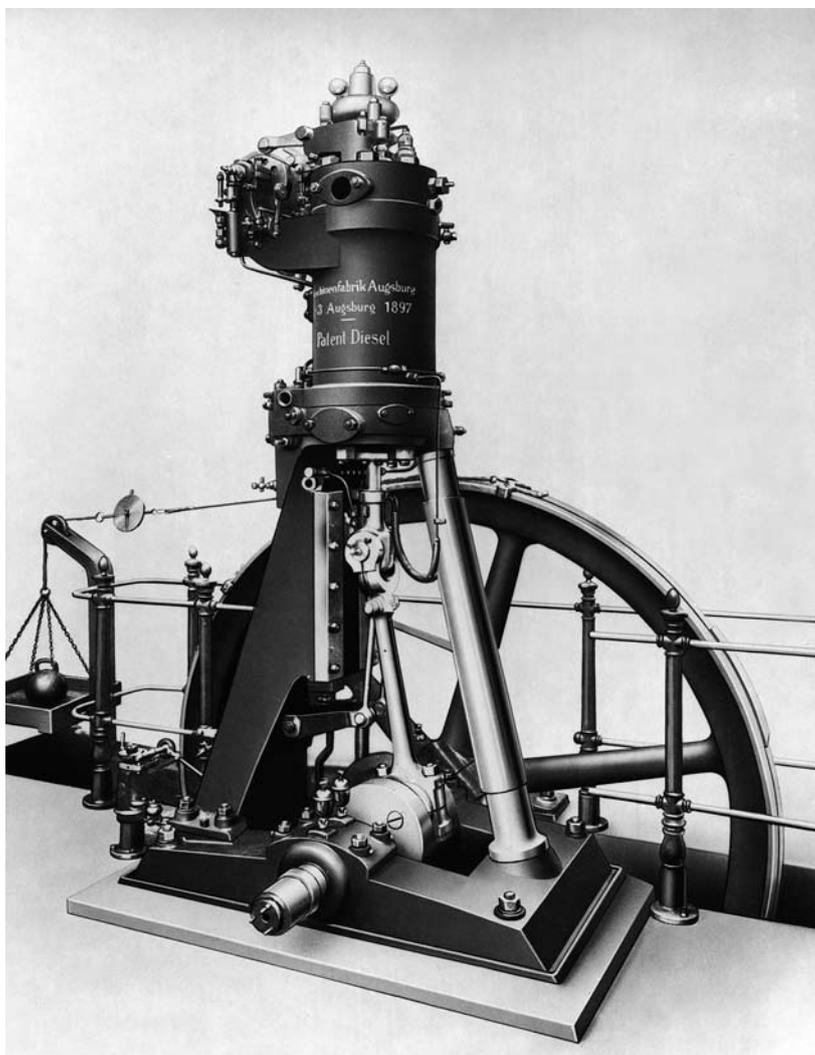


Foto des ersten betriebsfähigen Dieselmotors von 1897, entstanden im „Laboratorium“ der Maschinenfabrik Augsburg. 4,5 Tonnen, 20 PS, 172 min⁻¹, 26,2 % Wirkungsgrad, Aufstellungsort heute: Deutsches Museum, München.

Muster für den beabsichtigten Motorenbau in seinem Gruson-Werk in Magdeburg dienen.

DRITTER VERSUCHSMOTOR

Dieser neue, also dritte Versuchsmotor in der Version A wurde ab Oktober 1896 bis Juni 1897 getestet. An ihm wurden auch die bekannt gewordenen Abnahmeläufe durch Professor Schröter von der Technischen Hochschule München am 17. Februar 1897 durchgeführt, die so störungsfrei und ausgezeichnet verliefen, dass man euphorisch von dem ersten marktfähigen Dieselmotor sprach. Es wurden während dieser Tests umfangreiche Messreihen gefahren, dessen Protokolle alle noch vorhanden sind. Beim Abnahmelauf erreichte der Motor eine Leistung von knapp 18 PS bei einer Drehzahl von

154 U/min bei einem Kraftstoffverbrauch von 238 g/PS_h, was einem Wirkungsgrad von 26,2 % entspricht. Mit diesem Gesamtwirkungsgrad erwies sich der dritte Versuchsmotor als die damals wirtschaftlichste Wärmekraftmaschine der Welt. Das damalige Versuchslabor ist heute Teil des MAN-Motoren-Prüfstandes. Eine Gedenktafel erinnert am Platz der damaligen Testmotoren an das Wirken Diesels in unserem Werk. Der Motor A ist verschollen, man kann heute nicht mehr feststellen wo und wie er abhanden kam. Sein identischer Bruder Motor B hingegen hat die Zeiten überlebt und steht im Deutschen Museum in München.

HEINRICH VON BUZ

Der Weg zur Erreichung dieses Meilensteins in der Entwicklung des Dieselmotors war gespickt mit großen Hindernissen und Problemen. In dieser sehr schwierigen Zeit von 1893 bis 1897 zeigte sich, was Rudolf Diesel in Heinrich von Buz für einen Gönner und Unterstützer seiner Sache gefunden hatte. Buz setzte sich mit der Kraft und dem Einfluss seiner Persönlichkeit ohne zu wanken für die Verwirklichung der Diesel-Idee ein. Wiederholt hatte er dabei als alleinverantwortlicher Direktor zu entscheiden, ob die Arbeiten fortgesetzt oder eingestellt werden sollten. Sein unerschütterliches Vertrauen war für den Erfinder oft der einzige Halt. Buz glaubte trotz aller Rückschläge an den Erfolg des Dieselschen Systems. Durch sein Eintreten bewirkte er, dass Krupp nicht von seinem Rücktrittsrecht Gebrauch machte. Dort wurde man ungeduldig, da die für Krupp so wichtigen Gasversuche zunächst nicht erfolgreich waren und zurückgestellt wurden. Man kann daher mit Fug und Recht behaupten, dass es nur Buz zu verdanken ist, dass Diesels geniale Idee damals Wirklichkeit wurde. Ihm allein gebührt das Verdienst, Wegbereiter der großen Dieselschen Erfindung gewesen zu sein und diese ermöglicht zu haben. Diesel hat die entscheidende Rolle von Heinrich von Buz auch immer anerkannt und gewürdigt.

Noch vor den offiziellen Abnahmeversuchen durch Professor Schröter schreibt Diesel am 10. Februar 1897 an Heinrich von Buz voll Stolz und Dankbarkeit: *Es ist mir voll und ganz bewusst, dass ich soweit nur durch Ihre wohlwollende, sachgemäße und generöse Unterstützung kommen konnte; ebenso weiß ich, dass Sie in mich und meine Sache ein sehr großes Vertrauen haben mussten, um dieselbe*

so zu fördern, wie Sie es getan haben, um niemals, auch in dunklen Monaten, wo kein rechter Fortschritt zu bemerken war, die Geduld zu verlieren, sondern immer mit überlegener Weisheit und Erfahrung dem Ziele zuzusteuern [...] Auch Ihrer verehrten Frau Gemahlin spreche ich hiermit meinen wärmsten Dank aus für die Gastfreundschaft, welche ich in Ihrem Hause genoss und die oft gehörten freundlichen Aufmunterungen und Ermahnungen zur Geduld, die mir immer sehr zu Herzen gingen und die dazu beitrugen, mich durch die oft schweren Zeiten der Versuche hindurchzuringen.

In der Hauptversammlung des VDI am 16. Juni 1897 in Kassel konnte Rudolf Diesel erstmals in aller Öffentlichkeit über die erfolgreiche Erprobung seines Motors voller Stolz berichten, im Beisein seines Förderers Heinrich von Buz und Professor Schröter.

TECHNISCHE PROBLEME 1898/1899

Leider zeigte sich bald, dass die Entwicklungsarbeiten am Motor noch nicht abgeschlossen waren und sich manche betrieblichen Probleme bei den ersten an Kunden gelieferten Motoren einstellten. Der erste Kunden-Motor wurde am 15. März 1898 bei der Vereinigten Zündholzfabrik in Kempten in Betrieb genommen. Dieser wie auch der zweite an die Fa. Rugendas in Augsburg gelieferte Motor verursachten noch erhebliche Probleme, die nur nach und nach durch großen Einsatz der Monteure und Ingenieure der Maschinenfabrik Augsburg behoben werden konnten.

Der dritte in diesem Jahr gelieferte Motor wurde mehrmals auf Ausstellungen gezeigt wie in München und Paris, war dann viele Jahre im Werk im Einsatz und steht heute zur Begrüßung der Besucher im Eingangsbereich des MAN-Diesel-Verwaltungsgebäudes.

Bis 1899 wurden insgesamt sieben Dieselmotoren gebaut, neben den Versuchsmotoren auch vier Kundenmotoren. Um korrekt zu sein, müsste man noch einen weiteren Versuchsmotor anführen, den sogenannten Verbundmotor oder „Compound-Motor“, wie er genannt wurde. Dieser war ein Dreizylindermotor mit zwei Hochdruck- und einem Niederdruckzylinder. Der Motor wurde nach einigen Versuchsläufen verschrottet, da sich die Konstruktion als Irrweg herausstellte.

Für Heinrich von Buz begann nochmals eine schwere Zeit, um diese Anfangs-Probleme zu lösen und letztendlich den Dieselmotor verkaufsfähig zu machen. Hierbei hatte er hervorragende Unterstützung durch

den Oberingenieur Joseph Vogt und Imanuel Lauster, der später Vorstandsvorsitzender der MAN wurde. Vor allem sind die zwei Probestandsmonteure Hans Linder und Friedrich Schmucker zu erwähnen, die sich durch ihre Fachkenntnisse und ihren Einsatz große Verdienste erworben haben. Diesel selbst beteiligte sich in dieser Phase wenig an den anstehenden Arbeiten, da er im Jahre 1898 schwer erkrankte, mehrere Monate arbeitsunfähig war und im Sanatorium weilte. Die riesige Arbeitslast, die an ihm zerrte und die nervliche Belastung und Überarbeitung hatten seinen Gesundheitszustand derartig verschlechtert, dass er fürchtete, all seinen vielfältigen Aufgaben nicht mehr gewachsen zu sein.

„ALLGEMEINE GESELLSCHAFT FÜR DIESELMOTOREN“ 1898

So entstand der Gedanke eine besondere Gesellschaft zu gründen, die seine bisherigen Aufgaben übernehmen sollte. Mit ihr wollte er sicherstellen, dass einerseits seine bisherigen Aufgaben weitergeführt wurden, andererseits aber auch die Versorgung seiner Familie gewährleistet würde. Diesel schrieb am 16. Juli 1898 an Krupp: *Ich bin zu der Einsicht gekommen, dass meine Kräfte allein zu einer richtigen und sachgemäßen Bewältigung der Geschäfte nicht mehr ausreichen. Meine Bestrebungen, derselben Herr zu werden, haben nur zu einer bedeutenden Erschütterung meiner Gesundheit geführt, und trotzdem bin ich immer wieder von meinem einzigen Lebensziel der technischen Vervollkommnung meiner Motore, und der Durchführung weiterer Versuche abgehalten worden.*

Ich bin deshalb den wiederholt an mich gelangten Anforderungen, meine sämtlichen Motorunternehmungen zu einer Gesellschaft zu vereinigen, welche ich bisher stets abgewiesen hatte, doch näher getreten. Es liegt mir aber in erster Linie daran, dass die beiden Erschaffer meines Motors, welche von Anfang an Vertrauen in denselben hatten und keine Mittel scheuten, denselben auf seine heutige Höhe zu bringen, nämlich die „Maschinenfabrik Augsburg“ und „Friedrich Krupp, Essen“, mit meinen etwaigen Schritten einverstanden seien und möglichst Vorteile aus denselben ziehen.

Die Idee einer eigenen Gesellschaft hatte einen überraschenden Erfolg. Heinrich von Buz, Krupp, Berthold Bing, drei große Banken sowie mehrere Finanzleute gingen auf den Vorschlag ein und gründeten am 17. September 1898 die „Allgemeine Gesellschaft für Dieselmotoren AG“ in Augsburg.



Rudolf Diesel,
Heinrich Ritter von Buz
und Prof. Moritz Schröter
(VDI Hauptversammlung
am 17. Juni 1897
in Kassel)

Berthold Bing war Hopfengroßhändler in Nürnberg und Geschäftspartner des Bierbrauers Adolphus Busch in St. Louis, USA. Er machte Busch auf diese Motor-Neuentwicklung aufmerksam und dieser schloss daraufhin im Oktober 1897 mit Rudolf Diesel einen Lizenzvertrag für USA und Canada ab. Somit wurde der Bierbrauer Busch zum frühen Wegbereiter des Dieselmotors in Nordamerika.

Diese neue „Allgemeine Gesellschaft für Dieselmotoren AG“ in Augsburg sollte eine Dachgesellschaft werden, die alle Interessen des Dieselmotorengeschäftes koordinierte und wahrnahm. Die „Allgemeine“, wie sie abgekürzt hieß, war kein Unternehmen, das entwickelte und produzierte, sondern ausschließlich zum Erwerb und zur Nutzung der Rechte Rudolf Diesels gegründet worden.

Diesel brachte seine gesamten Aktien, Beteiligungen und Rechte am Dieselmotor in die neue Gesellschaft ein und erhielt dafür einen Betrag von 3,5 Millionen Mark, der dem Grundkapital der „Allgemeinen“ entsprach. Der Erfinder erhielt nur 1,25 Millionen Mark in bar, die Restsumme wurde mit Aktien der „Allgemeinen“ bezahlt.

Für Diesel war die Gründung dieser Gesellschaft zunächst die Befreiung und Erlösung von einer seelisch wie körperlich untragbar gewordenen Last. Andererseits hatte er hiermit alle seine Rechte aufgegeben und konnte nur in seiner Eigenschaft als Aktionär und Delegierter der Gesellschaft und Mitglied des Aufsichtsrates einen unmittelbaren Einfluss auf die Entwicklung ausüben. Die Gesellschaft übernahm auch das Ingenieurbüro Diesels, das von München nach Augsburg umzog, dort aber weiter unter seiner Leitung stand. Nach Ablauf der beiden Grund-Patente war die Aufgabe der „Allgemeinen“ erfüllt. In der Hauptversammlung vom 21. Februar 1910 wurde die Liquidation der Gesellschaft beschlossen. Ihre Auflösung erfolgte mit Abschluss der Hauptversammlung am 27. Februar 1911.

DIESELMOTORENFABRIK 1898

1898 entstand eine weitere Dieselmotoren-Firma in Augsburg, an der Rudolf Diesel beteiligt war, die Dieselmotorenfabrik Augsburg AG. Deren Entstehung erklärt sich aus der erfolgreichen Entwicklung des neuen Motors. Diese Begeisterung hatte in der Industrie und allen interessierten Kreisen weltweit ab Mitte 1897 ihren ersten Höhepunkt erreicht. Man kann diesen datieren auf den 17. Juni 1897, der bereits erwähnten VDI-Hauptversammlung in Kassel, bei der Diesel den Motor ausführlich vorstellte und Professor Schröter von den erfolgreichen Probeläufen bei der Maschinenfabrik Augsburg berichtete. Viele wollten nun an einem möglichst scheinenden Erfolg teilhaben. So muss wohl auch das Verhalten von Augsburger Bankiers verstanden werden, die in unmittelbarer Nähe des Geschehens lebten und arbeiteten: Die beiden Bankhäuser P.C. Bonnet und August Gerstle hatten sich im Herbst 1897 mit Rudolf Diesel in Verbindung gesetzt, um ihm die Gründung einer Fabrik für Dieselmotoren vorzuschlagen.

Diese Möglichkeit bot sich an, da die Maschinenfabrik Augsburg erklärt hatte, wegen ihrer anderen Aktivitäten Dieselmotoren nur im beschränkten

Umfang bauen und liefern zu können. Mit dem zweiten Unternehmen in Augsburg, der Firma Riedinger, liefen schon seit Mai 1897 Lizenzverhandlungen, die aber erst im März 1898 zum Abschluss führten. Aber auch hier lagen die Verhältnisse ähnlich wie bei der Maschinenfabrik Augsburg. Man glaubte, nur einen Teil der Kapazität dem Bau dieses neuen Motors zur Verfügung stellen zu können. So drängten die beiden Bankiers Diesel und überzeugten ihn schließlich, eine eigene Dieselmotoren-Fabrik in Augsburg zu gründen und zu betreiben. Unterstützung fanden sie dabei auch in Diesels einflussreichem Vetter Christian Diesel, der ein in Augsburg ein hoch angesehen Kaufmann und zeitweise auch Präsident der örtlichen Industrie- und Handelskammer war. Sie alle sahen offenbar einen sich abzeichnenden Boom für Dieselmotoren.

Die Gründer der neuen Firma waren die beiden Bankiers Carl Schwarz und August Gerstle, Robert Jansen, Rudolf Diesel und sein Vetter Christian Diesel. Sie bildeten auch den ersten Aufsichtsrat. Die Maschinenfabrik Augsburg und ihr Leiter Heinrich von Buz bereiteten der Gründung der Dieselmotorenfabrik Augsburg keine Schwierigkeiten. Die Maschinenfabrik Augsburg hätte, wenn sie den Wettbewerb der neuen Fabrik fürchtete, die Gründung leicht verhindern können. Denn ohne die Zustimmung des Konsortiums Maschinenfabrik Augsburg und Krupp, das die Rechte für Deutschland besaß, war eine Lizenzvergabe an die neue Firma nicht möglich.

Die Gesellschaft wurde am 1. Februar 1898 eingetragen. Von dem Aktienkapital von 1,2 Millionen Mark wurden 550.000 Mark durch das Bankhaus Bonnet gezeichnet, der Rest von den anderen Gründern zu gleichen Teilen eingelegt. Als Vorstand fungierten die Herren Max Behrisch und Emil Krüger. Diese unterzeichneten am 15. April 1898 den Lizenzvertrag mit der Maschinenfabrik Augsburg, dem Krupp am 22. April beitrug.

Als Fabrikationsstätte kaufte man die stillgelegte Fabrik einer Augsburger Mühlenbau-Firma, die der Zahnradfabrik Augsburg, vormals Johann Renk, gehörte und begann mit der Fabrikation in der Flurstraße.

An Aufträgen fehlte es zunächst nicht. In einem Schreiben an die Maschinenfabrik Augsburg vom Oktober 1898 berichtete die Dieselmotorenfabrik Augsburg von sieben Aufträgen. Der erste gelieferte Motor versagte nach Inbetriebnahme beim Kunden jedoch

völlig, obwohl er im Werk beim Probelauf einwandfrei lief. Die Dieselmotorenfabrik musste ihn zurücknehmen. Ebenso ging es mit den anderen dort gebauten Motoren. Das Ansehen der Fabrik sank durch diese Misserfolge rapide.

REAKTIONEN

Heinrich von Buz war über die Misserfolge des Unternehmens sehr aufgebracht. Am 14. Dezember 1900 sandte er an Rudolf Diesel ein Schreiben, darin heißt es u.a.: *solange solch' erbärmlich ausgeführte Motoren wie in Breslau, Pensa, Arad etc.. nicht aus der Welt geschafft sind, werden dieselben für die ganze Diesel-Sache ein stetiger Hemmschub bleiben und es ist sehr zu beklagen, dass hierdurch insbesondere der Konkurrenz Mittel in den Händen belassen werden, die Diesel-Sache mit Erfolg anzufechten. Ich bitte mir nicht zu verübeln, wenn ich mir die Bemerkung erlaube, dass ich an Ihrer Stelle alle diese Motoren auf eigene Kosten umtauschen würde.*

Das gut gemeinte Vorhaben, mit einer ausschließlich zum Bau von Dieselmotoren ausgerichteten Firma den Markt besser bedienen zu können, musste als gescheitert betrachtet werden. Schwerwiegender war der damit verbundene Imageverlust für den Dieselmotor in dieser Anfangsphase. Der Bau von Dieselmotoren wurde im Juli 1900 bei der Dieselmotorenfabrik eingestellt, die Firma geschlossen.

AUFTRAGSLAGE FÜR DIE MAN

Bei der Maschinenfabrik Augsburg hingegen, die inzwischen mit der Maschinenbau-Actien-Gesellschaft Nürnberg fusioniert hatte, aber sich erst ab 1908 M.A.N. nannte, liefen die Dieselmotoren-Geschäfte ab dem Jahre 1901 immer besser. Waren es in diesem Jahr noch 17 Neubestellungen, so konnten im Jahr darauf bereits 81 Aufträge verbucht werden. In den folgenden Jahren bis 1913 stieg die jährliche Fertigung auf bis zu 207 Motoren pro Jahr in 1909. Im Jahr 1902 erhielt die M.A.N. den Auftrag für das erste schlüsselfertige Diesel-Kraftwerk der Welt, das am 12. Mai 1904 mit vier Dieselmotoren zu je 400 PS in Kiew in Betrieb ging, kurz darauf erweitert wurde und im Jahre 1912 um ein zweites Kraftwerk ergänzt wurde. Eines der beiden Kraftwerke war bis 1955 in Betrieb.

Die Erwartung von Rudolf Diesel und Heinrich von Buz, dass der Dieselmotor die Dampfmaschine erset-

zen würde, erfüllte sich in Augsburg sehr schnell. Der Dampfmaschinenbau in Augsburg wurde schon im Jahre 1908 aufgegeben und nach Nürnberg verlagert.

Rudolf Diesel konzentrierte sich ab Mitte 1897 mehr und mehr auf die Verbreitung seines Motors durch Ausweitung seines Lizenzgeschäftes. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte Diesel in den Jahren 1893 und 1894 – also noch vor Durchführung seiner Versuche bei der Maschinenfabrik Augsburg – bereits vier Auslandsverträge abgeschlossen. Es waren Verträge mit Krupp für Österreich-Ungarn, mit Sulzer für die Schweiz, mit Dyckhoff für Frankreich und mit Carels Freres für Belgien.

AUSLANDSLIZENZEN

Im März 1897, als die Kunde über erfolgreiche Motor-Erprobungen in Augsburg sich weltweit verbreitete, schloss Diesel einen Vertrag mit der Firma Mirrlees, Watson & Yaryan in Glasgow ab, die auch sofort den Bau eines Motors begannen. Dieser Motor wurde nach Augsburger Zeichnungen gebaut und etwa gleichzeitig mit dem „Kemptener“ Motor der Maschinenfabrik Augsburg fertig. Die Tests fanden im April 1898 statt. Er gilt somit als der erste im Ausland gebaute Dieselmotor.

Den für ihn lukrativsten Vertrag schloss Diesel im Oktober 1897 mit Adolphus Busch für Nordamerika ab. Busch war 1857 aus Mainz stammend in die USA eingewandert und wurde später in St. Louis Mitbegründer der weltbekannten Anheuser-Busch-Bierdynastie. Wie bereits vorher erwähnt, erfuhr Busch Anfang 1897 von Diesels Motorversuchen in Augsburg. Nach monatelangen Erkundigungen und Verhandlungen, bei der die Maschinenfabrik Augsburg auch eine entscheidende Rolle spielte, kam der Vertrag zustande. Für die Nordamerika-Lizenz erhielt Rudolf Diesel eine Million Mark in bar ausbezahlt.

Weitere bemerkenswerte Verträge wurden 1898 abgeschlossen. Schon am 28. Januar hatte Diesel den Vertrag mit Burmeister & Wain, Dänemark unterschrieben. Im April folgte die Vereinbarung mit der Maschinenfabrik Ludwig Nobel, St. Petersburg, für Russland. Allein bis Ende 1898 konnten insgesamt 23 Lizenzverträge abgeschlossen werden. Das dadurch immer größer werdende Netzwerk von Dieselmotoren-Herstellern im Ausland, aber auch den stetigen Aufschwung bei MAN hätte Rudolf Diesel sicher mit Genugtuung verfolgt. Bis

zum Jahre 1913, dem Todesjahr Diesels, wurden bereits in 12 Ländern Dieselmotoren gebaut mit einer Gesamtleistung von rund 1,7 Millionen PS.

Wenige Monate vor seinem Tod hat Rudolf Diesel in einem Brief an Heinrich von Buz dessen Anteil an der Entstehung des Dieselmotors gewürdigt. Als Buz in den Ruhestand ging, sprach Diesel ihm seine *unendliche Dankbarkeit* für die Unterstützung aus, er schrieb u. a.: *Sie haben nicht nur als Erster die Bedeutung meiner Erfindung erkannt, sondern auch während der Schöpfungszeit der Maschine unbeirrt durch fast unüberwindbar erscheinende Schwierigkeiten daran festgehalten, meine Maschine durch alle Anfechtungen hindurch in die Praxis einzuführen und sie auf ihre heutige Bedeutung zu bringen.*

Buz trat am 30. Juni 1913 im Alter von 80 Jahren in den Ruhestand und verstarb 1918.

