

Ausgabe 2011

FORSCHUNGSMAGAZIN

Fragen. Forschen. Lösen.

Reutlingen Research Institute



Maßanzug

Kundenspezifische Industrie-PC Systeme von Spectra Die perfekte Umsetzung Ihrer Vorgaben



Sie wählen aus:

- Gehäuse und Display
- Massenspeicher, Prozessorleistung und Speicherausbau
- E/A- Funktionen und Grafikausstattung
- Betriebssystem

Wir fertigen für Sie ein IPC-Komplettsystem:

- mit höchstem Qualitätsstandard
- im Dauerlauf getestet
- einschaltbereit
- zu attraktiven Konditionen
- mit 24 Monaten Gewährleistung

Unsere Systemingenieure beraten Sie gerne und erarbeiten im Dialog mit Ihnen, die für Ihre Anwendung optimale Lösung.



Spectra Computersysteme GmbH
Mahdenstr. 3
D -72768 Reutlingen

Tel. 0 71 21-143 21 - 0
Fax 0 71 21-143 21 - 0

spectra@spectra.de
www.spectra.de

Inhaltsverzeichnis

2	Editorial
3	Vorstellung Reutlingen Research Institute
4	Inserentenverzeichnis
6	Forschungsschwerpunkt „Mobilität“
7	Automatisierung in der Logistik – Chancen und Herausforderungen bei der Vollautomatisierung in der Intralogistik: Prof. Dr. W. Echelmeyer
10	Forschungsschwerpunkt „Nachhaltigkeit“
11	Moderne Heiztechnik mit kleinen Blockheizkraftwerken: Prof. Dr.-Ing. B. Thomas
14	Forschungsschwerpunkt „Intelligente Produkte, Prozesse und Services“
15	Maschinenkontakt per Internet: Prof. Dr.-Ing. G. Gruhler
18	Microfasern aus der Natur – Produktionsmöglichkeiten und industrielle Anwendungen: T. Goll, MSc.
20	Geräusche und Geräuschbeeinflussung: Prof. R. Steinbuch
27	Licht als Sensor zur Prozesskontrolle in Industrie und Medizintechnik: Prof. Dr. R. Kessler, LM-Chem. E. Ostertag
29	Kunststoff – Werkstoff mit Zukunft: Prof. Dr. G. Lorenz
32	Pulverbeschichtung von nicht-metallischen Oberflächen: Prof. Dr. A. Kandelbauer
34	Warum altern Schnittschutzhosen?: Prof. A. Maier
36	Die Qualität von eingebetteten Systemen sicherstellen: Prof. Dr. U. Voß, S. Schirmer, MSc.
38	Forschungsschwerpunkt „Innovationsmanagement“
39	Neue Ideen generieren – ein Werkzeugkasten zur Problemlösung (TRIZ): Prof. Dr.-Ing. H. Schaal
42	Forschungsschwerpunkt „Internationales Management“
43	Existenzgründungen aus Hochschule und Forschung: Prof. Dr. H.-P. Baumeister, M. Kramer, MBA
46	Forschungsschwerpunkt „Kommunikation und Information“
47	Datenbankausbildung mit europäischer Vision: Prof. Dr. F. Laux
50	Gigabits über symmetrische Kupferverkabelung (Twisted Pairs): Prof. Dr. A. Oehler, R. Buck, MSc., Dipl.-Ing. S. Zinal
54	Von Variabilität und Vielfalt in der Automotive Softwareentwicklung: Prof. Dr. J. Weiland, B. Gutekunst, B.Eng.
56	Das Profil der Hochschule Reutlingen
58	Expertenliste
60	Impressum
61	Organisation RRI und Kontakt



IHK Reutlingen
Hindenburgstr. 54, 72762 Reutlingen
Telefon 0 71 21 / 2 01-0
www.reutlingen.ihk.de



Die IHK Reutlingen ist Partner im Enterprise Europe Network:
Gerne unterstützen wir Sie bei Ihren internationalen Technologieprojekten.

Editorial

Fragen. Forschen. Lösen. Das Forschungsmagazin der Hochschule Reutlingen

Liebe Leserinnen und liebe Leser,

„Hochschulen für Angewandte Wissenschaft“ heißen die (Fach-) Hochschulen in Baden-Württemberg seit Sommer 2010. Und der Name ist Programm: Die Forschung gewinnt seit dem Start des Bologna-Prozesses immer stärker an Bedeutung und bekommt auch an unserer Hochschule einen ganz neuen Stellenwert. Wer exzellente Master-Studierende ausbilden möchte, muss forschungsorientiert aufgestellt sein. Deshalb ist die angewandte Forschung mittlerweile ein fester Bestandteil im Lehrangebot und trägt damit erheblich zur Attraktivität einer Hochschule bei.

Dem wird die Hochschule Reutlingen gerecht – insbesondere seit die Forschung der Hochschule unter dem Dach des Reutlingen Research Institute (RRI) zusammengefasst ist. Es stellt den forschenden Professoren an allen Fakultäten eine gemeinsame Plattform sowie eine räumliche und personelle Grundausstattung zur Verfügung. Und diese zentrale wissenschaftliche Einrichtung gewinnt zunehmend an Fahrt. So sind die Zahl der forschenden Professoren und der Auftragsbestand stark gewachsen. 53 Forschungsprojekte wurden 2010 bearbeitet – von kleinen Industrieaufträgen bis hin zu großen, öffentlich geförderten Verbundprojekten.

Ein Highlight in dieser Hinsicht ist die Einwerbung eines EU-Projektes im Bereich Logistik von Prof. Dr. Wolfgang Echelmeyer. Da die Hochschule in diesem Projekt die Koordination ausübt, wird das RRI zudem mit neuen Aufgaben konfrontiert, die eine Weiterentwicklung des Angebotes im Sinne der Koordination und Betreuung von Forschungsprojekten darstellt.

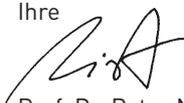
Exzellente angewandte Forschung kann nach Überzeugung der Hochschulleitung nur dann erfolgen, wenn sie sich auf eine attrak-

tive Nische konzentriert und wenn sie die wichtigen Spieler mit einbezieht. Dies ist mit der Gründung des Robert Bosch Zentrums für Leistungselektronik (RBZ) gelungen. Im RBZ wird in enger Abstimmung mit der Robert Bosch GmbH und in Kooperation mit der Universität Stuttgart auf dem Gebiet der Leistungselektronik gelehrt und geforscht. Zu diesem Zweck konnten drei neue Professoren an die Hochschule berufen werden. Durch die Kooperation mit der Universität Stuttgart ist es zudem möglich, den wissenschaftlichen Mitarbeitern im RBZ die Promotion zu ermöglichen, was einen weiteren Zugewinn für die Forschung an der Hochschule Reutlingen ab dem Jahr 2011 bedeutet.

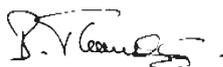
Insgesamt zeigt sich, dass die Hochschule Reutlingen auf dem besten Wege ist, sich als regionales Innovationszentrum zu etablieren. Damit entsteht eine Plattform, um Unternehmen in der Region und darüber hinaus in Forschung und Entwicklung eine Hilfestellung zu geben.

Fragen, forschen, lösen: Lesen Sie in unserem Forschungsmagazin, mit welchen Fragen wir uns beschäftigen und wie unsere Antworten darauf lauten. Viel Freude bei der Lektüre wünschen wir Ihnen!

Ihre



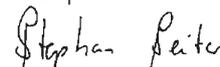
Prof. Dr. Peter Nieß
Präsident



Prof. Dr. Bernd Thomas
Wissenschaftlicher Leiter RRI



Prof. Dr. Gerhard Gruhler
Vizepräsident Forschung



Prof. Dr. Stephan Seiter
Wissenschaftlicher Leiter RRI



Prof. Dr. Bernd Thomas, Prof. Dr. Peter Nieß, Prof. Dr. Gerhard Gruhler, Prof. Dr. Stephan Seiter (v.l.)

Foto: Hochschule/Scheuring

Vorstellung Reutlingen Research Institute

Für die Forschung an der Hochschule Reutlingen steht das Reutlingen Research Institute (RRI) als zentrale wissenschaftliche Einrichtung zur Verfügung. Im RRI werden alle Aktivitäten im Bereich der Forschung und Entwicklung an der Hochschule gebündelt, und es bietet damit die organisatorische Plattform für alle forschungsaktiven Professorinnen und Professoren.

Das RRI versteht sich als kompetenter Ansprechpartner für die Industrie sowie andere Forschungsinstitute und Hochschulen. Ziel ist es, mit diesen Partnern in anspruchsvollen Projekten erfolgreich zusammen zu arbeiten und die Studierenden bewusst in diese Projekte einzubinden, denn angewandte Forschung ist heute integraler Bestandteil der Ausbildung und unverkennbares Merkmal einer attraktiven Hochschule im Wettbewerb um die besten Studenten.

Aufbauend auf den erfolgreichen Arbeiten der beiden Institute IAF (Institut für angewandte Forschung) und IFA (Institut für angewandte Forschung in der Automatisierung) ist das Reutlingen Research Institute im Jahr 2008 als gemeinsames Forschungsinstitut der Hochschule gegründet worden. Derzeit engagieren sich über 50 Professorinnen und Professoren im RRI. Neben der Geschäftsstelle, die als Service-Einrichtung ein umfassendes Spektrum an Dienstleistungen für die Forscherinnen und Forscher der Hochschule Reutlingen anbietet, bilden die neu eingerichteten, fakultätsübergreifenden Forschungsschwerpunkte die zentralen Bausteine des RRI.

Forschungsschwerpunkte

Zur Verbesserung der Außendarstellung und zur Bündelung der Aktivitäten findet die Forschung im RRI unter 6 fachlichen Schwerpunkten statt. Auf diese Weise sollen attraktive Forschungsprojekte entwickelt werden, die erfolgreich im Wettbewerb mit anderen Forschungsanbietern bestehen und zur Einwerbung von Drittmitteln führen können. Dabei wird angestrebt, die interdisziplinäre Struktur der Hochschule gezielt zu nutzen, um die Forschungsthemen aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten zu können oder gar neue Fragestellungen aufzuwerfen und zu erarbeiten. Die Leitthemen der Forschungsschwerpunkte sind hierbei Mobilität, Nachhaltigkeit, Intelligente Produkte, Prozesse und Services, Innovationsmanagement, Internationales Management sowie Information und Kommunikation, und dieser Struktur folgt auch das vorliegende Forschungsmagazin auf den folgenden Seiten.

Neben den 6 thematisch orientierten Forschungsschwerpunkten konnte mit dem Robert Bosch Zentrum für Leistungselektronik (RBZ) ein so genannter Sonderforschungsschwerpunkt eingerichtet werden, der im 4. Quartal 2010 den Betrieb an der Hochschule aufgenommen hat.



Foto: Hochschule/Nebel

Forschungsschwerpunkte	Forschungsthemen
1. Mobilität	<ul style="list-style-type: none"> • Simulation im Fahrzeugbereich • Werkstoffe und Design • Fahrzeugkommunikationssysteme
2. Nachhaltigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Stoffliche Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen • Dezentrale Energieversorgung • Energie und Materialeffizienz / Prozessoptimierung
3. Intelligente Produkte, Prozesse und Services	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Werkstoffe • Prozessanalytik • Intelligente Fertigung und Prozesssteuerung • Innovative Dienstleistungen
4. Innovationsmanagement	<ul style="list-style-type: none"> • Wissensmanagement / Unternehmensentwicklung • Innovation in dynamischen Märkten • Innovation und Wettbewerbsfähigkeit
5. Internationales Management	<ul style="list-style-type: none"> • Internationales Marketing • International Finance & Management Accounting • Corporate & IT Governance / Strategy
6. Kommunikation und Information	<ul style="list-style-type: none"> • E-Science Plattform und Virtual Engineering • Informationsprozesse, Architekturen und Systeme • Kommunikationsnetze und Infrastruktur
Sonderforschungsschwerpunkt Robert Bosch Zentrum für Leistungselektronik (RBZ)	<ul style="list-style-type: none"> • im Aufbau

Inserentenverzeichnis

Branche	Seite	Branche	Seite
AVAT Automation GmbH	9	Kreissparkasse Reutlingen	4
B.E.S.T. Fluidsysteme GmbH	45	Manz Automation AG	5
ElringKlinger AG	17	Marc Cain GmbH	U4
FairEnergie GmbH	9	Robert Bosch GmbH	45
Hochschule Reutlingen	41	SenerTec	12, 13
IHK Reutlingen	1	Spectra Computersysteme GmbH	U2
Knowledge Foundation Reutlingen University	53		

U = Umschlagseite



**In Ihrem eigenen Unternehmen
machen Sie schneller Karriere.**

 **Kreissparkasse
Reutlingen**

Wir befördern Sie sofort zum Chef! Denn die Sparkassen-Finanzgruppe unterstützt mehr als die Hälfte aller Existenzgründungen in Deutschland und steht Ihnen als kompetenter Partner für die Planung und die Finanzierung Ihrer Firma gerne zur Seite. www.ksk-reutlingen.de

Wissen teilen –
Fortschritt leben

www.alles-deutschland.de



mediaprint
infoverlag gmbh

**STARTEN SIE
MIT UNS IN
EINE GRÜNE
ZUKUNFT!**



Die **Manz Automation AG** mit Hauptsitz in Reutlingen ist weltweit einer der führenden Hightech-Anbieter von Systemlösungen für die Solar- und Flat Panel Display (FPD)-Industrie sowie für die Fertigung von Lithium-Ionen-Batterien. Um unseren internationalen Kunden auch weiterhin die besten Lösungen anbieten zu können, suchen wir außergewöhnliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Young Professionals (m/w)

Hochschulabsolventen (m/w)

Praktika/Abschlussarbeiten

Wenn Sie gerade studieren oder die Universität/Hochschule abgeschlossen haben, dann freuen wir uns über Ihre Bewerbung: career@manz.com

manz
passion for efficiency

Manz Automation AG · Steigackerstraße 5 · 72768 Reutlingen
www.manz.com

Forschungsschwerpunkt „Mobilität“



- »» Der Bereich Simulation verfolgt sowohl rein rechnerische Ansätze, als auch Verknüpfungen mit entsprechender Hardware. Die Verbindung zwischen Technologie und Design findet sich dagegen im Transportation Interior Design wieder. Auf dem Gebiet der Kommunikationssysteme im Fahrzeug trägt man dem Trend Rechnung, immer mehr Intelligenz in die Komponenten zu verlagern. ««

Automatisierung in der Logistik – Chancen und Herausforderungen bei der Vollautomatisierung in der Intralogistik

Das Entstehen von weit mehr als 20 neuen Nationen seit 1990 zusammen mit der Deregulierung von Märkten wie Russland, Indien und China bedeutet auch für erfahrene Unternehmen eine strategische Herausforderung in jeglicher Hinsicht. Die Anzahl neuer Märkte sowie ihre Bedeutung für das profitable Wachstum machen die Internationalisierung zu einem der wichtigsten Entscheidungsfelder von Unternehmen. Die neuesten Trends in den weltwirtschaftlichen Märkten stimulieren den Welthandel und führen zu einer Globalisierung der Warenströme. Die Produktion von Exportgütern sowie die gleichzeitige Nachfrage nach Importgütern ausländischer Hersteller und Rohstoffe führen zu einem kontinuierlichen Anstieg im weltweiten Transportaufkommen. Daraus ergeben sich der vermehrte Bedarf an internationalen Transportleistungen und daher der Bedarf einer Optimierung innerbetrieblicher Materialflüsse in Industrie, Handel und öffentlichen Einrichtungen. Neue Anwendungen in der Intralogistik sollen dazu beitragen, den vermehrten Warenumsatz innerhalb der Unternehmensgrenzen zu handhaben.

Seeverkehr als wichtiges Medium des internationalen Warentransports

Der ansteigende Welthandel spiegelt sich in der Containerschiffahrt wider. Der Transport von Importgütern findet vermehrt in standardisierten Ladungsträgern statt, um die Schnittstellenoptimierung auf internationaler Basis zu gewährleisten. Im Seeverkehr werden seit den 1960er Jahren hauptsächlich standardisierte Container eingesetzt. Das geschätzte Volumen für den Handel containerisierter Güter beläuft sich auf 1.086 Tonnen in Europa. Diese entsprechen 151 Mio. geladener TEU. Dabei handelt es sich um den weltweiten Transport von losen Stückgütern in Säcken, Kisten, Schachteln und weiterer gängiger Transportverpackungen, die in genormten Ladungsträgern zu einer Gesamtladung gestaut wer-



Abb. 1: Kaffeesäcke im Entladeprozess

Prof. Dr. Wolfgang Echelmeyer

Forschungsthemen:

• Logistik • Automatisierung • Robotik
 Fakultät: ESB Business School



Telefon: 07121 271-3076

E-Mail: Wolfgang.Echelmeyer@Reutlingen-University.de

den. Hieraus ergeben sich Chancen für die Standardisierung in der Warenhandhabung durch die Entwicklung vollautomatisierter Systeme¹.

Die Struktur der internationalen Handelsgüter

Ein Blick in die gehandelten Güterarten sorgt für Euphorie unter Systementwicklern. Denn die internationale Warenstruktur bietet Chancen für die vollautomatisierte Warenhandhabung. Im Welthandel sind mit 80 % Güter aus der Gütergruppe der Handelswaren, mit 12 % natürliche Rohstoffe und mit 8 % landwirtschaftliche Erzeugnisse vertreten. Die beiden letztgenannten Güter werden zunehmend durch den weltweiten Handel von Industrieerzeugnissen verdrängt. Der Anstieg des Handels aus der Gütergruppe der Handelswaren belief sich auf 10 %. Ihr Anteil am Welthandel wird wegen der internationalen Arbeitsteilung weiterhin schneller ansteigen als der Anteil anderer Gütergruppen. Der Welthandel im Bereich landwirtschaftlicher Produkte ist im Jahr 2006 um 6 % angestiegen. Für die Containerschiffahrt stellen diese Güter hauptsächlich Schüttgüter oder Sackware dar. Der Handel mit Rohstoffen, die hauptsächlich noch als Massengüter über den Seeverkehr transportiert und konventionell umgeschlagen werden, ist nur um 3 % angestiegen. Im Containerverkehr überwiegt demnach der Transport von Handelswaren¹.

Die Struktur der Transportgüter innerhalb der Container

Auch die detaillierte Erkundung der Transportverpackungen innerhalb der Container spricht für die Vollautomatisierung. Für den Transport von Waren in Containern werden hauptsächlich folgende Transportverpackungen und Ladungsträger eingesetzt:

- Fässer, Trommel, Kanister
- Europaletten
- Kisten, Schachtel
- Großladungsträger, Kleinladungsträger
- Säcke, Tüten
- Big Bags
- Ballen
- Verschläge
- Rollen, Coils



Abb. 2: Der Paketroboter

Abb. 3: Prototyp
zum Handling
von Sackwaren

Eine einschlägige Betrachtung der genannten Transportverpackungen unter Relevanzgesichtspunkten für eine Automatisierung im Handhabungsprozess zeigt, dass hierfür nur Säcke und Tüten, Schachtel sowie Reifen in Betracht kommen. Diese entsprechen den kubischen, zylindrischen und freien geometrischen Formen. Rund 63,8% der betrachteten, an europäischen Häfen gelöschten Containergüter sind automatisiert entladbarer Art. Daraus sind 46,7% Schachtelware unterschiedlicher Größen¹.

Sackwaren sind mit insgesamt 15,1% vertreten. Das prozentuale Aufkommen zylindrischer Formen beschränkt sich auf 0,05%. Es überwiegen demnach die kubischen Formen in den Importgütern erheblich, wobei die zylindrischen Formen insgesamt betrachtet verschwindend gering sind. Bei den restlichen 36,2% der Import-

güter handelt es sich um Stückgüter sonstiger Formen oder palettierte Ware, die bereits mit mechanischen oder halbautomatischen Vorrichtungen gehandhabt werden können.

Vorhandene vollautomatisierte Systeme beschränken sich mit dem Paketroboter hauptsächlich auf die Handhabung von kubischen Gütern. Der Paketroboter ist in einer Zusammenarbeit mit der DHL entstanden. Sie ermöglicht das vollautomatisierte Entladen von Paketen innerhalb des Größenspektrums von 200 mm bis 600 mm. Die Greiftechnik genügt dem Handhaben von Paketen bis zu 31,5 kg. Mit bis zu 450 Paketen pro Stunde kann eine wirtschaftliche Auslastung des Systems erfolgen.

Zukünftige Aktivitäten an der Hochschule Reutlingen

Ein weiterer Schritt im Bereich der automatisierten Handhabungssysteme ist die Entwicklung eines roboterbasierten Systems zum Handling von Sackwaren. Das Projekt RobLog (Cognitive Robot for Automation of Logistic Processes) wird in den nächsten vier Jahren mit fünf europäischen Hochschulen und zwei Industrieunternehmen die grundlegenden Verfahren und Vorrichtungen für das Entladen von Kaffeesäcken aus Containern entwickeln und realisieren. Die Hochschule Reutlingen ist Projektleiter dieses von der EU geförderten Projekts. Das Gesamtbudget beläuft sich auf ca. 7.7 Mio. €.

Literatur

¹ Akbiyik, H.; Kirchheim, A.; Echelmeyer, W.: Latest Trends in the Container Market - Analyse of Qualitative and Quantitative Features of the Containerised Import in European Ports. In: Bremer Value Reports für Produktion und Logistik, Bremen, 2008



Strom Erdgas Wasser Wärme Service

Elektromobilität – umweltfreundlich und zukunftsfähig

Elektromobilität ist eine Zukunftstechnologie, die neue Chancen für Umwelt, Wirtschaft und Verbraucher in der Region bieten kann. Entdecken auch Sie die vielen Vorteile eines Elektroautos:

- Mit EchazStrom CO₂-frei, sauber und leise fahren
- Im Vergleich zu einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor bei gleicher Leistung deutlich schneller beschleunigen
- Mit einer modernen Lithium-Ionen-Batterie alltags-taugliche Reichweiten erzielen
- Einfach und sicher an einer Ladesäule oder Zuhause an einer Steckdose betanken

Zukunft beginnt hier und jetzt – mit Elektromobilität und FairEnergie!



smartEnergyAutomation



Pfiffige Automation ist unsere Stärke. Besonders leistungsfähige und innovative Systeme erstellen wir für die Bereiche Verfahrens- und Umwelttechnik, kommunale Gas-, Wasser- und Wärmeversorgung sowie für den liberalisierten Energiemarkt. In unserem Geschäftsbereich „Motormanagementsysteme für BHKW-Gasmotoren“ gehören wir zu den international führenden Unternehmen mit über fünf Gigawatt automatisierter Stromerzeugerleistung. Durch konsequente Innovationen und Kundenorientierung sind wir seit über zwei Jahrzehnten überdurchschnittlich erfolgreich. Starten Sie durch mit uns.

Kompetenz in Automation und Prozessleittechnik

- Stadtwerke-Lösungen für Wärme, Strom, Gas und Wasser
- Heizwerke, Energie- und Versorgungszentralen
- BHKW – hocheffiziente dezentrale Energieerzeugung
- regenerative Energien: Biogas / Biomasse
- Thermoprozesstechnik / Synthesegaserzeugung

Als Partner von kommunalen und privaten Versorgern sowie Anlagenbauern realisieren wir individuelle Automationskonzepte – auf Ihre Kundenwünsche zugeschnitten und passend zu Ihrer Anforderung. Ganzheitlich im Ansatz, herstellerunabhängig. Zuverlässig und flexibel in der Umsetzung - seit 1988.

Motormanagementsysteme für BHKW-Gasmotoren

AVAT ist langjähriger Entwicklungspartner von führenden internationalen Gasmotorenherstellern und begleitet diese von der Idee über das Konzept bis zur Serienlieferung. Die ganzheitliche Betrachtung des Motors sowie die Kooperation mit Motorenherstellern und der Forschung führten zu fachübergreifendem Wissen in der Motorentechnologie und vertieften Kenntnissen der Verbrennungsprozesse. AVAT ist mit dieser Expertise heute Technologieführer bei hocheffizienten Motormanagementsystemen.

Ihr Erfolg mit uns in einem nachhaltig wachsendem Markt



Kompetenz ist bei uns immer gefragt. Weitere interessante Stellenangebote finden Sie auf unserer Homepage.

Aktuelle Stellenangebote:

- Vertriebsingenieur Steuerungssysteme für große BHKW m/w
- Projektleiter Automatisierungs- / Leittechnik m/w
- Entwicklungsingenieur Elektronik m/w
- Teamleiter Embedded Systems / Softwarearchitekt m/w
- Softwareentwickler Embedded Systems m/w
- Projektleiter Digitale Signalverarbeitung m/w

Weitere Stellenanzeigen und detaillierte Beschreibungen unserer offenen Positionen finden Sie auf unserer Website

Moderne Heiztechnik mit kleinen Blockheizkraftwerken

Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Forschungsthemen:

- Dezentrale Energieversorgung
- Blockheizkraftwerke

Fakultät: Technik

Telefon: 07121 271-7041

E-Mail: Bernd.Thomas@Reutlingen-University.de



Hier und da sind bereits Verlautbarungen öffentlich geworden, die besagen, dass konventionelle Heizgeräte in absehbarer Zeit der Vergangenheit angehören und durch kleine Blockheizkraftwerke (BHKW) abgelöst werden, die neben Wärme auch elektrischen Strom in sogenannter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erzeugen. Dabei sind es keineswegs die BHKW-Hersteller allein, die derartige Gedanken äußern, sondern die großen Heiztechnikhersteller argumentieren in gleicher Richtung. Hintergrund dafür ist, dass die gekoppelte Erzeugung von elektrischem Strom und Wärme in BHKW zu einer effizienteren Nutzung der Primärenergie im Vergleich zur getrennten Produktion von Strom und Wärme in Großkraftwerk und Heizkessel beiträgt. Während bei der Stromerzeugung in deutschen Kraftwerken gegenwärtig nur ein Anteil der Brennstoffenergie von durchschnittlich ca. 38 % in Strom gewandelt und die Restenergie über den Kühlturm ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird, ist es mit BHKW durch die gleichzeitige Wärmenutzung möglich, über 90 % der Primärenergie in Form von Strom und Wärme bereitzustellen. Daraus ergibt sich ein energetischer Mehrwert, obwohl der elektrische Wirkungsgrad der BHKW, gerade im kleinen Leistungsbereich, geringerer als im Großkraftwerk ist. Die Regierung der Bundesrepublik Deutschland hat dieses Potenzial erkannt und strebt an, bis zum Jahr 2020 25 % der in Deutschland benötigten Strommenge in Kraft-Wärme-Kopplung zu produzieren¹, was in etwa einer Verdopplung gegenüber dem Stand des Jahres 2008 gleichkommt.

Das technologische Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung ist dabei nicht neu; es wird bereits seit vielen Jahren mit der Auskopplung von Fernwärme aus Kraftwerken praktiziert. Als limitierender Faktor stellt sich jedoch die Verteilung der Wärme von der Erzeugung – im Kraftwerk – bis zu den Verbrauchern über Fernwärmenetze dar. Es ist offensichtlich, dass derartige Netze insbesondere bei bereits bestehender Bebauung nur mit erheblichem finanziellen Aufwand erstellt werden können, was die Verbreitung der Technologie mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit stark einschränkt. Um diesen Nachteil zu umgehen, wird die Kraft-Wärme-Kopplung in den kleinen und kleinsten Leistungsbereich herunter skaliert, um die Strom- und Wärmeproduktion direkt in Ein-/Mehrfamilienhäusern oder kleineren Gewerbebetrieben zu erlauben. Augenscheinlich verschwinden damit auch die ansonsten bei der Verteilung von Strom und Fernwärme auftretenden Energieverluste, was die Energieeffizienz der KWK im kleinen und kleinsten Leistungsbereich

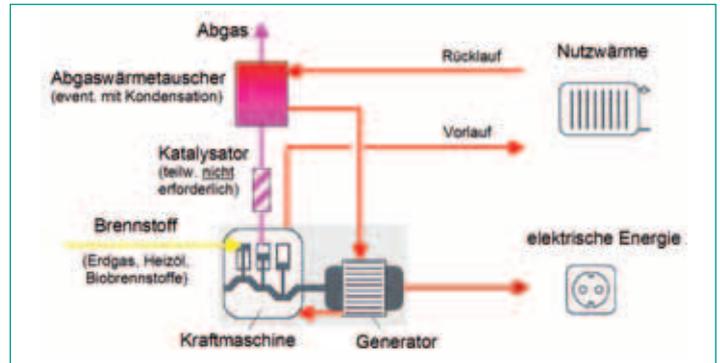


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau eines Blockheizkraftwerkes

weiter verbessert. Derartige Geräte werden als „Blockheizkraftwerke“ (BHKW) oder auch als KWK-Geräte bezeichnet. In Kombination mit einem optionalen Zusatzheizgerät und einem thermischen Speicher, auch „Pufferspeicher“ genannt, spricht man von KWK-Anlagen und im kleinsten Leistungsbereich unterhalb einer Brennstoffleistung von 70 kW von Mikro-KWK-Anlagen. Der Begriff „Blockheizkraftwerk“ geht auf den Gedanken zurück, dass Strom und Wärme nicht getrennt sondern gekoppelt in einem „Block“ erzeugt werden. Dieses ist in Abb. 1 zu erkennen. Der „Block“ ist grau dargestellt, und er enthält eine Kraftmaschine, die an einen Generator angeschlossen ist. Auf diese Weise wird die eingesetzte Brennstoffenergie in elektrische Energie gewandelt. (Streng genommen ist die Kombination aus Kraftmaschine und Generator zu eng gefasst, da eine Brennstoffzelle an dieser Stelle den gleichen Zweck erfüllt und Brennstoffzellen thermodynamisch gesehen keine Kraftmaschinen sind.) Die bei der Energiewandlung entstehende Wärme wird in den gezeichneten Heizkreis eingebracht. Stark vereinfacht gleicht das BHKW damit in der Funktion einem Pkw-Motor, der sowohl zum Antrieb des Fahrzeuges als auch zur Beheizung des Fahrgastraums mit Hilfe der Motorabwärme dient.

Mit Blick auf die Technologie eines Blockheizkraftwerkes ist es gemäß dem zuvor angestellten Vergleich mit dem Pkw-Motor nicht verwunderlich, dass die nach dem Otto- und Dieselpinzip arbeitenden Verbrennungsmotoren auch hier dominieren. Ottomotoren sind für den Einsatz von Erd- oder Flüssiggas und Dieselmotoren für den Einsatz von Heizöl vorgesehen. Letztere werden jedoch aufgrund der erhöhten Schadgasemissionen nur vereinzelt eingesetzt, so dass der Schwerpunkt zurzeit eindeutig bei den Gasmotor-BHKW liegt. Gerade im kleinsten Leistungsbereich mit der Anwendung im Einfamilienhaus werden in letzter Zeit auch Geräte auf Basis von Stirling- und Dampfmaschinen entwickelt. Ursache dafür ist der geringere Wartungsaufwand dieser Motoren im Vergleich zum Verbrennungsmotor, der beispielsweise nach einem regelmäßigen Ölwechsel verlangt. Auf diese Weise versucht man die Randbedingungen und Anforderungen im Hinblick auf den Betreiber wie auch den installierenden Handwerker so nahe wie

**Made
in
Germany**

**Der Dachs:
Offizieller
Repräsentant
eines der
stärksten
Markenzeichen
der Welt.**

**Der Dachs.
Die Kraft-Wärme-Kopplung.**



SENERTEC
info@senertec.de
www.senertec.de

möglich an den Betrieb konventioneller Heizgeräte anzunähern. In die gleiche Richtung zielt die Entwicklung von Brennstoffzellen-BHKW; ein Markteintritt dieser Geräte wird jedoch noch einige Jahre auf sich warten lassen. In diesem Zusammenhang ist die Option erwähnenswert, Stirling- und Dampfmotor-BHKW mit biogenen Brennstoffen, z. B. Holzpellets, betreiben zu können. Der Übergang auf regenerative Energien ist somit auch im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung möglich, und er wird sicherlich im zweiten Schritt, also nach Etablierung der Erdgas-BHKW, folgen.

Um die Leistungsfähigkeit kleiner Blockheizkraftwerke von unabhängiger Seite untersuchen und bestätigen zu können, ist an der Hochschule Reutlingen ein Prüfstand zum Test derartiger Geräte aufgebaut worden. Der Prüfstand ist für Zertifizierungsmessung nach der Vergaberichtlinie für das Umweltzeichen „Der Blaue Engel“ geeignet, und es können Messungen zur Bestätigung des Primärenergiefaktors

nach Energieeinsparverordnung (EnEV) und der Primärenergieeinsparung nach EU-Richtlinie durchgeführt werden. Neben der Durchführung von Zertifizierungsmessungen für die Hersteller, werden die am Prüfstand erzielten Ergebnisse auch zur Information der Fachwelt sowie der interessierten Öffentlichkeit in Form von Vorträgen und Veröffentlichungen genutzt².

Bislang sind die in Tabelle 1 zusammengestellten BHKW am Prüfstand vermessen worden und Abb. 2 zeigt den Prüfstand mit dem BHKW DACHS HKA. Beispielhaft für die Vielzahl der vorliegenden



Abb. 2: Das BHKW DACHS HKA G 5,5 am Prüfstand der Hochschule Reutlingen

Ergebnisse soll im Folgenden die Primärenergieeinsparung der untersuchten Geräte kurz dargestellt werden.

Die Berechnung der Primärenergieeinsparung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen ist in der Richtlinie der EU 2004/8/EG³ geregelt. Konkret erfolgt hier ein rechnerischer Vergleich der Primärenergieeinsparung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme in Kraftwerk und Heizkessel. Dazu ist anzumerken, dass die Richtlinie auf Seiten der getrennten Erzeugung in Heizkessel und Kraftwerk modernste Technologie unterstellt, so dass ein Gasbrennwertkessel und ein Erdgas-Kraftwerk mit einem Basiswert für den elektrischen Wirkungsgrad von 52,5 %, der lediglich mit Blick auf die Umgebungstemperatur und die Verteilungsverluste zu korrigieren ist, angesetzt werden.

Nach der Richtlinie kann von „hocheffizienter KWK“ gesprochen werden, sofern eine Primäreinsparung durch die KWK-Anlage von mehr als 10 % erreicht wird. In Abb. 3 sind die für die untersuchten BHKW auf Basis der am Prüfstand ermittelten Leistungsdaten errechneten Primärenergieeinsparungen aufgetragen. (Es fehlen die Geräte SM5A und WhisperGen, da es sich bei beiden um Vorsiengeräte handelt, die unter Umständen nicht das Verhalten der später am Markt erhältlichen Geräte wiedergeben.)

Es zeigt sich, dass alle aufgeführten BHKW das Kriterium „hocheffiziente KWK“ entsprechend einer Primärenergieeinsparung von mindestens 10 % erfüllen. Dabei schneidet das Stirlingmotor-BHKW SOLO-Stirling mit einer Primärenergieeinsparung von 25,3 % am

Tabelle 1
Am Prüfstand der Hochschule Reutlingen vermessene BHKW (Leistungsdaten nach Herstellerangaben)

	Typ	elektrische Leistung/kW	thermische Leistung/kW	Brennstoffleistung/kW
DACHS HKA G 5,5	Motor-BHKW	5,5	12,5	20,5
SOLO Stirling V161	Stirlingmotor-BHKW	2 – 9	8 – 24	16 – 40
ecopower	Motor-BHKW	1,3 – 4,7	4 – 12,5	5,9 – 19
Stirling Denmark SM5A	Stirlingmotor-BHKW	9,0	26	40
WhisperGen (Mark IV)	Stirlingmotor-BHKW	1,0	7,5 / 12	9 / 15
OTAG lion Powerblock	Dampfmotor-BHKW	0,3 – 2,0	3 – 16	max. 18.5
EC Power XRGI 15G-T0	Motor-BHKW	6 – 15,2	17 – 30	26 – 50

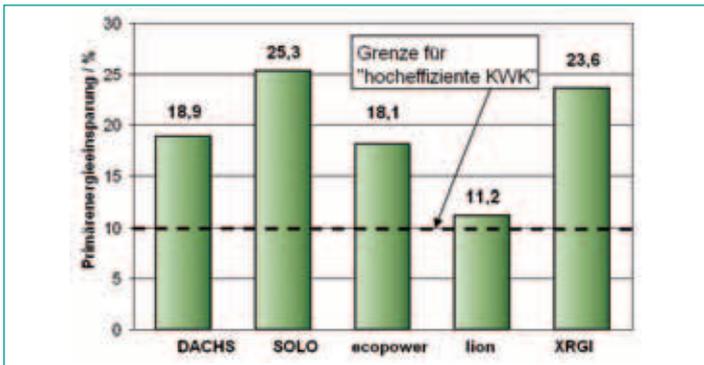


Abb. 3: Primärenergieeinsparung von 5 der am Prüfstand untersuchten BHKW

besten ab. Dicht darauf folgt das Motor-BHKW EC Power XRGI 15G mit 23,6 %. Die beiden Motor-BHKW DACHS HKA und ecopower zeigen etwa ähnliche Primärenergieeinsparungen zwischen 18 und 19 %, während das Dampfmotor-BHKW lion Powerblock mit 11,2 % etwas abfällt, aber immer noch über der Grenze für „hocheffiziente KWK“ von 10 % liegt.

Insgesamt lässt sich sagen, dass kleine Blockheizkraftwerke zum Einsatz in Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie in Gewerbebetrieben als technisch ausgereift und einsatzbereit zu betrachten sind. Dem entsprechend werden diese BHKW in unterschiedlichen Ausführungen am Markt angeboten. Das Energieeinsparpotenzial der Geräte ist ebenfalls unstrittig, und nicht zuletzt durch die Versuche am Prüfstand der Hochschule Reutlingen konnte gezeigt werden, dass selbst im kleinsten Leistungsbereich eine signifikante Primärenergieeinsparung im Sinne „hocheffizienter KWK“ nach EU-Richtlinie vorliegt.

Dennoch lässt die flächendeckende Verbreitung der Geräte auf sich warten, was zum Teil mit der noch fehlenden Wirtschaftlichkeit zu begründen ist, insbesondere in der Anwendung im Einfamilienhaus. In Mehrfamilienhäusern können BHKW dagegen in vielen Fällen wirtschaftlich betrieben werden; hier stellt jedoch die Stromverteilung und -abrechnung im Objekt für die Betreiber Neuland und damit noch ein Hemmnis dar, obwohl der rechtliche Rahmen dafür mit dem novellierten KWK-Gesetz eindeutig gegeben ist⁴. Es ist jedoch absehbar, dass steigende Energiepreise sowie der zunehmende Erfahrungsschatz aus konkreten Anwendungen hel-

fen werden, sowohl die Wirtschaftlichkeit zu verbessern als auch die beschriebenen Hemmnisse abzubauen.

Die Einführung von Smart metering und variablen Stromtarifen wird die Verbreitung der KWK weiter beflügeln, da KWK-Anlagen gezielt zu Spitzenlastzeiten betrieben werden können, so dass hohe Stromerlöse erzielbar sind. Nicht zuletzt das Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz (EEWärmeG)⁵ wird in jüngster Zeit als mögliche Triebfeder für den KWK-Ausbau angesehen, da „hocheffiziente KWK-Anlagen“ gemäß der zuvor zitierten EU-Richtlinie (vgl. Abb. 3) laut EEWärmeG als Ersatzmaßnahme für den Einsatz erneuerbarer Energien bei der Wärmeerzeugung zugelassen sind.

Langfristig ist sogar denkbar, kleine KWK-Anlagen, die mit regenerativen Energien wie Biogas oder Holzpellets betrieben werden, in Zeiten niedriger Erzeugung von Solar- und Windstrom gezielt zur Deckung des elektrischen Energiebedarfs einzusetzen. Diese Option wäre eine ebenso einfache wie sinnvolle Antwort auf die derzeit an vielen Stellen formulierte Frage nach Energiespeichern bei vermehrtem Einsatz regenerativer Energien in der Stromerzeugung.



Alles spricht dafür.

Der Dachs ist der erfolgreichste KWK-Heizkessel Europas. Er erzeugt Wärme und dreimal so viel Strom wie ein komfortables Wohnhaus braucht. Den Überschuss verkaufen Sie an Ihr EVU und ersparen unserer Umwelt Jahr für Jahr bis zu 30 Tonnen CO₂.

i Fordern Sie die Dachs Info-Broschüre an.



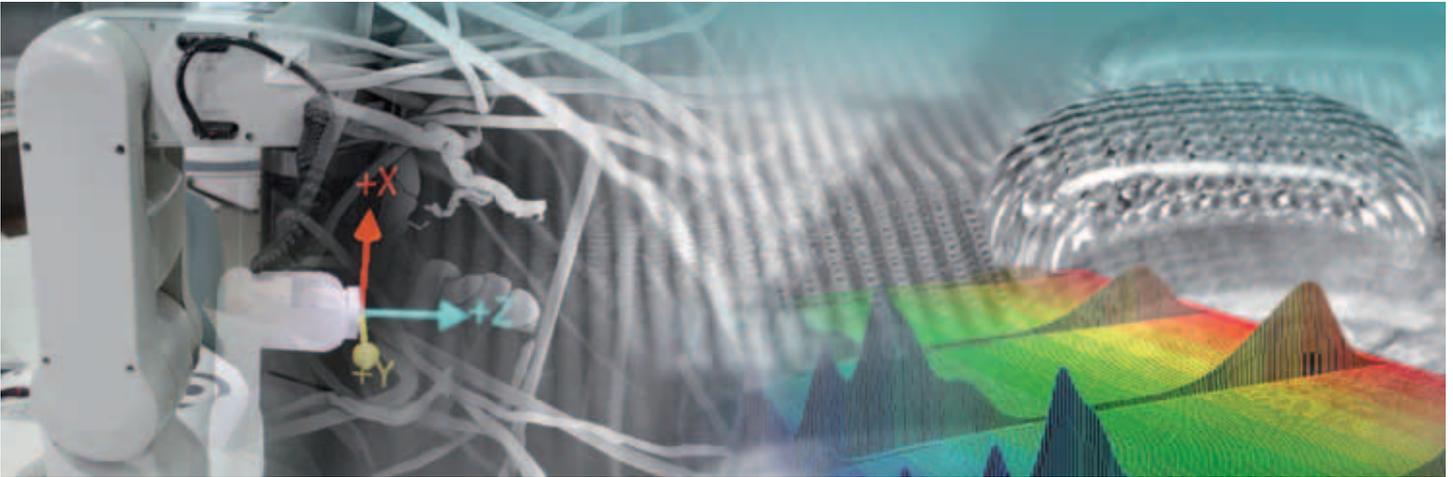
SENERTEC

Carl-Zeiss-Straße 18
97424 Schweinfurt
Fon 09721 651-0
Fax 09721 651-272

Literatur

- 1 Integriertes Energie- und Klimaprogramm (IEKP) im Rahmen der Meseberger Beschlüsse der Bundesregierung vom 23.08.2007
- 2 Thomas, B.: „Mini-Blockheizkraftwerke – Grundlagen, Gerätetechnik, Betriebsdaten“, Vogel-Buchverlag, Würzburg, 1. Aufl., April 2007
- 3 Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11.02.2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG
- 4 Bachor, A. et al.: „Abrechnungsvarianten – Stromerzeugung aus KWK-Anlagen in Mehrfamilienhäusern“, BWK, Springer Verlag, Bd. 62, Nr. 7/8, 2010, S. 47-51
- 5 Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz – EEWärmeG) vom 07.08.2008

Forschungsschwerpunkt „Intelligente Produkte, Prozesse und Services“



- »» Intelligente Fertigungsverfahren erlauben die Maschinen- und Prozessdiagnose sowie Fernsteuerung an entlegenen Standorten. Die Prozessanalytik kann durch den Einsatz schneller, nicht invasiver Messmethoden die Qualität während der laufenden Produktion bis hinunter zur molekularen Ebene erfassen. Im Bereich der Polymer- und Textiltechnologie stehen die Entwicklung und Herstellung maßgeschneiderter Kunststoffe, Technischer Textilien, Faserverbundstoffe und Nanomaterialien u. a. für die Photovoltaik, die Automobilindustrie oder die Medizintechnik im Vordergrund. Innovative Sicherheitssysteme und Prozesssteuerungen im Automobil werden entwickelt. <<

Maschinenkontakt per Internet

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Gruhler

Forschungsthemen:

- Teleservice
 - Produktionsautomatisierung • Robotik
- Fakultät: Technik



Telefon: 07121 271-7048

E-Mail: Gerhard.Gruhler@Reutlingen-University.de

Für die Überwachung und Diagnose von Maschinen, Geräten und Anlagen bietet das Internet hervorragende und kostengünstige Möglichkeiten. Sinkende Instandhaltungskosten sind die Folge. In manchen Fällen ist sogar eine Fernsteuerung über das Internet sinnvoll. Sicherheitsaspekte müssen hierbei sorgfältig bedacht werden. Im Projekt „Verbund Virtuelles Labor“ (VVL) werden Fernzugriffsverfahren über das Internet entwickelt. Mehr als 10 Anlagen des Roboter- und Telematiklabors sind rund um die Uhr on-line am Internet und können von jedermann von jedem Ort der Welt kontaktiert werden.

Maschinen aus Deutschland und besonders aus Baden-Württemberg werden weltweit exportiert. Wie können diese Anlagen überwacht und diagnostiziert werden, möglicherweise sogar repariert werden, ohne dass Service-Personal des Herstellers vor Ort sein muss? Direkter Kontakt des Herstellers zur Maschine kann hier einen entscheidenden Beitrag leisten. Auch der Nutzer oder Betreiber einer Anlage hat häufig das Bedürfnis über den Zustand „seiner“ Maschine unabhängig von seinem momentanen Aufenthaltsort informiert zu sein. Selbst im Privatbereich ist die so denkbare Überwachung eines Hauses oder die Beeinflussung der Heizungsanlage eine attraktive Möglichkeit – nur um einige Beispiele zu nennen. Im Gegensatz dazu wird das Internet normalerweise benutzt, um auf Servern vorhandene Information in Form von Dateien abzurufen, die beim Nutzer, dem sogenannten Client, entweder angesehen, angehört, ausgedruckt, abgespeichert, weiter verarbeitet oder auch zur Ausführung gebracht werden. Hierbei kann es sich durchaus auch um interaktive Vorgänge handeln, wo der Nutzer Fragen zu beantworten oder Angaben zu tätigen hat, die on-line zurückgeliefert werden.

Hat eine Maschine, eine Anlage, oder ein Gerät direkten Kontakt zum Internet, so muss der Kommunikationsverkehr des Netzes in Maschinensignale und umgekehrt umgesetzt werden oder es muss beispielsweise mit Steuerungen kommuniziert werden. Zunächst ist überhaupt einmal die Anbindung von Geräten an Webserver zu

„Studenten können Praktikumsversuche ausführen, ohne zwingend in's Labor kommen zu müssen.“

lösen. Dies ist nicht trivial, da physikalische Geräte, Maschinen und Anlagen eine beinahe unübersehbare Anzahl unterschiedlicher Schnittstellen aufweisen können. Als Verbindungselement zwischen Netzwerk und Anlage werden also Geräte benötigt, die in Richtung Internet Web-Server-Funktionalität haben und Richtung Anlage Ein-/Ausgabesysteme oder industrielle Kommunikationsschnittstellen wie Feldbusse bereitstellen. Hierzu können beispielsweise PC-basierte Web-Server mit eingebauten Industriesschnittstellen verwendet werden. Manchmal ist auch bereits eine PC-basierte Industriesteuerung vorhanden, die als Internet-Verbindung genutzt werden kann. Es gibt aber auch kleine und wenig aufwendige Stand-alone-Webserver. Das bedeutet, dass die Internet-Anbindung zu sehr geringen bis keinen Hardware-Kosten erfolgen kann. Das Internet als Übertragungsmedium ist äußerst kostengünstig, insbesondere wenn entsprechende Flatrates genutzt werden. Entscheidend ist somit die Entwicklung von Software zum Kontaktieren von Anlagen über das Internet, auch unter Berücksichtigung von Sicherheitsfragen. Wie das geht, wurde und wird im Projekt VVL erforscht.

Ein Fernzugriff über das Internet kann zu sehr unterschiedlichen Zwecken erfolgen. Damit gehen unterschiedliche technische Realisierungen einher, die wiederum mit unterschiedlichen Sicherheitsanforderungen korrespondieren.

Einige wichtige Fernzugriffsarten sind:

► Fernbeobachtung, Fernüberwachung

Hier hat der Informationsfluss im Wesentlichen nur eine Richtung, nämlich von der Anlage zum entfernten Beobachter. Ein direktes Einwirken auf die Anlage erfolgt nicht. Dies ist relativ einfach zu realisieren, es entsteht kein Anlagenrisiko. Die Nutzungsmöglichkeit beschränkt sich auf Überwachungs- und Diagnoseaufgaben, aber bereits dies kann entscheidend weiterhelfen. Man denke nur an die Möglichkeit, einen Fehler aus der Ferne sicher zu diagnostizieren, um die richtige Reaktion von Personen zu veranlassen. Selbst für mobile Anwendungen, z. B. in Kraftfahrzeugen, könnte dies angewendet werden.

► Fernzugriff durch verantwortliche Experten

Hier wird z. B. einem Wartungsexperten der Zugang zum System über das Internet ermöglicht, wie wenn er vor Ort wäre, indem beispielsweise die Bedienoberfläche über das Netz zur Verfügung gestellt wird. Auch dies ist relativ einfach zu realisieren, das Risiko für die Anlagensicherheit kann jedoch hoch sein, da sehr große Einwirkungsmöglichkeiten bestehen.

► Kooperative Fernzugriffe unter Expertenaufsicht

Hier geht es darum, die Zusammenarbeit zwischen Wartungsexperten und Anlagenbetreiber zu vereinfachen. Durch Fernunterstützung können dem Personal vor Ort Handlungsempfehlungen

gegeben werden. Auch unterstützende Ferndiagnosesysteme im Bereich der Telemedizin können zu diesem Zugriffstyp gezählt werden.

► **Umparametrierung von Systemem über das Netz, bis hin zu Software-Updates aus der Ferne**

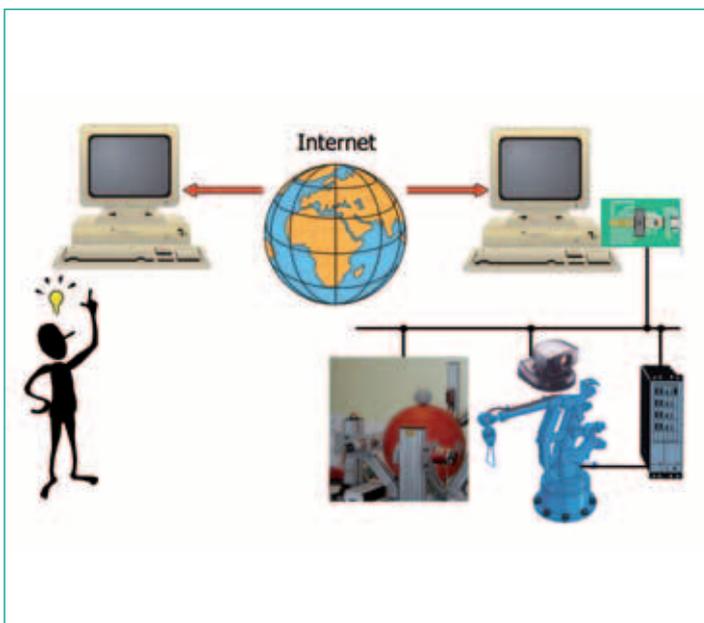
Als Beispiele seien die Änderung von Ein-/Ausschaltzeiten bei Beleuchtungssystemen oder der Temperatur-Zeitprofile bei Heizungs- oder Klimatisierungssystemen genannt.

► **Fernwirken durch (ggf. unbekannte) Nutzer zu beliebiger Zeit von beliebigem Ort**

Dies ist eine Zugriffsart, die in industriellen Anwendungen bislang eher selten vorkommt, jedoch sehr wohl z. B. in der Fernlehre verwendet wird oder wenn Firmen als Marketingmaßnahme Geräte zum Ausprobieren in's Netz stellen. Die Herausforderungen bei der Realisierung dieses Zugriffstyps sind hoch. Die Herausforderungen betreffen Robustheit, gezielte Implementierung der Anlagensicherheit sowie die Verarbeitung konkurrierender steuernder Zugriffe.

Im Projekt VVL werden die Fernzugriffsverfahren erforscht und bis hin zu komplexen Verfahren implementiert. Hier sind Beispiele von unterschiedlichsten Geräten deren Internet-Anbindung mit unterschiedlichen Zugriffsverfahren im Projekt entwickelt wurde:

- Elektronisch gesteuerter pneumatischer Roboter zur Handhabung von Kleinteilen,
- Hochdynamische Regelsysteme zum Balancieren eines Balls auf einem Rad und zum Balancieren einer Kugel auf einer zweiten Kugel,
- 6-achsiger Industrieroboter mit optischem Sensor für Messaufgaben,
- Automatisiertes Material-Transportsystem,
- Ferngesteuerte Modelleisenbahn,
- Motorsteuergerät.



Das Internet stellt eine kostengünstige Möglichkeit für Fernüberwachung und Fernsteuerung dar

„Wie können Anlagen überwacht und diagnostiziert werden, ohne dass Service-Personal vor Ort sein muss? Direkter Kontakt über das Internet zur Maschine kann hier einen entscheidenden Beitrag leisten.“

Manche dieser Systeme können über das Internet vorwiegend beobachtet und überwacht werden, und zwar durch Übermittlung von Anlagedaten, aber auch mehrere interaktiv fernsteuerbare Internet-Kameras. Andere können vom Browser aus ferngesteuert oder sogar aus der Ferne programmiert und umprogrammiert werden. Damit bieten wir Firmen eine Test- und Demonstrationsplattform, um die Möglichkeiten und Grenzen von Fernzugriffen über das Internet auszuloten. Da der Internet-Zugriff einem möglichst großen Interessentenkreis zugänglich sein soll, ist das Kontaktieren der Anlagen für jedermann möglich, deshalb wurde auch auf die Abfrage von Passwörtern bewusst verzichtet. Zugriff von jedermann, zu jeder Zeit, von jedem Ort ist eine sicherheitstechnische Herausforderung.

Dies erfordert eine sehr sorgfältige Sicherheitsstrategie um Anlagenbeschädigungen sicher zu vermeiden – ein wichtiges Forschungsthema im Projekt VVL.