Weltweit werden heute im Jahr etwa 25 Millionen Dieselmotoren für unterschiedlichste Anwendungen hergestellt.

400 Jahre Astronomie mit dem Fernrohr und 400 Jahre Entdeckungen am Saturn

Prof. Dr. Matthias Risch, Hochschule Augsburg, Fakultät für Allgemeinwissenschaften

Im Jahr 2009 jährt sich Galileis erste Beobachtung des Himmels mit dem Fernrohr zum 400. Mal. Nach aufwändiger Recherche wurden die interessantesten Entwicklungen der Astronomie dieser Zeitspanne im Rahmen einer Ringvorlesung vorgestellt. Dies am Beispiel der Beobachtungen an einem beeindruckenden Objekt, dem Saturnring.

Mit Hilfe von Daten der Bayerischen Staatsbibliothek, des Archivs des Schweizer Naturwissenschaftlichen Vereins Zürich und des Stadtarchivs Augsburg (über die Geschichte der Welser) konnten einige neue Details der Astronomiegeschichte genau und lebendig rekonstruiert werden:

- Das Fernrohr wurde in den Niederlanden um das Jahr 1608 möglicherweise mit Hilfe spielender Kinder entdeckt.

- Nachdem Galilei als erster die besondere Form des Saturns beobachtete, hat er die Ringe nicht als solche erkannt und berichtete daher über seine Entdeckung im Form eines Worträtsels.
- Sir Ch. Wren hat seine Ideen über seine Beobachtungen des Saturns in das architektonische Konzept einer Kirche einfließen lassen.
- Der Saturnmond Enceladus wurde wahrscheinlich nicht von W. Herschel, sondern von Lucretia Karoline Herschel entdeckt.
- Bond's Idee eines dynamischen Ringsystems in ständigem, nicht voraussehbarem Wandel war 1850 völlig neu und ein erster Anklang der Chaos-Theorie späterer Zeiten.

Der gesamte Vortrag ist im Shaker Verlag (Aachen) 2009 erschienen (ISBN 978-3-8322-8068-0).



Ansprechpartner:

Prof. Dr. Matthias Risch

Hochschule Augsburg

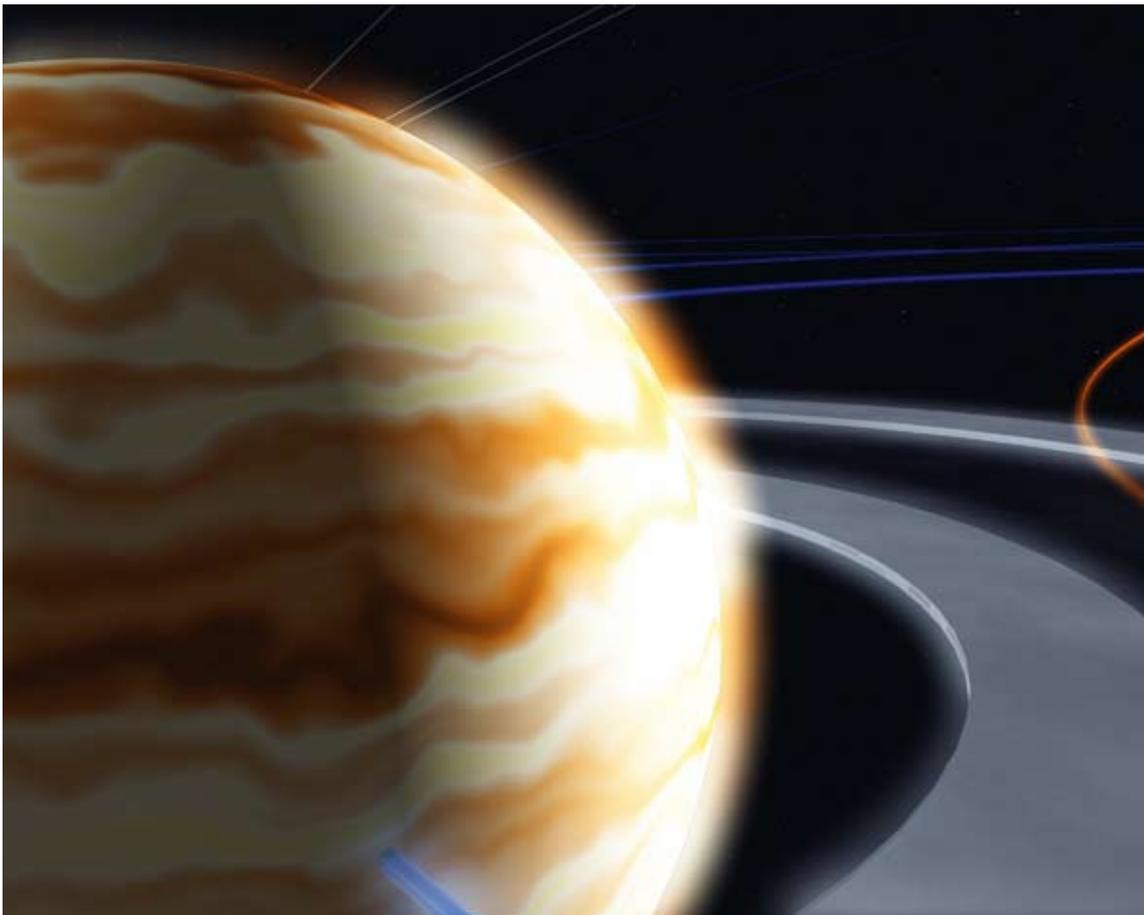
Fakultät für
Allgemeinwissenschaften
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3304,
-3301

Telefax: (+49) 821 5586-3310
matthias.risch@hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Langzeitstabilität und
Temperaturkompensation von
Sensoren, Lärmschutz (im
Hochbau DIN 4109 –
im Städtebau DIN 18005),
Raumakustik – Bauakustik,
Fachdidaktik Mathematik und
Physik, „Elektronik“ und „Praxis
der Naturwissenschaften“



Forschungsbericht – Embedded World 2008 – Embedded Linux

Prof. Dr.-Ing. Hubert Högl, Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik



Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing.
Hubert Högl

Hochschule Augsburg
Fakultät für Informatik
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3195
Telefax: (+49) 821 5586-3499
hubert.hoegl@hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Embedded Linux, Open-Source
Softwareentwicklung

Im vergangenen Jahr habe ich zunächst eine Reihe von bewährten Projekten in verbesserter Form wieder auf der Messe Embedded World 2008 in Nürnberg einem größeren Publikum gezeigt. Der Aufbau der Infrastruktur für meine neue Veranstaltung Embedded Linux hat dann ab dem Sommer den Rest meiner Zeit für angewandten Forschung und Entwicklung dominiert.

1. EMBEDDED WORLD

Ende Februar habe ich zum dritten Mal in Folge die Möglichkeit genutzt, auf dem Gemeinschaftsstand der TU Dresden unter dem Motto „Forschung für die Zukunft“ [1] auf der Messe „Embedded World“ in Nürnberg gelungene Projekte aus dem Bereich der technischen Informatik vorzustellen. Bei den Exponaten handelte es sich um alte Bekannte, den *OpenOCD* Debugger für ARM Prozessoren, den *USBprog* Programmieradapter, dem *Octopus I/O* Modul und dem *Tiny-CAN* Adapter der als Brücke von USB auf den CAN Feldbus dient. Alle vier Produkte sind bei mir in den letzten fünf Jahren bei Diplomarbeiten oder Semesterprojekten entstanden und manche davon haben mittlerweile sogar ein bescheidenes kommerzielles Eigenleben begonnen.

Die folgende Abbildung zeigt unser diesjähriges Standposter mit den Exponaten:

1.1. OPENOCD

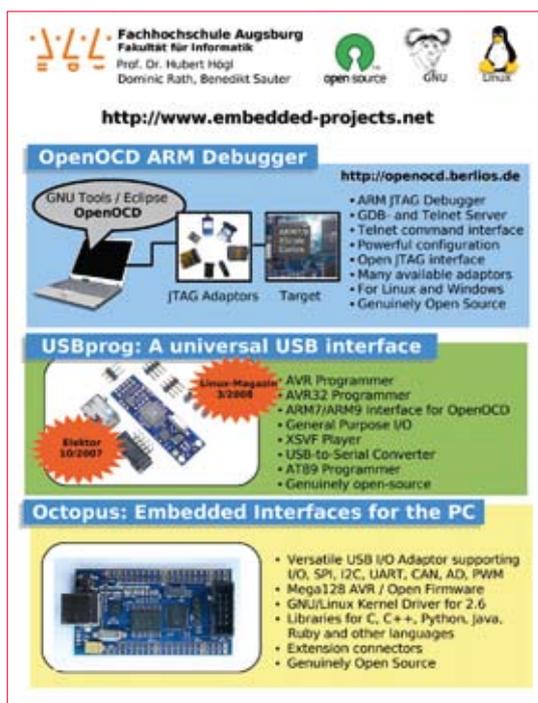
Der *OpenOCD* Debugger [2] von Dominic Rath ist mittlerweile ein etabliertes freies Projekt zum Debuggen von Prozessoren mit ARM7-, ARM9- und Cortex-Kern und einer Reihe verwandter Typen. Die drei Messtage habe ich unter anderem dazu benutzt den Besuchern zu zeigen, wie man ein ARM-Board mit dem OpenOCD für die üblichen Operationen beim Entwickeln verwendet wie Übertragen eines Programmes in das RAM, Fehlersuche und Flashen. Dabei ist es mir besonders wichtig zu demonstrieren, dass dazu nur einige elementare Kommandozeilen-Werkzeuge aus dem GNU Projekt notwendig sind, wie der GNU Compiler (GCC), GNU Debugger (GDB) und ein gewöhnlicher Editor.

Das folgende Bild zeigt ein handelsübliches Board mit einem Atmel ARM7 und in der linken oberen Ecke den OpenOCD USB-zu-JTAG Adapter [3]. Von diesen Adaptern gibt es mittlerweile eine Vielzahl von freien und kommerziellen Varianten, die alle aus meinem freien Ur-Prototyp entstanden sind.

Der OpenOCD ist bei der Entwicklung mittlerweile (leider) losgelöst von unserer Hochschule. Vielleicht findet sich irgendwann wieder ein(e) engagierte(r) Entwickler(in) unter den Studenten. Als Anwender teste ich natürlich häufig neue Versionen und auch die Verwendung bei der Ausbildung in meinem Labor für Rechnertechnik ist etabliert.

1.2. USBPROG

Durch Artikel über den USBprog [4] in den weit verbreiteten Zeitschriften *Elektor* und *Linux Magazin* war das Interesse an dem vielseitigen Programmieradapter sehr gross. *Elektor* hatte einen eigenen Stand in einer anderen Halle und brachte uns mehrere Schachteln mit einer Gratisausgabe des betreffenden Heftes vorbei, was natürlich viele zusätzliche Interessenten anlockte. Der USBprog-Schöpfer Benedikt Sauter hat zur Messe ein paar neue Einsatzmöglichkeiten demonstriert, z.B. die Ansteuerung der JTAG Schnittstelle eines AVR32 Prozessors zum Download des Flash-Speichers, die Konfiguration eines Xilinx FPGAs und auch die Ansteuerung eines Funkmoduls.



Das Standposter.

1.3. OCTOPUS

Den *Octopus* [5] sieht man unten auf dem Poster. Er stammt auch von Benedikt Sauter und verwendet deshalb die gleiche Anbindung an den USB Bus wie der USBprog, jedoch kommt der grössere Atmel AVR Controller AT90CAN128 zum Einsatz. Mit diesem Aufbau zielten wir auf die Anwendung als universelles Ein-/Ausgabemodul ab, das über USB vom PC aus alle gängigen Schnittstellen wie z.B. GPIO, SPI, I2C, CAN, A/D, D/A und UART ansteuern kann. Auf dem PC gibt es freie Software mit der man in verschiedenen Programmiersprachen auf die Schnittstellen des Octopus zugreifen kann, zur Zeit sind das die Sprachen C, C#, Java, Python und Ruby. Dadurch ist der Octopus ein nützlicher Helfer für viele Neugierige, die Wege aus ihrem PC suchen um Experimente in der technischen Informatik und Elektrotechnik machen möchten.

1.4. BILDER VOM STAND

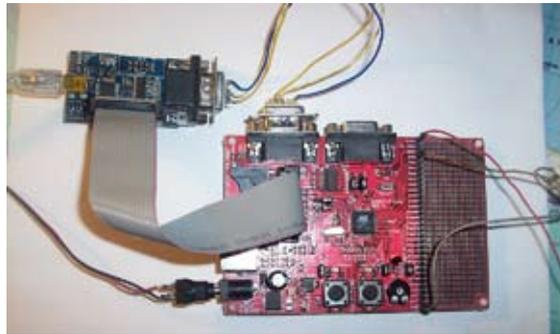
2. EMBEDDED LINUX

Länger schon trug ich die Idee mit mir herum, eine Lehrveranstaltung zum Thema *Embedded Linux* [6] aufzubauen. Man versteht darunter den Einsatz des Linux Betriebssystems nicht auf PCs, sondern auf „kleinen“ und preiswerten Mikrocontroller-Boards, die meist *keinen* x86 Prozessor haben, sondern üblicherweise einen ARM-, MIPS-, PowerPC- oder AVR32-Kern. Die Rechenleistung der oft mit etwa 100 bis 400 MHz getakteten 32-Bit Controller ist mehr als ausreichend, um ein ausgewachsenes Betriebssystem wie Linux samt Applikationen auszuführen, dabei ist die Leistungsaufnahme meist kleiner als ein Watt. Auch die Akzeptanz in der Konsumgüterelektronik und bei industriellen Anwendungen hat in den letzten Jahren rasant zugenommen.

2.1. DAS NETWORK GATEWAY

Durch die stetig steigende Rechenleistung bei der Hardware bei gleichzeitig fallenden Preisen entschloss ich mich letzten Sommer, das Vorhaben in die Praxis umzusetzen. Ausschlaggebend war unter anderem die günstige Bezugsquelle des Boards „Network Gateway NGW100“ des Herstellers Atmel - im Rahmen eines Hochschulprogrammes kann ich diese Boards zur Ausbildung zum halben Preis für etwa 50 Euro beziehen.

Das Network Gateway von Atmel mit AVR32 Mikrocontroller: Es ist mit 32 MByte RAM, 8 MByte Flash, einer SD-Kar-



tenfassung, zwei Ethernet Schnittstellen und vielen an Steckern herausgeführten Ein-/Ausgabepins ideal für Linux geeignet.

Durch diesen günstigen Preis angespornt, kaufen sich viele Studenten diese Boards um neben dem Labor auch Experimente zu Hause durchzuführen.

2.2. VOM BOARD ZUM ENTWICKLUNGSPLATZ

Mit der Anschaffung der Boards war es aber noch nicht getan. Die Rechnerplatine (das „Target“) muss über mehrere Schnittstellen an einen Entwicklungsrechner (der „Host“) angeschlossen werden, die unbedingt erforderlichen sind die serielle Schnittstelle, Ethernet und USB. Zur Fehlersuche sehr nützlich ist auch ein JTAG Debugger der meist über USB vom Host aus an den JTAG-Port des Targets angeschlossen wird. Das Betriebssystem, die Anwendungsprogramme und Treiber werden alle auf dem Host cross-kompiliert und über eine der Schnittstellen auf das Target übertragen. Das folgende Foto zeigt einen kompletten Arbeitsplatz,



Unser Stand gegen Mittag, jetzt (wie meist) mit vielen interessierten Besuchern.

Der OpenOCD JTAG Adapter [2] ist über das Flachbandkabel mit dem ARM Target verbunden. Der Adapter bietet ausserdem noch eine serielle Schnittstelle (UART), die über die drei einzelnen Drähte verbunden sind.



Embedded World 2008, Benedikt Sauter früh am Morgen. Stand, davor die Glasvitrine mit den Exponaten.

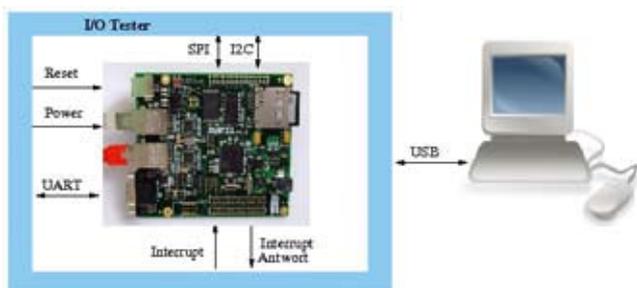


Eine Arbeitsplatz für Experimente mit Embedded Linux.

man sieht im Kasten oben in der Mitte das Target, unten den JTAG Debugger (blaues Gehäuse mit LEDs) und rechts einen USB Hub. Am Host-Rechner wird lediglich ein freier USB Port und ein freier Ethernet Port benötigt.

Auf der linken Seite im Kasten ist eine zusätzliche nützliche Komponente, die ich *I/O-Tester* genannt habe. Die Idee dazu entstand im Laufe der Zeit, als ich mir Experimente für praktische Übungen überlegt habe. Oft möchte man die in der Praxis bei eingebetteten Rechnern häufig genutzte Schnittstellen in Betrieb nehmen, dazu gehören UART, SPI, I2C und allgemeine digitale I/O-Pins. Zum Test ob die Datenübertragung klappt braucht man aber auch das Gegenstück. Es lag nahe einen Tester mit einem eigenen Mikrocontroller (einem AVR Mega8 oder Mega32) zu bauen, der das Gegenstück für die Schnittstellen des Targets bietet. Die folgende Abbildung stellt den Tester als blauen Rahmen um das Target dar.

Der Tester kann über einen USB Port beauftragt werden, Daten über eine Schnittstelle zum Target zu



Der I/O Tester.

senden oder vom Target zu empfangen. Später übernahm der Tester auch noch die praktische Funktion, das Target zurückzusetzen (Reset) und die Versorgungsspannung aus und ein zu schalten. Damit kann das Board in der Entwicklungsphase komplett ferngesteuert werden. Auch eine schnelle „Stoppuhr“ mit 50 Nanosekunden Auflösung wurde eingebaut, um die Latenzzeit von Interrupts zu messen. Bei dem NGW100 liegt diese Zeit übrigens um die 40 Mikrosekunden.

FAZIT

Bisher habe ich die Veranstaltung zweimal gehalten und dabei die aufgeräumte Natur der „Embedded Linux Kästen“ sehr geschätzt. Auch der I/O Tester ist sehr nützlich, da man viele Experimente demonstrieren kann, ohne die Verschaltung im Kasten zu ändern. Im Idealfall braucht man die Schutzplatte aus Plexiglas nie abzunehmen. Selbst das Drücken der Reset-Taste geht wie von Geisterhand.

Mittlerweile gibt es auch schon einen weiteren Kasten mit einem Target das einen Prozessor mit ARM926 Kern enthält. Das Grundprinzip mit dem I/O Tester ist jedoch gleich geblieben. Auch andere Targets aus meinem Labor, z.B. mit PowerPC und MIPS Prozessoren sollen auf die gleiche Art aufbereitet und zugänglich gemacht werden. Die Kästen werden übrigens platzsparend auf Schienen wie Bilder an die Wand gehängt werden.

3. WEITERE INFORMATIONEN

- [1] TU Dresden, „Forschung für die Zukunft“ <http://www.forschung-fuer-die-zukunft.de>
- [2] OpenOCD <http://openocd.berlios.de>
- [3] [OpenOCD Adapter <http://www.embedded-projects.net>
- [4] [USBprog <http://www.embedded-projects.net>
- [5] svn://svn.berlios.de/usbprog/trunk
- [6] Octopus <http://www.embedded-projects.net>, <http://octopususb.googlecode.com/svn/trunk>
- [7] [Embedded Linux <http://www.hs-augsburg.de/~hhoegl/elinux/elinux.html>, <http://www.avr32linux.org>

Vom Handy auf den Großbildschirm – Einsatzmöglichkeiten interaktiver Public Screens am Beispiel des xioSCREEN der HS Augsburg

Prof. KP Ludwig John, Hochschule Augsburg, Fakultät für Gestaltung
Andreas Romer M.A., Universität Augsburg, Lehrstuhl für Soziologie und empirische Sozialforschung

Electronic Public Screens sind heute fester Bestandteil urbaner Umgebungen. An zentralen Punkten der Innenstadt, in Einkaufszentren oder im Nahverkehr bieten sie Wartenden und Passanten Information, Werbung und Unterhaltung. Das Programmangebot folgt dabei den aus Printmedien oder Fernsehen bekannten Schemata. Ansätze, die auf direkte Einbindung des Publikums setzen, sind bisher nur vereinzelt bekannt, etwa, meist in verspielter Form, als Kunstprojekte oder Werbeaktionen. Dabei bietet gerade die Vernetzung von Handy und Großbildschirm neue Möglichkeiten, die derzeit – auch in ihren sozialen Implikationen – weitgehend unerforscht sind.

Im Themenschwerpunkt „mobile experience“ an der HS Augsburg wurde das Thema aufgegriffen und technisch wie inhaltlich weiterentwickelt. Der Prototyp wurde sozialwissenschaftlich evaluiert, im Rahmen einer Kooperation mit der Universität Augsburg. Die Ergebnisse flossen in eine groß angelegte Überarbeitung des xioSCREEN ein. Heute läuft er im Wirkbetrieb, während die Weiterentwicklung weiter voranschreitet.

Der Beitrag unternimmt den Versuch, gleichermaßen aus gestalterischer wie sozialwissenschaftlicher Sicht auf die Möglichkeiten des Mediums Public Screen in seiner interaktiven Variante aufmerksam zu machen und dabei über den Ansatz und Entwicklungsstand des xioSCREEN zu berichten. Auf diese Weise wollen wir auch die Fruchtbarkeit der interdisziplinären Zusammenarbeit von Sozialwissenschaft und Medienkonzeption belegen.

1. INTERAKTIVE PUBLIC SCREENS ZWISCHEN ÖFFENTLICHKEIT UND PRIVATHEIT

Da Public Screens häufig in urbanen Umgebungen anzutreffen sind, lohnt sich ein Blick auf eine besondere städtische Voraussetzung. Ein zentrales Charakteristikum städtischen Lebens ist nach Hans-Paul Bahrtdie Polarisierung zwischen distanzierter Öffentlichkeit (ständiger Kontakt mit Fremden) und intimer Privatheit (vgl. Bahrtd 1998: 83ff). Stadtbewohner bewegen sich in dieser Polarität: Sie versuchen, einerseits ihre Privatheit vor der Öffentlichkeit abzuschirmen, dabei gleichzeitig dem Anderen seine Privatsphäre zu lassen, und andererseits die Distanzierung zu überbrücken, ohne dabei die Distanzregeln zu verletzen. Dies geschieht durch Repräsentation (z.B. durch Kleidung) und die Stilisierung des

Verhaltens. Dazu gehören darstellendes Verhalten (z.B. Höflichkeit) und ein festgelegter Kanon dessen, worauf Fremde angesprochen werden können (z.B. Uhrzeit). Public Screens können diesen Kanon erweitern, indem sie über spezifische Inhalte verbinden oder selbst zum Gesprächsthema werden.

Allerdings neigen nach Bahrtd und Habermas (vgl. 1990: 238ff) moderne Großstädte zunehmend zum Verfall der Polarität zwischen Öffentlichkeit und Privatheit: Die Entlokalisierung von Ökonomie und Politik und die Entzentralisierung der Stadt (vgl. Herlyn 1998:18) führen zur Reduktion der traditionellen Funktionen des öffentlichen Raums zugunsten des Verkehrs und spezialisierter Orte wie z.B. Seniorenbegegnungsstätten oder Shopping-Malls. Public Screens können, richtig eingesetzt, sowohl das Profil spezialisierter Orte schärfen als auch gefährdete Funktionen des öffentlichen Raums stärken.

Für Public Screens sind zwei Merkmale charakteristisch: Ortsgebundenheit und Öffentlichkeit. Die Großbildschirme stehen fest an einem Ort, wenden sich an die dort anzutreffenden Personen und fügen sich mit ihren Inhalten mehr oder weniger in diesen Kontext ein. So wird der Public Screen (schon an sich ein eigener virtueller öffentlicher Raum) Teil eines physischen öffentlichen Raumes.

Der öffentliche Raum ist seinerseits, je nach seiner Definiertheit, mehr oder weniger mit den Personen in ihm verbunden. Ein zentraler Marktplatz wird eine größere Bandbreite unterschiedlicher Gruppen aufweisen als die Kantine eines Unternehmens. Mit der Standortwahl können also über Public Screens gewünschte Zielgruppen angesprochen werden, d.h. Orte können genutzt werden, um gewünschte Inhalte zu transportieren. Andererseits kann auch der Ort selbst bzw. die Präsenz der Menschen vor Ort zum entscheidenden Kriterium werden, so dass sie wegen ihrem Ortsbezug angesprochen werden. Hier unterstützt der Großbildschirm also den Ort, man könnte sogar sagen, der Ort selbst erhält eine Möglichkeit, sich über seine Architektur hinaus an die Menschen zu wenden.