Nicht nur eine Entwicklungs- und Demonstrationsplattform ist das Ziel, sondern die Systeme werden gleichzeitig für die moderne Ingenieurausbildung genutzt: Mechatronik-Studenten und Studierende weiterer Fachrichtungen können Praktikumsversuche über das Internet an realen Robotern durchführen, ohne zwingend in's Labor kommen zu müssen – zum Beispiel von Zuhause aus.

Hier ist die Internet-Adresse für jedermann zum Fernzugriff auf die Systeme des Telematik-Labors:

vvl.reutlingen-university.de – viel Spaß beim Ausprobieren!



Maschinenkontakt per Internet

1879 gründet Paul Lechler das Unternehmen

1886 – der Benz-Patent-Motorwagen Nummer 1

1924 – die erste Zylinderkopfdichtung für den Opel Laubfrosch

1989 – Abschirmteile für Thermik und Akustik

1999 – Serienanlauf des ersten Kunststoff-Ventilhaubenmoduls

E-Mobility – Kompetenz für Brennstoffzellen- und Batterietechnologien

2006 – DeNO_x-Modul für die SCR-Abgasnachbehandlung

125 Jahre automobile Innovationen. Unser Antrieb für die Zukunft

Individuelle Mobilität – vor 125 Jahren wurde dieser Traum dank den Pionierleistungen von Carl Benz und Gottlieb Daimler Wirklichkeit. Seit den Anfängen hat ElringKlinger den rasanten Entwicklungsfortschritt des Automobils entscheidend mitgeprägt. Zum Beispiel auch mit den ersten Zylinderkopfdichtungen in Großserie. Heute sind wir mehr denn je der Innovationspartner für Zukunftstechnologien im Automobilbau. Weltweit. Wir treiben die neuesten Entwicklungen im gesamten Spektrum der Antriebstechnologien aktiv voran – bis hin zu Brennstoffzellen-, Hybrid- und Batterietechnologien für die Elektromobilität von morgen.

ElringKlinger. Mobilität erfahren – Zukunft entwickeln.



Microfasern aus der Natur – Produktionsmöglichkeiten und industrielle Anwendungen

Tobias Goll, MSc.

Forschungsthemen:

- Textile Verfahrenstechnik und
 - Produktentwicklung
- RRI



Telefon: 07121 271-1423

E-Mail: Tobias.Goll@Reutlingen-University.de

Der Einsatz von Naturfasern in technischen Produkten hat in den letzten Jahren rasant zugenommen. Vor allem Bastfasern wie Hanf oder Flachs versprechen eine hohe Wertschöpfung bei gleichzeitig hohem Mengenbedarf. Ihre spezifischen Vorteile gegenüber anderen Fasern, wie hohe Festigkeit bei geringem Gewicht, führten zur Etablierung von Bastfasern in bestimmten technischen Anwendungen, insbesondere in der Automobilindustrie. Aufgrund der naturbedingten, variierenden Eigenschaften der Fasern sind die bisher realisierten Produkte jedoch von eher geringer Wertschöpfung und können mit billigen, mechanisch aufbereiteten Importfasern dargestellt werden. Aus diesem Grund bedienen die naturfaseraufbereitenden Betriebe in Deutschland hauptsächlich Standardanwendungen im Bereich von Dämm- und Vliesstoffen.

Eine Voraussetzung für den Einsatz von Bastfasern in hochwertigen Anwendungen ist die Bereitstellung von Fasern mit weitgehend gleichmäßigen, definierten Eigenschaften. Hierfür wird in einem Forschungsprojekt in Kooperation mit Faserverarbeitern (Badische Faseraufbereitung, Malsch) und der Automobilzulieferindustrie (Fiber Engineering, Karlsruhe) eine chemisch-mechanische Faseraufbereitung entwickelt, die einerseits an das Rohmaterial, andererseits an den jeweiligen Einsatz adaptiert werden kann. Dabei werden die Naturfasern zunächst einer chemischen Behandlung unterzogen. Ziel dieser Behandlung ist der Abbau der natürlichen Klebstoffe innerhalb der Faser. Übrig bleibt im Idealfall das Grundgerüst der Naturfaser, die sogenannten Fibrillen, die für die Stabilität der Pflanze verantwortlich sind. Diese Fibrillen liegen ursprünglich als Bündel vor, deshalb folgt der chemischen Behandlung noch ein mechanischer Schritt. Mithilfe eines aus der Papierindustrie stammenden Verfahrens werden die Fibrillenbündel durch Scherkräfte mechanisch auseinandergerissen, sodass die einzelnen Fibrillen freigelegt werden.

Diese Elementarfibrillen mit Durchmessern von einigen Nanometern bis in den Mikrometerbereich weisen ausgezeichnete mechanische Eigenschaften auf. So ist die theoretische Zugfestigkeit einer



von der Ernte ...

... zur Microfaser

solchen natürlichen Microfaser mit der von hochfesten Aramidfasern vergleichbar. Neben den exzellenten Festigkeitswerten besitzen die Feinstfasern eine deutlich größere Oberfläche als die ursprüngliche Naturfaser, was die Haftung zwischen Faser und Matrix in Verbundwerkstoffen extrem erhöht. Dadurch lassen sich Werkstoffe mit deutlich verbesserten Eigenschaften realisieren, die sich sowohl für hochfeste Bauteile, als auch für spezielle Vliesstoffe nutzen lassen.

Hauptanwendungsgebiet der natürlichen Microfasern sind sogenannte Soft- und Hartteile in der Automobilindustrie. Softteile werden speziell im Innenraum des Automobils für die Schalldämmung und Verkleidung von Karosserieteilen eingesetzt. Hierzu zählen beispielsweise der Fußbereich und die Trennwand zwischen Motor und Fahrerzelle. Softteile werden mit dem sogenannten Fasereinblasverfahren hergestellt. Dabei werden die Feinstfasern gemeinsam mit Kunststofffasern in ein Formteil geblasen, welches unter leichtem Druck verpresst wird. Durch Variation der eingeblasenen Fasermenge können Bereiche innerhalb des Softteils mit unterschiedlicher Faserdichte erzeugt werden. Somit können stärker beanspruchte Bereiche, wie beispielsweise der Fußraum durch eine höhere Dichte strapazierfähiger gemacht werden.

Hartteile finden sowohl im Interieur- als auch im Außenbereich Anwendung. Zu ihnen zählen unter anderem Türinnenverkleidungen oder Stoßfänger. Im Gegensatz zu den Softteilen werden die Microfasern gemeinsam mit Bindefasern oder Harzen unter hohem Druck verpresst. Während des Pressvorgangs schmilzt der Poly-

meranteil vollständig auf. Somit entsteht ein kompakter Verbundwerkstoff mit außerordentlich guten mechanischen Eigenschaften.

Weitere industrielle Anwendungsmöglichkeiten für die natürlichen Microfasern sind neben den Soft- und Hartteilen für die Automobilindustrie auch spezielle Filtermedien, hochfeste Verbundwerkstoffe für die Bau- und Möbelindustrie sowie Produkte aus dem Hygienebereich.

Projektförderung:



Bundesministerium für Wissenschaft und Technologie (AiF-ZIM)

Projektpartner:



Reutlingen Research Institute



Badische Naturfaser-aufbereitung



Fiber Engineering



Sound Design: Funktionsadäquate Klänge im Rechner entwickeln

Prof. Rolf Steinbuch

Forschungsthemen:

• Akustik • Simulation • Optimierung

Fakultät: Technik

Telefon: 07121 271-7040

E-Mail: Rolf.Steinbuch@Reutlingen-University.de



Zusammenfassung

1. Töne, Klänge und Geräusche

1.1 Schwingungen hören und fühlen

1.2 Töne, Klänge und ihre Bestandteile

1.3 Klänge in der Zeit

1.4 Sprache als Klang oder Geräusch

2. CAE: Neues im Rechner entwickeln

2.1 Was ist CAE?

2.2 Entwicklungsprozesse als Teamarbeit

2.3 Frontloading: Entscheidungen früher und qualifizierter treffen

3. Sound Design

3.1 Sound und Funktion

3.2 Wie erzeugen wir zielgerichtet Sound?

3.3 Sound und subjektive Wahrnehmung

3.4 Ein einfaches Beispiel

4. Anwendungen und Ausblick

Zusammenfassung

Bei der Entwicklung neuer Produkte gehört in vielen Fällen neben der Wahl von Form, Farbe und Oberfläche auch der produktspezifische Klangeindruck zu den Auslegungskriterien. So wie die Form eines Duschgels Sportlichkeit oder Harmonie auszudrücken vermag, kann der Klang des Verschlusses den Kunden vermitteln, dass der Behälter sicher geschossen, ein Auslaufen in die Sporttasche nicht zu befürchten ist. Die Gestaltung eines funktionsadäquaten Klangs, neudeutsch als „Sound Design“ vermarktet, ist historisch mit einer Vielzahl von Versuchen verbunden. Um auch hier schneller zu ansprechenden Ergebnissen zu gelangen, kommen computerunterstützte Verfahren zum Einsatz. Anhand einiger leicht nachvollziehbarer Beispiele erläutern wir, wie eine derartige Klangeinstellung ablaufen kann.

1. Töne, Klänge und Geräusche

Schwingende Körper strahlen die Schwingungen in ihre Umgebung ab. Menschen nehmen Luftschwingungen von ca. 16-20.000 Hz als Schall wahr, diese Grenzen sind individuell verschieden und altersabhängig. Schwingungen unterhalb des hörbaren Bereichs nehmen wir als Vibrationen oder Rauigkeiten wahr. In der Fach-

terminologie der Maschinen- und Fahrzeugentwicklung hat sich der Begriff NVH – Noise – Vibration – Harshness eingebürgert, der die 3 Bereiche unscharf abgrenzt. Während Vibrationen und Rauigkeiten außer in medizinischen Anwendungen meist zu vermeiden sind, gehören Geräusche zu den Umgebungseinflüssen, die durch angenehme Assoziationen erwecken können.

1.1 Schwingungen hören und fühlen

Als Schwingungen gelten alle Bewegungen, die eine mehr oder weniger ausgeprägte Wiederholbarkeit besitzen. Klassisch kennen wir sinusförmige Bewegungen, die nach einer Periodendauer wieder den vorigen, einfachen Verlauf nehmen. Aber auch beliebige andere Bewegungen, welche die angesprochene mehr oder weniger ausgeprägte Periodizität aufzuweisen schienen, deklarieren wir als Schwingungen^{1,2}. Wir nehmen Schwingungen unter ca. 10 Hz als Rauigkeit, im niederfrequenten Bereich bis ca. 100 Hz als Vibrationen wahr. Schalleindrücke entstehen durch Luftschwingungen oberhalb 16 Hz. Ab 20 kHz beginnt der Bereich des Ultraschalls, den beispielsweise Fledermäuse zur Ortung nutzen, der bei medizinischen Untersuchungen einen Blick in den Körper erlaubt.

1.2 Töne, Klänge und ihre Bestandteile

Als Ton bezeichnet man häufig eine reine Sinusschwingung, wie sie Abb. 1 und HB01-1 für den Kammerton „a“ bei 440 Hz vermitteln. Derartige Töne sind nicht besonders unangenehm, sprechen uns aber auch nicht besonders an. Ergänzt man diesen Ton um einige weitere Schwingungen, die in einem kleinen ganzzahligen Verhältnis zum Grundton stehen, beispielsweise Terzen (5:4), Quart-

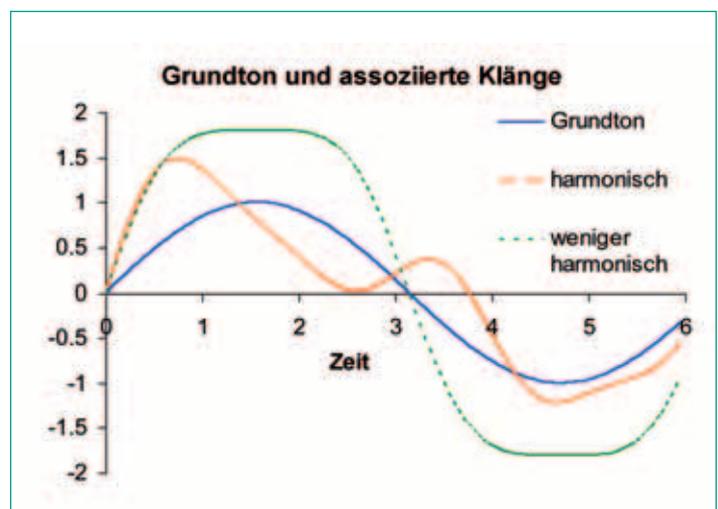


Abb. 1: Grundton und aus Obertönen erzeugte Klänge

[4:3], Quinten [3:2], Oktaven [2:1] kommen angenehmere Töne zustande (Abb. 1 und HB01_2). Bei Obertönen, die nicht als einfache, kleinzahlige Vielfache des Grundtons auftreten, entstehen weniger angenehme Eindrücke (HB01_3). Umgangssprachlich unterscheiden wir gerne zwischen den angenehmen Klängen, den Wohlklängen und den unangenehmen Geräuschen, den Störgeräuschen.

1.3 Sprache als Klang oder Geräusch

Jedes akustische Erlebnis, also alles was wir hören, lässt sich dementsprechend auf eine Folge von Klängen oder Geräuschen zurückführen. Wenn wir das Wort „Wurstbrot“ (HB02) mit einem Mikrophon aufzeichnen, entsteht der in Abb. 2.a dargestellte Verlauf von Schallimpulsen. Analysieren wir diese Klangfolge, erhalten wir die in Abb. 2.b aufgeführte Menge auftretender Frequenzen, die natürlich nicht alle an jedem Teilklang des Zeitsignals beteiligt sind. Diese Analyse heißt die Spektralanalyse, die Peaks oder der Verlauf der Kurve das Spektrum. Die Methode, das Spektrum zu bestimmen ist als Fourieranalyse bekannt, dahinter steckt die schnelle Fouriertransformation, die „Fast Fourier Transform“, kurz FFT. Um von der schon recht komplexen Analyse eines kompletten Wortes zu überschaubareren Aussagen zu kommen, beschränken wir uns auf Vokale. Abb. 3 zeigt die an den 5 Vokalen (HB03)

eines ausgewählten Sprechers beteiligten Frequenzen, wobei bei der Frequenz- und Amplitudenachse jeweils nur die Relativwerte Bedeutung haben. Deutlich ist zu erkennen, dass jedem Vokal ein eigenes Schema an Obertönen zu zuordnen ist. Mit einiger Mühe

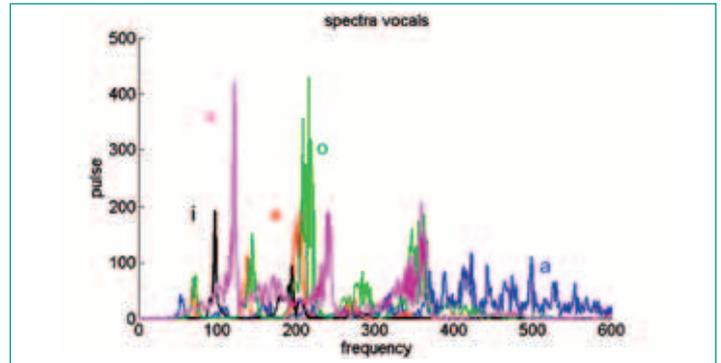


Abb. 3: Spektren der Vokale

könnten wir jetzt aus einem längeren Text die Vokale isolieren und identifizieren. Abb. 4 stellt die die Vokale „a“ und „o“ zweier Sprecher gegenüber, Deutlich ist zu erkennen, dass der erste Sprecher höhere Elemente in seinem Spektrum hat als der zweite, es könnte sich also um eine Frau und einen Mann handeln, wie auch die Hörbeispiele HB04_1 –HB04_4 nahelegen. Weiter stellen wir bei

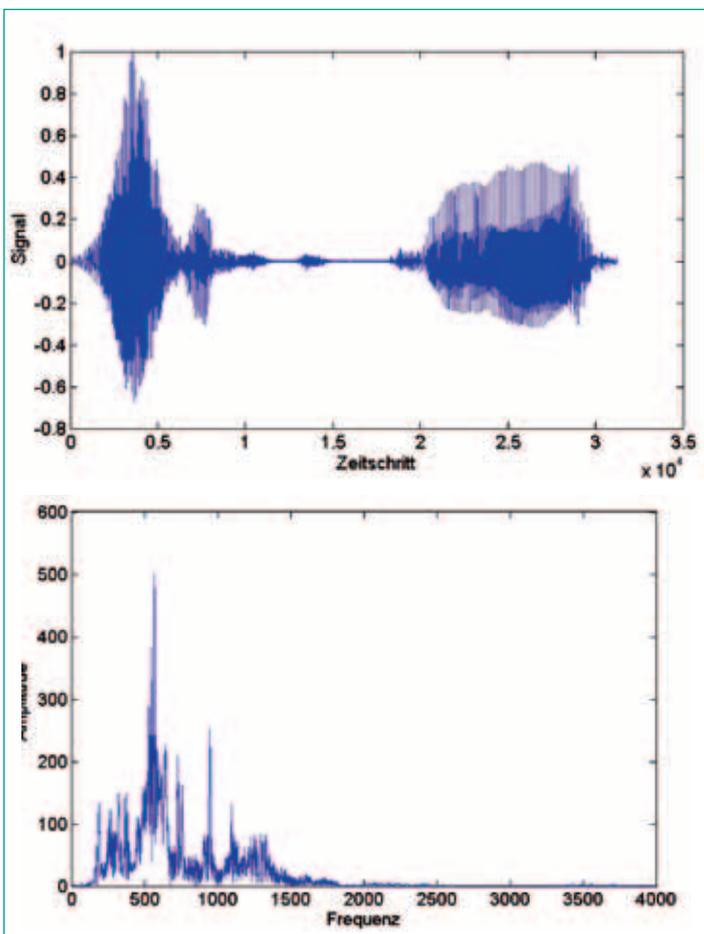


Abb. 2: „Wurstbrot“: Zeitsignal und Spektrum

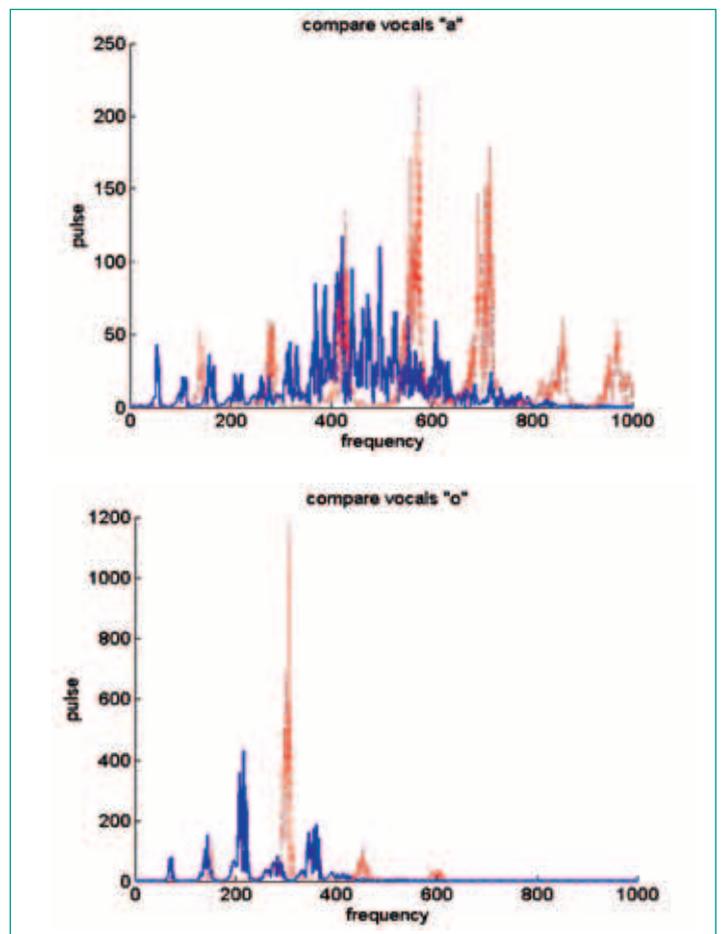


Abb. 4: Vokale „a“ und „o“ zweier Sprecher

genauerer Betrachtung fest, dass sowohl die Frequenz- als auch die Amplitudenverhältnisse leicht differieren, wodurch die unterschiedlichen Stimmen unterschiedlicher Personen entstehen. Dieses personenspezifische Frequenz- und Amplitudenverhältnis nennt man den akustischen Fingerabdruck der jeweiligen Person, weil es zur Identifikation einer Person genau so dienen kann wie die echten Fingerabdrücke. Auch bei tönenden Systemen kommt dieser Begriff des akustischen Fingerabdrucks zum Einsatz und kennzeichnet hier das typische Eigengeräusch. Das Röhren von Motorrädern oder Sportwagen mag hierfür als Beispiel dienen. Den akustischen Fingerabdruck verwenden Nachrichtendienste beispielsweise, wenn sie prüfen wollen, ob gesprochene Botschaften gesuchter Gegner tatsächlich den jeweiligen Verdächtigen zuzuordnen sind. Sofern nur ausreichend Tonaufzeichnungen vorliegen, die sicher von den vermuteten Sprechern stammen, ist eine solche Identifikation mit einiger Sicherheit möglich.

1.4 Klänge in der Zeit

Geräusche und Klänge finden immer in der Zeit statt, jeder akustische Eindruck beginnt und endet. Während dieses Zeitintervalls verändert sich das Spektrum des Klangs, das Stichwort Dämpfung bezeichnet dies, wie auch Abb. 5 verdeutlicht. Analog entwickelt sich der Klang eines Instruments im sog. ADSR-Schema (Abb. 6, HB06).

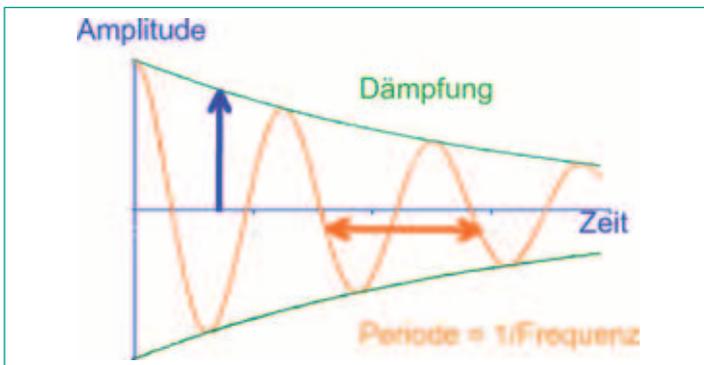


Abb. 5: Amplitude Periode und Dämpfung einer Sinusschwingung

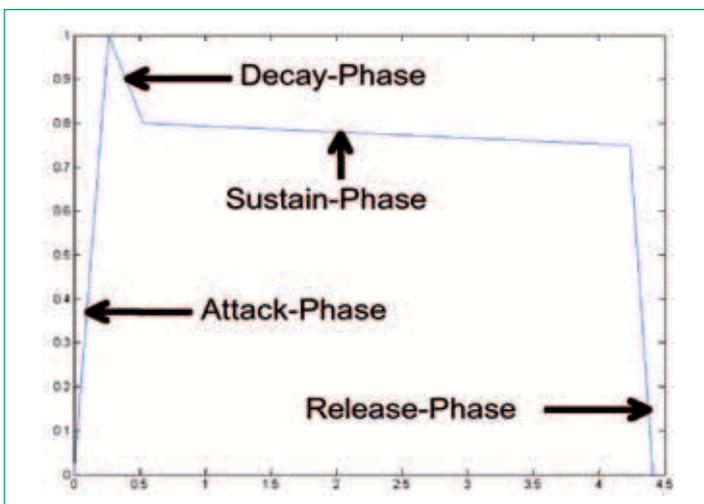


Abb. 6: ADSR-Zeitverlauf eines Instruments

Nach dem Anschlag steigt das Signal stark an (A), fällt auf einen Plateauwert ab (D), verbleibt dort für einige Zeit (S) um schließlich auszuklingen (R). Einen anderen Effekt beschreibt der Begriff der Schwebung, den wir anhand einer der Glocken der Frauenkirche in Dresden (Abb. 7a) herleiten wollen³. Als diese Glocke im Jahr 2003 gegossen war, herrschte Übereinstimmung, dass ihr Klang nicht akzeptabel war, die Glocke schepperte (HB07_1). Numerische Untersuchungen, die im Vorgänger des RRI, dem IFA initiiert und wissenschaftlich betreut wurden, zeigten, dass bei der gegossenen Glocke die Glockenzier über dem Umfang zu unterschiedlich aufgebracht war, was zu einer zu starken Aufspaltung der doppelten Eigenfrequenzen bei rotationssymmetrischen Körpern führte. Eigenschwingungen die wie bei den Bechern in Abb. 7.b nahe beieinander auftreten, erzeugen Schwebungen (Abb. 7.c), Klangerlebnisse, die stark in der Lautstärke variieren. Im untersuchten Fall trat eine Schwebung mit ca. 9 Hz auf, ein unangenehmes Hörerlebnis. Wäre die Glocke perfekt rotationssymmetrisch, entstünde der Klang den HB07_2 vermittelt, ein eher langweiliger Eindruck. Erst nachdem es gelang, die Unsymmetrie so zu kalibrieren, dass sich eine Schwebung von ca. 3 - 5 Hz einstellte, entstand der gewünschte Glockenklang mit einer ruhigen Schwebung (HB07_3). Wir haben hier das erste Beispiel eines mit Computerunterstützung optimierten Geräuschs, Computer Aided Sound Design.

2. CAE: Neues im Rechner entwickeln

Die Einsatzgebiete der massenhaft verfügbaren, kostengünstigen schnellen und trotz Intel und Microsoft halbwegs zuverlässigen Rechner lassen sich heute nicht mehr begrenzen, jeder Staubsauger, jede Waschmaschine, jedes Fahrrad hat heute potenziell eine verfügbare Rechenleistung, die vor 20 Jahren noch für Großrechner typisch war. Dementsprechend ist auch in der Entwicklung technischer Produkte ein Arbeiten ohne vielfältigen Rechnereinsatz kaum denkbar.

2.1 Was ist CAE?

Der Bereich des Einsatzes von Konstruktionswerkzeugen zur Gestaltung neuer Ideen und Systeme lässt sich unter dem Oberbegriff CAE, Computer Aided Engineering zusammenfassen, ohne dass dieser Begriff scharfe Abgrenzungen zu anderen benachbarten Gebieten erlaubt oder fordert⁴. Als bekannteste Elemente des CAE, zumindest im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus dürfen

- CAD Konstruktion am Rechner,
- RPT Rapid Prototyping, schneller Bau von Prototypen,
- CAQ rechnergestützte Qualitätssicherung,
- CAM rechnergestützte Fertigung,
- Simulation Überprüfen virtueller Bauteile und Systeme und
- CFD Strömungsstudien

gelten. Darüber hinaus sind zahlreiche weitere Begriffe, wie das hier zu untersuchende CASD, Computer Aided Sound Design im Umlauf, oft ohne scharfe Definition und ohne genaue Aufgabenbeschrei-



Abb. 7a) die Glocken

Quelle: <http://www.ddresden.de>

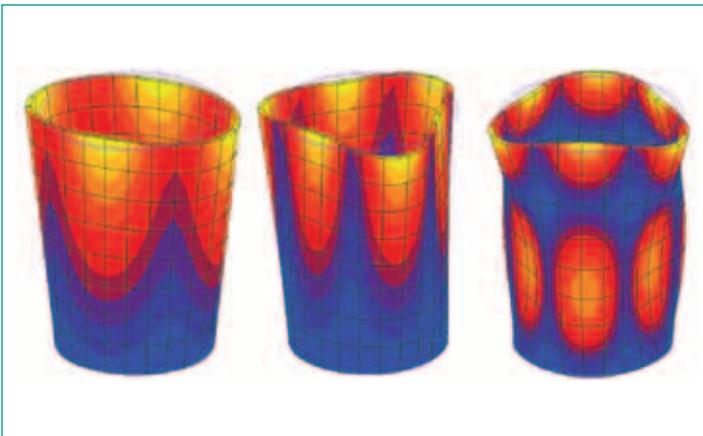


Abb. 7b) doppelte Eigenfrequenzen rotationssymmetrischer Körper

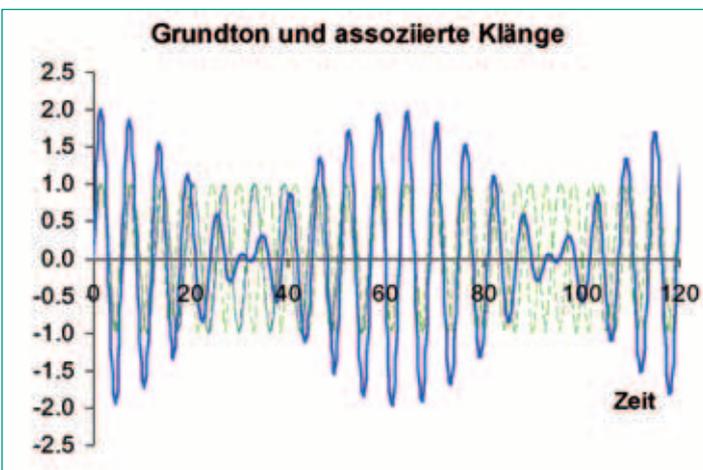
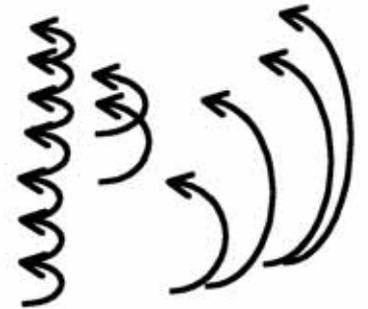


Abb. 7c: Schwebung bei benachbarten Frequenzen an den Glocken der Frauenkirche³

Abteilung
Marktforschung
Vorentwicklung
Konstruktion
Versuch
Fertigung
Marketing/Pre-Sales
Verkauf



a) zeitlicher Ablauf und beteiligte Partner

Kosten der Fehlerbeseitigung
Abteilung

Relative Kosten	
Vorentwicklung	1
Konstruktion	10
Versuch	100
Fertigung	1.000

b) Rule of 10: Exponentiales Wachstum der Fehlerkosten

Abb. 8: Partner im Entwicklungsprozess

bung. Gelegentlich erscheint das Symbol CAX, wobei unklar bleibt, ob es sich um eine Ober- unter oder Äquivalenzmenge von CAE handelt.

2.2 Entwicklungsprozesse als Teamarbeit

Die Entwicklung neuer Produkte sollte heute zielgerichtet in qualifizierten Projektteams stattfinden. Solche Teams, deren Lebensdauer auf die erfolgreiche Erledigung einer oder weniger klar spezifizierter Aufgaben beschränkt ist, umfassen alle am Entwicklungs- und Lebensdauerbereich des Produkts beteiligten Abteilungen eines Unternehmens. Abb. 8.a versucht den Widerspruch zwischen den einzelnen Entwicklungsschritten von der Marktanalyse bis zum Service und der erforderlichen permanenten Rückkoppelung darzulegen. Natürlich haben zuerst die Vorentwickler und Konstrukteure ihre Beiträge zu leisten. Aber schon in diesem frühen Stadium sind die Bedenken und Einwände aus Fertigung und Wartung zu berücksichtigen, wie die Rückkoppelungspfeile andeuten. Erst wenn diese Kooperation konsequent einhaltbar ist, können wir mit einer erfolgreichen Entwicklung rechnen. Abb. 8.a entnehmen wir auch, dass es eine historische Trennlinie im dargestellten Ablauf gibt. Solange überwiegend Vorentwicklung und Konstruktion am Zuge sind, entstehen überwiegend virtuelle Modelle, deren Kosten relativ gering sind. Beginnt der Aufbau von Versuchsteilen oder Prototypen, arbeiten wir mit realen, physischen Teilen, so entstehen Kosten, die bedeutend über denen der virtuellen Ideen liegen. Abb. 8.b veranschaulicht dies anhand der „Rule of 10“. Kostet das Reparieren eines Fehlers, worin immer er

bestehen mag, einen Betrag 1, solange nur die Vorentwickler beteiligt sind, entstehen bei der Fehlerbeseitigung ca. 10-fach höhere Kosten, sobald die Konstrukteure angefangen haben, die ursprünglichen Ideen in fertigungsgerechte Zeichnungen bzw. CAD-Modelle umzusetzen. Entdeckt man den Fehler erst im Versuch, der Hardware aufbaut, steigen die Kosten der Fehlerbeseitigung erneut um einen Faktor 10. Dass Fehlerkorrekturen, die erst nach Anlauf der Fertigung und der Auslieferung von Serienteilen beginnen, noch wesentlich teurer sind, belegen die Kosten spektakulärer Rückrufaktionen, bei denen oft Beträge von mehr als 100 Mio. € aufzubringen sind.

2.3 Frontloading: Entscheidungen früher und qualifizierter treffen

Auch wenn der Faktor 10 in Abb. 8.b keinesfalls als feste, wissenschaftlich untermauerte Größe zu betrachten ist, zeigt er doch, dass es sinnvoll ist, früh im Entwicklungsprozess gut zu arbeiten, um später hohe Kosten zu vermeiden. Diese einfache, viele Aspekte übergehende Darstellung hebt die Bedeutung der Simulation heraus. Qualifiziert eingesetzt erlaubt Simulation schon zeitig im Produktentstehungsprozess Schwachstellen zu erkennen und bei dann noch geringen Kosten zu beseitigen. Auf einer zielgerichteten Simulation baut die Strategie des „Front Loading“ (Abb. 9) auf. Anstatt wie in früheren Zeiten langsam anhand experimenteller Befunde Entscheidungen über das Endprodukt zu treffen, erlauben aussagekräftige Studien virtueller Modelle frühzeitig Festlegungen zu treffen und damit den gesamten Entwicklungsprozess strukturierter, schneller und sicherer zu gestalten. Dass sich der Entwicklungszeitraum eines neuen Automobils seit den 1980-er Jahren halbiert hat, veranschaulicht den Erfolg dieses Herangehens. Die bereits erwähnten spektakulären Rückrufaktionen belegen, dass diese Managementstrategie nicht immer mit vollem Erfolg zum Einsatz kommt.

3. Sound Design

Zahlreiche Dinge des täglichen Lebens haben neben ihrer Form, Farbe und Griffigkeit auch ein typisches Geräusch, das Teil ihres

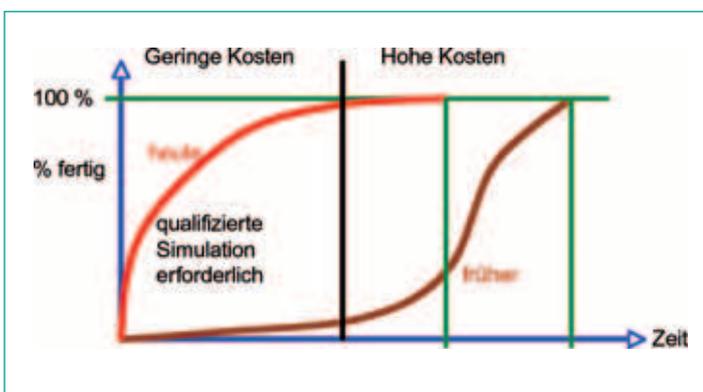


Abb. 9: Front loading: Früh anhand qualifizierter Simulationen Entscheidungen treffen

Seins ist, ihre Tauglichkeit nachweist oder unterstreicht, den gewünschten oder geforderten Eindruck vermittelt⁵.

3.1 Sound und Funktion

Neben dem schon erwähnten Klicken des Verschlusses des Duschgels, das uns beruhigt, mögen einige weitere Beispiele die Bedeutung des akustischen Eindrucks für die gesamte Erscheinung eines Systems oder Produkts verdeutlichen:

- Ein Staubsauger muss durch seine akustische Anmutung vermitteln, den Schmutz kräftig aus dem Teppich zu entfernen. Leisere Staubsauger, die technisch durchaus möglich sind, haben sich im Markt nicht durchsetzen können.
- Eine Tür, insbesondere bei Fahrzeugen, soll beim Zuschlagen den Eindruck vermitteln, dass sie auch tatsächlich fest geschlossen ist. Auch hier wären leisere Varianten möglich, sind aber oft nicht erwünscht.
- Das Röhren eines Porsche-Fahrzeugs beim Beschleunigen zu vermeiden wäre kein großes Problem. Allerdings hoffen die meist nicht mehr jugendlichen Fahrer mit diesem animalischen Auftreten ihre zweifelhafte Potenz zu vermitteln, was zahlreiche Ingenieure in Weissach in Lohn und Brot hält.
- Eine Sitzverstellung im PKW darf keine nervtötenden Quietschgeräusche von sich geben, die Insassen wollen aber durch ein angenehmes Geräusch mitgeteilt bekommen, wie lange die Einstellung dauert. Das Ende dieses Geräuschs teilt mit, dass jetzt die voreingestellte Position erreicht ist, weitere Veränderungen einen neuen Eingriff des Sitzenden erfordern.

Diese kurze Aufzählung mag belegen, dass Sound Design neben, teilweise im Gegensatz zur ebenfalls oft erwünschten Lärmbekämpfung steht. Wenn der funktionsadäquate Klang den Kunden anspricht, so bestärkt dies das Vertrauen des Kunden, die richtige Entscheidung getroffen zu haben. Da zahlreiche akustische Eindrücke nicht oder nur wenig Eingang in objektive, bewusste Entscheidungen finden, solange sie nicht deutlich störend wirken, können mit Hilfe akustischer Elemente wesentliche unterschwellige Beeinflussungen stattfinden.

3.2 Wie erzeugen wir zielgerichtet Sound?

Dass das Geräusch eines Systems essenziell zu dessen Gesamteindruck beiträgt, ist kaum zu bestreiten. Für die Entwickler stellt sich umgekehrt nun die Frage, wie schon im virtuellen Produktstadium das zu erwartende Geräusch erkennbar und beeinflussbar wird. Abschnitt 1 gab hier bereits die zentralen Hinweise. Wenn das Geräusch eines Systems sich aus Grundtönen und Obertönen in ihrem zeitlichen Verlauf darstellt, sind eben diese Grundtöne, Obertöne und ihr zeitlicher Verlauf zu analysieren und zielgerichtet zu beeinflussen. Dazu lassen sich im frühen Projektstadium an Simulationsmodellen die entsprechenden Parameter wie Abmessungen, Verbindungen, Lagerungen, Werkstoffkombinationen, Anregungspositionen und verschiedene andere Einflussgrößen identifizieren und im virtuellen Modell modifizieren. Dass dabei die anderen Funktionsbestandteile, beispielsweise die Lebensdauer oder die Wartbarkeit nicht leiden dürfen, ist offenkundig, stellt aber oft kaum ver-

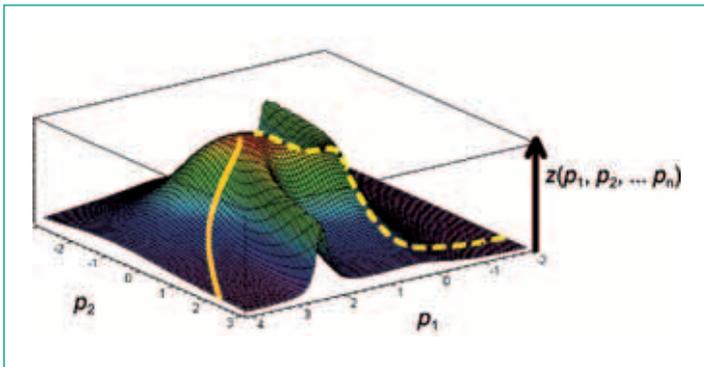


Abb. 10: Optimieren als Bergsteigen

einbare Anforderungen an die Konstrukteure. Eine Optimierung kann dann wie in Abb. 10 skizziert stattfinden. Von einer halbwegs sinnvollen Ausgangsidee bewegen wir uns unter Einhaltung der verschiedenen Restriktionen hin zu einer akzeptablem Lösung, wie wir mühsam auf einen Hügel klettern. Dass hier oft mehrere Läufe mit verschiedenen Anfangslösungen erforderlich sein können, überrascht sicher nicht.

3.3 Sound und subjektive Wahrnehmung

Die Bewertung von Klängen stellt wie zahlreiche andere ästhetische Messungen eine Aufgabe dar, die sich ingenieurmäßigen Zugängen nur schwer erschließt: Was heißt schön, was angenehm, was wohlklingend? Vergleicht man das weibliche Schönheitsideal, dass unsere Modeproduzenten uns massenhaft suggerieren, mit dem in anderen, beispielsweise arabischen Ländern, wo diese Hungerhaken bestenfalls Mitleid erwecken, verdeutlicht sich diese Uneindeutigkeit des Schönheitsbegriffs. Dass verschiedene Generationen unterschiedliche Musikstile bevorzugen stellt dies für Höreindrücke ebenfalls unbestreitbar dar.

Bei der Bewertung von Systemgeräuschen, aber auch anderer akustischer Signale kommt noch eine zeitabhängige Komponente hinzu. Töne, Klänge, Klangfolgen können einige Male angenehm schön, erfreulich erscheinen. Oft stellt sich nach mehr oder wenig langer Zeit aber ein Überdruß ein, der ursprüngliche Wohlklang verwandelt sich in ein störendes Geräusch⁵. Beispiele, die nicht

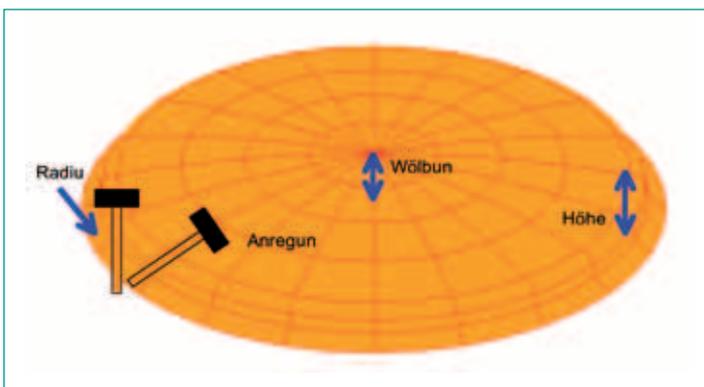


Abb. 11: Gong mit freien Parametern

jedermanns Zustimmung finden müssen, sind nach Erfahrung des Verfassers die „Jingles“, die akustischen Identifikationsmuster, mit denen sich heute viele Radiostationen ausweisen. Nach anfänglich erfreulicher Assoziation, den richtigen Sender erwischte zu haben, folgt früher oder später die Abkehr, die permanenten Wiederholungen der Jingle gehen den Hörern auf die Nerven. Bei der Beurteilung, ob ein Geräusch angenehm oder lästig ist, stellen sich bei den bewertenden Zuhörern ähnliche Prozesse ein. Eine über längere Zeit stabile Einschätzung akustischer Eindrücke ist Menschen nicht möglich. Abhilfe mag hier eine objektivierte Bewertung der Spektren und Amplituden schaffen, leider sind Rückübertragungen auf menschliche Empfindungen nicht immer einfach.

3.4 Ein einfaches Beispiel

Um die Idee der rechnerunterstützten Klangentwicklung zu vermitteln, bauen wir ein einfaches Beispiel auf⁶. Ein Gong soll die Mitglieder einer Wohneinheit zum Essen rufen.

Da es teuer ist, zahlreiche Gongs aufzubauen, um dann denjenigen auszuwählen, der breite Akzeptanz findet, hatten sich die Beteiligten im Akustiklabor auf einen Wunschklang geeinigt (Abb. 11 und HB 11_1). Abb. 11 entnehmen wir ebenfalls die Parameter oder Freiheitsgrade, die sich bei der Herstellung eines Gongs leicht beeinflussen lassen, es sind dies (hier nur einige ausgewählt, es gibt beliebig viele mehr):

- die Unrundheit
- die Blechdicke
- die Wölbung der großen Platte
- die Höhe des umlaufenden Randes
- der Radius am Rand
- die Anregungsstelle.

Abb. 12 und HB 12_1-HB12_3 vermitteln prinzipiell, wie sich die rechnerisch ermittelten Spektren verschiedener Varianten zum Zielspektrum verhalten und sich gezielt zum Ziel hin entwickeln lassen. Von einer halbwegs tauglichen Ursprungsgeometrie mit berechnetem Spektrum ausgehend untersuchen wir, wie die Veränderung einzelner Parameter oder Freiheitsgrade zu einer besseren Anpassung des vorhandenen Spektrums an das Ziel führt. Gelingt es nun, sich durch wiederholte Kombination und Modifikation der einzelnen Freiheitsgrade dem Zielspektrum schrittweise

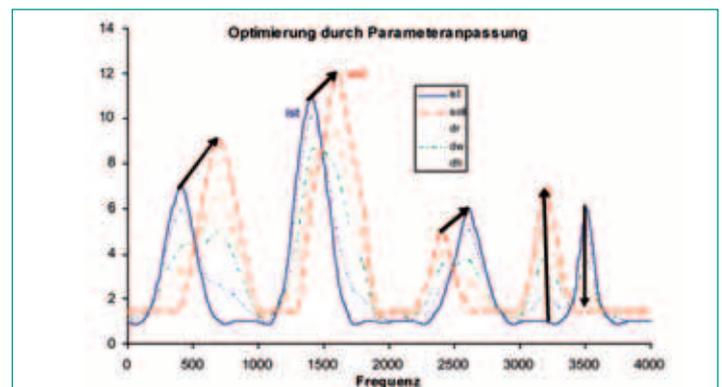


Abb. 12: Entwicklung der Zielgeometrie anhand des Spektrums

anzunähern, erhält man eine Idee, wie die verschiedenen Freiheitsgrade zu kombinieren sind. Die so gefundene Geometrie dient dann als Vorlage für den Hersteller. Arbeitet er mit ausreichender Sorgfalt, ist zu erwarten, dass der im Rechner entwickelte Gong die Ansprüche der Kunden befriedigt.

4. Anwendungen und Ausblick

Das vorgestellte Verfahren ist keine abstrakte Zukunftsmusik. Bei Kirchenglocken weiß man seit unseren Berechnungen, wie vorab ein Scheppern oder ein langweiliges, schwebungsfreies Dauertönen zu vermeiden ist. Bei zahlreichen Massengütern stellt der Einsatz von Simulationen zur Überprüfung des zu erwartenden Schall-

und Schwingungseindrucks die heute übliche Praxis dar, auch wenn immer noch einige Bereiche glauben, sich verschließen zu müssen. Anwendungsgebiete reichen von der akustischen Anmutung von Kosmetikartikeln bis zum Eigenschwingverhalten großer Schiffe, bei denen unerwünschte Schwingungen das Wohlbefinden von Besatzung und Fahrgästen erheblich beeinträchtigen können⁷. Wie in zahlreichen anderen Einsatzgebieten von CAE-Verfahren ist auch hier zu erwarten, dass mit den zunehmenden Erfolgen sowohl Akzeptanz als auch Aufgabenbreite weiter zunehmen. Dass das RRI hier wesentliche Impulse gab, unterstreicht unsere Leitungsfähigkeit und Integration im Prozess der permanenten Innovation, hier in einem Bereich, der sicher in den meisten Anwendungen zum Wohl der betroffenen, weniger von Störgeräuschen geplagten Menschen beitragen kann.

Literatur

- 1 Skudrzyk, E.: Die Grundlagen der Akustik, Springer Wien, 1954
- 2 Henn, H. et al.: Ingenieurakustik, Physikalische Grundlagen und Anwendungsbeispiele, Teubner Vieweg, 2008.
- 3 Bauer, J. et. Al.: Einfluss der Glockenzier auf den Klang
<http://www.dgaqs.de/forum2004/pdf/bauer.pdf>
- 4 Steinbuch, R.: Simulation im konstruktiven Maschinenbau, Fachbuchverlag Leipzig, Leipzig, (2004)
- 5 Schulte-Fortkamp, B.: Psychoakustische Kenngrößen in der Qualitätssicherung, <http://www.dgaqs.de/forum2008/pdf/DGAQS-07.pdf>
- 6 Schmidt, L., Steinbuch, R.: Computer Aided Sound Design - Ideen und Möglichkeiten. <http://www.dgaqs.de/forum2006/pdf/TB-12-steinbuch.pdf>
- 7 Werner, K.: Modellierung hydrodynamischer Zusatzmassen moderner Schiffsentwürfe, mittels Akustik-FLUID30 Elementen, ANSYS-CADFEM-User Meeting, Aachen, 2010

Hörbeispiele zum Runterladen unter

<http://userserv.fh-reutlingen.de/~steinbuch/>

Licht als Sensor zur Prozesskontrolle in Industrie und Medizintechnik

Prof. Dr. Rudolf Kessler

Forschungsthemen:

- Prozessanalytik und Technologie
- Spektrale Bildgebung, multivariate Datenanalyse

Fakultät: Angewandte Chemie

Telefon: 07121 271-2010

E-Mail: Rudolf.Kessler@Reutlingen-University.de



LM-Chem. Edwin Ostertag

Forschungsthemen:

- Prozessanalytik, Chemical Imaging, Nahfeldspektroskopie

RRI

Telefon: 07121 271-1428

E-Mail: Edwin.Ostertag@Reutlingen-University.de



E. Ostertag, B. Boldrini, W. Kessler und R. W. Kessler

Process Analysis and Technology, Reutlingen Research Institute, Alteburgstraße 150, D-72762 Reutlingen

Kontakt: Rudolf.Kessler@Reutlingen-University.de

Keywords: Spektroskopie, Prozessanalysetechnik, Chemical Imaging, multivariate Datenanalyse

Licht als Sensor

Sichtbares Licht besteht aus den verschiedenen Spektralfarben von blau über grün bis rot. Jeder Spektralfarbe wird dabei eine andere Wellenlänge zugeordnet.

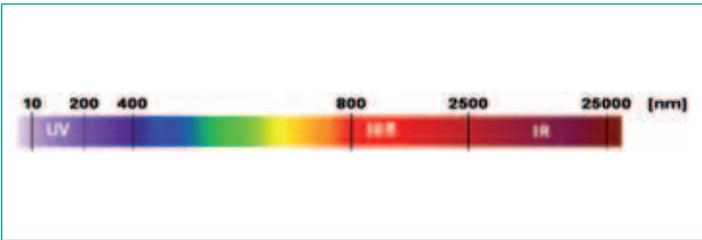


Abb. 1: Spektralfarben des Lichts und Wellenlängen

Trifft Licht mit seinen verschiedenen Farben auf eine Oberfläche, finden Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie statt. Diese Wechselwirkungen sind unterschiedlicher Natur: So werden beispielsweise je nach Art der Probe bestimmte Farben (Wellenlängen) absorbiert, andere Farben dagegen zurückgestrahlt. Bei Infrarotstrahlung werden Molekülschwingungen angeregt. Die Intensität und die Art des zurückgestrahlten Lichtes werden gemessen. Die Lichtquanten sind in diesem Fall also die Messsensoren, die auf molekularer Ebene die Information mitnehmen. Der Sensor für eine solche Messung ist ein Spektrometer, das Verfahren wird als Spektroskopie bezeichnet.

Prozesskontrolle und Prozesssteuerung

Bei der industriellen Herstellung verschiedenster Güter (z. B. metallische Erzeugnisse, Elektronik, Lebensmittel, Pharmazeutika, medizintechnische Produkte) ist eine Kontrolle über den erfolgreichen Herstellungsprozess und der Ausschluss von Produkt Risiken z. B. bei der Herstellung von Nahrungsmitteln unerlässlich.

Licht als Sensor zur Prozesskontrolle bietet hier unschlagbare Vorteile:

- Berührungsfreie Messung
- Information auf molekularer Basis
- Keine zerstörende Probenahme
- Schnelligkeit
- 100%-Kontrolle möglich

Die gemessenen Informationen über die Produktbeschaffenheit können nun dazu eingesetzt werden, den Prozess bei drohender abweichender Qualität sofort wieder in die richtige Richtung zu lenken.

Aufbau und Anwendungen

Der Aufbau zur Messung mit einem spektroskopischen Sensor unterscheidet sich je nach Anwendung (vgl. Abb. 2). In Reflexion wird von der gleichen Seite beleuchtet und gemessen. In Transmission wird von einer Seite beleuchtet und von der gegenüber liegenden Seite gemessen. Bei der orts aufgelösten Messung wird nicht nur ein Durchschnitts-Spektrum von der gesamten Probe registriert, sondern Punkt für Punkt die Oberfläche separat vermessen. Damit wird zu jedem Punkt der x,y -Ortskoordinaten ein komplettes Spektrum aufgezeichnet.

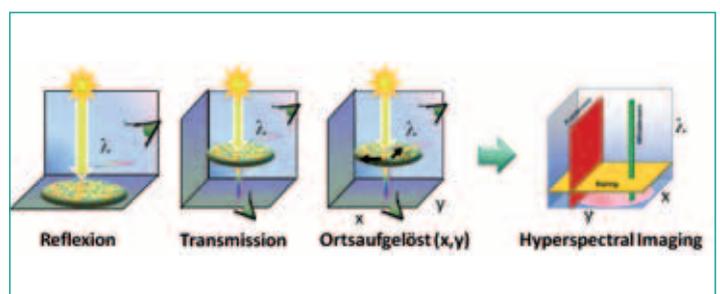


Abb. 2: Verschiedene Messanordnungen

Für die Prozesskontrolle mit Licht als Sensor gibt es mannigfache Anwendungen. Im Folgenden werden drei Anwendungsbeispiele aus Industrie und Medizintechnik vorgestellt.

**Anwendungsbeispiel:
Bestimmung der Klebstoffverteilung bei der Herstellung von Faserplatten**

Klebstoffe spielen eine große Rolle bei der Herstellung von Produkten auf Holzbasis. Für eine korrekte Klebung ist es erforderlich, die Klebstoffe im richtigen Mischungsverhältnis und in der korrekten Dosierung in Abhängigkeit von den Holzeigenschaften aufzubringen. Mit Hilfe des Hyperspectral Imaging im nahen Infrarot ist es möglich, verschiedene Klebstoffe sowie verschiedene Schichtdicken auf der Holzoberfläche berührungsfrei mit Licht als Sensor zu messen. Abb. 3 zeigt einen Klebstoff-Auftrag in Form des RRi-Logos.