Die Psychologie menschlicher Wahrnehmung ist für Medien von großer Bedeutung. Führt man sich die gegebenen Rezeptionsbedingungen vor Augen – kurze und zufällige Verweilspannen, flüchtiges und bruchstückhaftes Betrachten, Ablenkung durch Umgebungs-



Ansprechpartner:

Prof. KP Ludwig John

Hochschule Augsburg

Fakultät für Gestaltung
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3432
Telefax: (+49) 821 5586-3422

john@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Gestaltung interaktiver Medien



Abbildung 1: Public Screen auf dem Bahnhof Stuttgart

einflüsse – bleibt es weitgehend spekulativ, inwieweit gezeigte Inhalte vom Publikum wirklich wahrgenommen werden. Die Möglichkeit des direkten Interagierens mit dem System kann die Aufmerksamkeit der Nutzer weitaus stärker fordern. Die Interaktion bleibt dabei in der Regel auch öffentlich und damit für passive Interessenten im Umfeld gut beobachtbar.

Mobiltelefone sind für diese Interaktion gut geeignet, denn neben einem hohen Verbreitungsgrad verfügen sie über eine Vielzahl von ansprechbaren Kommunikationsschnittstellen und eigene Screens, die softwareseitig zur Darstellung auch von fremden Inhalten genutzt werden können. Gerade ihr Charakter als *privates Medium*¹ macht sie zu einer idealen Ergänzung des öffentlichen Mediums Public Screen.

Es entsteht eine neue Spielart der Beziehung zwischen Öffentlichkeit und Privatheit: Der öffentliche Raum wirkt, durch den Public Screen virtuell vermittelt, direkt oder mit Beteiligung des Benutzers auf dessen virtuellen privaten Raum (Mobiltelefon) ein.

Umgekehrt kann der Benutzer den Großbildschirm und damit einen Teil des öffentlichen Raumes beeinflussen. „In einer Stadt, die niemandem gehört, versuchen

¹ Zur Janusköpfigkeit des Mobiltelefons: Der private Charakter des Handys zeigt sich in seinen hochgradig personalisierten Eigenschaften wie Zugriffskennwort, individueller Gestaltung etc. Gleichzeitig erfüllt das Mobiltelefon auch öffentliche Funktionen: Als Statussymbol oder auch nur als Anlass, private Gespräche öffentlich zu machen (weiterführend z.B. Geser 2006; Hrjoth 2006).

die Menschen immerfort, Spuren von sich... zu hinterlassen“ (Sennett 1990: 261). Der Screen bietet eine Möglichkeit, diese Spuren – in der Analyse Sennetts: Graffiti – temporär oder dauerhaft zu hinterlassen, in einer kanalisiert Form des 21. Jahrhunderts, die anders als Graffiti (vgl. ebd.: 263) niemandem mehr Angst machen. Insofern ist die Existenz eines Public Screen-Ansatzes zu virtuellem Graffiti keine Überraschung: Via Handy können solche Graffiti auf spezielle Bildschirme „gesprayt“ werden (vgl. Marc Ecko Clothing). Im xioSCREEN-Prototyp bestand eine solche Spur im dauerhaften Verbleib eines Fisch-Avatars im Bildschirm-Aquarium.

Ihre Eigenschaft als mobile Telefone macht die Kommunikation mit den ortsbundenen Public Screens erst möglich und bildet darüber hinaus einen weiteren fruchtbaren Gegensatz, etwa als Ermöglichung des Mitnehmens übermittelter Informationen.

Die Frage ist, mit welchen Inhalten die skizzierten virtuellen öffentlichen und privaten Spielräume so gefüllt werden können, dass sie gleichermaßen dem Ort wie auch den dort anzutreffenden Zielgruppen angemessen sind. Dazu im Folgenden mehr.

2. DER xioSCREEN

Das xioSCREEN-Projekt beschäftigt sich mit prototypischen Umsetzungen und der Erprobung von Anwendungskonzepten für öffentlich aufgestellte Großbildwände, mit denen Passanten über ihr eigenes Mobiltelefon interagieren können.

2.1 TECHNIK

Die meisten der aktuell im Einsatz befindlichen vernetzten Großbildsysteme im öffentlichen Raum werden nach dem *broad cast* Prinzip betrieben: Die Erstellung der Inhalte erfolgt an zentraler Stelle. Deren Anzeige läuft ohne Unterscheidung nach konkretem Standort oder Publikumssituation, einem fixen Zeitraster folgend. Einflussnahme seitens des Publikums auf Ablauf oder Inhalt des Gezeigten ist dabei nicht möglich.

Im xioSCREEN-Projekt wurde eine technische Lösung konzipiert und realisiert, die auf die zunehmende Verbreitung leistungsfähiger Mobiltelefone und deren technische Standards setzt. Die Datenkommunikation erfolgt über Bluetooth oder WLAN, technischen Standards also, die in modernen smart phones zur Grund-

ausstattung gehören. Hieraus resultiert eine große Palette von Interaktionsmöglichkeiten für die Nutzer, die weit über etwa den Versand von SMS zum Zwecke des Votings hinaus reicht.

Voraussetzung für die Nutzung des Angebots ist die Installation einer ca. 500 kB großen Java-Anwendung auf dem eigenen Mobiltelefon, die man entweder drahtlos direkt am Screen oder über das Internet beziehen kann. Sie regelt die Datenkommunikation mit dem System und ermöglicht Zugriff auf die einzelnen Anwendungen.

2.2 INHALTE

Um zu überprüfbareren Ergebnissen zu kommen, wurde der erste Prototyp des xioSCREEN für einen ganz konkreten Ort konzipiert, den Eingangsbereich der Mensa. Die hier täglich zusammen kommenden Personen sind als Zielgruppe gut eingrenzbar. Die angebotenen Programminhalte können somit spezifisch zugeschnitten werden. Begleitaspekte wie Frequentierung des Ortes nach Tageszeit, Aufenthaltsdauer und Nutzerinteressen lassen sich relativ gut ermitteln und in die Konzeptionierung mit einbeziehen.

Insbesondere die Möglichkeit der kontinuierlichen und kostengünstigen Zweiwege-Kommunikation zwischen xioSCREEN und Anwender lässt an ortsbezogene Spiele oder auch Web 2.0-ähnliche Angebote denken, die die Nutzer als aktiv Beitragende mit einbeziehen.

In der ersten xioSCREEN-Version wurden exemplarisch drei Anwendungen entwickelt, die verschiedene Ansätze verfolgen und damit ganz unterschiedliche Funktionen erfüllen sollen:

1. Virtuelles Aquarium, später weiter entwickelt zu „Makai – friss dich bunt!“, ein Langzeitspiel, bei dem der Nutzer auf seinem Handy einen Fisch generiert, ihn ernährt und trainiert und nach ein paar Tagen als Avatar ins Aquarium auf dem Screen entlässt, wo er ihn immer wieder besuchen kann. Durch die längere temporäre Ausrichtung dieser Anwendung sollte das Element des wiederkehrenden Benutzers angesprochen werden. Er bekommt durch seinen „Fisch“ einen zusätzlichen Ortsbezug.

2. Der Informationsteil bietet Zugriff auf Veranstaltungshinweise, Wegweisungen und Öffnungszeiten bestimmter Verwaltungseinrichtungen, also Informationen, die für die spezifische Zielgruppe vor Ort von



Abbildung 2: Bedienung vom Handy aus

Interesse sind. Diese Informationen können sowohl am Screen eingesehen oder auch in komprimierter Form aufs Handy heruntergeladen und zum späteren Betrachten mitgenommen werden. Der Screen dient hier zur schnellen Verbreitung praktisch relevanter, ortsbezogener Informationen, die selbst jedoch portabel werden. Der Benutzer kann auf dem Weg zu seinem Ansprechpartner die Wegweisung auf dem Handybildschirm mitnehmen.

3. TugWar, ein **Kurzzeitsspiel** von circa 90 Sekunden Dauer. Es treten 2 spontan gebildete Teams gegeneinander an und lösen Knobelaufgaben. Diese Anwendung zielt auf die Steigerung der Attraktivität des Ortes. So könnte eine Erhöhung der Verweildauer erreicht werden. Während die Informationsfunktion durch ihre Nützlichkeit eher die Berufs- bzw. Studententätigkeit der Benutzer unterstützt, wird hier der Freizeitcharakter des Screens getestet.

Es stellte sich die Frage, wie diese drei unterschiedlichen Anwendungen über den gleichen Screen am besten anzubieten seien. Wichtig war dabei, die Palette der zur Verfügung stehenden Angebote immer vollständig dem Publikum sichtbar zu machen und mehrere Interaktionen parallel zu ermöglichen. Internetähnliche

Konstruktionen, basierend auf einer Anzahl von Hyperlinks, die dann zu einem Full-Screen-Angebot führen, erfüllten diese Anforderungen nicht. Die sequenzielle Anzeige der Inhalte, einem festen Zeitschema folgend, würde zu Wartezeiten und Frustration beim potentiellen Nutzer führen und schied ebenfalls aus.

Für die erste Fassung des Prototyps wurde deshalb eine feste Einteilung der zur Verfügung stehenden Screenfläche in drei extreme Querformate gewählt, deren Höhen in Anlehnung an den Goldenen Schnitt definiert wurden. Die einzelnen Teilanwendungen haben so ihren festen Platz auf dem Screen und sind permanent simultan verfügbar.

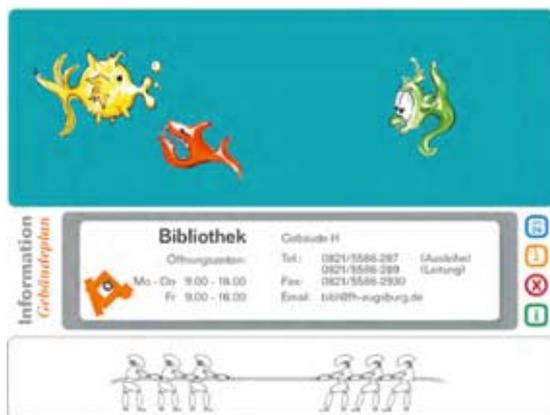


Abbildung 3: Screenshot der evaluierten Version

3. SOZIALWISSENSCHAFTLICHE EVALUATION

Die erste Testversion des Systems wurde Anfang 2007 in Probetrieb genommen. Dies bot Gelegenheit zu einer Akzeptanzstudie, die von einem Soziologenteam der Universität Augsburg unter der Leitung von Andreas Romer durchgeführt wurde.

Die Projektgruppe schöpfte dabei aus dem Fundus sowohl der quantitativen als auch der qualitativen empirischen Sozialforschung. Mittels Fragebogen wurden im Sinne einer Pilotstudie interessierte HS-Studenten nach ihren Vorkenntnissen und Erwartungen den Public Screen betreffend und den Eigenschaften ihrer Handys befragt, um das Ausmaß des Vorhandenseins der technischen Voraussetzungen zur Nutzung des xioSCREENs zu klären. In einem zweiten Schritt wurden einige von ihnen gebeten, die Bedienbarkeit der Technik unter Laborbedingungen zu testen. Dabei waren sie hinsichtlich der Reihenfolge und Dauer völlig frei. Der Testvorgang wurde beobachtet und protokolliert, im

Anschluss daran erfolgte ein kurzes Interview. So konnten Schwachstellen der Bedienung identifiziert und Ideen aufgenommen werden.

Die 55 Befragten standen dem xioSCREEN-Konzept aufgeschlossen und „neugierig“ (so das angegebene Hauptmotiv) gegenüber. Besonders der Informationsteil des Screens stieß auf großes Interesse, während Aquarium und Rechenspiel eher durchschnittliche Werte bekamen.

Diese Präferenz zeigte sich auch bei den Probanden im „Labor“. Die offen abgefragten Erwartungen an den xioSCREEN wie auch Gespräche mit Probanden nach den Produkttests führten zu neuen Ideen, die auf die Erweiterung des Informationsangebotes (z.B. kurzfristige Raum- und Terminänderungen aktueller Veranstaltungen), eine stärkere Beteiligung Studierender am inhaltlichen Angebot des Public Screens (etwa die Mitbestimmung beim Mensa-Speiseplan, Upload eigener Inhalte) oder die Vernetzung mit anderen Kommunikationsmitteln zielten (PDA, Internet).

Für die sinnvolle Nutzung von Public Screens allgemein hatten die Befragten ähnliche Präferenzen wie für den xioSCREEN: Ortsbezogene oder aktuelle Informationen und Kommunikation zwischen Screen-Teilnehmern wurden gegenüber Unterhaltung, künstlerischen und eigenen Inhalten klar präferiert. Werbung mochten sie auf diesem Wege nicht erhalten (s. Abb. 4).

Die wie erwartet hohe Handykompetenz der Befragten entspricht der Verbreitung der formalen technischen Voraussetzungen (u.a. Java- und Bluetooth-Fähigkeit) ihrer Mobiltelefone, die zur Nutzung des Screens notwendig sind. Damit hat zumindest theoretisch die Hälfte der Befragten die Möglichkeit, die Angebote des interaktiven Public Screens schon heute zu nutzen. Obwohl für die gesamte Studentenschaft genommen die Zahl niedriger liegen dürfte, wird mit der zunehmenden Verbreitung moderner Handys der Kreis der potentiellen Nutzer schnell ansteigen.

Zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse der Befragung aufgrund der notwendigen Selbstselektion der Befragten (interessierte HS-Studenten) nicht ohne Weiteres auf die Gesamtheit der (HS-)Studierenden verallgemeinerbar sind. Dies ist dem auf die Testbedingungen unter Probetrieb ausgerichteten Forschungsdesign geschuldet. Auch finden sich bei einigen sozialstrukturellen Variablen überproportional große Einseitigkeiten,

etwa beim Geschlecht: Der Frauenanteil der Studie beträgt 11% (HS Augsburg: 29%).

Insgesamt konnte die Studie wertvolle Hinweise für die Weiterentwicklung des interaktiven Public Screens der HS liefern. Die sozialwissenschaftliche Begleitung technischer Entwicklungen kann nicht nur im Bereich Medien eine höchst sinnvolle Kontrolle und Ergänzung sein. So können beispielsweise teure Fehlentwicklungen frühzeitig korrigiert, potentielle Zielgruppen identifiziert und weitere Anwendungsmöglichkeiten eruiert werden. Denn letztlich entscheidet der (Nicht-)Benutzer über die Durchsetzung neuer Technologien.

4. ÜBERARBEITUNG

Vor dem Hintergrund der Evaluationsergebnisse wurde das System konzeptionell überdacht und einer erneuten Überarbeitung unterzogen. Ziel war es, den xioSCREEN robust und praxistauglich zu machen, so dass er einer hochschulinternen Öffentlichkeit zur Verfügung zu gestellt werden kann. Als Partner konnten hierzu das Studentenwerk und die Katholische Hochschulgemeinde gewonnen werden.

Seit Mai 2008 läuft der erste xioSCREEN im Wirkbetrieb am Standort Mensa der Hochschule Augsburg. Ein zweiter folgte im November des Jahres im Gebäude der katholischen Hochschulgemeinde.

Den Ergebnissen der Evaluation entsprechend wurde bei dieser Umsetzung der Fokus auf orts- und zielgruppenspezifische Informationen gelegt.

In dieser Phase des Projektes erweist es sich als wesentlich, insbesondere gestalterische und inhaltliche Aspekte im Umgang mit dem System zu erproben. Der richtige Einsatz dieser „Softskills“ bei der Nutzung des xioSCREENs entscheidet ganz wesentlich über Erfolg und Akzeptanz des neuen Informationsmediums bei der Nutzergruppe.

Aktuell erarbeitet eine Projektgruppe Kampagnen, die den Screen als Medium mit einbeziehen. Vorgabe ist es dabei, den Erfolg der Kampagne jeweils zu messen, was Rückschlüsse auf unterschiedliche Gestaltungskonzepte zulassen wird.

Zeitgleich wächst die Gemeinschaft der am Projekt als aktive Zulieferer und Anbieter Beteiligten über den Kreis der ursprünglichen Entwickler und Partner hinaus, was die Attraktivität des Systems weiter erhöht.

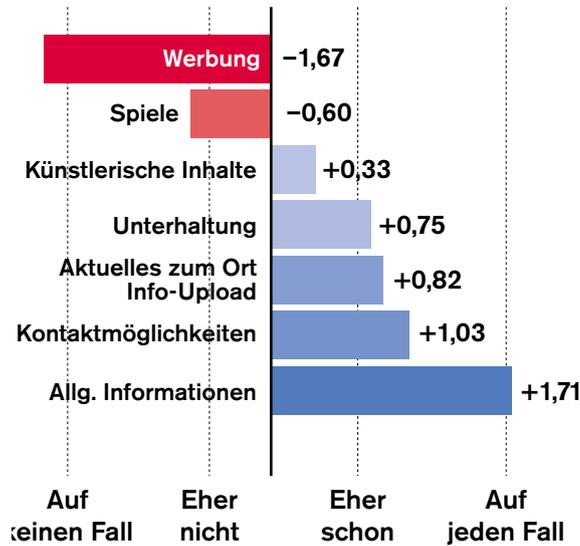


Abbildung 4: Gewünschte Inhalte für interaktive Public Screens

5. AUSBLICK

Das Projekt wird also ausgeweitet. In Zukunft soll der Aspekt des klaren Orts- und Zielgruppenbezugs im Projekt noch stärker zum Tragen kommen, indem Anwendungen entwickelt werden, die speziell mit den Möglichkeiten mehrerer xioSCREENs an verteilten Standorten experimentieren.

Erst im Zusammenspiel von digitalem Angebot und konkreten Gegebenheiten am Standort entfaltet das xioSCREEN-Konzept sein volles Potential. So können xioORTE auch als Anlaufstellen verstanden werden, an denen Leute ähnlichen Interesses zusammen kommen, um Informationen zu holen oder sich etwa mit xioGAMES die Zeit zu vertreiben.

Intelligent konzipierte Anwendungen können diesen Umstand nutzen, um Kommunikation unter den Anwesenden selbst zu inspirieren und so Prozesse in Gang zu setzen, die über den reinen Austausch zwischen Individuum und Technik hinaus reichen. Der Interaktionsimpuls des xioSCREENs wirkt dann direkt zurück in seine physische Umgebung und findet seine Fortsetzung weit über den eigenen Standort hinaus, etwa als eine Möglichkeit, Andere kennenzulernen, sei es in Form beruflicher oder privater Interessen (z.B. Flirtanwendung).

Im Unterschied zu Broadcast-Systemen „wissen“ xioSCREENs genau um die Position ihrer Nutzer. Aufgrund der eher geringen Reichweite von WLAN- oder Bluetooth-Kommunikation ist davon auszugehen, dass sie sich in unmittelbarer Nähe des Screens befinden, dessen Standort ja jeweils bekannt ist. Möglicherweise lassen sich daraus Rückschlüsse über gemeinsame Interessenslagen der Passanten vor Ort ziehen und Kommunikationsangebote entwickeln, die zur regelmäßigen Wiederkehr zum xioOrt animieren.

Schlagworte:

Public Screen, urban, interaktiv, öffentlicher Raum, Öffentlichkeit, Privatheit, Medien, Evaluation, Sozialwissenschaft, Soziologie, Universität Augsburg, Hochschule Augsburg, Augsburg, xioSCREEN, interaktive Medien, mobile experience

Der xioSCREEN könnte also ein Mittel sein, die Attraktivität eines Ortes zu steigern, etwa um Personengruppen (z.B. Jugendlichen) bestimmte Orte nahezu legen (und sie evtl. damit von anderen Orten fernzuhalten) oder auf einen kommerziellen oder politischen Standort aufmerksam zu machen und gleichzeitig die Verweildauer zu steigern.

Aber auch ganz einfache Anwendungen sind mit dieser vielseitigen Technik machbar. So könnten Passanten den xioSCREEN Mitteilungen an die Besucher des Platzes anzeigen lassen, etwa in Form von Kleinanzeigen oder Ad-hoc-Nachrichten wie Liebeserklärungen, Fotos, sogar kleinen Videos, oder auch themengebunden (etwa bei Veranstaltungen) als Diskussionsbeiträge. Das Versenden von ortsbezogenen Informationen auf Handys könnte z.B. im Umkreis von Sehenswürdigkeiten oder als zielgruppen- bzw. ortsspezifische Werbebotschaften erfolgen. Letzteres dürfte jedoch, so zeigen es auch die oben erwähnten Evaluationsergebnisse, besonders bei nicht angefordertem Versenden als unerwünschtes Eindringen in den privaten Raum gewertet werden. Als Möglichkeit, gezielt Einrichtungen oder Geschäfte in der Umgebung über das xioMenü zu finden, wäre das freilich anders.

Der Screen selbst kann in unterschiedlichen Funktionen installiert werden: Je nach Zweck auffällig als Eyecatcher oder diskreter eingefügt. Auch eine mobile, inhaltlich flexible Variante für Veranstaltungen könnte ein Anwendungsgebiet sein.

Angesichts der stetig steigenden Verbreitung von multifunktionalen Mobilgeräten mit standardisierten Kommunikationsschnittstellen scheint die allgemeine Verbreitung von xioSCREENs im öffentlichen Raum schon in naher Zukunft technisch machbar und aus Anbieter- wie Anwendersicht inhaltlich sinnvoll. Dass damit



Abbildung 5: Mitglieder der xioProjektgruppe nach Überarbeitung des Systems

allerdings auch Herausforderungen verbunden sind, die über die Lösung rein technischer Fragen hinausgehen und die soziale Wirklichkeit des Einzelnen und der Vielen betreffen, zeigen die skizzierten Aspekte. Wir sprechen letztlich von der Etablierung eines neuen Nischenmediums, der ortsverankerten Interaktionsanlaufstelle, der eine Vielzahl von Möglichkeiten offen stehen.

LITERATUR:

- [1] www.xioscreen.de
- [2] www.hs-augsburg.de/multimedia/mobile-experience/
- [3] Romer, Andreas (2008): Mobile Experience: Evaluationsergebnisse.
- [4] John, KP Ludwig; Romer, Andreas (2009): Vom Handy auf den Großbildschirm: Einsatzmöglichkeiten interaktiver Public Screens am Beispiel des xioSCREEN der HS Augsburg
- [5] opus.bibliothek.uni-augsburg.de/volltexte/2009/1349/
- [6] Bahrtdt, Hans-Paul (1998): Die moderne Großstadt: Soziologische Überlegungen zum Städtebau. Opladen
- [7] Geser, Hans (2006): Untergräbt das Handy die soziale Ordnung? Die Mobiltelefone aus soziologischer Sicht.
- [8] In: Glotz, Peter; Bertschi, Stefan; Locke, Chris (Hg.): Daumenkultur. Das Mobiltelefon in der Gesellschaft, S.25-40
- [9] Habermas, Jürgen (1990): Strukturwandel der Öffentlichkeit. Frankfurt/Main
- [10] Herlyn, Ulfert (1998): Zur Neuauflage des Buches „Die moderne Großstadt“.
- [11] In: Bahrtdt, Hans-Paul (1998): Die moderne Großstadt: Soziologische Überlegungen zum Städtebau. Opladen, S.7-26
- [12] Hrjoth, Larissa (2006): Postalische Präsenz: Eine geschlechtsspezifische Fallstudie zur Personalisierung von Mobiltelefonen in Melbourne.
- [13] In: Glotz, Peter; Bertschi, Stefan; Locke, Chris (Hg.): Daumenkultur. Das Mobiltelefon in der Gesellschaft, S.61-78
- [14] Marc Ecko Clothing: Bluetooth Citylight
- [15] adsofttheworld.com/media/ambient/marc_ecko_clothing_bluetooth_citylight
- [16] Sennett, Richard (1991): Civitas. Die Großstadt und die Kultur des Unterschieds. Frankfurt/Main.

Vorgehensmodell „V-Modell-RK“ für SAP-Dialoganwendungen

Prof. Dr. Rainer Kelch, Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik

1. AUSGANGSSITUATION

Das im SS 2008 entwickelte SAP-Vorgehensmodell „V-Modell-RK“ (siehe Abb. 1) bildet die Ausgangslage.

„V“ steht dabei nicht nur für „Vorgehensweise“, sondern auch für das V-förmige Ausführen von notwendigen Arbeiten während des Software-Erstellungsprozesses. „RK“ steht für den Autor. Die Zahlen beziehen sich auf die Ebenen im 4-Ebenen-Modell (siehe [Kelch2008], Abschnitt 3.2, Seite 105ff, Abb. 3.2, 3.12, 3.21,3.23). Das allgemeine 4-Ebenen-Modell ist in Abb. 1 in der mittleren Spalte angedeutet und in Abb. 2 komplett dargestellt.

Die Hauptidee des V-Modell-RK ist, im Modellierungsteil des Projekts Top-Down und im Implementierungsteil des Projekts Bottom-Up vorzugehen. Liest man das Diagramm in Abb. 1 entlang einer zu ergänzenden Zeitachse, die von links nach rechts verläuft, kann man dieses Grundkonzept erkennen.

Basis für die Vorgehensweise für die Modellierung bildet dabei das in Abb. 3 dargestellte Diagramm (siehe auch [Kelch2008], Abschnitt 2.8 (Seite 89-98), Abb. 2.30). Hier ist deutlich zu erkennen, dass die Teilschritte 2 bis 6 größtenteils nicht in einer vorgeschriebenen Reihenfolge durchgeführt werden müssen, sondern nebenläufig erfolgen können. Trotzdem empfiehlt sich die in Abb. 1 erkennbare Reihenfolge von Aktivitäten. Abb. 3 repräsentiert den linken Ast des „V“ in Abb. 1.

Der rechte Ast des „V“ wird durch das Vorgehensmodell für die Entwicklung von SAPDialoganwendungen in Abb. 4 realisiert. Die Hauptidee besteht darin, zuerst den Teil zu realisieren, der unabhängig von der zu wählenden UI-Technologie ist, also Ebene 3 und 4. Erst danach muss die Entscheidung für eine der drei Möglichkeiten (SAP-Transaktion, BSP- oder Web Dynpro-Applikation) fallen. Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung dieser Denkweise ist, dass die Business-Logik in Ebene 3, basierend auf dem in Ebene 4 realisierten Datenmodell, sauber gekapselt wurde. Ob dies mit BAPIs, normalen Funktionsbausteinen, Methoden aus ABAP-Klassen oder über Enterprise/ Web Services erfolgt, ist dabei für die Vorgehensweise von sekundärer Bedeutung.

2. MOCKUP-PROTOTYP

Spätestens dann, wenn eine Eigenentwicklung, realisiert in der UI-Technologie X, durch die UI-Technologie Y ersetzt werden soll, zahlt sich die Mühe der sauberen Modellierung und MVC-konformen Trennung der Präsentationslogik von der Business-Logik aus. Mit entscheidend für die Akzeptanz dieser Denkweise sind diese Vorgehensweise unterstützende Tools.

Um den Stakeholdern schnell ein positives Feedback auf ihre Anforderungen dadurch zu geben, dass das Projektteam einen Mockup-Prototyp vorstellen



Ansprechpartner:

Prof. Dr. Rainer Kelch

Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3476
Telefax: (+49) 821 5586-3499

rainer.kelch@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

SAP-R/3-Programmierung,
webbasierte betriebliche
Anwendungsprogrammierung,
Software- und Geschäfts-
prozessmodellierung

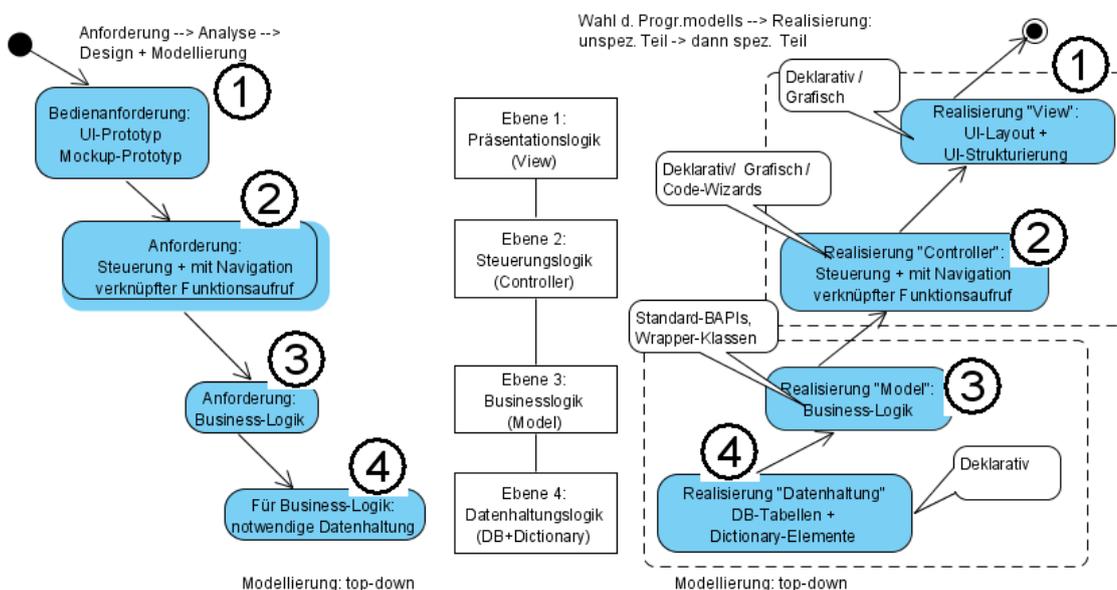


Abb. 1: V-Modell-RK 2008

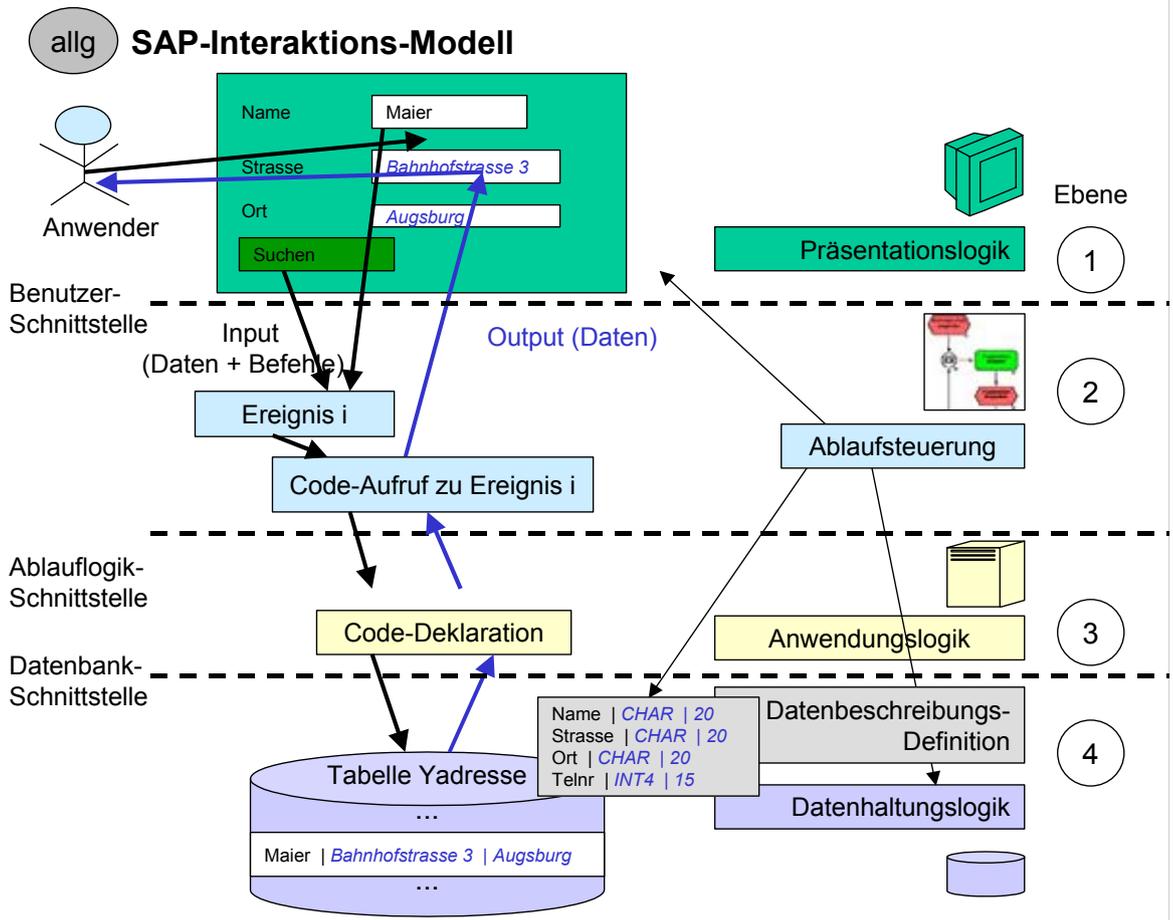


Abb. 2: Allgemeines 4-Ebenen-Modell für SAP-Dialoganwendungen

kann, bedarf es einer systematischen und strukturierten Vorgehensweise. In der Phase, in der das Erstellen des Mockup-Prototypen höchste Priorität hat, ist nach der in Abb. 5 abgebildeten Vorgehensweise zu verfahren.

Die in Abb. 5 illustrierte Vorgehensweise stellt eine funktionale bzw. logisch-mathematische Sicht auf die Kombination des Erstellens von Use-Case-Diagrammen mit der Spezifikation von Schnittstellen dar. Das Füllen der Eingabefelder auf Bild 1 (= Eingabeparameter der Funktion) und das Auslösen dieser Funktion (= Drücken eines Buttons) erzeugt Ausgabewerte (=Ausgabeparameter der Funktion), die in Ausgabefeldern auf einer Folgeseite (z.B. Bild 2) für den Benutzer angezeigt werden können

Durch die Schnittstellen-Spezifikation der aus dem Use-Case-Diagramm (UCD) destillierten Funktionen entsteht also die UI-Struktur der Bilder sowie die Navigationsstruktur (Bildfolgediagramm). Das funktionale Prinzip $y = f(x)$ wird in der Informatik durch das EVA-

Prinzip (Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe) implementiert.

Die Realität ist natürlich etwas komplizierter, aber mit dieser Vorgehensweise erhält man eine sehr gute Näherung an die geforderte Applikation. Diese Denkweise bietet auch brauchbare Ansätze zur automatischen Generierung von Bildfolge- und Bildstrukturdiagrammen, basierend auf UCD und UI-Spezifikation.

Das Aufstellen des Use-Case-Diagramms entspricht der Definition der geforderten Funktionen auf hohem Abstraktionsniveau. Es kann durch Prosa verfeinert werden, die das funktionale Verhalten näher beschreibt und damit als Anleitung dienen kann, diese Funktionen zu implementieren, indem die beschriebenen Algorithmen in Code umgesetzt werden. Die Kommunikation mit der rufenden Instanz erfolgt über die Signatur, d.h. die Eingabe- und Ausgabeparameter, wobei deren Datentypen zu spezifizieren sind. Letzteres erfolgt schlussendlich in Ebene 4 im Dictionary, damit systemweite Einheitlichkeit und Wiederverwendbarkeit garantiert wird.

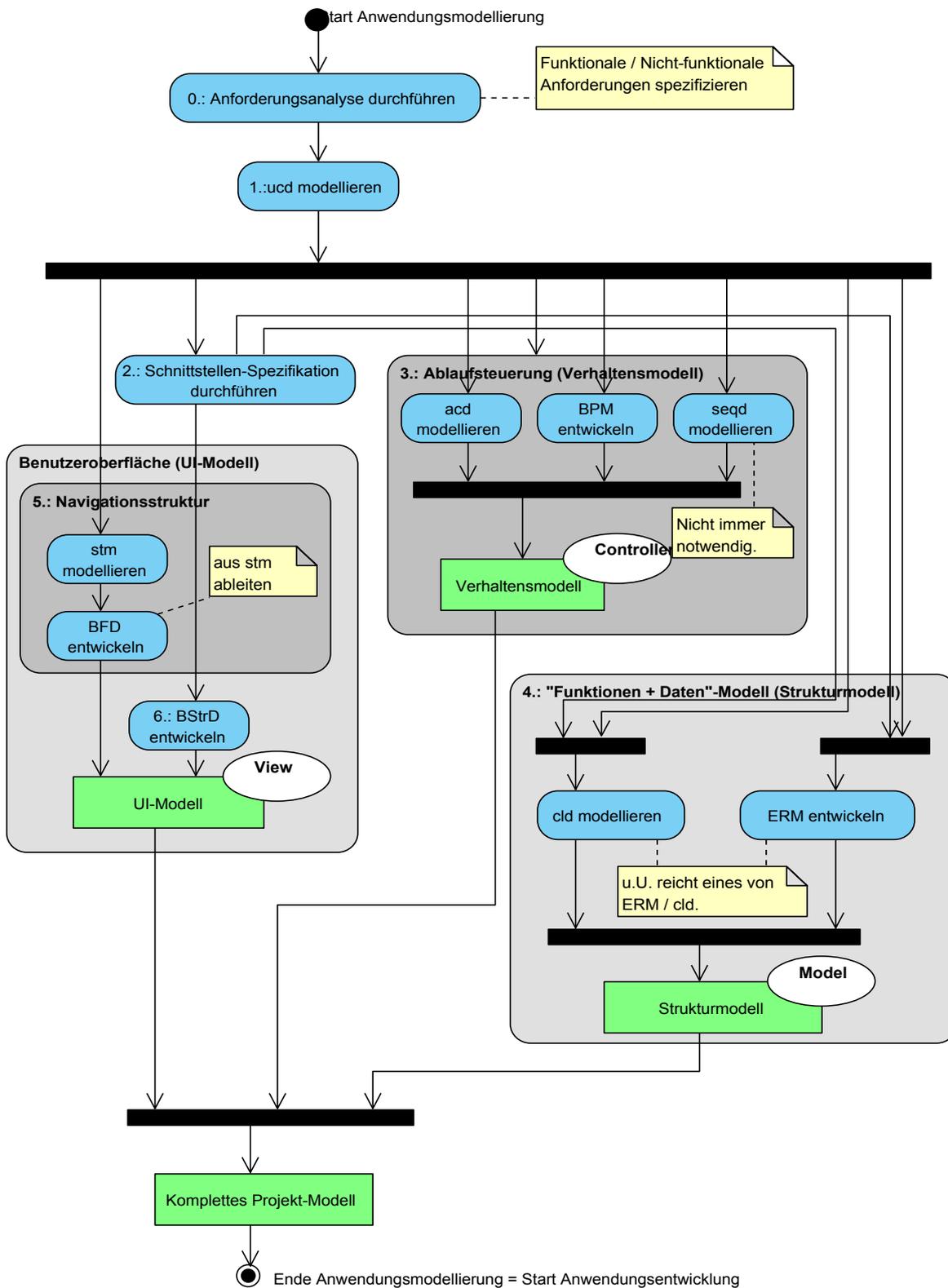


Abb. 3: Vorgehensmodell zur Modellierung einer SAP-Dialoganwendung

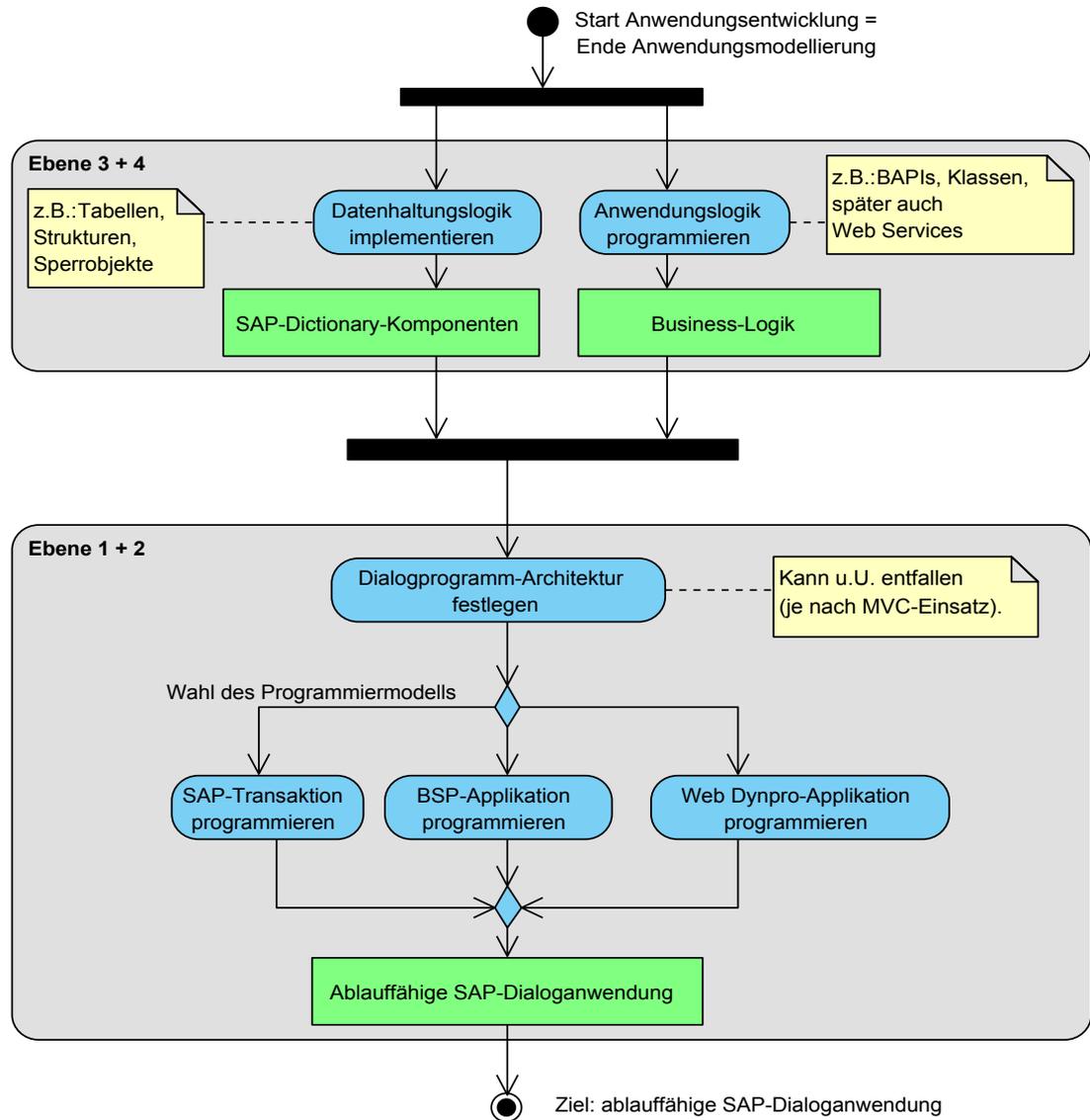


Abb. 4: Allgemeines Vorgehensmodell für die Entwicklung von SAP-Dialoganwendungen

Für den Mockup-Prototypen kann hier aber einfacher vorgegangen werden. Allerdings sind die Parameter auch jetzt schon zu spezifizieren, da diese Parameter vereinfacht gesagt die Eingabe- und Ausgabefelder in den Screens (Dynpro. Pages, Views) darstellen. Die Funktionen (Use Case) werden z.B. durch das Auslösen einer Benutzeraktion (Drücken eines Buttons) gestartet, wobei ein Bildwechsel erfolgen kann.

Die Stakeholder sehen also beim Mockup-Prototyp, wie die geplante Anwendung aus Sicht des Benutzers „funktioniert“. Sie werden sich nicht daran stören, dass

nur Dummy-Daten angezeigt werden, und bekommen ein Gefühl dafür, wie weit die Anwendung ihren ursprünglichen Vorstellungen entspricht und wo nicht. Dieses schnelle Feedback ist für ein erfolgreiches Projekt von großem Vorteil.

3. V-MODELL-RK 2009

Durch Erfahrungen in der Lehre (sowohl universitär als auch im wirtschaftlichen Umfeld) sowie in realen Projekten hat sich gezeigt, dass die Vermittlung der oben beschriebenen Vorgehensweise auf durchgehend positive

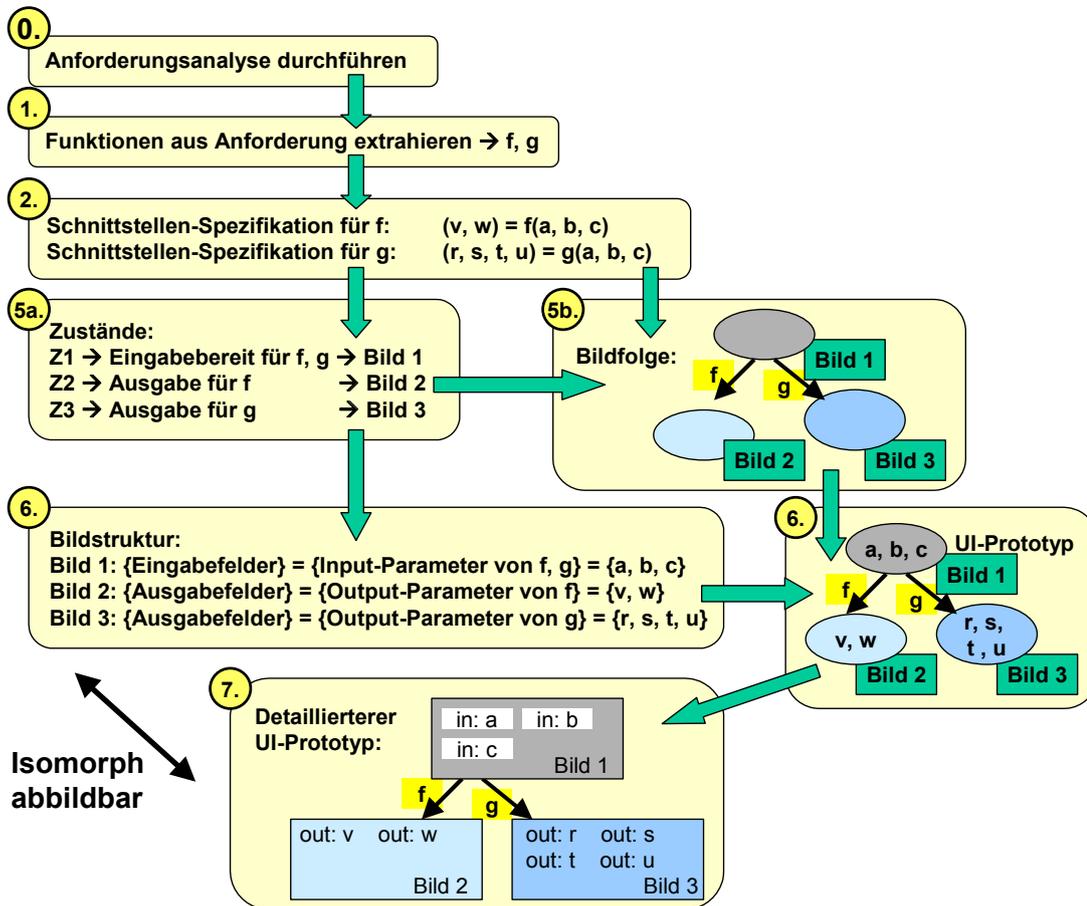


Abb. 5: Allgemeines Vorgehensmodell für die Entwicklung von SAP-Dialoganwendungen

Resonanz gestoßen ist. Die Motivation zur Weiterentwicklung und Verfeinerung war daher sehr groß. Daraus entstand das V-Modell-RK 2009 als Verbesserung des bisherigen VModells, welches in Abb. 6 abgebildet ist.

Im linken Ast wurden Aktivitäten für Ebene 1 und 2 analog zum linken Ast zusammengefasst.

Während der Designphase spielt eine Separierung der Modellierungsaufgaben für Ebene 1 und 2 keine Rolle: im UI-Prototyp ist die Navigation bereits enthalten. Ebene 3 und 4 gehören ebenfalls zusammen, da zwar ausgehend vom UCD zuerst die Funktion gefordert wird und sich daraus die benötigten Datentabellen ergeben, aber auch geschaut werden muss, was bereits vorhanden ist: welche vorhandenen Datenmodelle decken bereits einen großen Teil der neuen Forderungen ab und müssen u.U. nur leicht modifiziert werden? Aktivitäten für Ebene 1+2 stellen also das Look & Feel

des für den Benutzer sichtbaren Teils der Anwendung dar, während die Aktivitäten für Ebene 3+4 die Realisierung der Blackbox (Implementierung des geforderten Verhaltens einer Funktion / Use Cases) vorbereiten.

Im rechten Ast gab es vor allem für Aktivitäten in Ebene 1+2 eine Veränderung. Controller und View sollten immer gemeinsam realisiert werden, auch wenn MVC etwas anderes zu sagen scheint. Je nach verwendeter UI-Technologie ergeben sich andere Notwendigkeiten im Detail.

Bei Web Dynpro lassen sich beide Ebenen simultan über Template-Funktionen erzeugen, wobei gleichzeitig der Datentransport über die Daten-Context-Knoten sichergestellt wird. Letztere werden aus den Schnittstellen der Komponenten der Business-Logik generiert.