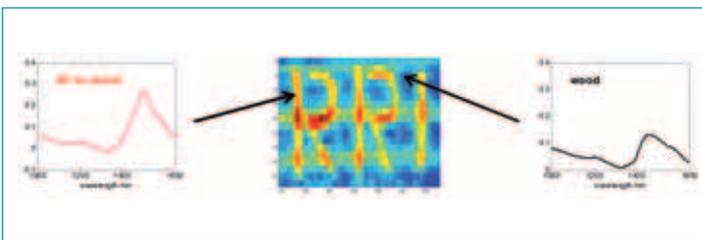


Abb. 3: Hyperspectral Image im nahen Infrarot von Melaminharzkleber auf Fichtenholz

**Anwendungsbeispiel:
Bestimmung der Wirkstoffverteilung von Tabletten**

Der genaue Gehalt von Wirkstoffen in Tabletten und die Wirkstoffverteilung in der Tablette sind wichtige Qualitätskriterien in der

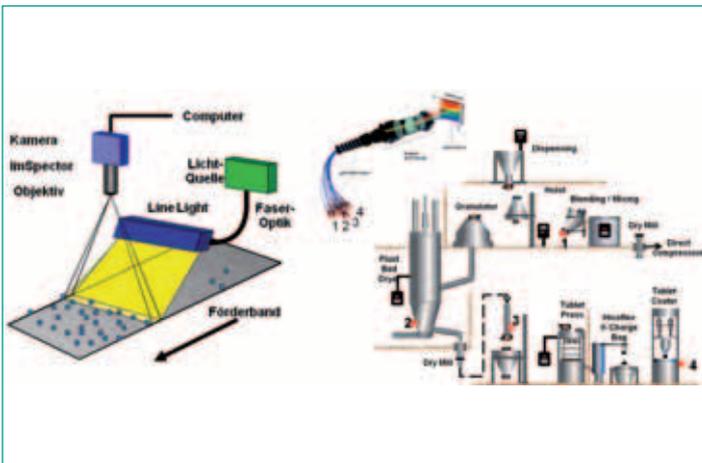


Abb. 4: Prozesskontrolle bei der Tablettenherstellung mit Vielkanalspektrometer (Pushbroom-Imager)

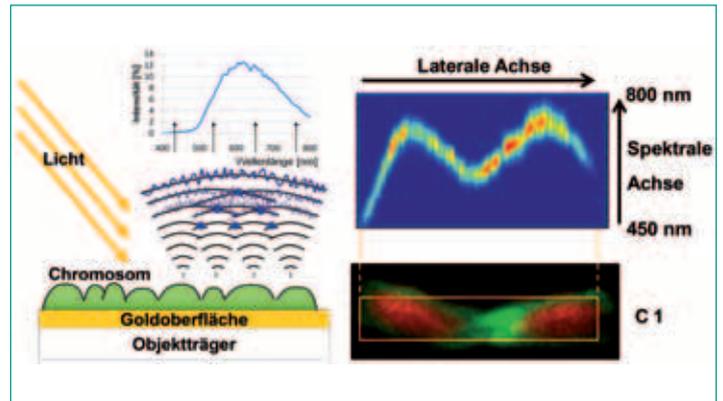


Abb. 5: Schematischer Aufbau der Messanordnung mit mikroskopischem Bild von Chromosom 1. Die Spektren beinhalten neben der globalen Interferenz (Größe und Morphologie der Chromosomen) auch die lokale Interferenz (spezifische Bänderungsstruktur). Im Bild rechts die mikroskopische Abbildung von Chromosom 1 sowie dessen spektrale Informationen.

Pharmaindustrie. Stand der Technik ist die Untersuchung einzelner Tabletten nach statistischen Probenahmeplänen unter Zerstörung der Probe. In einem Vielkanalspektrometer (=Pushbroom-Imager) sind in einem einzelnen Gerät mehrere hundert Spektrometer zusammengefasst. Damit können 100 % aller hergestellten Tabletten vor der Auslieferung an die Patienten geprüft werden.

**Anwendungsbeispiel:
Markierungsfreie Charakterisierung von Chromosomen**

Zellkerne enthalten Chromosomen. Die Chromosomen sind Träger von Genen und damit Erbinformationen. Chemisch gesehen bestehen Chromosomen aus DNA und Proteinen. Untersuchungen von Chromosomen dienen zur Erkennung von erblichen Krankheiten. Den Stand der Technik stellen aufwändige Rasterkrafttechniken sowie zeitintensive Färbetechniken dar. Das am RRi entwickelte und mittlerweile patentierte markierungsfreie Chromosomenscreening ist ein schnelles und einfaches Verfahren zur verbesserten Chromosomenanalyse – unabhängig von Markierungs- oder Färbetechniken. Durch spektroskopische Messung der interferierenden Streueigenschaften eines Chromosomenpräparates werden die Chromosomenstrukturen chemisch und morphologisch durch die spektrale Interferenz charakterisiert. Dieser Effekt wird durch lokale Unterschiede im Brechungsindex, durch Schichtdickenvariationen oder durch eine unterschiedliche geometrische Anordnung der Streuzentren verstärkt und ist im Falle der Chromosomen sehr spezifisch. Die Detektion des Interferenzmusters erfolgt mit einem einfachen Spektrometer z. B. im sichtbaren Wellenlängenbereich und kann deshalb sehr kostengünstig in ein Standardmikroskop eingebaut werden. Abb. 5 links verdeutlicht den schematischen Aufbau, daneben sind die Spektren von Chromosom 1 dargestellt.

Kunststoff – Werkstoff mit Zukunft

Prof. Dr. Günter Lorenz

Forschungsthemen:

- Reaktive Extrusion • Biomaterialien
- Oberflächenmodifizierung

Fakultät: Angewandte Chemie



Telefon: 07121 271-2027

E-Mail: Guenter.Lorenz@Reutlingen-University.de

Entwicklungen und Trends

Kunststoffen oder polymeren Werkstoffen wird weiterhin Wachstum und Innovationskraft vorausgesagt. Dies wird aber nicht durch neue Polymere (Grundlage der Kunststoffe) erreicht, sondern durch gezielte Modifizierung bekannter Systeme.

Polymere werden heutzutage großtechnisch in Anlagen mit mehreren zehntausend Tonnen Jahresdurchsatz durch Polymerisation von Monomerbausteinen hergestellt. Allen Polymerbildungsreaktionen gemeinsam ist die Tatsache, dass mit Fortschreiten der Reaktion die Fließfähigkeit der Reaktionsmasse stark abnimmt. Die üblicherweise eingesetzten Reaktoren sind für die Förderung und Durchmischung hochviskoser Reaktionsmassen nicht ausgelegt. Es werden deshalb die Monomerbausteine in Lösung, Suspension oder Emulsion unter Verwendung von Lösungsmitteln polymerisiert. Dabei kann die Entfernung des Lösungsmittels durchaus ein Preis bestimmender Prozessschritt sein. Geringe Mengen an spezialisierten Kunststoffen sind mit den vorhandenen Großanlagen kaum wirtschaftlich herstellbar, da die Kosten des Kunststoffes viel zu hoch ausfallen würden.

Eine Brücke zwischen großtechnischer Kunststoffproduktion und Minder mengenfertigung kann die Polymerherstellung mit Hilfe von Extrudern schlagen. Extruder oder Schneckenknetzer werden in ihren unterschiedlichen Bauformen traditionell eher als Aggregate zur kontinuierlichen Aufbereitung und Verarbeitung von Kunststoffen eingesetzt. In den letzten Jahren findet sich jedoch ein wachsendes Interesse an der Verwendung von Extrudern als chemische Reaktoren zur Herstellung oder Modifizierung polymerer Werkstoffe. Dieses Verfahren, bei dem in einem Extruder chemische Reaktionen durchgeführt werden, wird als „Reaktive Extrusion“ (REX) bezeichnet.

Es können sowohl Polykondensationsreaktionen als auch radikalische und ionische Polymerisationsreaktionen durchgeführt werden (s. Abb. 1). Ein großer Vorteil der REX gegenüber konventionellen Polymerisationsreaktoren ist die Tatsache, dass keine oder nur geringe Mengen Lösemittel im Prozess benötigt werden. Ein zusätzlicher Aufarbeitungsschritt, die Entfernung des Lösemittels, wird überflüssig und der Prozess somit energieeffizienter und

umweltfreundlicher. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass im kleinen bis mittleren Maßstab (wenige kg/h bis einige 100 kg/h) Materialien modifiziert werden können.

Mit diesem Verfahren können deshalb sehr elegant Kunststoffe für sehr spezielle Anwendungen hergestellt werden. Solche Materialien, die in neuen Technologien wie beispielsweise „Organische Licht emittierende Dioden (OLEDs)“ oder organischen Solarzellen Einsatz finden, können häufig bei klassischen Polymerherstellern nicht kommerziell erworben werden, da diese in der Regel aus Kostengründen eher die Massenmärkte bedienen und weniger an Nischenprodukten interessiert sind. Die reaktive Extrusion ist deshalb besonders für Firmen interessant, die sehr spezielle Produkte, wie dies beispielsweise auch in der Medizintechnikindustrie der Fall ist, vermarkten.

Die Hochschule Reutlingen wird zukünftig ihren Schwerpunkt im Bereich Polymertechnologie um dieses neue Verfahren erweitern und in die angewandte Forschung einbinden, da es ein großes Zukunftspotenzial besitzt. Ebenfalls wird es in die Lehre Eingang finden, um den Studierenden hervorragende Zukunftsperspektiven zu bieten.

Die Forschungsaktivitäten in diesem Bereich sollen an zwei Forschungsprojekten dargestellt werden.

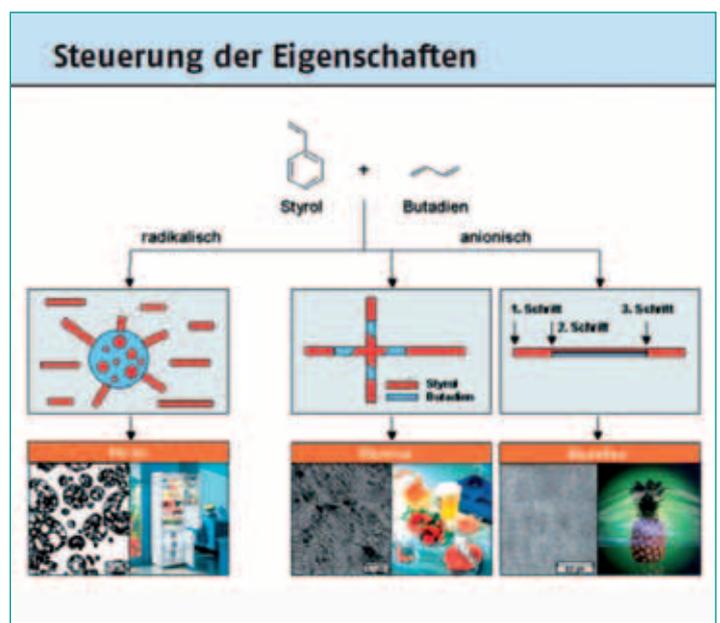


Abb. 1: Durch kontrollierte Polymerisation lassen sich bei Standardkunststoffen gezielt Eigenschaften einstellen (aus Brandstetter, Kunststoffe, 8, 2004; (c) Carl Hanser Verlag, München).

Verkapselungsmaterialien für die organische Photovoltaik

Organische Halbleiter auf der Basis von konjugierten Kohlenstoffverbindungen bilden eine Klasse neuartiger Materialien für vielfältige Anwendungen. Bekannte Beispiele für die Anwendung sind die OLED (organic light-emitting diodes), Solarzellen (organic solar cells) und FET (organic field effect transistors).

Die Lebensdauer der organischen Halbleiter hängt dabei signifikant vom Aufbau der Zelle und der Sperrschicht ab, die vor allem O_2 und $H_2O(g)$ fernhalten soll. Bisherige Anwendungen nutzen Polymerlamine (Kunststoffschichtsysteme), die jedoch entweder zu hohe Durchlässigkeiten aufweisen oder aufgrund der Ablösung einzelner Schichten eine zu kurze Lebensdauer haben.

Ziele des Projekts

Auf Basis spezieller Polymere (Kunststoffe) und selbst hergestellter Blockcopolymere auf Basis PET/PEN (Polyethylenterephthalat und Polyethylenaphthalat) sollen Verkapselungsmaterialien entwickelt werden, die eine niedrigere Durchlässigkeit bei gleichzeitig verlängerter Lebensdauer gewährleisten. Weiterhin werden Nanomaterialien als Sperrschicht eingesetzt.

Kooperation

ElringKlinger-Kunststofftechnik GmbH, Bietigheim-Bissingen, stellt zum einen Moldflon, ein thermoplastisch verarbeitbares Fluorpolymer, und zum anderen Verfahrenstechnik zur Herstellung von Folien zur Verfügung.

Der Extruderbauer Coperion GmbH, Stuttgart, unterstützt durch verfahrenstechnische Beratung sowie durch Leihlieferungen von speziellen Teilen für die Extruder.

Tec5 AG, Oberursel, liefert Technologien für die Spektroskopie und unterstützt das Projekt durch verfahrenstechnische Beratung und Leihlieferungen von Standard-NIR-Sonden und Modifizierungen von Sonden für spezielle Messaufgaben.

Kaiser Optical Systems, Frankreich, entwickelt Prozess-Raman-spektrometer und unterstützt das Projekt durch verfahrenstechnische Beratung und ein Leihspektrometer für die Reaktive Extrusion.

Mit der Universität Tübingen, Institut für Physikalische und Theoretische Chemie (IPTC) wird thematisch (Diffusionsprozesse in Polymeren) und durch eine kooperative Promotionen eng zusammengearbeitet.

Die Laura-Schradin-Schule, Reutlingen, bietet Seminarkurse für Abiturienten des 12. Jahrganges an. Diese Schüler bearbeiten kleinere in sich geschlossene Aufgabenstellungen innerhalb des Projektes.

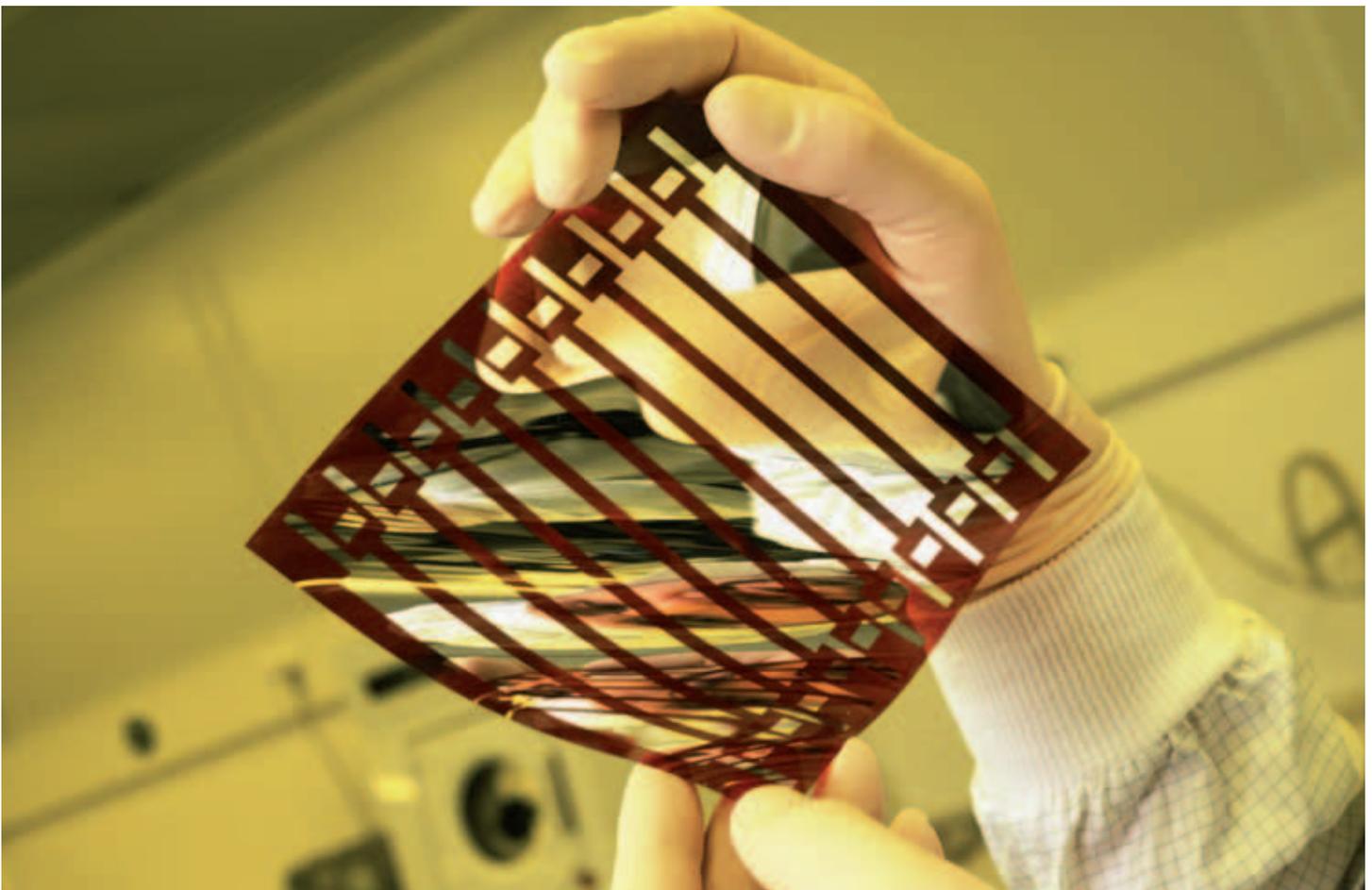


Abb. 2: Solarzellen auf Polymerbasis lassen sich auf flexiblen Substraten aufbauen, wie hier auf einer Kunststoff-Folie mit leitfähiger Beschichtung.

Foto: Siemens Pressebild

Hochleistungskomposit auf Basis von Kohlenstoffnanoröhrchen (Carbon Nanotubes, CNTs) für medizintechnische Anwendungen

Carbon Nanotubes (CNTs) sind Zylinder mit einem Durchmesser von nur wenigen Nanometern, die in Längen von mm sogar bis zu cm hergestellt werden können. Die Wand dieser Zylinder besteht aus einem hexagonalen Gitter von Kohlenstoffatomen, das auch in den einzelnen Ebenen des Graphits vorliegt. Aufgrund dieses ungewöhnlichen Längenverhältnisses besitzen die CNTs sehr interessante Eigenschaften. Eine davon ist beispielsweise die Leitfähigkeit, eine weitere ist die sehr hohe Reißfestigkeit.

Ziele des Projekts

Ziel des Projektes ist es, einen Werkstoff für medizintechnische Anwendungen herzustellen. Dieser Werkstoff zeichnet sich durch elektrische Leitfähigkeit sowie besonders hohe Festigkeit aus. CNTs sind sehr reißfest und verstärken den Kunststoff auf molekularer Ebene. Damit die CNTs eine maximale Verstärkung des Kunststoffes bewirken, ist eine gute Verteilung der CNTs im Kunststoff notwendig. Weiterhin muss eine ausreichende Wechselwirkung der CNTs mit der Kunststoffmatrix gegeben sein, was durch chemische Veränderung der Oberflächen der CNTs erreicht werden kann.

Im Rahmen des Projektes soll die unter wirtschaftlichen Aspekten technologisch sinnvollste Modifizierungsstrategie ermittelt werden.

Kooperation

Prof. Dr.-Ing. Hermann Sandmaier, Universität Stuttgart
Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb
Leiter Lehrstuhl Mikrosystemtechnik

Schwerpunkte:

- Technologie der Mikro- und Nanosysteme
- Entwurf von Sensoren, Aktoren und Fluidsystemen
- Simulation von Komponenten und Systemen

Ensinger GmbH, Nufringen

Schwerpunkte:

- Herstellung und Vertrieb von technischen Kunststoff-Compounds
- Serienproduktion von Werkstoffen für die Medizintechnik
- Entwicklung neuer thermoplastischer Werkstoffe

Coperion (Werner & Pfleiderer) GmbH, Stuttgart

Schwerpunkte:

- Bau von Zweischnckenknetern (ZSK)
- Bau von Anlagen zum Aufbereiten von Kunststoffen und anderen viskosen Massen

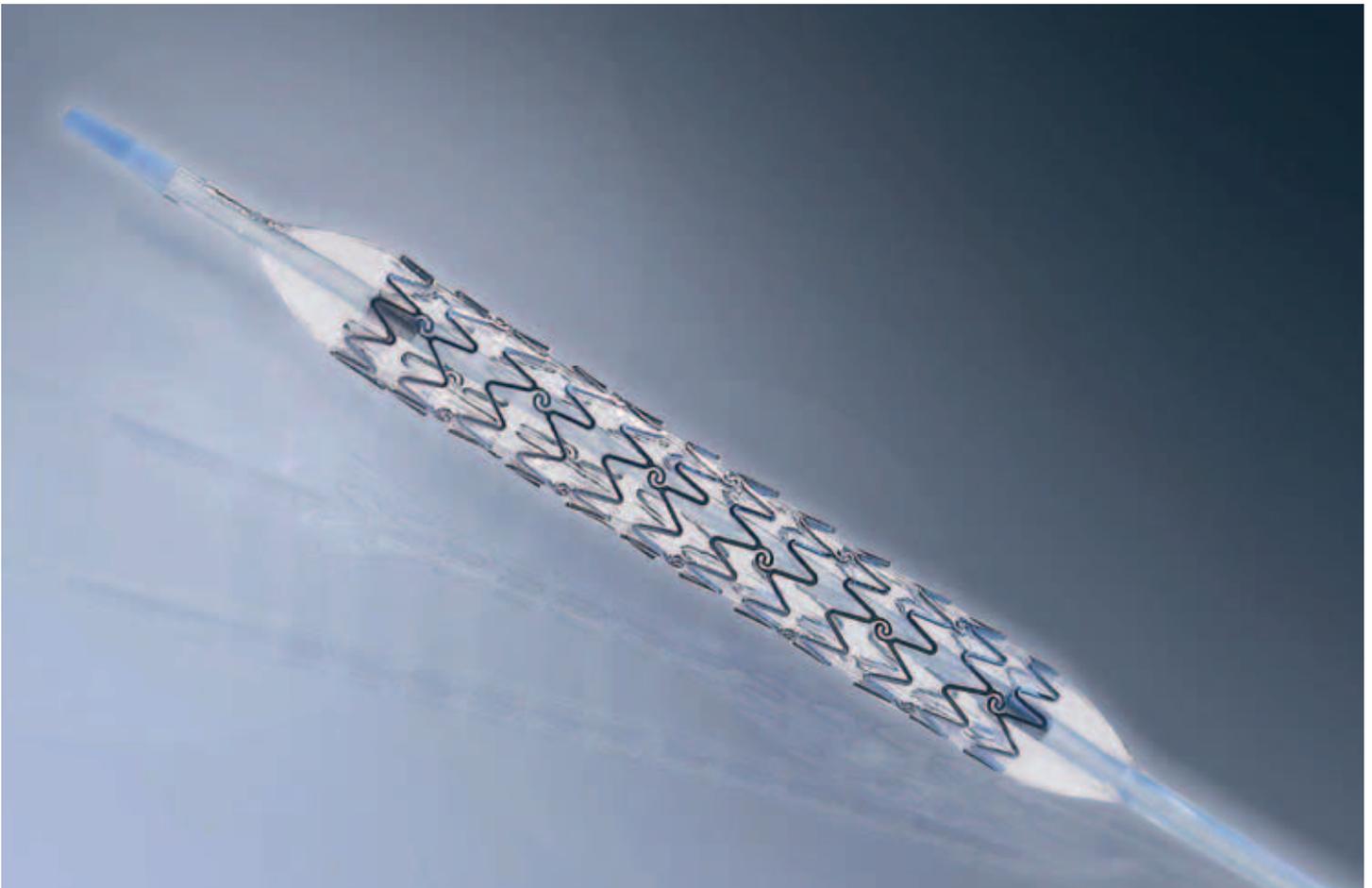


Abb. 3: Ballonkatheter mit Metallstent für die Eröffnung arteriosklerotisch verengter Gefäße

Foto: Abbott Vascular

Pulverbeschichtung von nicht-metallischen Oberflächen

Prof. Dr. Andreas Kandelbauer

Forschungsthemen:

- Biokatalytische Umsetzungen
 - Oberflächenmodifikation • Bio-based Materials
- Fakultät: Angewandte Chemie



Telefon: 07121 271-2009

E-Mail: Andreas.Kandelbauer@Reutlingen-University.de

1. Pulverbeschichtung von nicht-metallischen Werkstoffen

Die Pulverlackierung von Werkstoffen bietet im Vergleich zur nassen Lackierung unter Verwendung von lösungsmittelhaltigen oder wässrigen Harzsystemen den großen Vorteil, dass keine potenziell gefährlichen Flüssigkeiten aus dem Prozess entfernt werden müssen (geringere Umweltbelastung). Weiters erlaubt die Pulvertechnologie eine gute Rückführung nicht verwendeten Pulvers in den Prozess (effizienter Ressourceneinsatz). Technologisch erlaubt der elektrostatische Pulverauftrag eine gute Rundum-Beschichtung von dreidimensional geformten Körpern komplexer Geometrie (Vielseitigkeit).

Die Pulverlackierung findet bereits breite Anwendung in der Oberflächenveredelung von metallischen Formkörpern wie insbesondere von Karosserien in der Automobilindustrie. Aufgrund der genannten Vorteile erscheint eine Übertragung der Pulvertechnologie auf nicht-metallische Materialien wie insbesondere Vollholz, Holzwerkstoffe und Naturfaserverbundwerkstoffe wünschenswert. Bei der Beschichtung derartiger Formkörper ist eine Reihe von Problemen zu lösen¹, u. a. folgende:

- (a) Die hohe Temperaturempfindlichkeit nicht-metallischer Werkstoffe erfordert speziell niedrige Einbrenntemperaturen und auf das Substrat gut abgestimmte Prozessbedingungen.



Abb. 1: Pulverbeschichtete, dreidimensionale Objekte auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen. Von links nach rechts: (a) Küchenfront, (b) Büromöbel, (c) nach Pulverlackierung Tintenstrahlbedruckte mitteldichte Faserplatte und (d) Autoinnentür-Verkleidung auf Basis eines formgepressten Naturfaserverbundes

- (b) Die deutlich niedrigere elektrische Leitfähigkeit im Vergleich zu metallischen Werkstoffen erfordert spezielle Vorbehandlungsschritte bzw. den Zusatz von Leitfähigkeitsadditiven.
- (c) Naturfaserverbunde weisen deutlich höhere Oberflächen-Inhomogenitäten und Rauigkeiten auf, was sich hinsichtlich der Oberflächengüte der pulverlackierten Teile negativ auswirkt.

2. Abstimmung der Einbrenntemperatur auf Temperatur-empfindliche Substrate

Mithilfe wenig Zeit intensiver Experimente im Mikro-Maßstab lässt sich im Labor das Aufschmelzen, Verfließen und Aushärten sowie die Ausbildung der mechanischen Festigkeit von Pulverlacken analysieren. Aus den Labordaten lassen sich mathematische Modelle errechnen, die erlauben, verschiedene Prozessbedingungen zu simulieren und das technologische Eigenschaftsprofil der fertigen Oberflächen vorherzusagen. Mit dieser Methodik ist es auch möglich, die Einbrennbedingungen so auf das temperaturempfindliche Substrat abzustimmen, dass bei einer für das Substrat vertretbaren Prozesstemperatur in einer gegebenen Reaktionszeit der für gute Oberflächeneigenschaften notwendige Vernetzungsgrad / Aushärtgrad des Filmes erreicht wird, ohne dabei zu starke mechanische Schädigung des Trägermaterials herbeizuführen².

3. Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit von Naturfaserwerkstoffen

Die Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit ist für die gute und defektfreie Abscheidung des Pulverlacks an der Oberfläche nach dem Elektrostatischen Sprayverfahren erforderlich und kann einerseits durch Einarbeitung von Leitfähigkeitsadditiven in den Verbundwerkstoff, andererseits durch geeignete Vorbehandlungsschritte im Zuge der Verarbeitung im Beschichtungsprozess erreicht werden. Durch eine kurze thermische Vorbehandlung gelingt es, den Oberflächenwiderstand herabzusetzen und die Leitfähigkeit entsprechend zu erhöhen³. Naturfaserverbundwerkstoffe auf Basis von Holz-, Flachs-, Hanf, Kenaf- und Kokosfasern lassen sich prinzipiell defektfrei beschichten (d. h., ohne Löcher, Risse und gröbere Fehlstellen). Die Oberflächengüte im Sinne des finalen Rauigkeitsprofils ist stark Fasertyp-abhängig.

4. Einfluss der Oberflächentextur auf die Qualität der Pulverbeschichtung

Die raue Oberflächentextur von Naturfaser-basierten Werkstoffen hat großen Einfluss auf die Qualität der Pulverbeschichtung^{4,5}. Neben dem Absinken des Beschichtungsfilmes in die Zwischenräume zwischen den einzelnen Fasern in der Deckschicht wirkt sich insbesondere das Durchschlagen von Fasermaterial durch den fertigen Film negativ auf das Erscheinungsbild aus. Das Ausmaß der Beeinträchtigung der Oberflächengüte hängt entscheidend von der Oberflächenvorbehandlung und der Art der verwendeten Naturfasern ab.

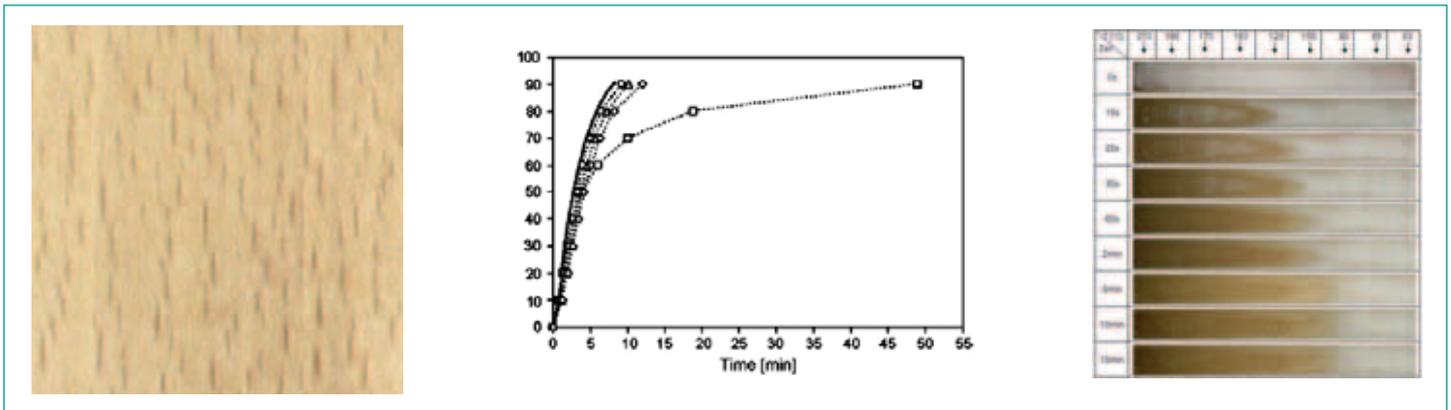


Abb. 2: Thermisch induzierte Schädigung von Echtholz-Oberflächen (links) können durch mathematische Modellierung und Anpassung des Aushärtungsprozesses von Beschichtungen (Mitte) weitgehend vermieden werden und erlauben mehr als nur eine qualitative, technologische Abschätzung (rechts) ¹

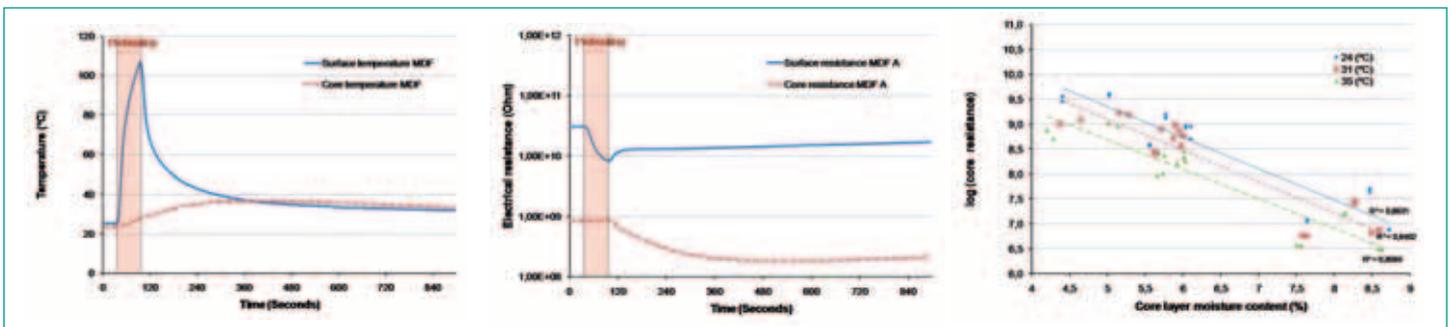


Abb. 3: Durch on-line Erfassung von Temperaturbelastung (links) Feuchtegehalt und elektrischem Widerstand (Mitte) während des Pulverbeschichtungsprozesses können wesentliche, den Oberflächenwiderstand bestimmende Prozessgrößen ermittelt und optimiert werden.

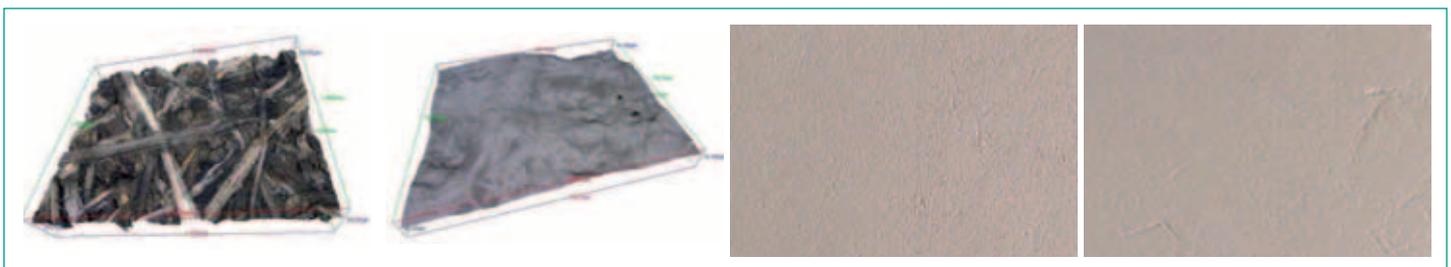


Abb. 4: Faserverbundwerkstoffe weisen eine stark texturierte Oberfläche auf (ganz links), die sich unmittelbar auf die mikroskopische Feintexturierung der pulverbeschichteten Oberfläche (Mitte, links) auswirkt. Die Oberflächengüte wird u. a. stark von der erzielten Abdeckung der Fasern durch den Pulverlackfilm bestimmt und kann gut (Mitte, rechts) oder schlecht (ganz rechts) sein.

Literatur

1 Kandelbauer A, Wuzella G, Jocham C, Bätge T, Schmidt TW, Teischinger A (2011) On the powder coating of non-conventional substrates, Journal of Adhesion Science and Technology, in press
 2 Wuzella G, Kandelbauer A, Mahendran AR, Teischinger A (2011) Thermochemical and isoconversional kinetic analysis of a polyester-epoxy hybrid powder coating resin for wood based panel finishing, Progress in Organic Coatings, 70(4) 186-191
 3 Jocham C, Schmidt TW, Wuzella G, Teischinger A, Kandelbauer A (2011) Adhesion improvement of powder coating on medium density fibreboard (MDF) by thermal pre-treatment, Journal of Adhesion Science and Technology, DOI: 10.1163/016942410X537189, available online since March 1, 2011

4 Wuzella G, Mahendran AR, Bätge T, Jocham C, Kandelbauer A (2010) Pulverlackierung von Pressteilen aus 3D-verformbaren Naturfaserverbundwerkstoffen – Beurteilung der Oberflächengüte der beschichteten Pressteile für Anwendungen in der Möbelindustrie. Teil 2: Phenolharz-gebundene Pressteile, Holztechnologie 51(5) 34-38
 5 Wuzella G, Mahendran AR, Bätge T, Jocham C, Kandelbauer A (2010) Pulverlackierung von Pressteilen aus 3D-verformbaren Naturfaserverbundwerkstoffen – Beurteilung der Oberflächengüte der beschichteten Pressteile für Anwendungen in der Möbelindustrie. Teil 1: Acrylharz-gebundene Pressteile, Holztechnologie 51(4) 34-38

Warum altern Schnitzzhosen?

Prof. Angela Maier

Forschungsthemen:

- Simulation von Bekleidung
- Optimierung von Schutzbekleidung

Fakultät: Textil & Design

Telefon: 07121 271-8000

E-Mail: Angela.Maier@Reutlingen-University.de



Schnitzzhosen haben die Aufgabe, bei Arbeiten mit Motor-kettensägen den Anwender vor Schnittverletzungen zu schützen. Untersuchungen haben ergeben, dass diese Schnitzzhosen unvorhergesehener Alterung unterliegen. Das Forschungsprojekt ESiMoVA, Erhöhung der Sicherheit von Schnitzzhosen für die Motorsägenarbeit durch Verbesserung der Alterungsbeständigkeit, soll die Gründe für die Alterung und die daraus resultierende Verschlechterung des Sicherheitsstandards von Schnitzzhosen erfassen. Die Überprüfung der sicherheitswirksamen Einlagen, die die Aufgabe haben, die Kette der Kettensäge in kürzes-

ter Zeit zum Stillstand zu bringen, ist in diesem Zusammenhang von besonderer Bedeutung. Insbesondere soll aber auch die Frage geklärt werden, inwieweit die Eigenschaften des Oberstoffs, einer Zwischenmembran und eines Innenfutters oder die chemische Ausrüstung der verwendeten Garne zu einer Verbesserung der Alterungsbeständigkeit beitragen können.

Im Rahmen von Praxis- und Labortests sollen die für die Alterung und für die Verschlechterung des Sicherheitsstandards verantwortlichen Parameter gefunden werden. Zum einen werden an der Hochschule Reutlingen die entsprechenden textilen Labortests durchgeführt werden, zum anderen hat die Hochschule Rottenburg einen Prüfstand entwickelt, auf dem mit der Motorsäge entsprechend der Norm DIN EN 381-5 in das Material geschnitten wird. Auf der Grundlage der Material- und Schneidtests sollen Optionen für den Schutz der Schnitzzhoseinlage definiert werden. Je nach relevantem Parameter wären zur Verbesserung des Alterungsverhaltens der Schnitzzhoseinlagen folgende Ansätze denkbar: die mechanische Abdeckung der Schnitzzhoseinlage, die Verwendung von Membranen als Zwischenlage, die Stabilisierung der in



Abb. 1: Waldarbeiter bei der Motorsägearbeit

Quelle: Thurner GmbH



Abb. 2: Die 9-lagige Einlage in den Schnitzschutzhosen, die die Kette der Säge anhalten soll.



Abb. 3: Die zerschnittene Schnitzschutzeinlage

der Einlage verwendeten Garne, die Hydro- oder Oleophobierung der Einlage oder der Austausch der zur Verwendung findenden Materialien zur Erfüllung der Anforderungen (Schweißechtheit, Ölbeständigkeit, UV-Beständigkeit).

Als Projektergebnis soll eine Schnitzschutzhose entwickelt werden, die bezüglich der Veränderung durch Alterung widerstandsfähig ist und gleichzeitig die Anforderungen der Waldarbeit besser berücksichtigt, insbesondere unter dem Aspekt der Sicherheit und des Tragekomforts.

Neben der Hochschule Reutlingen sind als Projektpartner die Hochschule Rottenburg, die Firma Rökona GmbH, Tübingen, Produzent technischer Textilien, die Firma Thurner Garten- und Forsttechnik GmbH Ammerbuch-Entringen, Produzent von Waldarbeiterschutzbekleidung, die Sozialversicherung für den Gartenbau, Kassel und die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Fachgruppe Forsten, München beteiligt. Die Projektdauer ist auf drei Jahre ausgelegt und wird für die Hochschule Reutlingen mit 260.000 € vom BMBF gefördert.



Abb. 4: Die Hose beim Schneidtest auf dem Prüfstand

Die Qualität von eingebetteten Systemen sicherstellen

Prof. Dr. Ursula Voß

Forschungsthemen:

- Softwaretest • Systemtest
 - Test eingebetteter System, • .Net
- Fakultät: Technik



Telefon: 07121 271-7058

E-Mail: Ursula.Voss@Reutlingen-University.de

Steffen Schirmer, MSc.

Forschungsthemen:

- Softwaretest • Systemtest
 - Test eingebetteter System, • .Net
- RRI



Telefon: 07121 271-7007

E-Mail: Steffen.Schirmer@Reutlingen-University.de

Ein .NET-Framework setzt auf erprobte Testsoftware auf und stellt deren Funktionalität in der modernen .NET-Welt zur Verfügung.

In innovativen Produkten wird ein immer größerer Funktionsumfang softwarebasiert realisiert. Sei es in Geräten der Medizintechnik, Flugzeugen, Kraftfahrzeugen oder Unterhaltungselektronik, überall verrichtet komplexe Software größtenteils unsichtbar vor dem Anwender die Arbeit.

Ein bedeutender Bestandteil des Entwicklungsprozesses dieser eingebetteten Systeme ist der Nachweis, dass das Risiko, welches von solchen Systemen ausgeht und die Fehlerquote, tolerierbar sind. Eine zentrale Technik bei diesem Nachweis ist der Softwaretest. Zur Sicherung der Qualität eines Systems, ist es zwingend erforderlich, dass es erst nach einem gründlichem Systemtest an den Endanwender gegeben werden darf.

Was aber heißt Systemtest?

Beim dynamischen Testen, wird das Testobjekt mit konkreten Eingabewerten ausgeführt. Da in der Regel nie alle möglichen Eingabewerte durchprobiert werden können, sind Tests immer Stichproben. Fehlerfreiheit kann so also nicht gezeigt werden, sondern das Ziel des Testens ist vielmehr, systematisch Fehlverhalten aufzudecken: Ein erfolgreicher Test ist einer, der fehlschlägt.

Die Ein- und Ausgabe bei eingebetteten Systemen erfolgt größtenteils über Schalter, Sensoren, Aktuatoren. Auch kommunizieren die Systeme mit anderen Systemen über Bussysteme mit unterschiedlichen Eigenschaften und unterschiedlichen Protokollen, wie z. B. CAN, MOST, V24, etc.

Ein typisches Beispiel ist der MOST Bus in modernen Fahrzeugen, der als Ringbus die Telematikkomponenten integriert. Darin bildet die sogenannte „Headunit“ als zentrale Bedien- und Steuereinheit sozusagen das Rückgrat des verteilten Gesamtsystems und kommuniziert mit den Peripheriegeräten wie Verstärker, CD-Wechsler, GPS-Empfänger, etc. (Abb. 1). Dabei werden nicht nur Informationen wie aktuell gespielter Musiktitel, Positionskoordinaten, Fahrzeugbeleuchtung ausgetauscht, sondern auch komplette Multimediastreams über diesen Datenbus übertragen. Darüber hinaus kommuniziert die Headunit über weitere Bussysteme im Fahrzeug (wie z.B. CAN) mit anderen Steuergeräten, beispielsweise um Informationen über den aktuellen Fahr- und Betriebszustand des Fahrzeugs zu erhalten.

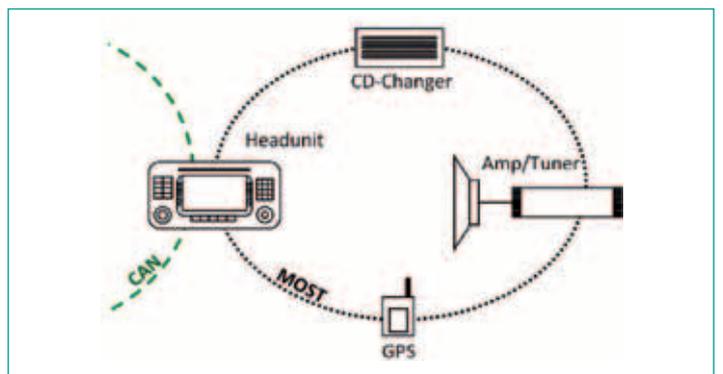


Abb. 1: Headunit integriert in das Bussystem (MOST/CAN) eines Fahrzeugs mit anderen Busteilnehmern wie CD-Wechsler, GPS-Empfänger und Verstärker.

Beim Systemtest muss das System in seiner Gesamtheit, also einschließlich der Schnittstellen und möglicher Kommunikation mit den Peripheriegeräten getestet werden.

Dazu muss das zu testende System in eine Testumgebung eingebunden werden, welches das Gerät über alle Kommunikationsschnittstellen ansprechen können muss (Abb. 2). Werden dabei die Vorgaben der Protokolle der Bussysteme nicht genau eingehalten,

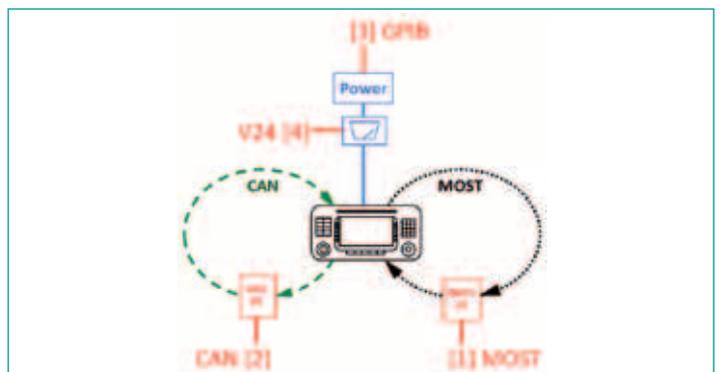


Abb. 2: Headunit eingebunden ins Testsystem. Kommunikation mit dem Testsystem über MOST- [1] und CAN-Bus [2]. Steuerung der Gerätespannung über die GPIB Schnittstelle des Netzteils [3] und Überwachung des Stromverbrauchs über die V24 Schnittstelle des Messgeräts [4].

ist eine Kommunikation mit dem System und damit das Ausführen von Tests unmöglich.

Ein Systemtester möchte sich nicht mit den technischen Details der Kommunikation befassen müssen, er möchte Testfälle aus der abstrakteren Sicht des Systemverhaltens definieren können. Daher wird er auf ein Testsystem zurückgreifen, welches über einen einheitlichen Mechanismus Kommunikation über eine Vielzahl von Datenbussen ermöglicht.

4CS-Software für den Systemtest

Das von der Böblinger Firma GADV (Gesellschaft für Automatisierung mit Datenverarbeitungsanlagen) entwickelte 4CS Softwarepaket ist ein ausgefeiltes Testsystem für die Kommunikation über eine Vielzahl von Bus-Typen wie CAN, MOST, V24, Ethernet, etc. Der Testablauf wird in einer domänenspezifischen Sprache beschrieben. Integriert ist eine Benutzeroberfläche, welche Unterstützung bietet bei der Erstellung von Prüfplänen und der Fehlersuche (Abb. 3).

Der 4CS-Kernel beinhaltet die Implementierung der Busprotokolle und stellt der Entwicklungsumgebung einheitliche Mechanismen zu Kommunikation mit den Busteilnehmern bereit. Die domänenspezifische Sprache ist zwar eine an die Aufgabenstellung angepasste Sprache und führt zu kompakten Prüfplänen, hat jedoch Nachteile. So kann beispielsweise das Erlernen der Sprache für den Testentwickler eine Hürde darstellen. Auch muss sich der Entwickler auf die vom Hersteller ausgelieferten Werkzeuge und Bibliotheken beschränken.

.NET-Framework für die Testentwicklung

Durch Einsatz von .NET-Technologie können diese Schwierigkeiten überwunden werden. Die 4CS Entwicklungsumgebung wird durch ein .NET-Framework, welches in Form einer .NET-Klassenbibli-



Abb. 3: 4CS-Testsystem bestehend aus 4CS-Entwicklungsumgebung, 4CS-Kernel mit Hardwareanbindung.

.NET ist ein von Microsoft entwickeltes Softwareentwicklungs- und Sprachkonzept.

Alle einem gewissen Sprachstandard entsprechenden Programmiersprachen werden in eine standardisierte Zwischensprache, die Common Intermediate Language (CIL) übersetzt und gemeinsam ausgeführt. Zur Programmentwicklung eignen sich viele Programmiersprachen, darunter C#, C++ und VB. Durch die Verbreitung dieser Sprachen und aufgrund der Standardisierung stehen viele Bibliotheken und Softwarewerkzeuge zur Verfügung.



Abb. 4: Testsystem mit Standard-Entwicklungsumgebung, welches ein .NET-Framework zur Kommunikation mit dem 4CS-Kernel und seiner Hardwareanbindung verwendet.

theke einheitliche Methoden und Klassen zur Kommunikation mit dem Testobjekt bereitstellt, ersetzt. Die technisch aufwändige Kommunikation übernimmt nach wie vor der bekannte und bewährte 4CS-Kernel (Abb. 4).

Die Prüfplanentwicklung erfolgt nun in einer Standard-Entwicklungsumgebung wie z. B. Microsoft Visual Studio unter Verwendung der zur Verfügung gestellten Klassenbibliothek. Dabei hat der Entwickler die freie Wahl aus einer Vielzahl von .NET-Sprachen. Ihm stehen umfangreiche .NET-Bibliotheken zur Verfügung, z. B. zur Entwicklung von eigenen grafischen Oberflächen, Datenbankverbindungen, etc.

Das objektorientierte Design erlaubt es, ein modernes Testframework wie das in Visual Studio integrierte MSTest für die Testautomatisierung zu verwenden. Dieses erleichtert den Vergleich mit den Sollwerten und bietet umfangreiche Funktionen zur Protokollierung und Auswertung der Testergebnisse an.

Ebenso wird es möglich, das zu testende System auf einer abstrakteren Ebene zu modellieren und die Klassen des Frameworks für die Kommunikation zu verwenden.

Gefördert durch: aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Forschungsschwerpunkt „Innovationsmanagement“



- »» Der Forschungsschwerpunkt untersucht Fragestellungen des Aufbaus und des Managements von Wissen als Unternehmensressource. Ergebnis sind Vergleichsstudien, Benchmarks und Analysen zur Innovationsfähigkeit und zur Gestaltung von Innovationsprozessen mit den dazu passenden Werkzeugen. ««

Neue Ideen generieren – ein Werkzeugkasten zur Problemlösung (TRIZ)

Prof. Dr.-Ing. Helmut Schaal

Forschungsthemen:

- Methodisches Erfinden • Ideengenerierung
- TRIZ • Innovative Grundprinzipien

Fakultät: ESB Business School



Telefon: 07121 271-5024

E-Mail: Helmut.Schaal@Reutlingen-University.de

Wer neue Ideen zur Gestaltung seiner Produkte oder Dienstleistungen braucht durchläuft in der Regel einen mehrstufigen Prozess. Meist startet man mit der Problem- und Marktanalyse, die als Startschuss des Innovationsprozesses gesehen werden kann. Unter Berücksichtigung des Marktes und der Technologien werden dann neue Ideen generiert und Problemlösungen erarbeitet. Diese müssen bewertet werden um dann in weiteren Phasen die eigentliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit, also die Produktentstehung, dann die Produktherstellung und später die Vermarktung des neuen Produktes zu durchlaufen. Parallel werden ständig Wirtschaftlichkeits- und Machbarkeitsüberlegungen angestellt.

So liegen die Schwerpunkte des Innovationsprozesses einmal mehr in der Ideengenerierung, der Lösungsausarbeitung, der Herstellung oder aber in der Vermarktung eines Produktes. Oft kommen noch die Generierung der Ressourcen und die Modellierung neuer Geschäftsmodelle hinzu. All diese Aktivitäten finden wir heute in Verbindung oder unter der Überschrift der Innovation. Innovation ist in aller Munde und der Begriff hat eine positive Ausstrahlung. Das hier vorgestellte Werkzeug unterstützt schwerpunktmäßig die Aufgaben der Ideengenerierung. Sie ist es, die den höchsten Einfluss auf den Erfolg oder Misserfolg eines Projektes hat, denn am Anfang werden die Weichen gestellt.

TRIZ, eine aus Russland stammende Methode hilft diesen kreativen Prozess methodisch gestützt zu durchlaufen. Die „Teoria

Reschenija Isobretatjelskich Sadatsch“, was sinngemäß übersetzt bedeutet: „Theorie des erfinderischen Problemlösens“ oder „Theorie zur Lösung erfinderischer Probleme“ soll bei der Suche nach neuen Problemlösungen helfen. Hier wird die Intuition unterstützt durch eine methodische Vorgehensweise, die nachweislich in kürzerer Zeit zu besseren Lösungen führt. Louis Pasteur sagte, dass „der Zufall nur einen vorbereiteten Geist trifft“. Und gerade diese Vorbereitung kann mithilfe dieser Methode geschehen.

Das wohl meist verbreitete Werkzeug dieses Werkzeugkastens ist die „Widerspruchsmatrix“, die auf jahrzehntelange Arbeit von Genrich Altschuller und seinen Kollegen zurückzuführen ist. Tausende von Patenten wurden recherchiert und der Kern einer patentierten Erfindung dahingehend beschrieben, was den Neuigkeitscharakter der Erfindung ausmacht. Dabei stellte man fest, dass es immer wieder dieselben innovativen Grundprinzipien waren, die den Patenten zugrunde lagen.

So entstand eine Sammlung von Parametern die durch die Erfindungen verändert wurden. Die einen werden sich verbessern und die anderen stehen in der Gefahr sich zu verschlechtern. Wenn beispielsweise die Sicherheit eines PKWs erhöht werden soll, darf aus ökonomischer Sicht nicht einfach nur das Gewicht erhöht werden, denn damit würde sich der Kraftstoffverbrauch erhöhen und die höhere Sicherheit müsste teuer bezahlt werden. Die Kunst liegt also darin den einen Parameter zu verbessern ohne den anderen zu verschlechtern.