Bei BSPs hängen die Details davon ab, ob mit classic-BSP oder mit MVC-BSP gearbeitet wird. Für

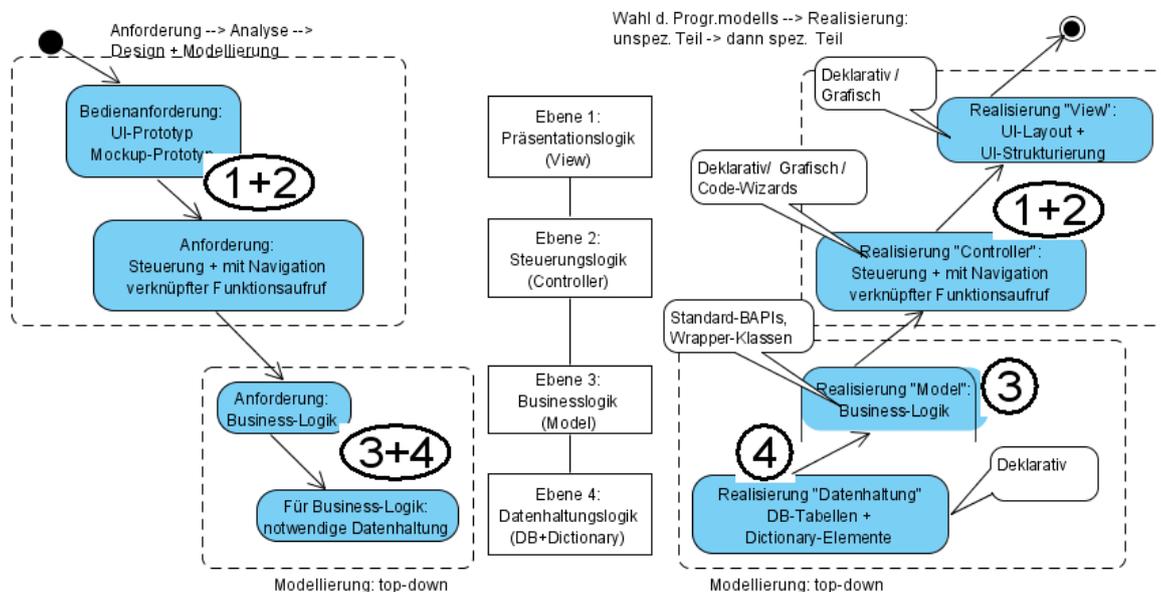


Abb. 6: V-Modell-RK 2009

MVC-BSP gilt ähnliches wie für Web Dynpro. Zwar fehlt der über Tools zur Verfügung gestellte automatisch Generierungsvorgang, aber über die Technik des Data- und Modelbinding wird auf der UIEbene erforderlich, dass die Ebenen 1+2 nahezu gleichzeitig implementiert werden müssen. Für classic-BSP erfordert der Zugriff auf die UI-Elemente über Seitenattribute, die den vertikalen Datentransport in Ebene 2 erst ermöglichen, ebenfalls einen für beide Ebenen simultanen Implementierungsschritt.

Bei SAP-Transaktionen greifen ABAP-Module, die in der Ablauflogik aufgerufen werden, auf UIElemente erfolgreich und korrekt zu, falls Namensgleichheit und Typgleichheit herrscht. Dies wird in der Regel dadurch gewährleistet, dass mit Dictionary-Komponenten typisiert wird. Hier kann eine Entkopplung der Entwicklung von Ablauflogik und UI-Struktur realisiert werden. Eine zwingende Reihenfolge „erst Ebene 2, dann Ebene 1“ liegt nicht vor, wobei es meistens sinnvoll ist, zuerst die Controllerschicht zu implementieren. Insofern wurde auch hier die Vorgehensweise leicht modifiziert.

Die Reihenfolge bei Ebene 3 und 4 hat sich bewährt und bleibt unverändert.

Hinweis:

Es handelt sich um eine vereinfachte Darstellung. Eine rein inkrementelle Vorgehensweise ist natürlich auch

hier realitätsfern und wird durch iterative Phasen unterbrochen, in denen das Feedback des nächsten Schrittes genutzt wird, um im vorigen Schritt sinnvolle Anpassungen vorzunehmen. Dies ändert aber nichts an der prinzipiellen Methodik.

Die Doppelgliederung „Ebene 1+2“ bzw. „Ebene 3+4“ im Vorgehensmodell lässt sich auch durch für den Benutzer sichtbare bzw. nicht-sichtbare Komponenten beschreiben. Da das UI losgelöst von der Business-Logik entworfen werden kann (durch verschiedene Programmiertechnologien oder durch verschiedene Darstellungsformen), kann und muss dieser Schritt (Ebene 1+2) entkoppelt sein von der Realisierung der Business-Logik, die auf den Business-Daten beruht (Ebene 3+4). Diese Philosophie hat auch den Vorteil, dass eine Veränderung im UI (sei es die Darstellungsform oder die Realisierungstechnologie) erfolgen kann, ohne etwas in der Business-Basis in Ebene 3+4 ändern zu müssen. Dies hilft, Ressourcen zu schonen, lässt sich aber nur umsetzen, wenn gemäß MVC-Paradigma gearbeitet wird.

QUELLENVERZEICHNIS

[Kelch2008] Kelch, R.: Modellierung und Entwicklung von SAP-Dialoganwendungen, 2. Auflage 2009, SAP-Press, Galileo-Press Verlag, Bonn

Triokulus: Effiziente Bildverarbeitung für 3D-Trackingsysteme

Prof. Dr. Gundolf Kiefer, Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik

„Triokulus“ ist ein vom BMBF Rahmen der Förderlinie IngenieurNachwuchs 2009 gefördertes Forschungsprojekt, das im Oktober 2008 beantragt und mittlerweile bewilligt ist. Finanziert werden neben den für das Projekt notwendigen Sachmitteln eine volle Stelle für einen wissenschaftlichen Mitarbeiter über drei Jahre.

Das Projekt befasst sich mit dem Kamera-basierten Tracking, d. h. mit dem Erkennen der Lage und der Orientierung eines realen Objektes mithilfe von einer oder mehreren Kameras. Solche Systeme werden unter anderem für „Augmented Reality“-Anwendungen benötigt. Hier handelt es sich um ein junges, aber immer bedeutender werdendes Gebiet mit Anwendungen in der Industrieautomatisierung, Medizintechnik oder im Bereich der interaktiven Medien. So können zum Beispiel einem Monteur beim Blick in den Motorraum eines Fahrzeuges wichtige Daten in das Sichtfeld eingeblendet werden, was ihm zeitaufwändiges Blättern in Datenbüchern erspart. Medizinern kann beispielsweise bei chirurgischen Eingriffen die Navigation erleichtert werden.

PROJEKTINHALT / ZIELSETZUNG

Algorithmisch stellt das Kamera-Tracking mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit eine große Herausforderung dar. Mittlerweile existieren zwar gute Algorithmen hierzu, sie sind aber in der Regel so komplex, dass sie leistungsfähige PCs oder Workstations zur Ausführung benötigen. Wünschenswert wären jedoch kleine, stromsparende, mobile Systeme, die zum Beispiel in die Kamera(s) integriert werden können und dort einen Teil der notwendigen Bildverarbeitungsaufgaben übernehmen.

Hier setzt das Triokulus-Projekt an: Auf der Grundlage von bekannten Algorithmen für das Kamera-

Tracking werden effiziente Algorithmen entwickelt, die teilweise in Hardware realisiert werden. Das Ziel ist eine „intelligente Kamera“, die die wesentlichen Schritte innerhalb eines kleinen, eingebetteten Systems selbst durchführen kann.

Gerade bei beschränkten Hardware-Ressourcen kann dabei der Einsatz von drei Kameras höchst sinnvoll sein. So kann gegenüber klassischen mono- oder stereoskopischen Ansätzen die Robustheit und Effizienz des Trackings gesteigert werden. Drei-Kamera-Systeme werden in der Industrie bisher jedoch praktisch noch nicht verwendet.

Die – teils in Hardware, teils in Software zu realisierenden – Algorithmen werden in Form eines Demonstrators, bestehend aus Hardware-Modulen (IP-Cores) und Software implementiert. Dabei kann es zunächst offen bleiben, ob das System letztendlich in Form eines ASICs als „System-on-a-Chip“ oder innerhalb eines FPGAs oder durch eine Kombination aus Mikrocontroller und FPGA realisiert wird. Gerade in den letzten Jahren sind die Kapazitäten FPGAs stark angestiegen, so dass sie die Realisierung beachtlich komplexer Systeme erlauben. Aus diesem Grund wird sich das Projekt vornehmlich auf FPGA-Realisierungen konzentrieren (siehe Abbildung „Mögliche Zielstrukturen“).

Das Vorhaben findet in Kooperation mit zwei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) aus der Region statt, und es ist angestrebt, im Laufe des Projektes weitere Partner zu gewinnen. Weiterhin besteht in Zusammenarbeit mit der Universität Augsburg die Möglichkeit, eine kooperative Promotion durchzuführen.

Neben der Beschäftigung eines wissenschaftlichen Mitarbeiters ist vorgesehen, eine größere Anzahl Studierender in das Projekt einzubinden. Dies kann im

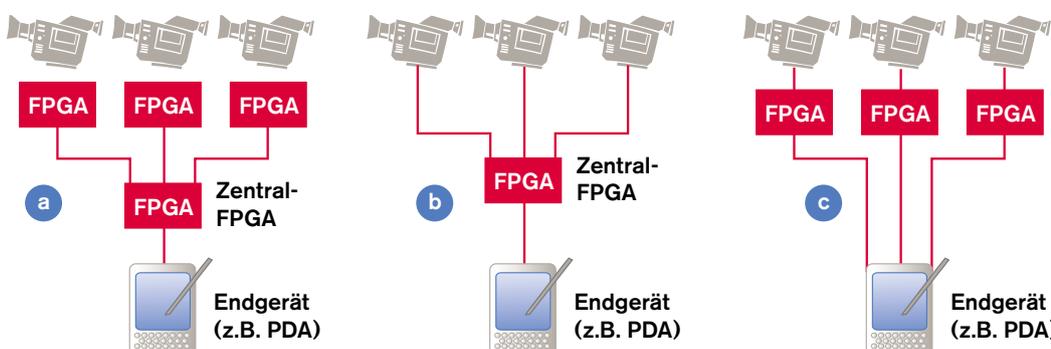


Ansprechpartner:
Prof. Dr.
Gundolf Kiefer

Hochschule Augsburg
Fakultät für Informatik
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3329
Telefax: (+49) 821 5586-3499
gundolf.kiefer@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:
Entwurf integrierter Systeme,
programmierbare Logik,
Betriebssysteme, medizinische
Bildverarbeitung



Mögliche Zielstrukturen

Rahmen von Bachelor-/Masterarbeiten, Projektarbeiten oder Hilfskraftverträgen geschehen. Die beteiligten Studenten werden so an ein aktuelles Forschungsthema herangeführt und profitieren gleichzeitig von der Nähe zur Praxis.

Mittel- und langfristig wird mit dem Vorhaben das Ziel verfolgt, an der Hochschule Augsburg einen neuen Kompetenzschwerpunkt „Effiziente eingebettete Systeme“ aufzubauen. Die im Triokulus-Projekt entwickelten Bausteine können dabei die Basis für weitere mögliche Folgeprojekte bilden. An der Fakultät existieren bereits mehrere (Forschungs-)Aktivitäten aus den Bereichen Multimedia, Bildverarbeitung, Embedded Systems und Robotik, die von dem neuen Forschungsfeld „Effiziente eingebettete Systeme“ profitieren würden bzw. Inhalte zusteuern könnten.

Patternbasierte Software-Automatisierung – Bericht der Arbeitsgruppe Automation in Usability Engineering (AUE)

Prof. Dr.-Ing. Christian Märtin, Hochschule Augsburg, Fakultät für Informatik

ÜBERSICHT UND PROJEKTUMFELD

In den vergangenen beiden Semestern konnten wir unsere Aktivitäten im Rahmen der Arbeitsgruppe *Automation in Usability Engineering (AUE)* fortführen und ausbauen. Obwohl uns im Berichtszeitraum keine festen Mitarbeiter zur Verfügung standen, konnten wir die geplanten Arbeiten durch das herausragende persönliche Engagement unserer beiden Kooperationspartner und unserer Diplomanden erfolgreich voranbringen.

Die Aktivitäten waren in beiden Semestern besonders auf zwei Bereiche fokussiert, die in diesem Bericht näher vorgestellt werden:

- Konzeption eines Frameworks zur patternbasierten Software-Automatisierung
- Patternbasierte Wissenskommunikation

Unsere Arbeitsgruppe war seit 2004 in das Anfang 2009 ausgelaufene EU-COST-Netzwerk MAUSE (www.cost294.org) integriert. Dieses Netzwerk hatte die Erarbeitung von Standards zur Usability-Evaluation zum Ziel. Das Netzwerk hat die Sichtweisen auf die Thematik Usability Evaluation, Usability Engineering und User Experience vieler europäischer Partner deutlich vereinheitlicht und zu einer Vielzahl von Publikationen auf den genannten Gebieten geführt. Unsere Arbeitsgruppe war – vertreten durch Jürgen Engel und Christian Märtin – an zahlreichen der Meetings und Workshops von MAUSE beteiligt. Höhepunkt für uns war die im Jahr 2007 durchgeführte Short-Term Scientific Mission unserer Projektmitarbeiterin Lenja Sorokin, die im Rahmen eines Gastaufenthaltes an der Universität Castilla La Mancha, die Thematik der Evaluation von *Rich Internet Applications* voranbringen konnte.

Der im Frühjahr 2009 durchgeführte MAUSE-Ergebnis-Review war so erfolgreich, dass die EU im Mai 2009 ein Nachfolgenetzwerk – *Toward the Integration of Transsectorial IT Design and Evaluation (IC0904)* – verabschiedet hat. Ich bin dabei als eines von vier deutschen Mitgliedern für das Management-Komitee benannt worden. Der Kick-off wird wohl noch im Herbst 2009 in Brüssel stattfinden.

Auch unsere Kontakte zur Universität Rostock, Lehrstuhl für Softwaretechnik, Prof. Dr. Peter Forbrig, haben wir im Berichtszeitraum weiter gepflegt. Noch für 2009 planen wir den Start eines gemeinsamen

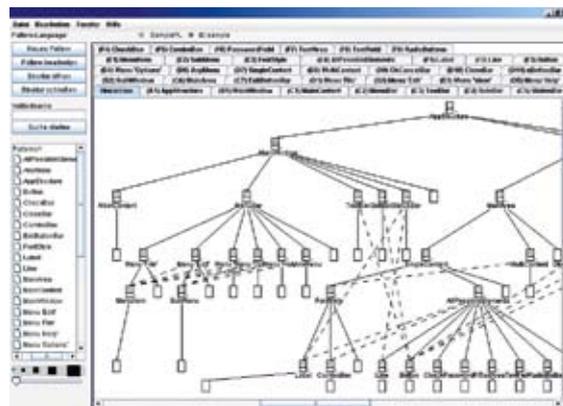
kooperativen Promotionsverfahrens auf dem Gebiet der patternbasierten Software-Automatisierung.

FRAMEWORK ZUR PATTERNBASIERTEN SOFTWARE-AUTOMATISIERUNG

Im Berichtszeitraum wurden die Aktivitäten im Bereich der pattern- und modellbasierten Automatisierung des Usability-Engineering-Lebenszyklus weiter ausgebaut und durch Entwicklungsprototypen und Kooperationen mit Anwendungspartnern vorangebracht. Im Rahmen der AUE-Gruppe arbeiten wir seit 2007 an Methoden, Verfahren und Werkzeugen zur Automatisierung von Teilen des Software-Lebenszyklus für objektorientierte interaktive Systeme. Unsere Aktivitäten zielen darauf ab zu untersuchen, welche Rolle *Software-Muster (Patterns)* bei der Automatisierung des Software-Lebenszyklus spielen und wie Architekturen darauf basierender Entwicklungs-Frameworks strukturiert sein müssen, um daraus konkrete Automatisierungswerkzeuge abzuleiten.

Am Anfang unseres Projektes stand zunächst die Entwicklung prototypischer Werkzeuge zur Definition und hierarchischen Strukturierung von Patternsprachen für typische Anwendungsfelder (Industrieautomatisierung, Online-Shops, Benutzerschnittstellen für Datenbank-Anwendungen) stand [Märtin 2008a]. Unter anderem entstanden dabei Editoren für Patternsprachen und einzelne Patterns.

Die Umsetzung der dabei konzipierten Verfahren in Software-Tools wurde im Wesentlichen durch Diplom- und Masterarbeiten der Absolventen Alexander Roski, Thomas Maciocha und Angela Klinke erreicht. *Bild 1* zeigt einen Ausschnitt aus dem von Alexander Roski entwickelten Patternsprachen-Editor-Werkzeug.



**Ansprechpartner /
Projektleitung**

Prof. Dr.-Ing.
Christian Märtin

Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3454
Telefax: (+49) 821 5586-3499
christian.maertin@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

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

Projektpartner:

Claus Kaelber, Lehrbeauftragter,
Fakultät für Gestaltung
Dipl.-Inf. Jürgen Engel, M.Sc.,
Lehrbeauftragter Usability
Engineering

Projektmitarbeiter:

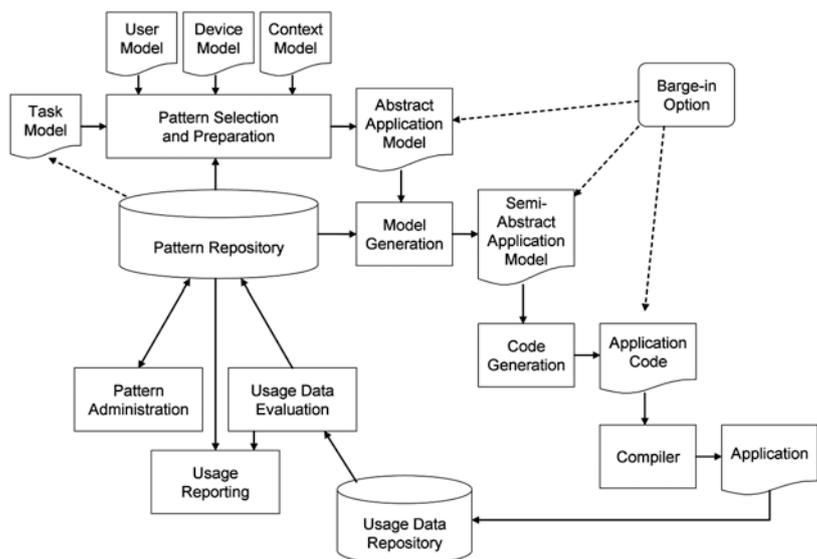
cand. inf.
 Thomas Maciocha, Diplomand
 cand. inf. Martin Wölfle,
 Diplomand

Bild 1: Designwerkzeug
zum Entwurf hierar-
chischer Patternsprachen.

Derzeit geht es in erster Linie darum, zu erkennen, wie man auf allen Abstraktionsebenen und während aller Phasen des Entwicklungsprozesses das in den Patterns enthaltene Entwurfswissen dazu nutzen kann, Teile von Entwicklungsaktivitäten oder komplette Phasen des Entwicklungsprozesses zu automatisieren. Die im Berichtszeitraum dazu erzielten Ergebnisse, insbesondere das dabei konzipierte Framework *PaMGIS (Pattern- and Model-based Generation of Interactive Systems)* konnten wir Ende Juli im Rahmen der HCI International 2009 in San Diego, U.S.A., in der von mir geleiteten Session *Novel Approaches to User Interface Development* vorstellen [Engel, Martin 2009].

Bild 2 zeigt die Architektur des von uns konzipierten Werkzeug- und Ressourcen-Frameworks zur patternbasierten Automatisierung der Lebenszyklus-Aktivitäten. Teile des Frameworks sind bereits als Werkzeuge verfügbar. Wesentliche Modellierungs-Komponenten, z.B. die Integration von Patterns und Task-Modellen, bleiben zur Verfeinerung und prototypischen Realisierung dem von Jürgen Engel geplanten kooperativen Promotionsvorhaben vorbehalten. Das Bild verdeutlicht, dass wir den Lebenszyklus nicht auf die Phasen von der Planung bis zur Generierung des Programmcodes beschränken, sondern auch die daran anschließenden Usability-Evaluationsphasen in den Softwareprozess einbeziehen. Wir erhoffen uns als Konsequenz daraus die dynamische

Bild 2: PaMGIS-Framework zur patternbasierten Automatisierung des Lebenszyklus interaktiver Systeme [Engel, Martin 2009].



Verbesserung der im Pattern-Repository residierenden Software-Patterns durch Re-Integration der Ergebnisse der Usability-Evaluation in die Patterns.

PATTERNBASIERTE WISSENSKOMMUNIKATION

Um unseren Anspruch einer stärkeren Automatisierung des Entwicklungsprozesses zu evaluieren und die im Rahmen der AUE-Gruppe erarbeiteten Verfahren und Werkzeuge für die Umsetzung konkreter IT-Anforderungen kleiner und mittelständischer Unternehmen (KMUs) in attraktive Lösungen zu ermöglichen, kooperieren wir seit 2008 mit dem Kommunikationswissenschaftler und Lehrbeauftragtem der Fakultät für Gestaltung Claus Kaelber [Martin 2008b].

Die Zusammenarbeit mit unserem neuen Projektpartner führte bereits zur Konzeption eines neuen patternbasierten Ansatzes zur Wissenskommunikation für mittelständische Unternehmen. Im Rahmen mehrerer im Berichtszeitraum gestarteter Teil-Projekte soll dieser Ansatz im Rahmen von geförderten Industriekooperationen prototypisch für unternehmensspezifische Lösungen im Bereich Wissensmanagement und Kommunikation eingesetzt werden. Das unter dem Titel p.i.t.c.h. (pattern based interactive tools for improved communication habits in knowledge transfers) aufgestellte erste Wissenskommunikations-Projekt, das in Zusammenarbeit mit zwei schwäbischen KMU-Partnern durchgeführt werden soll, konnten wir im Juli 2009 beim Kuratorium des Innovationsfonds der IHK Schwaben vorstellen. Über die Förderung wird derzeit entschieden.

Neben Ansätzen aus dem Wissensmanagement und gestalterischen und User-Experience-gesteuerten Ideen zur Verbesserung von Wissensmanagement und Wissenskommunikation zwischen einzelnen Mitarbeitern und ganzen Organisationen, steht vor allem die informationstechnische Umsetzung des Ansatzes im Mittelpunkt von p.i.t.c.h. Dabei setzen wir wieder auf die patternbasierte Softwareautomatisierung und erhoffen uns starke Synergien zu unserem Pattern-Framework-Projekt. Bild 3 zeigt die konzeptuelle Herangehensweise an das Wissenskommunikations-Thema durch Einführung von Patternsprachen zur Abbildung der Anforderungen auf applikationsabhängige und -unabhängige Abstraktionsebenen.

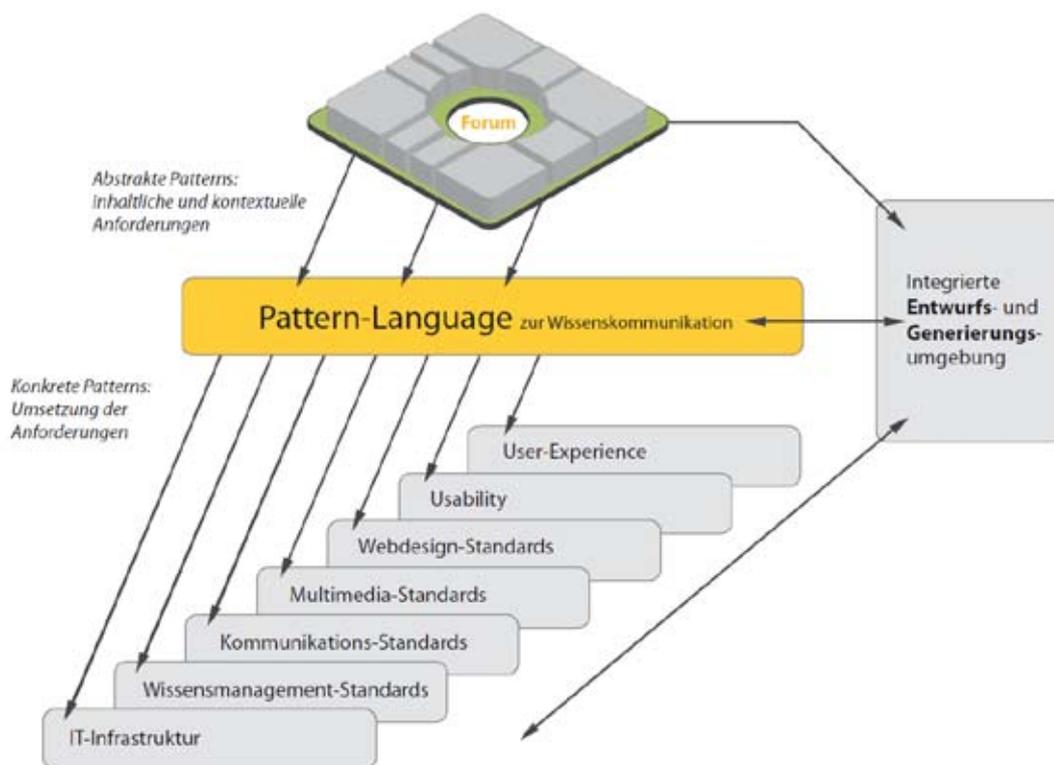


Bild 3: Patternbasierte Umsetzung der Anforderungen eines KMU-Wissenskommunikations-Forums in IT-Lösungen

VERÖFFENTLICHUNGEN

- [1] Märtin, C.: Aufbau der Forschungsgruppe Automation in Usability Engineering (AUE), Forschungsbericht 2008, Hochschule Augsburg University of Applied Sciences, 2008a, 77-78
- [2] Märtin, C.: Pattern-orientierte Entwicklung interaktiver Systeme. In: Kaelber, C. (Hrsg.) Medienpilotprojekte II: Besser wissen, wortundform, München, 2008b, 64-75
- [3] Engel, J., Märtin, 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

BUSINESSFORBUSINESS. Das Wirtschaftsleben unserer Region.

B4B SCHWABEN



»» DAS WIRTSCHAFTSLEBEN
UNSERER REGION ««



Unternehmen. Menschen. Perspektiven.

www.B4BSCHWABEN.de

Forschungsprojekt „Medizinische Bildverarbeitung für klinische Anwendungen“

Prof. Dr. Peter Rösch, Fakultät für Informatik

Ziel einer Kooperation mit der Universitätsklinik Ulm (Gruppe Prof. Dr. Volker Rasche) ist es, die Früherkennung der Atherosklerose (Arterienverkalkung) basierend auf Magnetresonanzbildern durch medizinische Bildverarbeitung zu unterstützen. Im Zentrum der hier berichteten Arbeiten steht die nachträgliche Korrektur störender Patientenbewegungen. Es zeigt sich, dass existierende Ansätze für typische Bilder nicht zum Erfolg führen, so dass die Entwicklung eines dedizierten Verfahrens erforderlich war. In ersten Experimenten konnten mit der neuen Methode auch Datensätze erfolgreich verarbeitet werden, die Rauschen und andere Störungen enthalten.

1. EINLEITUNG

Die Magnetresonanz- oder Kernspintomographie erlaubt die Aufnahme von dreidimensionalen Bildern des Körperinneren ohne die Anwendung ionisierender Strahlung, wobei unterschiedliche Gewebeeigenschaften dargestellt werden können. Es zeigt sich, dass für die Früherkennung der Atherosklerose eine Kombination der Information aus verschiedenen Datensätzen nötig ist, wobei Bewegungen der Patienten zwischen den Aufnahmen nachträglich korrigiert werden müssen, um eine korrekte Überlagerung der Bilder zu ermöglichen. Diesen Vorgang nennt man Registrierung [1]. Aufbauend auf einer ausführlichen Darstellung der medizinischer und technischer Hintergründe im Forschungsbericht 2008 [2] thematisiert dieses Dokument die Lösung konkreter Probleme, die bei der Registrierung typischer klinischer Daten auftreten.

2. REGISTRIERUNG VON MAGNETRESONANZBILDERN DER HALSSCHLAGADER

Bezogen auf die Eigenschaften der Datensätze ist die Registrierung gleichbedeutend mit der Transformation aller 3D-Bilder in ein gemeinsames Koordinatensystem, so dass korrespondierende anatomische Strukturen auch korrespondierende Koordinaten erhalten. Dazu muss zunächst die Frage beantwortet werden, welches Bild als Referenz dienen und somit das gemeinsame Koordinatensystem definieren soll. Bei der Auswahl ist sicherzustellen, dass das Referenzbild relevante Strukturen darstellt, die zumindest teilweise in allen Bildern erkennbar sind, um eine Registrierung zu ermöglichen. Eine genauere Analyse des klinischen

Bildmaterials (siehe [2]) führt zu dem Schluss, dass die innere Begrenzung der Gefäßwände in allen Bildern erkennbar ist. Besonders gut ist diese Begrenzung in dem Datensatz sichtbar, der fließendes Blut darstellt (time of flight“ MR-Angiographie, siehe [2]), so dass sich dieser Bildtyp als Referenz eignet. Typische Datensätze, die als Beispiel dienen sollen, sind in *Abb. 1* gezeigt. Das Angiographie-Bild (unten) dient als Referenz und soll die Detektion der inneren Begrenzung der Gefäßwand, die auch im oben dargestellten Bild gut sichtbar ist, unterstützen. Das im oberen Bild ebenfalls erkennbare Rauschen ist typisch für die geplante Anwendung, da eine Vergrößerung des Signal/Rausch-Verhältnisses mit einer Verlängerung der Messzeit einhergeht, die im klinischen Betrieb häufig nicht vertretbar ist. Eine direkte Überlagerung der beiden Bilder in *Abb. 2* zeigt, dass sich der Patient im vorliegenden Fall bewegt hat, so dass eine nachträgliche Registrierung unbedingt erforderlich ist.

3. VERSAGEN EINES ETABLIERTEN VERFAHRENS

Die meisten aktuellen Verfahren zur automatischen, grauwertbasierten Registrierung medizinischer Bild-



Ansprechpartner:

Prof. Dr. Peter Rösch

Hochschule Augsburg

Fakultät für Informatik
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3327
Telefax: (+49) 821 5586-3499

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

Fachgebiete:

Computergrafik, Digitale
Bildverarbeitung (2D),
medizinische Bildverarbeitung,
Visualisierung von Daten

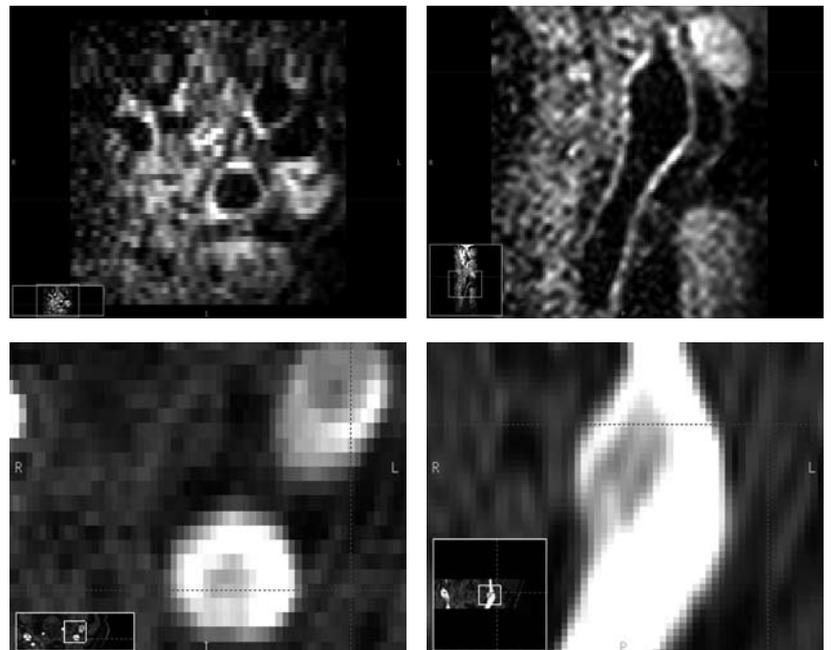


Abbildung 1: Klinische 3D-Magnetresonanzbilder der Halsschlagader, die die Gefäßwand (oben, Auflösung: $0,45 \times 0,45 \times 1$ mm) bzw. fließendes Blut (unten, Auflösung: $0,3 \times 0,3 \times 1$ mm) darstellen. Gezeigt sind Quer- (links) und Längsschnitte (rechts). Quelle: Gruppe Prof. Dr. Rasche, Universitätsklinik Ulm.

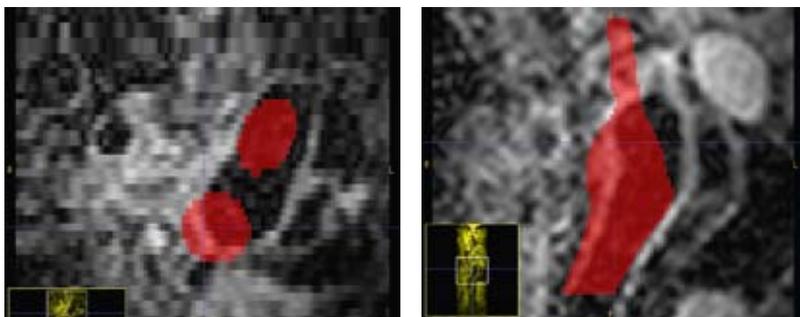


Abbildung 2: Durch Patientenbewegung gestörte Überlagerung von fließendem Blut (rot) und Gefäßwänden. Links ist ein Querschnitt, rechts ein Längsschnitt dargestellt.

daten mit unterschiedlichen Kontrasten basieren auf der iterativen Optimierung des Ähnlichkeitsmaßes „Mutual Information“ [5]. Die Grundidee dieses Maßes ist, dass die Entropie in einem zweidimensionalen Grauwert-Histogramm, das die Häufigkeitsverteilung von Grauwert-Paaren an korrespondierenden Bildpositionen quantifiziert, dann minimal wird, wenn die Bilder korrekt registriert sind. Im Verlauf der Registrierung werden daher die Transformationsparameter (hier 3D-Rotationswinkel und Verschiebungsvektor) so lange variiert, bis die Streuung im 2D-Histogramm nicht weiter verringert werden kann [1]. Im Rahmen von Voruntersuchungen wurde dieser Ansatz erfolgreich eingesetzt, um T1- und T2-gewichtete Bilddaten, die die Halsschlagader enthalten, zu registrieren [2]. Es lag daher nahe, dieses Verfahren auch für die im vorhergehenden Abschnitt beschriebene Registrierungsaufgabe einzusetzen. Entsprechende Experimente führten jedoch nicht zu Erfolg, wie an der in Abb. 3 dargestellten Überlagerung der Ergebnis-Bilder zu erkennen ist. Um auszuschließen, dass andere, für die spezifische Fragestellung nicht relevante anatomische

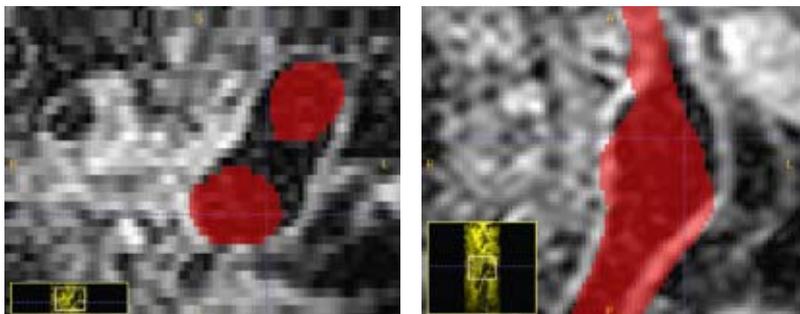


Abbildung 3: Überlagerung nach Optimierung des weit verbreiteten Ähnlichkeitsmaßes „Mutual Information“. Die Patientenbewegung konnte nicht erfolgreich korrigiert werden.

Strukturen die Registrierung verfälschen, wurde der zu registrierende Bildbereich durch eine geeignete Maske auf das hier interessierende Blutgefäß eingeschränkt.

Dazu erfolgte zunächst eine Segmentierung des Gefäßinneren, also des fließenden Blutes, aus dem Angiographie-Bild, wozu das freie Werkzeug itksnap [4] eingesetzt wurde. Um die Gefäßwand mit einzubeziehen, wurde der segmentierte Bereich durch eine morphologische Operation (Dilatation) ausgeweitet und ergab so die gewünschte Maske (Abb. 3). In weiteren Experimenten wurde das auf „Mutual Information“ basierende Registrierungsverfahren auf durch die Maske eingeschränkte Bildbereiche angewendet. Da sich jedoch keine deutliche Verbesserung im Vergleich zu den in Abb. 3 dargestellten Resultaten ergab, muss es andere, durch die Maske nicht korrigierbare Ursachen für das Versagen der Registrierung geben. Zum Verständnis dieser Ursachen ist eine genauere Betrachtung der Funktionsweise histogrammbasierter Ähnlichkeitsmaße nötig. Damit die Streuung in der gemeinsamen Intensitätsverteilung (2D-Histogramm) minimal wird, muss es eine definierte Beziehung zwischen Grauwerten korrespondierender Bildbereiche geben. Im vorliegenden Fall sind die Grauwerte innerhalb des Lumens jedoch durch Inhomogenitäten des Blutflusses beeinflusst, die zeitlich variieren und sich für unterschiedliche Pulssequenzen unterschiedlich auswirken.

Besonders deutlich sind diese Strukturen innerhalb des Lumens als dunkle Bereich im unteren Teil der Abb. 1 zu erkennen. Da nicht zu erwarten ist, dass die beschriebenen Effekte zu korrespondierenden Strukturen in Bildern führen, die zu unterschiedlichen Zeiten und mit unterschiedlichen Pulssequenzen aufgenommen wurden, liefert ein auf Regionen basierendes Registrierungsverfahren in diesem Fall keine brauchbaren Ergebnisse.

4. ALTERNATIVER ANSATZ

Eine erfolgreiche Registrierung setzt korrespondierende, in allen Bildern vorhandene Strukturen voraus. Wie in Abschnitt 2 dargestellt, ist die Äußere Begrenzung des Lumens bzw. die innere Begrenzung der Gefäßwand in allen Bildern sichtbar. Ein Ähnlichkeitsmaß, das auf korrespondierende Begrenzungen (Kanten) basiert, sollte in diesem Fall daher zu besseren Ergebnissen führen. Ein entsprechendes Maß ist die lokale Korrelation („local

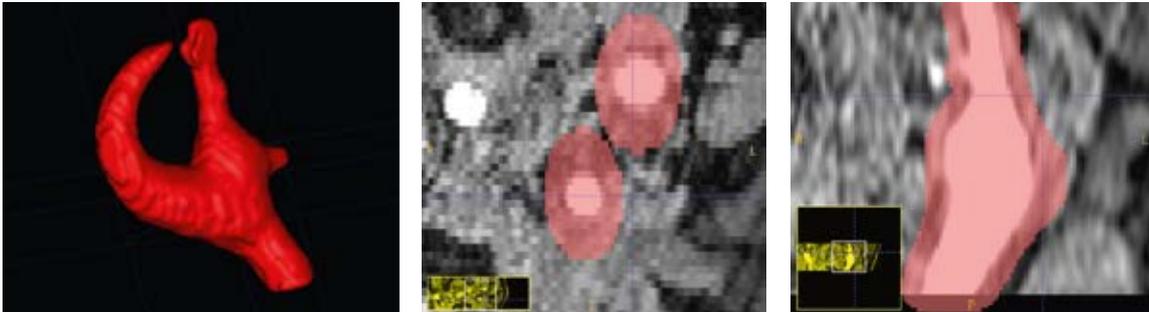


Abbildung 4: 3D-Darstellung des segmentierten Lumens (links) und daraus generierte Maske für die Registrierung im Querschnitt (Mitte) und Längsschnitt (rechts).

correlation“) [6]. Im Gegensatz zur weit verbreiteten Kreuzkorrelation, die von einem globalen linearen Zusammenhang zwischen Grauwerten an korrespondierenden Positionen in verschiedenen Bildern ausgeht, fordert die lokale Korrelation diesen linearen Zusammenhang nur in einem kleinen Bereich um korrespondierende Positionen herum, wobei die Parameter der entsprechenden Ausgleichsgeraden von Bereich zu Bereich variieren können.

Es zeigt sich, dass vor allem Bildkanten zur lokalen Korrelation beitragen [6]. Dies führt zu einem Registrierungsverfahren, das robust gegenüber Grauwertfluktuationen innerhalb anatomisch gesehen homogener Regionen ist. Die zeitlich variierenden Muster innerhalb des Lumens sollten die Funktionsweise eines auf lokaler Korrelation basierenden Verfahrens nicht beeinträchtigen, sofern sich die Begrenzungen des Lumens im Bild als stärkere Kanten darstellen als die Berandungen der Muster innerhalb des Lumens. Daher wurde das freie Paket ITK [3] um das Ähnlichkeitsmaß „local correlation“ erweitert und dieses Ähnlichkeitsmaß in die vorhandene Registrierungs-Software integriert.

5. ERGEBNISSE

Die neue Software wurde auf die Beispiel-Bilder (Abb. 1) angewendet. Wie Abb. 5 zeigt, konnte die Patientenbewegung mit der neuen Methode weitgehend kompensiert werden. Verbleibende Ungenauigkeiten sind wahrscheinlich auf bewegungsinduzierte Deformationen der Blutgefäße zurückzuführen, die durch eine starre Transformation nicht beschrieben werden können. Die Rechenzeit betrug ca. zwei Minuten (Intel Core 2 Duo, 2.4 GHz).

6. FAZIT UND AUSBLICK

Durch eine Erweiterung des quelloffenen Bildverarbeitungs-Pakets ITK [3] konnte ein Registrierungsverfahren entwickelt und implementiert werden, das verschiedene Magnetresonanzbilder der Halsschlagader zur Deckung bringt. Das Verfahren soll nun auf einem größeren Satz von Testbildern erprobt werden. Basierend auf den registrierten Bildern können dann Methoden zur computergestützten Detektion der Gefäßwände erforscht werden.

Darüber hinaus soll das Potential aktuelle Multicore-Prozessoren durch Parallelisierung dieses speziellen Registrierungsverfahrens genutzt werden.

LITERATUR

- [1] J. V. Hajnal, D. L. G. Hill, D. J. Hawkes (eds.): Medical Image Registration. CRC Press (2001)
- [2] P. Rösch, V. Rasche: Medizinische Bildverarbeitung für klinische Anwendungen. In: Hochschule für Angewandte Wissenschaften – Fachhochschule Augsburg

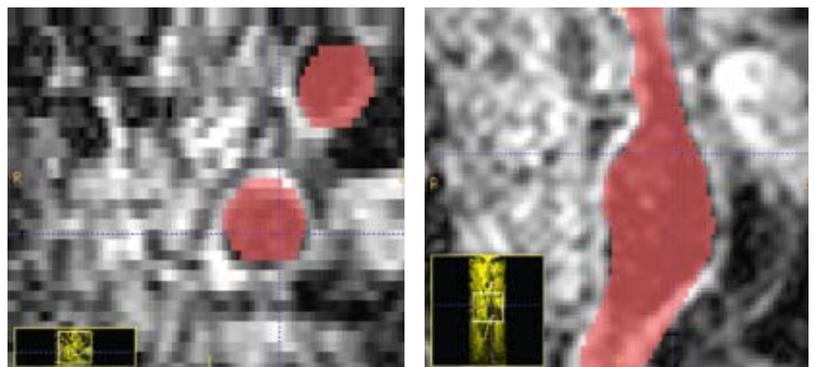


Abbildung 5: Überlagerung nach Registrierung mit der alternativen, auf „Local Correlation“ und der Anwendung von Masken basierten Methode. Die Patientenbewegung konnte bis auf Deformationen korrigiert werden.

- burg: Forschungsbericht 2008. 81–86
- [3] www.itk.org
- [4] www.itksnap.org
- [5] C. Studholme, D. L. G. Hill, D. J. Hawkes: Automated 3-D registration of MR and CT images of the head. *Med. Image Anal.* 1 (1996) 163–175
- [6] P. Rösch, T. Blaffert, J. Weese: Multi-Modality Image Registration using Local Correlation. In: H. U. Lemke, M. W. Vannier, K. Inamura, A. G. Farman (Eds.): *Proceedings of CARS'99*, Elsevier Science (1999) 228-232

Der CAMPUS OF EXCELLENCE und Forschungsprojekte im Bereich Wirtschaft

Prof. Dr. Kai-Uwe Wellner, Hochschule Augsburg, Fakultät für Wirtschaft

Die Hochschule Augsburg ist seit 2007 offizieller Partner der Excellence- und Forschungsinitiative CAMPUS OF EXCELLENCE (<http://www.campus-of-excellence.com>). Die HS Augsburg ist mit dem Präsidenten Prof. Dr. Schurk im Europaausschuss und Prof. Dr. Wellner als wissenschaftlichen Leiter der praxis academy eng mit dem CAMPUS verbunden.

Der CAMPUS ist eine Initiative von über 70 v. a. mittelständischen Wirtschaftsunternehmen, Forschungsinstitutionen, Verbänden, Hochschulen und Schulen. Sein Ziel ist es, durch Stipendien direkte Kontakte von Studierenden und Schülern zu Unternehmen und Forschungseinrichtungen herzustellen.

Die beiden Hauptbereiche des CAMPUS sind die „praxis academy“ und die „summer school“. Die Teilnehmer der praxis academy bearbeiten von August bis September in namhaften mittelständischen Partnerunternehmen komplexe Projektaufgaben. In der anschließenden summer school entwickeln die Studierenden zusammen mit Führungskräften, Wissenschaftlern, Politikern und Journalisten visionäre Zukunftsmodelle zum Thema Bildung in Verbindung mit Innovation/Technologie. Durch die vielgestaltige Zusammenarbeit entsteht ein tragfähiges Wissenschafts- und Wissens- Netzwerk. Eines, das angehende Akademiker auf Vorstände treffen lässt. Eines, in dem Studierende und Partnerunternehmen an anspruchsvollen Projekten arbeiten. Eines, in dem nicht einfach nur Karrieren entstehen. Eines das Forschung und Praxis verbindet.

DER CAMPUS OF EXCELLENCE IM NETZ DER BEZIEHUNGEN....

NEUER ERFOLGSFAKTOR ZWISCHEN HOCHSCHULEN, STUDENTEN UND UNTERNEHMEN

Über die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft wurde und wird seit einigen Jahren sehr viel gesprochen. Positive und sehr erfolgreiche Beispiele wie der Hochschulpark der Universität Dortmund oder zahlreiche Gründungen im Innovationszentrum Tenenlohe der Universität Erlangen-Nürnberg zeigen die gestiegene Bedeutung und erfolgreiche Umsetzung der Kooperationen zwischen Unternehmen und Hochschulen am Beispiel der Hochschule Augsburg.

Oft laufen jedoch diese Kooperationen über lehrstuhleigene Institute und individuell engagierte Professoren oder Forschungsinstitute. Für Studenten eröffnen

sich diese Möglichkeiten meist erst im post graduate Studium, der Promotion oder einer Anstellung am Lehrstuhl und nicht während des regulären Studiums.

Wenn auch die Unterschiede zwischen Fachhochschulen und Universitäten sich durch die Einführung der Bachelor Studiengänge extrem reduziert haben, hatten die Fachhochschulen insbesondere im Aufbau und Kontakt zu Unternehmen einen wesentlich innovativeren und praktischeren Anspruch als die Universitäten. Pflichtpraktika und die überdurchschnittliche Häufigkeit der Studenten bei Unternehmen ihre Diplomarbeit wissenschaftlich basiert an praktischen Fällen zu schreiben (an der Hochschule Augsburg liegt in der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät diese „Praxisquote“ bei über 80%), zeigt diese Orientierung.

Grundsätzlich liegt jedoch beiden Modellen ein Problem zu Grunde: organisierte, fakultäts- hochschul- übergreifende, projektbasierte und gezielte Programme waren bisher nur unternehmensspezifisch, jedoch nicht über verschiedene Unternehmensgrößen, Regionen, Studentengruppen, Unternehmensinhalte, Forschungs- und Projektaufgaben gegeben.