Die „Widerspruchsmatrix“ bietet dabei unter Anwendung folgender grundlegender Gesichtspunkte ihre Hilfe an:

- Physikalische Parameter und Eigenschaften
- Leistungsfähigkeit des Systems
- Effizienz des Systems
- Nicht-Funktionale Parameter
- Produktion / Herstellkosten
- Messungen

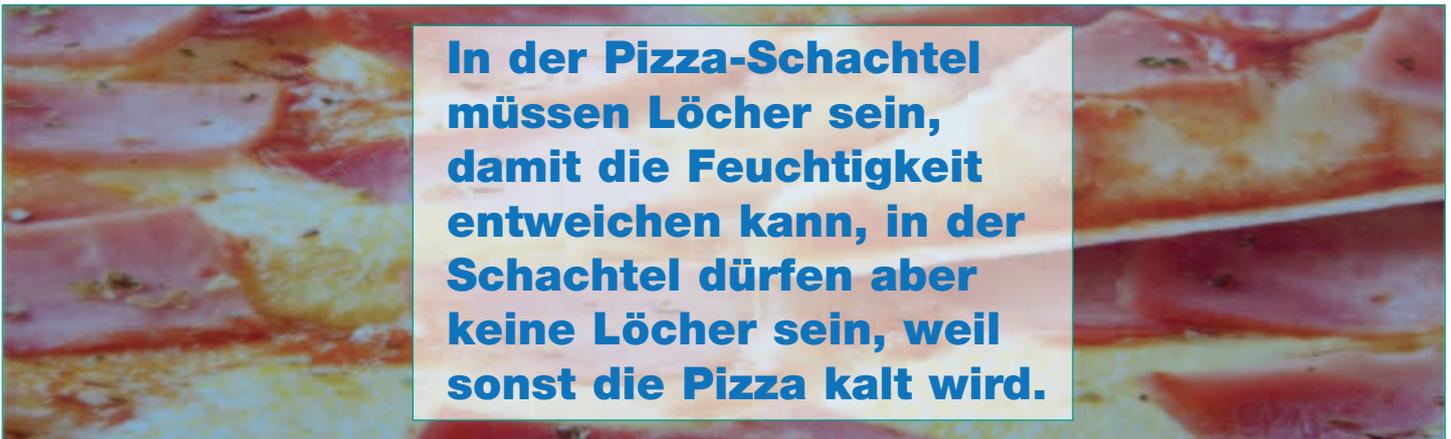
Darin enthalten sind nach dem aktuellen Stand 48 Parameter (Siehe Literatur: „Matrix 2003 – Update der TRIZ-Widerspruchsmatrix“). Nun liegt die Kunst darin, sein real existierendes Problem auf die abstrakte Ebene zu transferieren und dort durch die Betonung des Widerspruchs, der zwischen den Parametern herrscht, die Lösungsideen abzugreifen, die man für die konkrete Problemlösung braucht. Ähnlich wie bei einer Simulation lassen sich daraus Lösungsansätze generieren, die dann wieder bei der Lösung der realen Probleme zum Einsatz kommen können. Die Matrix gibt Hinweise auf insgesamt 40 innovative Grundprinzipien, die zu konkreten Lösungen führen sollen.

Am Beispiel des ersten Prinzips, der Segmentierung werden folgende Lösungshinweise gegeben:

- a) Zerlege das System in unabhängige Teile oder Sektionen.
- b) Führe ein System leicht zerleg- und montierbar aus.



Pizzaschachtel



Widerspruch bei der Pizzaverpackung

- c) Erhöhe den Grad der Segmentierung.
- d) Führe Aktionen wiederholt oder mehrfach aus, wenn der Einsatz von großen Kräften nicht zulässig ist.

Unter Kenntnis des Problems und des darin verborgenen Widerspruchs erhält man so Hinweise für die Problemlösung. Die Vorgehensweise ist nicht kompliziert, jedoch bedarf es einer gewissen Übung die geeigneten Hinweise aus dieser Methodik auf die eigene Problemlösung zu übertragen.

Am Beispiel einer Verpackung für die Auslieferung warmer Speisen kann man dieses Prinzip verdeutlichen. Wer eine Pizza bestellt, hätte diese gerne warm und knusprig geliefert. Wird die Verpackung luftdicht ausgeführt kommt die Pizza nicht mehr knusprig an, denn die Feuchtigkeit in der Verpackung bewirkt, dass die Pizza diese aufnimmt. Öffnet man die Verpackung gezielt an einigen Stellen, damit die Feuchtigkeit entweicht, wird sie auch schneller kalt. Also auch keine Lösung. Mithilfe der TRIZ Systematik konnten aus den Widersprüchen „Temperatur“ und „Festigkeit“ drei Hinweise auf abstrakter Ebene erkannt werden.

Prinzip 10: Vorgezogene Wirkung

Prinzip 30: Biegsame Hüllen und dünne Folien

Prinzip 40: Zusammengesetzte Werkstoffe

Nach dem letztgenannten Prinzip wurde eine Verpackung entwickelt, die als Verbundwerkstoff mit Löschpapier und Wellpappe ausgeführt ist. So entsteht nur noch Linienberührung zwischen Pizza und Verpackung und die Feuchtigkeit sammelt sich im Löschpapier. Man kommt dem Ziel eine warme und knusprige Pizza ausliefern zu können sehr nahe.

In der Fachwelt werden heute mit diesem Werkzeug überwiegend positive Erfahrungen gesammelt, denn es lässt den Innovationsprozess strukturiert ablaufen. Dabei stellt man fest, dass der Einsatz der Widerspruchstabelle auch mit anderen Methoden sinnvoll ergänzt werden kann und darüber hinaus auch Weiterentwicklung geschieht:

- Verknüpfung des Werkzeugs TRIZ mit anderen Methoden
- Suche nach weiteren Parametern der Widerspruchstabelle
- Weiterentwicklung bei nicht-technischen Anwendungen.

Die Hochschule Reutlingen beteiligt sich an dieser weiteren Verbreitung der Methode durch

- Einsatz und Anwendung in Lehrveranstaltungen
- Förderung der industriellen Anwendung und Gewinnung weiterer Erfahrungen
- Forschungskooperationen zur anwendergerechten Umsetzung und zur Weiterentwicklung des Werkzeugs.

Unsere Studierenden sollen darauf vorbereitet sein in diesen Stufen des Innovationsprozesses ihr Wissen und Können einzubringen. Und außerdem ist es ein Interesse der Angewandten Forschung hier Anwendungsfelder zu bearbeiten, die helfen das Werkzeug zu testen und zu optimieren.

Seit dem Sommersemester 2010 wird in der Vorlesung kreativer Systementwurf mit dem Werkzeug gearbeitet. Die Studierenden wenden systematisch Methoden des Innovationsmanagements in selbstgewählten und industrienahen Fallbeispielen an.

Jede gute Idee braucht Unterstützung: V.I.M.A e.V.



www.esb-business-school.de

Der Verein zur internationalen Managementausbildung (V.I.M.A e.V.) wurde 1999 auf Initiative von ESB-Professoren zur nachhaltigen Betreuung von derzeit 48 Unternehmen gegründet. Seine Ziele sind die berufliche Förderung von Absolventen und Studierenden, die Intensivierung von Kontakten zwischen Theorie und Praxis, der Ausbau integrativer graduierter und postgraduierter Studiengänge und vieles mehr ...

V.I.M.A sichert der ESB Business School einen Qualitätsvorsprung!

- adidas AG
- ALDI GmbH & Co. KG MURR
- Alfred Kärcher GmbH & Co. KG
- Bain & Company Germany, Inc.
- BASF SE
- Bayer
- becos GmbH
- Beiersdorf AG
- Booz & Company GmbH
- Robert Bosch GmbH
- The Boston Consulting Group GmbH
- Capgemini Deutschland GmbH
- Coca-Cola GmbH
- Commerzbank AG
- Daimler AG
- Danone GmbH
- Deloitte Consulting GmbH
- Deutsche Bank AG
- Deutsche Post World Net Inhouse Consulting GmbH
- Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft
- General Electric Jenbacher Gasmotoren
- Hewlett Packard GmbH
- Hilti Deutschland GmbH
- IBM Deutschland GmbH
- Lilly Deutschland GmbH
- L'Oréal Deutschland GmbH
- Mars GmbH
- MBtech Group GmbH & Co. KGaA
- MLP Finanzdienstleistungen AG
- Oliver Wyman Consulting GmbH
- Otto Group
- Payback GmbH
- Procter & Gamble Holding GmbH
- RGE - Rolvering, Germann & Effing Unternehmensberatung PartG
- SAP AG
- Schwarz Finanz und Beteiligungs GmbH & Co. KG / Lidl Stiftung & Co. KG
- Shell Deutschland Oil GmbH
- Siemens Management Consulting (SMC)
- Solon Management Consulting GmbH & Co. KG
- Somfy GmbH
- Stern Stewart & Co. GmbH
- UBS Deutschland AG
- Verlagsgruppe Georg von Holtzbrinck GmbH
- Veyhl GmbH
- Vodafone D2 GmbH
- Wefit Solutions AG
- Willi Betz Unternehmensgruppe
- ZF Friedrichshafen AG

Forschungsschwerpunkt „Internationales Management“



- »» Fragestellungen internationaler Geschäftsaktivitäten, des Managements und der Gestaltung von Geschäftsprozessen werden auf Basis eines interdisziplinären Forschungsansatzes untersucht, um den vielen Interdependenzen internationaler Aktivitäten bestmöglich gerecht zu werden. Das Ergebnis sind Zustandsbeschreibungen und Analysen zum Aufzeigen von Gesetzmäßigkeiten, Trends und Handlungsoptionen auf internationalen Märkten sowie daraus ableitbare Strategien, Handlungsempfehlungen und Prozessgestaltungen. ««

Das nächste „Silicon Valley“ in Neckar-Alb?

Prof. Dr. Hans-Peter Baumeister

Forschungsthemen:

- Entrepreneurship • Politische Ökonomie
- Fakultät: ESB Business School

Telefon: 07121 271-3011

E-Mail: Hans-Peter.Baumeister@Reutlingen-University.de



Matthias Kramer, MBA

Forschungsthemen:

- Innovation • Entrepreneurship
 - Unternehmertum
- RRI

Telefon: 07121 271-1433

E-Mail: Matthias.Kramer@Reutlingen-University.de



Ausgründungen aus Hochschulen und Universitäten wurden durch das bekannte Beispiel der Universitäten in Stanford und Berkeley mit dem „Silicon Valley“ bekannt – jetzt setzt auch die Hochschule Reutlingen in einem Kooperationsprojekt mit der Universität Tübingen, den Hochschulen Rottenburg und Albstadt-Sigmaringen sowie der IHK Reutlingen darauf, mit Ausgründungen einen Beitrag zum regionalen Wirtschaftswandel und -wachstum zu leisten.

Die Wirtschaftslandschaft verändert sich ständig. Täglich stellen Unternehmen ihre Geschäftstätigkeit ein und neue Unternehmen entstehen. Wieder andere Unternehmen treten in neue Märkte ein oder verlassen diese wieder. Im Rahmen dieses Wandels ist es für eine Region wichtig, dass „unterm Strich“ die Wirtschaftskraft und die Anzahl an Arbeitsplätze gleich bleiben oder idealerweise sogar steigen. Wie die prominenten Beispiele aus dem Silicon Valley zeigen, haben Ausgründungen aus dem Hochschulbereich eine große Bedeutung für den regionalen Wirtschaftswandel. Die bekannten Ausgründungen wie Intel, Google, Yahoo, Hewlett-Packard und Apple haben die Region des Silicon Valley zu einem High-Tech Standort gewandelt. Bei Ausgründungen aus Hochschulen handelt es sich um einen Technologie-Transfer über Personen, die das im Studium oder in Forschungsprojekten entwickelte Wissen in innovative Produkte oder Dienstleistungen umsetzen. Entweder gründen Absolventen oder Hochschulmitarbeiter gänzlich neue Firmen oder es werden neue Technologien in Kooperationen zwischen Hochschule und Unternehmen entwickelt und am Markt platziert.

Existenzgründung auf dem Campus Reutlingen

Die Ausrichtung der Arbeit im Bereich Existenzgründungsberatung der Hochschule Reutlingen erfolgt auf der Grundlage von Forschungsergebnissen der OECD. Danach zeichnen den erfolgreichen Entrepreneur Eigenschaften auf drei Ebenen aus:

- Wissen
- Fähigkeiten und
- Einstellungen

Auf der Ebene des Wissens benötigt der zukünftige Unternehmer vor allem die Fähigkeit zur Identifizierung und Nutzbarmachung von relevantem Wissen. Dabei bezieht sich Relevanz auf ihre indivi-

duelle, berufliche bzw. geschäftliche Bedeutung. Diese Kompetenz zum Filtern bildet die Voraussetzung für die Entwicklung von Produktinnovationen oder neuen Dienstleistungsangeboten, die in der Regel auf neuem Wissen beruhen.

Die benötigten besonderen Fähigkeiten beziehen sich insbesondere auf strategisches Denken, Selbstvertrauen und die Eigenschaft, mit schwierigen Herausforderungen und mit Unsicherheit umgehen zu können. Von zentraler Bedeutung ist aber die Fähigkeit zu kooperieren; nicht im üblichen Sinne, sondern zielgerichtet auf die Motivation von anderen und im Hinblick auf teamorientierte Ausrichtung aller Aktivitäten am geschäftlichen Erfolg. Hier lassen sich wiederum folgende Anforderungen eingrenzen:

- Planung, Organisation und Kommunikation
- Projektentwicklung und Implementierung
- Aufbau von Teams und deren Motivation sowie Teilhabe am Erfolg
- Identifizierung von Wandel und Innovationen
- Risikoeinschätzung.

Dabei bleiben diese Bereiche nicht abstrakt; für den erfolgreichen Unternehmer kommt es darauf an, dass er/sie die Einzelnen motiviert und sie gemäß ihrer spezifischen Rolle im Unternehmen und im Rahmen des Innovationsprozesses fordert und fördert. Mit anderen Worten: Teams sind nur so gut, wie die einzelnen Teammitglieder ihre ihnen zugeordnete Rolle annehmen; Aufgabe eines kommunikativen Unternehmers ist es, den einzelnen ein positives Selbstbild zu vermitteln und sie zu motivieren, sich selbst mit einer konstruktiven Motivation in ein Team einzubringen.

Zu den benötigten Einstellungen zählt die Forschung auf dem Gebiet Entrepreneurship besonders das Initiativwerden, eine positive Einstellung zum (positiven bzw. negativen) Wandel und die unbedingte Bereitschaft zum Lernen (aber auch Umlernen); letzteres aus eigenem Antrieb, aber auch aufgrund der sich ständig ändernden Voraussetzungen innerhalb eines Geschäftsfeldes sowie der Veränderungen von sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen. Dies lässt sich insgesamt mit dem Begriff „Offenheit“ abdecken.

Diese wichtigsten Charakteristika von (zukünftigen) Unternehmern/innen, werden zwar auch in abgestufter Form von erfolgreichen und modernen Arbeitnehmer/innen erwartet; insofern ist

„entrepreneurship education“ nicht ausschließlich an den Bedürfnissen zukünftiger Unternehmer ausgerichtet. Dies kann auch deshalb gar nicht der Fall sein, weil viele junge Menschen während der Ausbildung noch nicht wissen, ob sie eine unternehmerische Laufbahn einschlagen werden.

Aber wer sich mit dem Gedanken beschäftigt, sich selbstständig zu machen, kann sich selbst dahingehend prüfen, ob er/sie über die genannten Charakteristika verfügt, insbesondere im Bereich Wissen und Fähigkeiten.

Diese theoretischen Einsichten bilden den Hintergrund der Arbeit des REX (Existenzgründung an der Hochschule Reutlingen).

Wie neue Firmen entstehen?

Die Forschung im Bereich Entrepreneurship hat gezeigt, dass drei wesentliche Faktoren zur Entstehung von Ausgründungen aus der Hochschule beitragen: Der erwartete Nutzen einer Ausgründung, der soziale Bezugsrahmen und die Erwartung, mit den Anforderungen einer beruflichen Selbstständigkeit zurecht zu kommen. An allen drei Aspekten setzt die praktische Arbeit der Existenzgründungsinitiative der Hochschule Reutlingen an, um den Transfer von Wissen aus der Hochschule in die Wirtschaft zu fördern.

Wenn ein Gründungsinteressierter erwartet, dass der Nutzen einer Ausgründung hoch ist, steigt der Wunsch nach beruflicher Selbstständigkeit. Die Hochschule sensibilisiert in dem Kooperationsprojekt ihre Mitarbeiter und Studierenden für den Nutzen durch verschiedene Beratungs- und Informationsangebote. Zugleich muss aber der soziale Bezugsrahmen stimmen, damit sich aus diesem Wunsch auch eine Gründungsneigung entwickelt, das Projekt in die

Tat umzusetzen. Hierzu bildet die Hochschule ein Netzwerk mit vielen Partnern in der Region, zu denen die IHK, Banken, die Kommunen und andere Gründerinnen und Gründer gehören. Gemeinsam mit der IHK werden Gründungsinteressierte beraten, wie sie ihre Ideen am besten umsetzen können. Die Ausgründungen werden dabei über die Anfangszeit begleitet, bis sie eine gewisse Reife erlangt haben.

Der dritte Faktor ist die Erwartung eines Gründungsinteressierten mit den Anforderungen, die eine unternehmerische Tätigkeit an einen stellt, zurecht zu kommen. Angehörige der Hochschule bekommen in hochschulweiten Businessplanseminaren notwendiges betriebswirtschaftliches Wissen vermittelt, damit sie gut auf die Selbstständigkeit vorbereitet sind. Durch die Vermittlung von Infrastruktur auf dem Campus – beispielsweise eingerichtete Büroarbeitsplätze – und der Vermittlung von Fördermitteln und Krediten wird die Ausgründung leicht gemacht. So begann eine der Reutlinger Gründerinnen ihre Arbeit in einem Materialforschungsprojekt an der Hochschule und nutzte Infrastruktur, Beratungs- und Informationsangebote der Existenzgründung auf dem Campus. Mittlerweile wurde sie in Räumlichkeiten der Kommune vermittelt und bekam ein Darlehen für notwendige Investitionen. Mit ihren Seelenkleid-Kollektionen (www.seelenkleid.com) ist sie weltweit auf Modemessen und in Läden von Hong-Kong bis New York vertreten. Damit orientiert sich die Arbeit von REX an den Bedürfnissen und Möglichkeiten der Hochschule Reutlingen und an internationalen Erfahrungen aus der Entrepreneurship-Forschung. Wenn die Hochschule ihr Wissen in innovative Produkte und Dienstleistungen umwandelt, trägt diese Arbeit zur Neuentstehung von Firmen und zum Wirtschaftswandel bei. Und da solche Wissens-„Spill-over“ zunächst regional beschränkt bleiben, profitiert die Region Neckar-Alb und seine Einwohner und Unternehmen als erste von den neuen Produkten und Dienstleistungen.

Bauteile für außergewöhnliche Herausforderungen



Ihr Partner für Fluidsystemlösungen



Swagelok Stuttgart
B.E.S.T. Fluidsysteme GmbH
Steigackerstrasse 13
72768 Reutlingen
Telefon 0 71 21 - 6 70 00-0
info@best-stg.de

www.swagelok.de

Swagelok

125 Jahre **Bosch**
1886-2011

Jeder Erfolg hat seine Geschichte.



BOSCH
Technik fürs Leben

Bosch in Reutlingen.

Viel Hightech. Viele Karrieren.

„Made by Bosch“ steht für erstklassige Qualität eines Global Players. Profitieren Sie in einem international ausgerichteten Unternehmen von vielfältigen attraktiven Karrierechancen. Der Geschäftsbereich Automobilelektronik bietet als Marktführer weltweit innovative elektronische Systeme, Steuergeräte, Sensoren und Halbleiter für Kraftfahrzeuge. In Reutlingen entwickeln und fertigen wir Halbleiter, Mikro-Hybride, mikromechanische Sensoren und Steuergeräte.

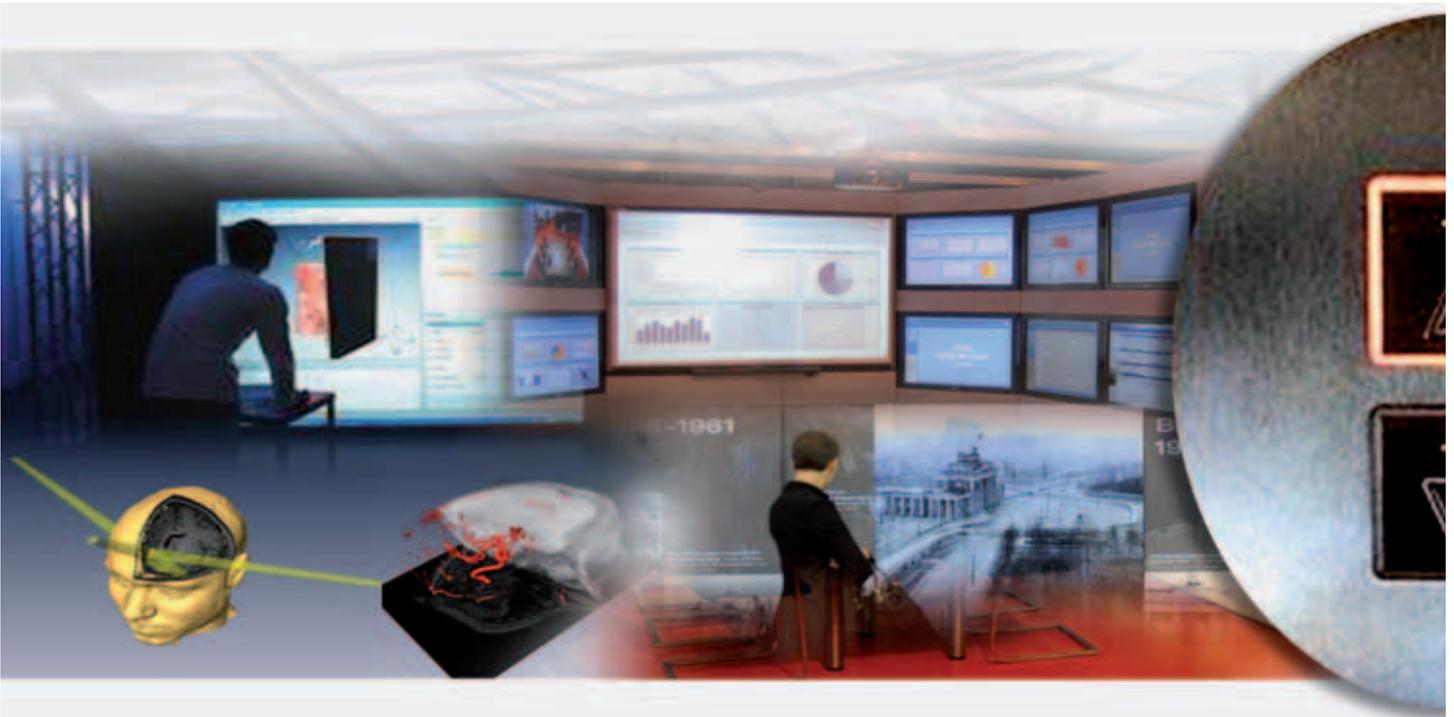
Wir bieten Hochschulabsolventen/-innen der Ingenieur-, Natur- oder Wirtschaftswissenschaften individuelle Einstiegsmöglichkeiten. Auch Studenten/-innen ermöglichen wir, durch Praktika oder Abschlussarbeiten die Praxis hautnah kennen zu lernen.

Jeder Erfolg hat seinen Anfang.
Bewerben Sie sich jetzt online.

Robert Bosch GmbH
Personalabteilung Reutlingen
Telefon 07121 35-6909

www.bosch-career.de

Forschungsschwerpunkt „Kommunikation und Information“



- » Kernthema ist der effektive, weltweite Informationsgewinn und Informationsaustausch sowie die Speicherung und Repräsentation unter dem Aspekt der Zusammenarbeit, Kommunikation und Logistik. «

Datenbankausbildung mit europäischer Vision

Prof. Dr. Fritz Laux

Forschungsthemen:

- Datenbanken und Informationssysteme
 - Transaktionsmanagement • Data Mining
- Fakultät: Informatik



Telefon: 07121 271-4019

E-Mail: Fritz.Laux@Reutlingen-University.de

Ein Beitrag zur Überwindung babylonischer Verhältnisse in der Informatikausbildung. Europäische Hochschullehrer, Vertreter von Schulungsunternehmen und Datenbank-Experten aus der Wirtschaft starten mit ihrer Initiative den „demokratischen“ Bologna-Prozess zur Harmonisierung der Datenbankausbildung. Davon sollen Hochschulen, Unternehmen und die Bewerber im Bereich Informationstechnologie profitieren.

Information und Gesellschaft

In unserer sogenannten „Informationsgesellschaft“ ist Wissen der Erfolgsfaktor. Diese Erkenntnis wurde von Wissenschaftlern, Politikern und Unternehmern vielfach ausgesprochen. Der prominenteste Vertreter ist vielleicht Bill Gates: „How you gather, manage, and use information will determine whether you win or lose“ (Bill Gates, Business @ The Speed of Thought, 1999).

Datenbanksysteme sind essenzieller Bestandteil eines jeden Informationssystems. Operative Systeme, wie z. B. Materialverwaltung oder Produktionsplanung, aber auch E-Commerce oder Business-to-Business über das Web sind auf hochverfügbare Datenbanksysteme angewiesen. Dabei werden ständig neue Datenmengen erzeugt, die manuell nicht mehr zu bewältigen sind. Bereits 1985 stellte der Yale-Professor Rutherford D. Rogers fest: „We're drown-

ing in information and starving for knowledge“. Mit Hilfe spezieller Data Warehouse Systeme werden diese Datenfluten in Sekundenschnelle analysiert, um z. B. das Kundenverhalten besser zu verstehen oder um Unternehmen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit zu beurteilen. Datenbanken sind Kernbestandteile dieser Geschäftsanalyzesysteme (Business Intelligence Systems). Das „Schürfen“ nach verstecktem Wissen (Data Mining), die Verdichtung und Veredelung von Information liefert Führungskräften wichtige Entscheidungsgrundlagen und Wettbewerbsvorteile.

Die Motivation und Zielsetzung

Leider hat die zunehmende Bedeutung der Datenbanken nicht zu einer entsprechenden Berücksichtigung im Studium oder in der Praxis geführt. Es gibt immer wieder Berichte über Software, die zu großen finanziellen und gelegentlich auch zu Personenschäden führten, weil eine fehlerhafte Konzeption, ungeeignete Datenmodelle oder Programmierfehler die Ursache waren. So entstanden Millionenschäden, weil ein datenbankgestütztes Materialwirtschaftsprogramm die Lagerorte eines Hochregallagers „vergaß“, eine Banksoftware Transaktionen fehlerhaft ausführte oder ein Mobilfunknetz lahmgelegt wurde. So musste z. B. am 1. November 2005 die Börse von Tokio wegen eines Software-Crashes zum ersten Mal seit ihrem Bestehen den Handel komplett einstellen. Der Software-Experte Les Hatton schätzt den jährlichen wirtschaftlichen Schaden auf 100 bis 150 Mrd. Euro jährlich¹. Wie kann das notwendige Fachwissen – trotz verkürzter und reglementierter Studienprogramme (Bologna Prozesses) – effizienter und nachhaltiger vermittelt werden?

Informatikfachkräfte präsentieren sich zunehmend auf einem globalen Arbeitsmarkt und arbeiten in internationalen Arbeitsgruppen. Sowohl für Unternehmen wie auch für die Mitarbeiter





stellt sich die Frage nach der Vergleichbarkeit von Qualifikationen und welche fachlichen Kompetenzen die Bewerber anbieten können. Informatikstudenten und Fachexperten brauchen grundlegendes Wissen über den Datenbankentwurf, aber auch technisch-praktisches Wissen zur Entwicklung und Beherrschung hochkomplexer Systeme. Dabei orientieren sich die Kompetenzprofile aus Sicht der Industrie an direkt einsetzbaren Fertigkeiten; die Interessen der Absolventen an grundlegendem, nachhaltigem Wissen werden dabei nur unzureichend berücksichtigt. Wie muss sich das Studium der Informatik verändern, um diesem Spannungsfeld gerecht zu werden?