Der CAMPUS OF EXCELLENCE (COE) hat hierbei die Möglichkeit geschaffen die Beziehungen zwischen Studenten, Unternehmen, Schülern, Hochschulen und Schulen zu bündeln und zu institutionalisieren. Diese Art von Wissens-, Unternehmens- und Forschungsnetzwerk ist international einmalig und zeigt neue Wege und Möglichkeiten für alle Beteiligten:

Studenten: Ihnen werden hochwertige Projekte angeboten die oft schnell in den Unternehmen umgesetzt werden. Diese Erfahrungen konnten bisher nur Studenten die im Rahmen von studentischen Unternehmensberatungen sich engagierten, machen. Die



Ansprechpartner:

Prof. Dr. Kai-Uwe Wellner

Hochschule Augsburg

Fakultät für Wirtschaft
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 598-2911,
-2930

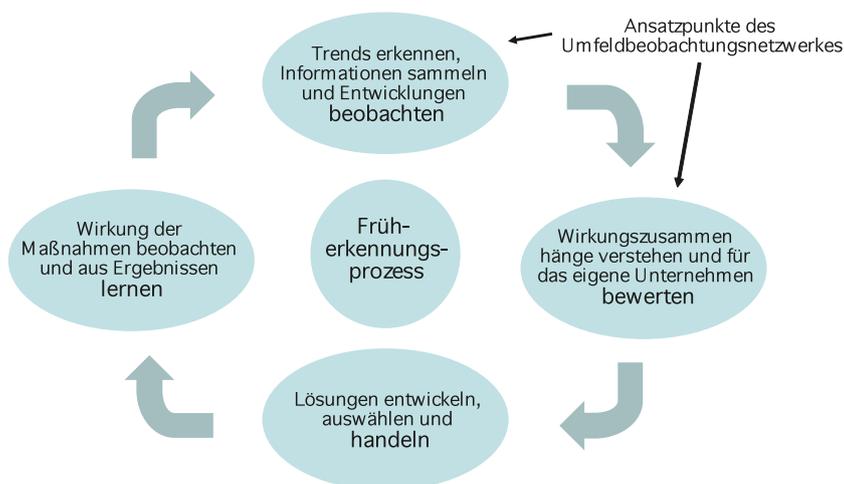
Telefax: (+49) 821 598-2902
kai-uwe.wellner@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Controlling,
International Management



Nach 2008 ist die Hochschule Augsburg auch 2009 offizieller Partner des „CAMPUS OF EXCELLENCE“



Früherkennung im Umfeldbeobachtungsnetzwerk (Darstellung: Wellner, Kai-Uwe)

Betreuung der Studenten während der Projektphase bei den COE Unternehmen durch die Professoren und die Integration in die Beziehung Unternehmen – COE – Hochschule – Student, ermöglicht den teilnehmenden Studenten neben dem fachlichen Input weitere Aspekte der interdisziplinären Teamarbeit kennen zu lernen.

Hochschulen: Sie profitieren von den intensiveren und über das klassische Studium hinausgehenden Beziehungen zu den Studenten. Vor allem aber ist der Kontakt zu anderen Hochschulen und überregionalen Unternehmen von großer Hilfe und Basis vieler weiterer Projekte und Anforderungen. Hochschulen kommen so aus dem vielgenannten „Elfenbeinturm“ heraus und wenden theoretische Kenntnisse optimal an.

Schüler: Sie werden frühzeitig auf Möglichkeiten in Unternehmen und Hochschulen vorbereitet und können so einen direkten Kontakt herstellen um sich über ihre Perspektiven und Anforderungen zu informieren.

Schulen: Da generell das primäre Bildungssystem relativ autark von Wirtschaft und Hochschule agiert, ermöglicht das Netzwerk des COE eine neue Dimension, nämlich die Vorbereitung der Schulen und Schüler auf über Pflichtpraktika hinausgehende Kontakte und Informationen aus erster Hand.

Unternehmen: Die Unternehmen gewinnen über das „Testen“ und Kennen lernen von exzellenten Studenten potentielle Nachwuchskräfte die gezielt ausgesucht und anhand anspruchsvoller Projekte ausgesucht werden können. Zudem ergeben sich für die Unternehmen durch die Bearbeitung der Studentenprojekte Umsetzungsmöglichkeiten ähnlich Beraterprojekte. Die Betreuung durch Hochschulen während der Projektphase ermöglicht längerfristige Kooperationen und aktuellste Inputs.

Sponsoren: Die Sponsoren schaffen es durch ein absolut innovatives Produkt Ihren Kunden einen Mehrwert zu generieren der oft 1 zu 1 in die Unternehmen umgesetzt wird. Oft sind die Sponsoren selbst Nutzer dieser Excellence Studenten und positionieren sich somit als langfristiger Partner. Die Kontakte zu den Hochschulen werden weiter intensiviert bzw. aufgebaut.

Förderer: Diese sind anders als die marktwirtschaftlich agierenden Unternehmen i.W. Non Profit Organisationen oder staatliche Institutionen, können ihre gesellschaftliche Verantwortung demonstrieren. Sie können durch das Netzwerk Kontakte und Informationen erlangen und generieren die anders nicht zu Stande kommen würden. Zudem nimmt der COE einige der innovativen Aufgaben eines Bildungs- oder Arbeitsministeriums wahr.

Forschung: Neben der Vernetzung der verschiedenen Einrichtungen und dem starken Praxisbezug kann die Forschung neue Erkenntnisse im Rahmen der Geistes-, Sozial-, Wirtschafts-, und Technologietransfers erzielen. Der anwendungsbezogene Forschungsansatz geht hierbei neue Wege und wird durch entsprechende Publikationen und Unternehmensumsetzungen praxisnah weiterentwickelt und in der Lehre an den Hochschulen vermittelt.

Netzwerke funktionieren nur, wenn sie sich selbständig entwickeln und weiterentwickeln. So ist besonders der zu Beginn angesprochene nicht optimal ausgeschöpfte Kontakt durch die Unternehmen und Hochschulen durch den COE bei den Teilnehmern wesentlich verbessert worden. Der CAMPUS OF EXCELLENCE versetzt hierbei alle Netzwerkpartizipanten in eine Situation, in der jeder sich als Gewinner fühlt, jeder seine für ihn individuellen Vorteile nutzen, ausschöpfen und optimieren kann. Und dies ist das Netz der Beziehungen, welches der CAMPUS OF EXCELLENCE ermöglicht. Die Eigendynamik des Netzwerkes zeigt sich zum Beispiel auch besonders an der schnell wachsenden und aktiven Gestaltung des Alumni Vereins des CAMPUS OF EXCELLENCE. Basis all dieser Chancen waren und sind engagierte Partizipanten im Netz der Beziehungen.

UMFELDBEOBACHTUNGSNETZWERKE – FORSCHUNGSPROJEKT MIT DER FIRMA DATEV E.V. IM BEREICH STRATEGISCHEM MANAGEMENT.

Im Jahr 2008 hat die Wirtschaftsfakultät der HS Augsburg in Verbindung mit dem weltgrößten Anbieter von

Steuerberater Software der Firma DATEV e.V. eine langfristig ausgerichtete Forschungskoope-ration gestartet. Im Wesentlichen soll dabei durch den wissenschaftlichen Aufbau eines Umfeldbeobachtungsnetzwerkes die Strategie der Firma DATEV nachhaltig positiv beeinflusst werden.

Im Rahmen dieser Forschungskoope-ration fanden bereits mehrere Erfahrungsaustausche und Projekte mit wissenschaftlichen Mitarbeitern, Studenten und Prof. Wellner statt. „Es ist nicht Aufgabe, die Zukunft vorauszusagen, sondern auf sie vorbereitet zu sein.“ Auf diesem Zitat des griechischen Philosophen Perikles basiert die Idee des Umfeldbeobachtungsnetzwerkes.

In einer Zeit der wachsenden Dynamikernetzung der Umfeldler und der steigenden Zahl unternehmensrelevanter Tatbestände wird es schwieriger, zukünftige Entwicklungen zu prognostizieren und zu beeinflussen. Aktions- und Reaktionszeiten entwickeln sich immer mehr zum kritischen Faktor. Dennoch können viele mögliche Risiken, aber auch Geschäftschancen mit Hilfe strategischer Früherkennung quasi vorgedacht werden. Die Entwicklung und praxisorientierte Anwendung dieses Modells ist das Ziel der Forschungskoope-ration zwischen DATEV und der HS Augsburg.

Umfeldbeobachtungen finden in Unternehmen in verschiedensten Formen statt. Am bekanntesten sind die Ausprägungen der Marktforschung, der Früherkennung, des Benchmarking und des Risikomanagements. Ziel eines Früherkennungssystems ist eine möglichst frühzeitige Erkennung, Diagnose und Weitergabe von führungsrelevantem Wissen und dessen operative und strategische Umsetzung im Unternehmen. Der Output eines Früherkennungssystem besteht aus Früherkennungsinformationen, die auf real vorhandene, aber noch nicht allgemein erkannte strategische Chancen und Risiken aufmerksam machen. Sie soll in solch frühem Stadium geschehen, dass es dem Unternehmen noch möglich ist, geeignete Strategien zu entwickeln und Maßnahmen durchzuführen. Die Differenzierung der Früherkennungsergebnisse im Bezug auf Chance, Risiko, Bedeutung und Umsetzung für das Unternehmen sind sehr wichtig. Mit der Früherkennung ist der Begriff „Risiko“, bzw. „Unsicherheit“ eng verbunden.

In dem Forschungsprojekt werden hierbei neue Wege und Ziele der systematischen und langfristigen Zielorientierung durch das „Radarsystem“ der Früher-

kennung von beeinflussenden Veränderungen erfasst und bewertet. Die Implementierung dieser Systeme wird in einem weiteren Schritt im Unternehmen vorangetrieben.

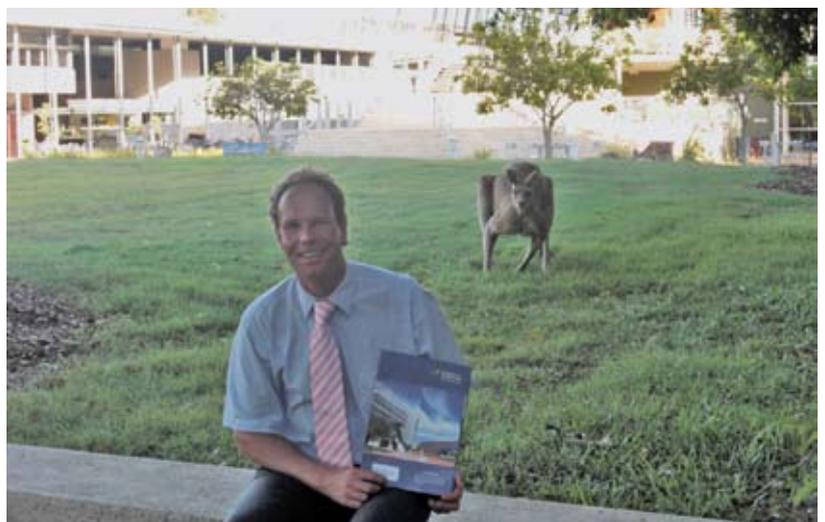
INTERNATIONALES FORSCHUNGSPROJEKT MIT DER AUSTRALISCHEN UNIVERSITY OF THE SUNSHINE COAST IM BEREICH INTERKULTURELLE BALANCED SCORECARD IM CONTROLLING

Die HSA legt einen hohen Wert auf Internationalität im Bezug auf Lehre und Forschung. Die Internationalität spielt auch in der Kooperation mit über 60 ausländischen Hochschulen eine wesentliche Rolle. Die große Mehrheit der outgoing und incoming Studenten mit den Partnerhochschulen erfolgt dabei über die Wirtschaftsfakultät. Aber nicht nur im Studentenaustausch spielt diese internationale Kooperation eine wichtige Rolle, sondern vermehrt auch in der internationalen Forschung. Seit vielen Jahren pflegt die Wirtschaftsfakultät der HSA ein intensives Partnerprogramm mit der University of the Sunshine Coast (USC) in Australien.

Im Wintersemester 2008/09 verbrachte Prof. Wellner bei unserer Partneruniversität in Australien ein Forschungssemester. Dort wurde ein im Vorjahr in Augsburg begonnenes Forschungsprojekt weitergeführt und ausgebaut.

Im Vorjahr (Winter 2007/08) besuchte australische Professor Monte Wynder von der USC unsere Hochschule in Augsburg und hielt dabei einige Vorträge im Rahmen des International Management Studiums. Während des Aufenthaltes in Augsburg wurden

Dass Lehre und Forschung in Australien ein wenig anders aussieht als in Augsburg, belegt obiges Bild: Prof. Wellner an der australischen Partneruniversität USC.



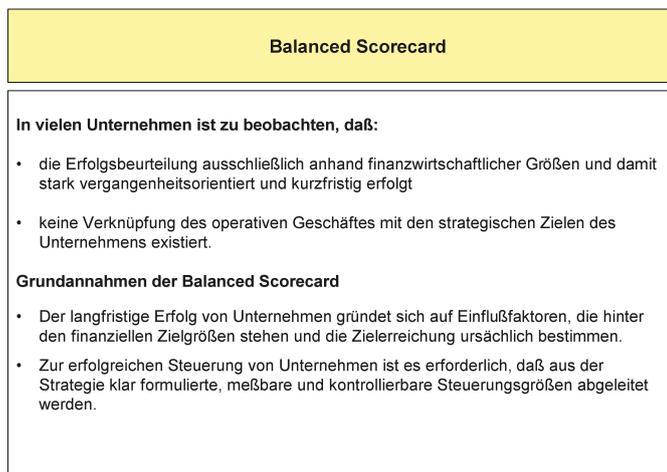


Abb. 1: Gründe für die Einführung der Balanced Scorecard (Darstellung: Wellner, Kai-Uwe)

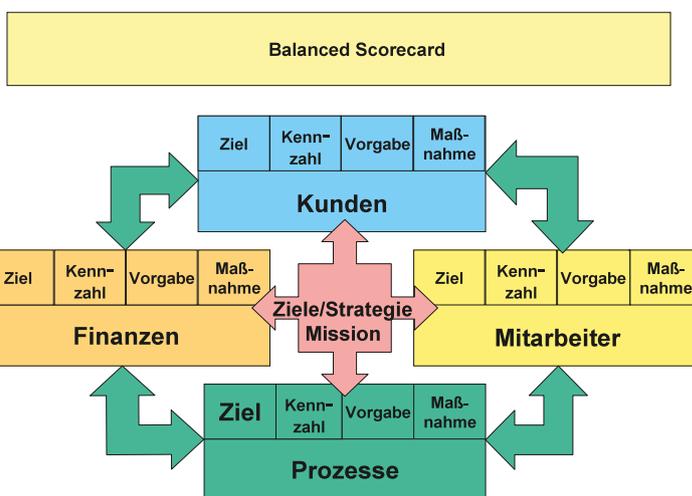


Abb. 2: Grafische Darstellung der Balanced Scorecard (Darstellung: Wellner, Kai-Uwe)

verschiedene Entwicklungen in der Unternehmenssteuerung und deren regionalen/nationalen Abweichungen diskutiert. Das Thema bzgl. interkultureller Differenzen bei der Anwendung von Management Tools führt sehr häufig im internationalen Geschäft zu Problemen und teilweise auch zu Krisen bei der Führung von Tochtergesellschaften, Kooperationen und Firmenübernahmen. Ersichtlich sind die verschiedenen Managementkulturen und die daraus resultierenden Problemen die auch anhand von zahlreichen Beispielen in der internationalen Presse diskutiert werden (z.B. Airbus/EADS zwischen Deutschland und Frankreich; USA Geschäft von DHL; Korruptionsvorwürfe bei Siemens im Rahmen der Vergabe von internationalen Geschäften; Adidas Verkaufs- und Produktionsengagement in China). Die unterschiedliche, Kundenansprache, Kultur, die Managementadaption und das Setzen von richtigen Zielen und Kennzahlen ist hierbei von wesentlicher Bedeutung für den internationalen Unternehmenserfolg.

In dem gemeinsamen Forschungsprojekt wird/wurde untersucht in wie weit die Kultur zwischen Deutschland, Frankreich und Australien einen Einfluß auf die Bewertung von Leistungen bei Managern und deren Umsetzung von Steuerungsinstrumenten und Zielen hat. Basis hierfür ist das international sehr aktuelle und viel genutzte Management Werkzeug der Balanced Score Card.

Hierbei wird, wie aus Abb. 2 ersichtlich, das Unternehmen anhand von 4 wesentlichen Bereichen „ausbalanciert“. Dies bedeutet, dass sich alle 4 Bereiche des Unternehmens im Rahmen der langfristigen Unternehmensstrategie ausrichten müssen und nicht kurzfristigen z.B. Renditezielen nachstreben sollen.

Ein wesentlicher Aspekt dieser Balanced Scorecard BSC wurde jedoch noch nicht untersucht: die kulturell verschiedene Gewichtung verschiedener Kennzahlen und Bereiche. Man ist bei dem klassischen Modell davon ausgegangen, dass es keine länderspezifischen Unterschiede in einer BSC gibt. Dies versuchen Prof. Wynder und Prof. Wellner durch empirische Analysen und Auswertungen zu erforschen. Für eine international ausgerichtete Wirtschaft und ein internationales Studium der Betriebswirtschaft ist dies von elementarer Bedeutung.

Aufbauend auf dieser Untersuchung wird die Bedeutung der Ausbildung wirtschaftswissenschaftlicher Studenten in Australien und Deutschland untersucht in wie weit theoretische Ansätze des strategischen Managements im späteren Berufsleben entsprechend ihrer Aktualität und Wichtigkeit nachvollzogen und umgesetzt werden. Somit ergeben sich aus den laufenden Untersuchungen weitere Forschungsprojekte die auf den bisherigen Erfahrungen und Forschungsergebnissen aufbauen.

Design und Ethik – Nachhaltigkeit in der Hochschulbildung

Prof. Jens Müller, Hochschule Augsburg, Fakultät für Gestaltung

WERKSTATT MEDIENETHIK

Anknüpfend an die Diskussionen eines Treffens von Mitgliedern des Netzwerkes für nachhaltige Entwicklung an Fachhochschulen Deutschlands (FHD-NE) im Schwarzwald, lag der Schwerpunkt 2008 auf NE und CSR. Diese Schwerpunktsetzung erfolgte auch mit Blick auf eine Klärung des Untertitels „Nachhaltigkeit in der Hochschulbildung“. Sie folgte darüber hinaus dem Anliegen der Masterstudiengänge, Führungspersönlichkeiten auszubilden, die gesellschaftliche Verantwortung in Unternehmen übernehmen sollen.

Die Fakultät für Gestaltung versteht sich nicht nur als berufsbezogene Ausbildungseinrichtung, sondern darüber hinaus auch als kulturell wirksame Institution. Die Auseinandersetzung mit dem aktuellen Themen NE und CSR unterstreicht diesen Anspruch. Als Teilprojekt der fakultätsübergreifenden Initiative „Nachhaltigkeit in der Hochschulbildung“ werden Positionen zu einer Designethik entwickelt und Anregungen für den Hochschuldiskurs gegeben.

DIE AKTIVITÄTEN 2008

Im Jahr 2008 konnten wiederum anerkannte Persönlichkeiten mit unterschiedlichen Perspektiven auf die Thematik für die Vortragsreihe gewonnen werden. Eröffnet wurde der Diskurs mit zwei Vorträgen zur Verantwortung von Unternehmen und ging danach über zu den globalen Handlungsmöglichkeiten über.



Claus Hipp

Am 24. April gab der Unternehmer Claus Hipp einen Einblick in die Verantwortungsbereiche der Unternehmensführung. An konkreten Beispielen aus seinem Unternehmen beleuchtete er, wie sich soziale und ökologisch motivierte Entscheidungen für sein Unternehmen auswirken.



Dorothee Hahn

Am 27. Mai stellte die Corporate Responsibility Managerin Dorothee Hahn den CSR-Bericht des Kommunikationsunternehmens O2 vor. Mit großem Engagement berichtete sie von ihrem Aufgabenbereich und den CSR-Projekten von O2.



Rudolf L. Schreiber

Am 9. Oktober rief der Ökopianier Rudolf L. Schreiber zum umweltorientierten Engagement auf. Mit eindringlichen Bildern unterstrich er die Notwendigkeit zum Handeln.



Dirk Solte

Am 18. Dezember untersuchte Dirk Solte vom FAW/n Gestaltungsmöglichkeiten angesichts der Krise des Weltfinanzsystems. Seine anschauliche und nachvollziehbare Beschreibung der Finanzkrise verknüpfte er mit verschiedenen wahrscheinlichen Zukunftsszenarien.

DAS NETZWERK

Das Thema „Design und Ethik“ versteht sich als Teil der hochschulweiten Initiative „Nachhaltigkeit in der Hochschulbildung“. Innerhalb dieses Rahmens fanden mit Unterstützung der Hochschulleitung weitere Vorträge anderer Fakultäten und eine Ausstellungen statt, u.a. von



Ansprechpartner:
Prof. Jens Müller

Hochschule Augsburg

Fakultät für Gestaltung
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3400,
-3401

Telefax: (+49) 821 5586-3422

jens.mueller@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

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

Fakultät für Gestaltung | Institut für Technologietransfer und Weiterbildung



www.fh-augsburg.de/ethik

Gastvortrag und Diskussion

Claus Hipp
HiPP GmbH & Co. Vertrieb KG, Pfaffenhofen (Illm)

Ethik im Wirtschaftsleben

18 Uhr
Donnerstag, 24. April 2008
Campus am Roten Tor, Hörsaal M101
Friedberger Str. 2, 86161 Augsburg

Fachhochschule Augsburg
Hochschule für angewandte Wissenschaften

Die öffentliche Vortragsreihe **Design und Ethik** der Fakultät für Gestaltung und des Instituts für Technologietransfer und Weiterbildung ist Teil der Lokalen Agenda 21, Augsburg.

Dr. Thomas Henninsen (Greenpeace), Dr. Hans Peter Danuser und Prof. Dr. Arntz statt.

Über die Hochschule hinaus gab es die aktive Beteiligung am Netzwerk FHN-NE, das von Prof. Dr. Michael Wörz geleitet wird. Dazu zählte die Teilnahme am Netzwerktreffen im September 2008, bei dem in Workshops konkrete Massnahmen für eine nachhaltige Hochschulentwicklung erarbeitet wurden.

ERGEBNISSE

Die Thematik der nachhaltigen Entwicklung findet sich in zahlreichen Seminararbeiten und Diplomthemen wieder. Mit allen Vortragenden wurden Interviews geführt. Die Vorträge und Interviews wurden wiederum in hausinternen Publikationen zusammengefasst. Die verschiedenen Initiativen werden auf der Website www.hs-augsburg.de/ethik dokumentiert. Projektpartner waren Dietmar Braunmiller (ITW), Studierende des Masterstudiengangs „Interaktive Mediensysteme“ sowie Ute Michallik-Herbein (Lokale Agenda21 Augsburg).



Dr. Dirk Solte erläutert im Interview mit Masterstudierenden seine Thesen zum Weltfinanzsystem.



Gastreferent Dr. Claus Hipp (Mitte) mit Vizepräsident Prof. Dr. Kellner und Prof. Jens Müller, im Hintergrund bereitet Masterstudent Stefan Lahr das Interview mit Claus Hipp vor.

Forschungsfeld Newsdesign

Prof. Michael Stoll, Hochschule Augsburg, Fakultät für Gestaltung

Die gefühlte und tatsächliche Erosion herkömmlicher Mediensysteme, die damit einhergehende Rollenänderung der beteiligten Akteure und die Rasanz des Medienwandels wirft u. a. Fragen nach potenziellen Tätigkeitsfeldern, Berufsbildern, und Forschungsfeldern zukünftiger Absolvierender der Fakultät für Gestaltung auf. Der Forschungsbereich „Newsdesign“ bietet den Beteiligten

1. hochschulintern ein Netz von Aktivitätsfeldern,
2. hochschulübergreifend fachrelevante Partnerschaften und
3. mit Blick auf die Medienwirtschaft Kooperationsmöglichkeiten auf innovationsträchtigen Gebieten.

VORTRAGSREIHE NEWSDESIGN:

Ziel dieser seit 2006 stattfindenden Vortragsreihe mit Referenten aus der medienwissenschaftlichen, journalistischen und mediengestalterischen Praxis ist es, den Studierenden der Fakultät für Gestaltung einen aus ihrer Lebens- und Berufsperspektive heraus attraktiven Einblick in aktuelle Trends der Medienentwicklung zu geben. Zuletzt sprachen an der Hochschule Augsburg in diesem Rahmen der Medienforscher Dr. Peter Schumacher von der Uni Trier über Rezeptionseigenschaften unterschiedlicher Zeitungsformate. Er stellte seine Studie für das Zeitungsinstitut IFRA vor. Diplom-Designer Daniel Braun berichtete über seine Arbeit als Leiter der Abteilung Infografik bei der Süddeutschen Zeitung, München. Stefan Fichtel, Leiter der Unit Infografik bei der Editorial-Agentur Kircherburkhardt, Berlin, gab den Studierenden anhand seiner Arbeit einen Überblick über Geschäftsfelder für Infografik über die tagesaktuelle

Berichterstattung hinaus. Anhand seiner Arbeiten erläuterte Stefan Fichtel, welche speziellen Anforderungen in diesen zukunftssträchtigen Märkten liegen.

EXKURSIONSREIHE NEWSDESIGN:

Um Studierenden der Fakultät für Gestaltung die Praktiker und Trendsetter aktueller Medienentwicklungen näher zu bringen, finden seit 2008 mindestens zwei Fachexkursionen pro Jahr statt: Im April 2008 besuchte eine 10-köpfige Gruppe von Studierenden Editorial-Agenturen, Medienhäuser und Infografikagenturen in Berlin, u. a. Kircher Burkhardt, Golden Section Graphics und die Welt am Sonntag des Springer Verlags. Im Herbst 2008 führte eine Exkursion in die dänische Hauptstadt Kopenhagen. Dort haben alle wichtigen Medienhäuser Dänemarks ihren Sitz. Freundlich empfangen



Vernissage zur Ausstellung „World's Best Designed Newspapers“ am 27. November 2008 in der Galerie der Fakultät für Gestaltung.



Ansprechpartner:

Prof. Michael Stoll
Fakultät für Gestaltung

Hochschule Augsburg

An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3413,
-3401

Telefax: (+49) 821 5586-3431
michael.stoll@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Informationsdesign,
Medientheorie,
Newsdesign, Infografik



Stefan Fichtel, Unitleiter Infografik bei Kircherburkhardt, Berlin, berichtet in seinem Vortrag über Themenfelder der Infografik jenseits der aktuellen Tagespresse.



Jan Schwochow, Geschäftsführer Golden Section Infographics, Berlin, erklärt den Weg von der Skizze zur finalen Infografik (während einer Infografik-Exkursion nach Berlin, April 2008).

wurden die Studierenden bei Berlingske Tidene, Rizaus Bureau, der Gratiszeitung 24timer, Politiken und Ingenieuren. Im Frühjahr 2009 gehörten kurz hintereinander zwei wichtige Konferenzen zu den Zielen: im März die Infografik-Konferenz „Malofej 17“ an der University of Navarra in Pamplona, Spanien, und der „Newspaper Design Congress 2009“ in Wien, Österreich.

WORKSHOPREIHE NEWSDESIGN:

Im April 2008 fand in der Fakultät für Gestaltung ein einwöchiger Infografik-Workshop mit Karin Sturm, Leiterin Infografik, und Jördis Guzman-Bulla, Layout-Chefin der Welt am Sonntag, statt. Während dieser Wo-



Bei Tee und Häppchen: Studierende informieren sich über die gestalterische Arbeit der Kopenhagener Editorial-Design-Agentur „essenzen“ (Dezember 2008).

che gestalteten Studierende eine infografisch orientierte Panoramaseite zum Leben und Sterben der Thunfische. Die Seite wurde im August 2008 veröffentlicht und bereits zwei wichtige Preise gewonnen. Für Herbst 2009 ist ein einwöchiger internationaler Newsdesign-Workshop in Planung: Studierende der Danske Designskole, Kopenhagen, Dänemark, werden mit Augsburger Studierenden ein crossmediales Newsprodukt konzipieren und gestalten.

AUSSTELLUNGSREIHE NEWSDESIGN:

Im Ausstellungsraum der Fakultät für Gestaltung „preview“ waren im Dezember 2008 die von der Society for Newsdesign (SND) prämierten Zeitungen des Wettbewerbs „World's Best Designed Newspapers“ zu sehen. SND-Gründungsmitglied, Prof. Rolf Rehe, war eigens aus Wien angereist, um die Ausstellung zu eröffnen und fachkundige Einblicke in die nicht offensichtlichen Aspekte von Zeitungsdesign zu geben. Bereits in Vorbereitung befinden sich zwei weitere Ausstellungen dieser Serie: im Herbst 2009 wird die Ausstellung „The Roots of Infographics“ Meilensteine der Infografikentwicklung zeigen, im Frühjahr 2010 wird ein repräsentativer Querschnitt infografischen schaffens in den Printmedien der letzten 40 Jahre zu sehen sein.

FACHKLASSE „INFORMATIONSDESIGN“:

Interessierte Studierende des Bachelor Kommunikationsdesign können zunächst nach ihrem Grundstudium im dritten Studiensemester die Fachklasse „Informationsdesign“ wählen. Die Fachklasse ist Ausgangspunkt



Sören Nyeland, Designeditor der linksliberalen dänischen Tageszeitung „politiken“ erläutert, wie Inhalt und Gestaltung zu innovativen Seitendesigns führen (Dezember 2008).

und Plattform für eine fundierte Auseinandersetzung mit „non-persuasiven“ Kommunikationsformen. Die Bewertung, Konzeption und Gestaltung nachrichtlicher Informationen steht hier im Mittelpunkt. Studierende dieser Fachklasse gewannen u.a. einen „European Newspaper Award“, wurden von der Society for Newsdesign für ihre Arbeiten ausgezeichnet oder gewannen einen Silver Award beim „Malofiej-17-Infografikwettbewerb“.

HOCHSCHULPARTNERSCHAFTEN:

Um den Studierenden der Fakultät für Gestaltung auch auf internationaler Ebene die Möglichkeit zum Studium des Newsdesign zu geben, sind gezielt (bisher) zwei fachspezifische Erasmus-Partnerschaften in diesem Bereich initiiert worden: zum einen mit dem Department of Communication der renommierten University of Navarra, Pamplona, Spanien, und dem Designdepartment der Danske Designskole, Kopenhagen, Dänemark. Weitere Hochschulkooperationen auf nationaler und internationaler Ebene werden z. Zt. mit dem Ziel verhandelt, eine breit aufgestellte Forschungs- und Entwicklungsplattform im Bereich Newsdesign zu etablieren. Interesse besteht an einer praxisorientierten Zusammenarbeit mit einem Journalistik-Institut und mit amerikanischen Hochschulen.

MASTER OF ARTS „NEWSDESIGN“:

Ab Sommersemester 2010 bietet die Fakultät für Ge-



Die „Welt am Sonntag“ von Mitte August 2008, gestaltet von Studierenden eines Infografik-Workshops mit Designerinnen der „Welt am Sonntag“. Die Studierenden haben mit dieser Seite zwei Awards gewonnen: einen Award der Society for Newsdesign und einen European Newspaper Award.

staltung einen berufsbegleitenden Masterstudiengang „Newsdesign“ an. Der Studiengang hat die visuellen und gestalterischen Aspekte nachrichtlicher Informationsvermittlung zum Thema. Er richtet sich an Designer mit einer hohen Affinität zum Journalismus und an Journalisten mit einer hohen Affinität zur Gestaltung journalistischer Produkte. Vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen im Medienbereich betont er die

Einheit von journalistischer Aussage und deren Gestaltung als untrennbar. Er fokussiert er auf das Ziel, mithilfe fundierter Kenntnisse in Gestaltung und Journalismus höchste publizistische Qualitätsstandards zu erreichen und zu sichern. Mit dem Abschluss „Master of Arts“ qualifizieren sich die Absolventinnen und Absolventen für Führungspositionen in Medienunternehmen, Forschung und Lehre.



Aus und vorbei und trotzdem glücklich: die Studierenden-Gruppe des Infografik-Workshops mit ihren Betreuerinnen von der „Welt am Sonntag“ Jördis Guzman-Bulla (ganz links) und Karin Sturm (fünfte von rechts).

Forschungen zur Baugeschichte des Mittelalters und zur Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts, i. B. zur Architektur im Faschismus in Italien und der Rolle der historischen Stadt in der Moderne.

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



Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing.
Klaus Tragbar

Hochschule Augsburg

Fakultät für Architektur
und Bauingenieurwesen
An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3111

Telefax: (+49) 821 5586-3110

klaus.tragbar@hs-augsburg.de

www.hs-augsburg.de

Fachgebiete:

Bauaufnahme,
Architekturtheorie,
Baugeschichte



Baptisterium von Aquileia, Ansicht von Norden

DAS BAPTISTERIUM IN AQUILEIA

Dem Baptisterium in Aquileia kommt in der Geschichte frühchristlicher Baptisterien eine erstrangige Bedeutung zu. In Aquileia wurden, parallel zu den drei Bauphasen der bischöflichen Doppelkirchen, in einem

kurzen Zeitraum auch drei Baptisterien errichtet: Ausgehend von den unter Theodorus (307–320) und Fortunatianus (342/343–369) errichteten Vorgängerbauten sollte zur Zeit des Chromatius (388–407) erst das dritte Baptisterium in Gestalt eines der Südbasilika axial vorgelegten Baues seinen definitiven Standort erhalten.

Leider entspricht der Forschungsstand nicht dem hohen Rang des Bauwerks. Hauptsächlich aufgrund einer fehlenden exakten Bauaufnahme werden bis heute strukturelle Widersprüche tradiert, die aus der Datierung in die Zeit des Patriarchen Poppo (1019–1042) resultieren.

Diese hypothetische, ausschließlich auf historischen und kirchenpolitischen Überlegungen und nicht das Bauwerk selbst befragenden Methode beruhende Datierung macht deutlich, dass eine umfassende Bauaufnahme dringend von Nöten ist – allein sie kann zur Klärung der bis heute ungelösten Problematik beitragen, die nicht nur für die mittelalterliche Baptisteriumsgeschichte Aquileias, sondern auch für die Erforschung frühchristlicher Baptisterien insgesamt von erheblicher Bedeutung ist.

Das Forschungsprojekt wird in Kooperation mit Dr. Barbara Bruderer-Eichberg, Rom, und Prof. Dr. Gianpaolo Trevisan, Università di Udine, durchgeführt und durch die Gerda Henkel Stiftung finanziert.

Stand der Bearbeitung: in Vorbereitung (Beginn im September 2009)

ST. PETER IN SALZBURG

Im Jahr 2003 wurde in St. Peter in Salzburg, der Kirche der gleichnamigen Erzabtei, bei Baumaßnahmen im so genannten Brüderstock eine Mauerwerkspartie des südlichen Langhausobergadens freigelegt, die seit 2005 Gegenstand der Bauforschung ist. Dazu wurde das freiliegende Mauerwerk im Maßstab 1:10 bzw. 1:20 steingerecht vermessen und gezeichnet. Zusätzlich wurden Mörtelproben entnommen und untersucht. Ergänzt



St. Peter in Salzburg:
bei Baumaßnahmen im
Brüderstock freigelegte
Mauerwerkspartie des
südlichen Langhaus-
obergadens.

wurde das Bauaufmaß des südlichen Langhausobergadiens durch Aufmaße weiterer Mauerwerkspartien in St. Peter und den angrenzenden Bauten bzw. Bauteilen.

An der Untersuchung sind beteiligt der Archäologe Stefan Karwiese (Wien) und der Restaurator Thomas Hacklberger (Utting); seitens der HS Augsburg haben mitgewirkt die Architekturstudenten Andreas Häusler (2005), Tobias Hötzel (2005), Daniel Pflaum (2008), Michael Pichler (2008) und Michel Sedlmeier (2006).

Stand der Bearbeitung: laufend

Zugehörige Vorträge:

- [1] Neue Forschungen zu St. Peter in Salzburg (45. Tagung für Ausgrabungswissenschaft und Bauforschung der Koldewey-Gesellschaft, Regensburg, 30. April – 4. Mai 2008)
- [2] Neue Forschungen zu St. Peter. Möglichkeiten zur interdisziplinären Zusammenarbeit (Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, Salzburg, 24. Oktober 2007) (mit Thomas Hacklberger und Stefan Karwiese)



Coronariertel in Rom, Projektskizze des Architekten Gustavo Giovannoni (1913)

Zugehörige Publikationen:

- [3] Beobachtungen am Langhausobergaden von St. Peter in Salzburg, *architectura* 37.2007, 2, 213–217 (mit Stefan Karwiese)

ALTE STADT UND NEUES BAUEN. DIE IDEE DES AMBIENTISMO IM EUROPÄISCHEN KONTEXT

Zu den Desiderata der Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts gehören Untersuchungen zur Rolle der historischen Stadt in der Moderne. Dazu zählen städtebauliche Probleme wie die Anpassung der historischen Stadtzentren an moderne Bedürfnisse von Verkehr und Hygiene, architektonische wie das neue Bauen in der alten Stadt und denkmalpflegerische wie der Umgang mit der bestehenden Bausubstanz.

Italien mit seiner ausgeprägt urbanen Kultur und seinem reichen baulichen Erbe kommt hier eine besondere Rolle zu. Bereits 1913 formulierte der Architekt Gustavo Giovannoni seine Idee des *ambientismo*, eine literarisch-poetische Entwurfshaltung, die Architektur und Städtebau in historischer Kontinuität versteht und der Umgebung (ital. *ambiente*) unmittelbaren Einfluss auf den Entwurf zubilligt. Giovannoni zählte als Hochschullehrer, Gutachter und Publizist zu den einflussreichsten Persönlichkeiten seiner Zeit; Elemente seines im künstlerischen Städtebau des 19. Jahrhunderts (Sitte, Stübben, Buls) verwurzelten *ambientismo* sind in allen Strömungen der italienischen Moderne bis in die Nachkriegszeit nachweisbar.

Mit der im Spannungsfeld von Architekturgeschichte, Architekturtheorie und Geschichte der Denkmalpflege angesiedelten Studie soll die in Italien früh einsetzende und intensive Diskussion zur historischen Stadt in der Moderne nachgezeichnet und ihre europäischen Verflechtungen erforscht werden; der zeitliche Rahmen entspricht dabei etwa der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts.

Mit behandelt werden in diesem Kontext auch Fragen nach einer nationalen italienischen Architektur und dem Bauen im Faschismus.

Das Forschungsprojekt wurde vom 1. Oktober 2001 bis 31. August 2002 durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert.

Stand der Bearbeitung: laufend

Zugehörige Vorträge:

- [1] Geschichte und Umgang mit den faschistischen Denkmälern in Südtirol (Universität Innsbruck, 3.

- Juni 2009) (mit Harald Dunajtschik)
- [2] Der Altar in der Vitrine. Anmerkungen zu den Musei dell'Ara Pacis in Rom (Augsburger Club, Augsburg, 17. März 2009; Universität Augsburg, 3. Februar 2009)
- [3] Dante und der Duce. Zu den politischen Motiven der Umgestaltung historischer Städte in der Toskana (Internationale Tagung „Die Architekturpolitik des faschistischen Italien. Neue Perspektiven“, Universität Luzern, 17./18. Oktober 2008)
- [4] Inszenierte Vergangenheit. Zur Umgestaltung Roms während des Faschismus (1922–1943) (HS Augsburg, 7. Mai 2008; Deutsch-Italienische Gesellschaft, Karlsruhe, 26. Februar 2008; FH München, 18. November 2004)
- [5] Doric, Ionic, Corinthic – Littoric? The Idea of a Fascist Architectural Order (61th Annual Meeting of the Society of Architectural Historians, Cincinnati, 23.–27. April 2008)
- [6] Säulen für Mussolini. Anmerkungen zur Architekturdiskussion im Faschismus (Wissenschaftliches Kolloquium „Noctes Hassicae“, TU Darmstadt, 7./8. Dezember 2007)
- [7] Gustavo Giovannoni e l'Europa. Appunti sulla cultura urbanistica e sull'ambientismo (Bibliotheca Hertziana, Max Planck-Institut für Kunstgeschichte, Rom, 22. Januar 2007)
- [8] Das schwarze Mittelalter. Zur Umgestaltung historischer Städte in der Toskana während des Faschismus (Deutsch-Italienische Gesellschaft Karlsruhe, 28. November 2006; TU Darmstadt, 4. November 2005; 5. Landauer Staufertagung 2005, 1.–3. Juli 2005)
- [9] Die Moderne in Italien 1920–1943. Strömungen und Tendenzen, Personen und Probleme (Universität Karlsruhe, 6. Juli 2006)
- [10] The eighth Hill. The Architecture of Rome's Garbatella Quarter, between Traditionalism and Modernism (59th Annual Meeting of the Society of Architectural Historians, Savannah, Georgia, 26.–30. April 2006)
- [11] „Hic patriae fines“? Bozen und die Architektur des Faschismus (Universität Innsbruck, 23. November 2005)
- [12] „Eine gesunde Theorie richtig angewendet.“ Stadtanierungen in Bergamo, Siena und Bari (TU Darmstadt, 16. Juli 2004)
- [13] Graben, bauen und rekonstruieren im Zeichen der romanità (Deutsches Archäologisches Institut, Berlin, 31. Oktober – 3. November 2002)
- [14] Alte Stadt und neues Bauen. Die Idee des ambientismo in der Architekturgeschichte Italiens im 20. Jahrhundert (TU Darmstadt, 25. Mai 2002)
- [15] *Romanità, italianità, ambientismo*. Kontinuität und Rückbesinnung in der italienischen Moderne (42. Tagung der Koldewey-Gesellschaft, München, 8.–11. Mai 2002)
- Zugehörige Publikationen:**
- [1] Dante und der „Duce“. Zu den politischen Motiven der Umgestaltung historischer Städte in der Toskana, in: Aram Mattioli und Gerald Steinacher (Hg.): Für den Faschismus bauen. Architektur und Städtebau im Italien Mussolinis (Kultur, Philosophie, Geschichte 6) (2009) (im Druck)
- [2] Dorisch, ionisch, korinthisch – liktorisch? Anmerkungen zur Idee einer faschistischen Architekturordnung, in: Franziska Lang, Rudolf Stichel, Helge Svenshon (Hg.): Noctes Hassicae (Festschrift für Heiner Knell) (2009) (im Druck)
- [3] Das schwarze Mittelalter. Zur Umgestaltung historischer Städte in der Toskana während des Faschismus, in: Volker Herzner und Jürgen Krüger (Hg.): Mythos Staufer (Akten der 5. Landauer Staufertagung 2005) (2009) (im Druck)
- [4] Das dritte Rom. Vom *caput mundi* zur *capitale d'Italia*, in: Christina Strunck (Hg.): Rom – Meisterwerke der Baukunst von der Antike bis heute (Festgabe für Elisabeth Kieven) (2007) 468–484
- [5] Graben, bauen und rekonstruieren im Zeichen der *romanità*, in: Klaus Rheidt und Ernst-Ludwig Schwandner (Hg.): Macht der Architektur – Architektur der Macht (Diskussionen zur archäologischen Bauforschung 8) (2004) 309–320
- [6] *Romanità, italianità, ambientismo*. Kontinuität und Rückbesinnung in der italienischen Moderne, Bericht über die 42. Tagung für Ausgrabungswissenschaft und Bauforschung (hg. von der Koldewey-Gesellschaft) (2004) 72–83

DER DOM S. MARIA ASSUNTA IN SIENA

Mit dem am Kunsthistorischen Institut in Florenz, Max Planck-Institut für Kunstgeschichte, angesiedel-



Südwestfassade des Doms S. Maria Assunta in Siena

ten Forschungsprojekt „Die Kirchen von Siena“ sollen sämtliche Kirchenbauten, auch die nicht erhaltenen, im Sinne eines kritischen Inventars systematisch dargestellt werden; ein deutlicher Akzent liegt zudem auf der Ermittlung neuer Erkenntnisse und der Bereitstellung von Daten für die wissenschaftliche Arbeit und denkmalpflegerische Praxis. Methodisch erforderlich ist dazu die genaue Untersuchung, Erfassung und Dokumentation der Bauten mit ihrer Ausstattung in Plänen und Photographien sowie die Aufarbeitung der Forschungsliteratur und der archivalischen Quellen.

Die 1989 begonnenen Untersuchungen am Dom S. Maria Assunta wurden von dem Bauhistoriker Walter Haas (1928–2005) und dem Kunsthistoriker Dethard von Winterfeld geleitet. Als Grundlage wurde ein sorgfältiges und weitgehend steingerechtes Bauaufmaß erstellt. Umfangreiche Partien der Fassaden und Teile des Innenraumes wurden photogrammetrisch aufgemessen, die Auswertung der Bilder und die Umsetzung in aussagekräftige Architekturzeichnungen erfolgte durch die Messbildstelle Dresden. Große Teile des Domes indes wurden konventionell von Hand aufgemessen, da eine Photogrammetrie zu unwirtschaftlich oder z. B. in den Gängen im Inneren der Fassade gar nicht möglich gewesen wäre. Die Grundrisse wurden nahezu vollständig von Hand aufgemessen; sie bilden für den Bauforscher die Grundlage seiner Arbeit, während sie der Logik der Photogrammetrie zufolge erst am Ende der Auswertung entstehen. Sämtliche photogrammetrisch erstellten Pläne wurden vor Ort sorgfältig auf

Fehler und Fehlstellen durchgesehen und ergänzt. Die Handaufmaße wurden digitalisiert und mit den Photogrammetrien zusammengeführt, so dass sich am Ende einheitliche Pläne ergaben.

Stand der Bearbeitung: Abgeschlossen

Zugehörige Vorträge:

- [1] Constructing Siena Cathedral. Sources and Observations on the Use of Brick in the Middle Ages (Third International Congress on Construction History, BTU Cottbus, 20.–24. Mai 2009)
- [2] The Building behind the Stripes. New Research into Siena Cathedral (University of Oxford, 16. Oktober 2006; University of Reading, 12. Oktober 2006)
- [3] Bauforschung am Dom in Siena (TU München, 30. Juni 2004)

Zugehörige Publikationen:

- [1] Constructing Siena Cathedral. Sources and Observations on the Use of Brick in the Middle Ages, in: Karl-Eugen Kurrer, Werner Lorenz und Volker Wetzke (Hg.): Proceedings of the Third International Congress on Construction History (2009) 1411–1417
- [2] (Mitarbeit) Walter Haas und Dethard von Winterfeld: Der Dom S. Maria Assunta. Architektur, Textband (Die Kirchen von Siena 3.1.1) (hg. von Peter Anselm Riedl und Max Seidel) (2006)
- [3] (Mitarbeit) Walter Haas und Dethard von Winterfeld: Der Dom S. Maria Assunta, Architektur, Planband (Die Kirchen von Siena 3.1.3) (hg. von Peter Anselm Riedl und Max Seidel) (1999)
- [4] Il campanile del duomo di Siena e le torri gentilizie della città, *Bullettino Senese di Storia Patria* 102.1995, 159–186
- [5] Zum Campanile des Doms in Siena, *architettura* 24.1994, 1/2, 249–258

Kontakt

HOCHSCHULE AUGSBURG UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg
Telefon: (+49) 821 5586-0
Telefax: (+49) 821 5586-3222
info@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

INSTITUT FÜR TECHNOLOGIETRANSFER UND WEITERBILDUNG, ITW

An der Fachhochschule 1
Telefon: (+49) 821 5586-3251
itw@hs-augsburg.de

Impressum

Herausgeber und v.i.S.d.P.:

Der Präsident der Hochschule Augsburg

Projektleitung:

Prof. Dr.-Ing. Markus Glück
Technologietransferbeauftragter

Dr. Tobias Weismantel
Referent für Journalismus und PR

An der Fachhochschule 1
86161 Augsburg

Telefon: (+49) 821 5586-3414
Telefax: (+49) 821 5586-3516

presse@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Verlag:

vmm wirtschaftsverlag gmbh & co. kg
Maximilianstraße 9
86150 Augsburg
www.vmm-wirtschaftsverlag.de

Gestaltung:

Markus Ableitner, Simone Kronau

Fotos:

Hochschule Augsburg,
andere Bildrechte liegen bei den Autoren

Druck:

AZ Druck und Datentechnik GmbH, Kempten

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion oder des Herausgebers wieder.

© Hochschule Augsburg

200

PRAKTIKANTEN, DIPLOMANDEN UND HOCHSCHULABSOLVENTEN STARTEN PRO JAHR IHRE KARRIERE BEI KUKA. WOLLEN AUCH SIE VOLL DURCHSTARTEN?

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

PRAKTIKANTEN, DIPLOMANDEN, BERUFSEINSTEIGER (M/W)

Sie studieren und wollen wissen, wie innovative Automatisierungslösungen geplant und realisiert werden? Sie suchen Praxiskontakte? Dann lernen Sie unser Unternehmen kennen und sammeln Sie erste Erfahrungen als Praktikant (m/w) oder Diplomand (m/w).

Ihre Chance:

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

Ihre Vorteile:

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

Die KUKA Aktiengesellschaft mit Sitz in Augsburg ist eine international tätige Gruppe mit weltweit 6.000 Mitarbeitern und einem Umsatz von rund 1,3 Mrd. Euro. Innovative Robotertechnik und maßgeschneidertes Automatisierungs-Engineering bilden die zwei Kernbereiche der AG. Zukunftsweisende Lösungen und das perfekte Zusammenspiel beider Unternehmensbereiche machen KUKA zu einem der weltweiten Technologie- und Innovationsführer.

Aktuelle Stellenangebote und
Ansprechpartner finden Sie unter
www.kuka.jobs

www.kuka.com

KUKA

B/S/H/

BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERÄTE GMBH



Check-in *for innovation*

Willkommen beim Innovationsführer für Hausgeräte, willkommen im Team! Zum Beispiel an unserem Standort Dillingen: Hier betreiben wir Europas größtes und modernstes Geschirrspülerwerk – und entwickeln Produkte, die das Leben leichter machen. 2008 wurden wir als „Deutschlands nachhaltigstes Unternehmen“ ausgezeichnet. Denken auch Sie mit uns weiter. Ihr Kontakt: Christian Stelzmüller, Personalabteilung, Telefon 09071/52-524

trendence
Absolventenbarometer

2009/10
DEUTSCHLANDS
100
Top-Arbeitgeber



www.bsh-group.de