Das Konsortium

Diesen Fragen gehen Professoren, Führungskräfte und Trainer seit 1997 intensiv nach. Zu diesem Zweck wurde eine Initiative ins Leben gerufen, der sich Experten aus ganz Europa angeschlossen haben und am Beispiel der Datenbankausbildung als Teilgebiet der Informatik Konzepte entwickeln, um die folgenden Ziele zu erreichen:

- Steigerung der Marktattraktivität von Informatikabsolventen aus der europäischen Union
- Exzellenz und Nachhaltigkeit in der Ausbildung
- Harmonisierung von Studienabschlüssen und Qualifikationen

Im Mai 2001 anlässlich der Fachtagung Forum Wirtschaftsinformatik in Reutlingen wurde das Konsortium unter dem Namen DBTech.net offiziell gegründet. Aus ursprünglich sieben Gründungsmitgliedern (Heliä Business Polytechnik und Häme Polytechnik (Finnland), Hochschule Reutlingen, TEI Thessaloniki, und die Universitäten Paisley (Schottland), Málaga und Macedonia (Griechenland) entstand inzwischen ein Netzwerk von über 30 Hochschulen, Unternehmen und Behörden.

Die Maßnahmen

Von 2002 bis 2005 unterstützte die Europäische Kommission im Rahmen des Leonardo-da-Vinci Programms eine Studie zum Bedarf und den Qualifikationsanforderungen an Datenbankexperten, die bei Unternehmen in Großbritannien, Finnland, Spanien, Griechenland und Deutschland durchgeführt wurde. In der Folge veranstaltete das DBTech.net Konsortium mehrere wissenschaftlichen Tagungen und Workshops zu den oben genannten Themen. Im gleichen Projekt wurde auch ein Referenzcurriculum entwickelt, in das sämtliche Erkenntnisse aus den Umfrageergebnissen, Tagungen und Erfahrungen aus Hochschule und Informatikunternehmen eingeflossen sind. Somit entstanden auf „demokratische“ Weise eine Referenz der Datenbankausbildung und ein standardisierter Kompetenzkatalog, der die Belange aller Beteiligten berücksichtigt. Inzwischen sind diese Empfehlungen an verschiedenen europäischen Hochschulen, so auch an der Hochschule Reutlingen, weitgehend umgesetzt, wie eine aktuelle Umfrage bestätigte². Neben der Festlegung von Fachkompetenzen wurden technologische Trends identifiziert und Datenbankprodukte der Marktführer evaluiert, damit zukünftige Anforderungen frühzeitig erkannt und berücksichtigt werden können.

DBTech.net entwickelt mit Hilfe seiner Mitglieder neue Lehr- und Lernformen für die Datenbankausbildung und erprobt diese unter der Kontrolle von Didaktikern an Hochschulen, in industriellen Trainingskursen und in Unternehmen. Die Erprobung wird in Form von Workshops mit Studenten und Mitarbeitern von Partnerunternehmen durchgeführt, die wertvolle Rückmeldungen zur Qualität der Studienmodule und Laborübungen liefern. Besondere Aufmerksamkeit gilt der pädagogischen Bewertung der Kurse und Workshops.



Inzwischen wurden 8 modulare Kurseinheiten erstellt, die dazu gehörigen Laborübungen entwickelt und getestet. Die Herausforderungen dabei waren, Konzepte klar und wissenschaftlich korrekt herauszuarbeiten und diese an Hand von industriellen Produkten in praktischen Übungen zu verifizieren. Das „Learning by doing“ ist dabei eine wichtige Leitlinie. Die Lerneinheiten sind so aufgebaut, dass sie sich auch für das Selbststudium eignen und die Laborübungen stehen in Form „virtueller Lernumgebungen“ zum Download bereit. Dadurch ist es möglich, eine flächendeckende Verfügbarkeit anzubieten. Zu bestimmten Kurszeiten können die Fern Teilnehmer einer Videokonferenz beiwohnen bzw. direkte Hilfeleistung vom Dozenten über Internettelefonie und Kollaborationssoftware erhalten. Auch diese Fernkurse wurden bereits mehrfach erfolgreich erprobt.

Das aktuelle Projekt DBTech EXT erhält erneut Förderung von der Europäischen Kommission für die Einführung eines herstellerneutralen Datenbank-Zertifikats und die Bereitstellung von Software, um über das Web Wissenstests und Zertifikatsprüfungen durchzuführen. Die technischen Voraussetzungen dazu werden von der Universität Málaga (virtuelle Labore), der Universität Macedonia (E-Learning Plattform) in Thessaloniki und der Haaga-Helia Hochschule (Webseiten des Projekts) bereitgestellt. Die Europäische Kommission verspricht sich dadurch eine Harmonisierung und eine wesentliche Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit der europäischen IT gegenüber internationalen Märkten.

Leitung und Koordination:

- HAAGA-HELIA, University of Applied Sciences, Helsinki, Finland

Projektpartner:

- Alexander Technology Educational Institute (ATEI), Thessaloniki, Greece

- Altec Group/UNISOFT S.A., Thessaloniki, Greece
- ISAIP-ESAIP, Angers, France
- Solid Information Technology Ltd., Finland
- Reutlingen University, Dept. of Informatics, Reutlingen, Germany
- TietoEnator GMR Oy, Finland
- University of Greenwich, United Kingdom
- University of Macedonia, Thessaloniki, Greece
- University of Málaga, Málaga, Spain
- University of the West of Scotland (UWS), Paisley, United Kingdom
- Führende Hersteller von Datenbank-Software: IBM, Microsoft, Oracle, Sybase und andere

Förderung:

- DBTech Pro, Leonardo-da-Vinci Programm, 330.000 €
- DBTech EXT, Lifelong Learning Programm, 358.000 €

1 Quelle: <http://presstext.de/news/060126030/europaweit-150-milliarden-euro-schaden-durch-fehlerhafte-software/>

2 DBTech EXT Survey 2010 (Publikation noch nicht veröffentlicht)

Hochratige Datenübertragung mittels symmetrischer Kupferdrahtverkabelung

Prof. Dr. Albrecht Oehler
 Forschungsthemen:
 • Nachrichtentechnik
 • Datenübertragungsnetze
 Fakultät: ESB Business School



Telefon: 07121 271-5011
 E-Mail: Albrecht.Oehler@Reutlingen-University.de

Dipl.-Ing. Sherko Zinal
 Forschungsthemen:
 • Hochfrequenztechnik,
 elektromagnetische Feldtheorie
 RRI



Telefon: 07121 271-1436
 E-Mail: Sherko.Zinal@Reutlingen-University.de

Roman Buck, MSc.
 Forschungsthemen:
 • Nachrichtentechnik
 • Hochfrequenz-Messtechnik
 RRI



Telefon: 07121 271-1435
 E-Mail: Roman.Buck@Reutlingen-University.de

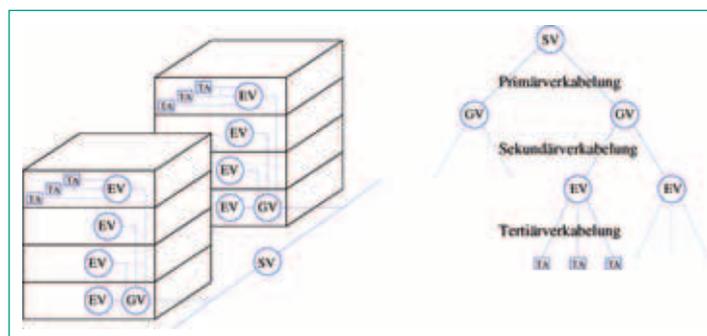


Abb. 1: Hierarchische Struktur der anwendungsneutralen Verkabelung (SV: Standortverteiler, GV: Gebäudeverteiler, EV: Etagenverteiler, TA: Teilnehmeranschluss).

1. Einleitung

Bei der Installation von Verkabelungssystemen für Netzwerke (z. B. Daten- und Fernmeldenetze in Gebäuden) bestimmen die hochfrequenztechnischen Eigenschaften der einzelnen Verkabelungsstrecken (z. B. Signaldämpfung, Nah- und Fernnebensprechen, Abstrahlung) die maximal übertragbare Datenrate (z. B. DSL 6000 = 6 Mbit/s.).

Ziel des Forschungsprojekts „Modellierung und messtechnische Verifikation von hochfrequenten Übertragungsstrecken“¹ ist, wie der Titel schon andeutet, die Erarbeitung von mathematischen Modellen für Kupferdraht-basierte, symmetrische Verkabelungsstrecken sowie deren messtechnische Verifikation. Insbesondere soll dabei der Einfluss der Eigenschaften einzelner Komponenten (z. B. Stecker, Kabel, Verzweigungen usw.) auf die Eigenschaften der gesamten Strecke herausgearbeitet werden, so dass eine Vorhersage der durchsetzbaren Datenrate vor der Installation möglich ist. Zur Verifikation des Modells werden messtechnische Strategien entwickelt, die es erlauben, die gewünschten hochfrequenztechnischen Eigenschaften der einzelnen Komponenten sowie der gesamten Verkabelungsstrecke in möglichst unverfälschter Form zu ermitteln.

2. Allgemeines zu strukturierten Verkabelungssystemen

Wie Abb. 1 veranschaulicht, gliedert sich die Struktur eines hierarchischen, anwendungsneutralen Verkabelungssystems nach der geltenden internationalen Norm ISO/IEC 11801 in drei Hauptbereiche. Während die Primärverkabelung grundsätzlich und die Sekundärverkabelung fast immer (außer in kleineren Einheiten) in

Glasfasertechnik ausgeführt ist, wird die Tertiärverkabelung, also die Verbindung der Anschlussdosen für die Endgeräte mit dem Etagenverteiler, mit symmetrischen Kupferdrahtleitungen (*Twisted Pair Cable, Balanced Cable*) realisiert.

Die Baumstruktur des Verkabelungssystems entspricht den topologischen Anforderungen der modernen Ethernet-Netzwerktechnologien (10Base-T bis 10GBase-T), welche die veralteten Koaxialkabel-basierten Ethernet-Systeme (10Base-5, 10Base-2 und 10Broad-36) größtenteils abgelöst haben. Die komplette „horizontale“ Verbindung vom Etagenverteiler zum Endgerät (Abb. 2), einschließlich der flexiblen Anschluss- und Rangierkabel, wird dabei als Übertragungsstrecke (Channel) bezeichnet, während die fest-

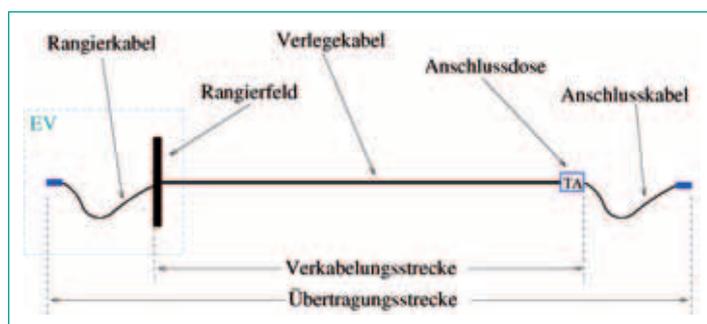


Abb. 2: Übertragungs- und Verkabelungsstrecke (EV: Etagenverteiler, TA: Teilnehmeranschluss).

installierte Verbindung, bestehend aus Rangierfeld (Verteilfeld), Verlegekabel und Anschlussdose, als Verkabelungsstrecke bezeichnet wird.²

Als Anschlusstechnik (Stecker und Buchsen) hat sich weitgehend die 8-polige Verbindungstechnik gemäß der Norm EN 60603-7 (gängige Bezeichnung: RJ45) durchgesetzt.

3. Symmetrische Kupferdrahtleitungen

Die im vorigen Abschnitt genannten Verlegkabel bestehen in der Regel aus vier einzeln verdrehten und optional geschirmten Adernpaaren mit zusätzlichen optionalen, gemeinsamen Drahtgeflecht-Schirm. Der Leitungswellenwiderstand beträgt 100 Ω. Die Kabel werden gemäß der Norm (wie andere Einzelkomponenten auch) entsprechend ihrer Eigenschaften in verschiedene Kategorien eingestuft, wodurch z. B. der Frequenzbereich festgelegt ist, für den eine Komponente spezifiziert ist (z. B. Kat. 6 bis 250 MHz).³

Die wesentlichen Eigenschaften, welche die Spezifikation eines Kabels festlegen, sind:

1. Rückflussdämpfung der einzelnen Leitungen (*RL*, *Return Loss*).
2. Einfügedämpfung der einzelnen Leitungen (*IL*, *Insertion Loss*).
3. Nahnebensprechen zwischen den einzelnen Leitungen (*NEXT*, *Near End Cross Talk*).
4. Fernnebensprechen zwischen den einzelnen Leitungen (*FEXT*, *Far End Cross Talk*).⁴

4. Streu- und Transmissionsparameter

An Stelle von Impedanzen und Admittanzen werden in der Hochfrequenztechnik Mehrtor-Schaltungen anhand ihrer Streuparameter (S-Parameter) charakterisiert, welche die Verhältnisse von zu- und ablaufenden Wellen an den verschiedenen Toren bilden.

Der Hintergrund dieser Darstellungsweise ist die Schwierigkeit der Messung, ja sogar der Zuordnung von Strömen und Spannungen bei Hochfrequenz-Schaltungen. In diesem Fall bemüht man sogenannte normierte Leistungswellen, deren Reflexions- sowie Übertragungsverhalten zu den Streuparametern führt. Die Streuparameter sind in ihrer gewöhnlichen Form für unsymmetrische Leitungstypen (z. B. Koaxial- oder Mikrostreifenleitung) definiert, bei denen das Signal auf einem Leiter gegen Masse geführt wird und somit nur ein Leitungswellen-Mode existiert. Im Falle einer symmetrischen Leitung existieren hingegen zwei Leitungswellen-Moden. Ein Gegentakt-Mode, bei dem die Signalspannung zwischen den beiden Adern anliegt und ein Gleichtakt-Mode bei dem beide Aden auf gleichem Potenzial das Signal gegen Masse führen. Dabei stellt der Gegentakt-Mode den gewünschten Betriebsmode dar, während der Gleichtakt-Mode durch äußere Störungen sowie durch Verkopplung der Leitungen innerhalb des Kabels verursacht wird und lediglich zu Zwecken der Störungsanalyse und der vollständigen Modellierung berücksichtigt werden muss. Für Symmetrische Leitungen werden daher an Stelle der einfachen Streuparameter sogenannte Mixed-Mode-Parameter (M-Parameter) verwendet, bei denen sowohl jeder der beiden Moden für sich als

auch die Verkopplung zwischen beiden Berücksichtigung finden. Zu Gunsten der Übersichtlichkeit, wird im Folgenden der Idealfall eines ausschließlichen Gegentakt-Modus betrachtet.

Abb. 3 zeigt Leitungen eines Kabels als Viertor.⁵

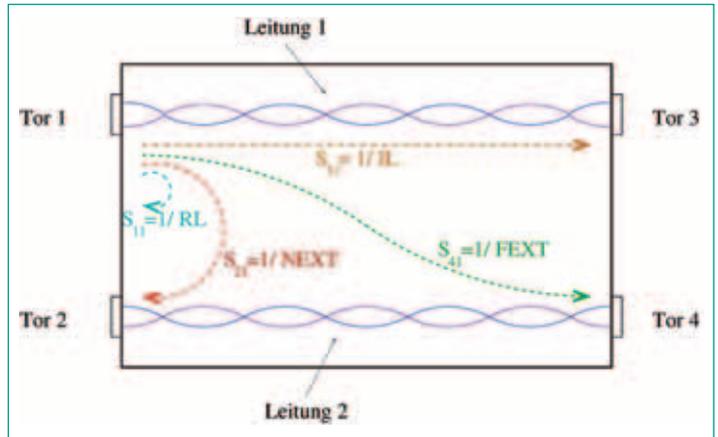


Abb. 3: Kurzes Kabelstück mit zwei symmetrischen Leitungen zur Veranschaulichung der Kabel-Parameter.

Dabei sind die 4-Tor-S-Parameter sowie die entsprechenden Kabelparameter eingezeichnet. Die Streumatrix eines Kabels nach Abb. 3 ist wie folgt definiert:

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} \end{bmatrix}$$

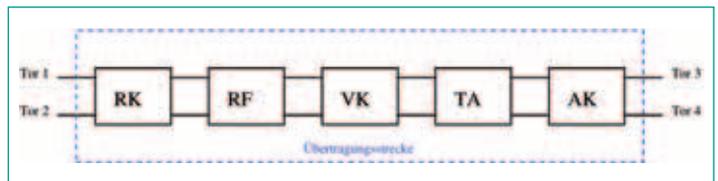


Abb. 4: Übertragungsstrecke als Kettenschaltung der Einzelkomponenten (RK: Rangierkabel, RF: Rangierfeld, VK: Verlegekabel, TA: Teilnehmeranschluss, AK: Anschlusskabel).

Diese Streumatrix gilt in ähnlicher Weise auch für andere Komponenten sowie für die gesamte Übertragungsstrecke. Sie kann mittels eines vektoriiellen Netzwerkanalysators (VNA) direkt gemessen werden.⁶ Möchte man die gesamte Übertragungsstrecke nach Abb. 2 als Verkettung der Einzelkomponenten formulieren (Abb. 4), so erweist sich die Streumatrix als ungeeignete Darstellungsweise, da die Gesamt-Streumatrix nicht auf einfache Weise aus den verketteten Einzel-Streumatrizen berechnet werden kann. Da die Streumatrix jedoch insbesondere aus messtechnischen Gesichtspunkten unverzichtbar ist, verschafft man sich durch die Transmissionsmatrix Abhilfe, welche die Ausgangssignale eines Mehrtors in Abhängigkeit der Eingangssignale beschreibt. Dabei werden die Streumatrizen der einzelnen Komponenten in Trans-

missionsmatrizen transformiert. Die Gesamt-Transmissionsmatrix lässt sich nun auf einfache Weise durch Multiplikation der Einzel-Transmissionsmatrizen berechnen. Die Rücktransformation der Gesamt-Transmissionsmatrix führt letztendlich zu der gewünschten Streumatrix der gesamten Übertragungsstrecke:

$$\begin{aligned}
 S_{\text{Einzeln}} &\rightarrow T_{\text{Einzeln}} \\
 T_{\text{Gesamt}} &= T_{RK} \cdot T_{RF} \cdot T_{VK} \cdot T_{TA} \cdot T_{AK} \\
 T_{\text{Gesamt}} &\rightarrow S_{\text{Gesamt}}
 \end{aligned}$$

5. Modellierung von Übertragungsstrecken

In der Norm ISO/IEC 11801 sind Grenzwerte der Parameter (RL , IL , $NEXT$, $FEXT$ u. a.), in Abhängigkeit von der Frequenz, sowohl für Einzelkomponenten als auch für komplette Übertragungsstrecken (s. Abb. 2) angegeben. Für Kabel und Übertragungsstrecken sind des weiteren Längenkorrektur-Formeln angegeben, die es ermöglichen, die Grenzwerte für Strecken zu bestimmen, deren Länge von der Bezugslänge (100 m) abweicht. Zur Abschätzung der Parameter einer kompletten Übertragungsstrecke (nach dem im vorigen Abschnitt beschriebenen Kettenschaltungsmodell) können nun die Grenzwerte der beteiligten Einzelkomponenten herangezogen werden. Da diese Grenzwerte jedoch nur dem Betrage nach, ohne Berücksichtigung der Phasenlage, angegeben sind, würde die Kettenschaltung immer den Extremfall wiedergeben, bei dem sich die Effekte an den Schnittstellen in konstruktiver Weise überlagern. In

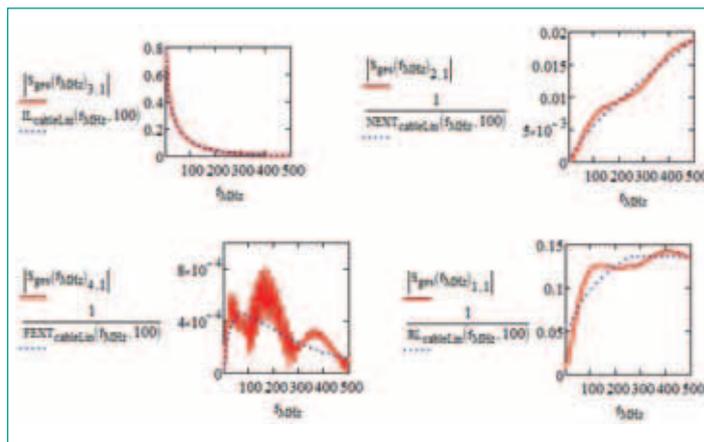


Abb. 5: Vergleich der Kabelparameter einer Kettenschaltung von drei Kabelstücken (der Längen: 33, 33 und 34 Meter) mit denen eines einzelnen Kabels der gleichen Gesamtlänge (100 m). Dabei wurden die Phasenlagen der Parameter RL , $NEXT$ und $FEXT$ an den Schnittstellen als statistisch verteilt angenommen.

Ermangelung eines deterministischen physikalischen Modells, anhand dessen man die Phasenlagen der verschiedenen Größen an den Schnittstellen bestimmen kann, wird ein statistisches Modell untersucht, bei dem die Phasenlagen an den Schnittstellen zunächst gemäß einer statistischen Normalverteilung gewählt werden.⁷

- 1 Ein vom AiF gefördertes ZIM-Projekt in Kooperation mit der GHMT AG.
- 2 Die in Amerika üblichen Sammelpunkte (*Consolidation Points*), welche als zusätzliche Zwischenverteiler z. B. in Räumen dienen, bleiben hier unberücksichtigt.
- 3 Komplette Übertragungsstrecken, wie in Abb. 2 dargestellt, die aus mehreren Komponenten bestehen, werden dagegen in Klassen eingestuft (z. B. Kl. E bis 250 MHz).
- 4 Bei der Beurteilung z. B. eines Kabels bezüglich seines Nah- und Fernsprechverhaltens, muss die Dämpfung berücksichtigt werden, welche die Signale entlang des Kabels erfahren. Daher verwendet man häufig das Verhältnis des Nebensprechens zur Dämpfung (*ACR, Attenuation to Crosstalk Ratio*) als Gütemaß eines Kabels.
- 5 Die beiden weiteren Leitungen wurden zum Zwecke der Übersichtlichkeit und ohne Beschränkung der Allgemeingültigkeit ausgelassen. Die Betrachtung aller vier Leitungen eines Kabels würde lediglich zu einem 8-Tor führen.
- 6 Da VNAs gewöhnlich mit koaxialen (unsymmetrischen!) Anschlüssen versehen sind, muss der Übergang zu der symmetrischen Leitung mittels einer Symmetrie-Schaltung (*Balun*) realisiert werden, die ihrerseits vor der Messung charakterisiert werden muss. Moderne VNAs bieten die Möglichkeit der direkten Messung von M -Parametern. Somit können z. B. die vier Adern der Tore 1 und 2 nach Abb. 3 an die koaxialen Innenleiter, die Abschirmungen dagegen an die Außenleiter eines Viertor-VNAs angeschlossen werden, um die Streuparameter S_{11} und S_{21} zu ermitteln (die Tore 3 und 4 müssen dabei reflexionsfrei abgeschlossen sein).
- 7 Lediglich für IL kann die Phasenlage deterministisch anhand der elektrischen Länge des Kabels angegeben werden.

Literatur

- [1] Heuermann, H.: Hochfrequenztechnik – Komponenten für High-Speed- und Hochfrequenzschaltungen. 2. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2009 (Studium). 383 Seiten.
- [2] Treiber, Joachim: Praxishandbuch Netzwerktechnik – Leitfaden für die Installation. 2. Aufl. Wilburgstetten: J. Schlembach Fachverlag 2008. – 131 Seiten.

Weiterbildung an der Hochschule Reutlingen



Unser Angebot:

- Part-Time Studiengänge
- Branchenspezifische Part-Time MBA-Programme für Unternehmen
- Individuell zugeschnittene Managementprogramme für Unternehmen
- Offene Fortbildungsprogramme für erfahrene Fach- und mittlere Führungskräfte

Schwerpunkte:

- Betriebswirtschaft
- Technik
- Textil & Design
- Angewandte Chemie
- Informatik

Leistungen:

- aktuelles Wissen aus der Praxis
- interdisziplinäre Lösungen
- Professoren der Hochschule Reutlingen
- Höchstmaß an Erfahrung und Kompetenz
- fundierte Kenntnis der Geschäftsanforderung von Unternehmen
- Zertifikatskurse und -prüfungen

Multimediale Angebote

Somitagen kombiniert aus:

- Vorträgen
- Fallstudien
- Workshops
- Simulationen
- E-Learning



Knowledge Foundation @ Reutlingen University | Altburgstraße 150 | 72762 Reutlingen | Tel. 07121 271-0601 | www.kfru.de

www.alles-deutschland.de

Unsere
Werbung
macht Ihre
Leistung
sichtbar

soulcore@photocase.de

mediaprint
infoverlag gmbh

Von Variabilität und Vielfalt in der Automotive Softwareentwicklung

Prof. Dr. Jens Weiland

Forschungsthemen:

- Modellbasierte Softwareentwicklung
- Produktlinienarchitektur eingebetteter Systeme

Fakultät: Technik



Telefon: 07121 271-7054

E-Mail: Jens.Weiland@Reutlingen-University.de

Prof. Dr. Jens Weiland

befasst sich mit der Entwicklung eingebetteter Software, insbesondere von Software-Produktlinien. Er lehrt im Fachbereich Mechatronik Ingenieurinformatik und Software Engineering.

Die Automobilindustrie ist geprägt durch eine Vielzahl hoch individualisierter Fahrzeuge. Die daraus resultierende Variabilität spiegelt sich zwangsläufig in den zugehörigen Softwarefunktionen wider. Unabdingbar sind daher Konzepte für den systematischen Umgang mit der Variabilität in der Software.

von Jens Weiland und Benjamin Gutekunst

... Any customer can have a car painted any colour that he wants so long as it is black." Diese Aussage von Henry Ford spiegelt sich in der Produktion seines berühmten Model T wider, von dem mehr als 15 Millionen Fahrzeuge verkauft wurden. Von 1914 bis 1926 wurde Ford's Model T in nur einer Farbe angeboten, nämlich schwarz. Und auch sonst unterlag das Design über die gesamte Produktionszeit wenigen Änderungen. Heute ist die Automobilindustrie gekennzeichnet durch eine Vielzahl an Produktvarianten. Die Quel-

Benjamin Gutekunst, B.Eng.

Forschungsthemen:

- Modellbasierte Softwareentwicklung
- Produktlinienarchitektur eingebetteter Systeme



Telefon: 07121 271-1420

E-Mail: Benjamin.Gutekunst@Reutlingen-University.de

Benjamin Gutekunst, B.Eng.

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Reutlingen Research Institute und befasst sich mit der Umsetzung von Software-Produktlinien in MATLAB/Simulink.

le der Variabilität ist hierbei vielschichtig infolge unterschiedlicher Absatzmärkte, Regularien und elektronischer Systeme. Da mittlerweile ein Großteil der Funktionen im Fahrzeug softwarebasiert ausgeführt wird, nimmt die sog. *eingebettete Software* eine zentrale Rolle bei der Realisierung der Fahrzeugfunktionen ein. Sie realisiert als eine Art Controller die komplexen logischen und arithmetischen Aufgaben. Variabilität in Fahrzeugfunktionen führt somit zwangsläufig zu Variabilität in der eingebetteten Software.

Ein Trend, der sich in den letzten Jahren in der Automobilindustrie etabliert hat, ist die modellbasierte Entwicklung eingebetteter Softwarefunktionen. Statt der Programmierung auf Basis klassischer Programmiersprachen setzt die modellbasierte Softwareentwicklung auf moderne Modellierungssprachen; quasi für eine graphische Repräsentation der Software in Form von Modellen (s. Abb. 1).

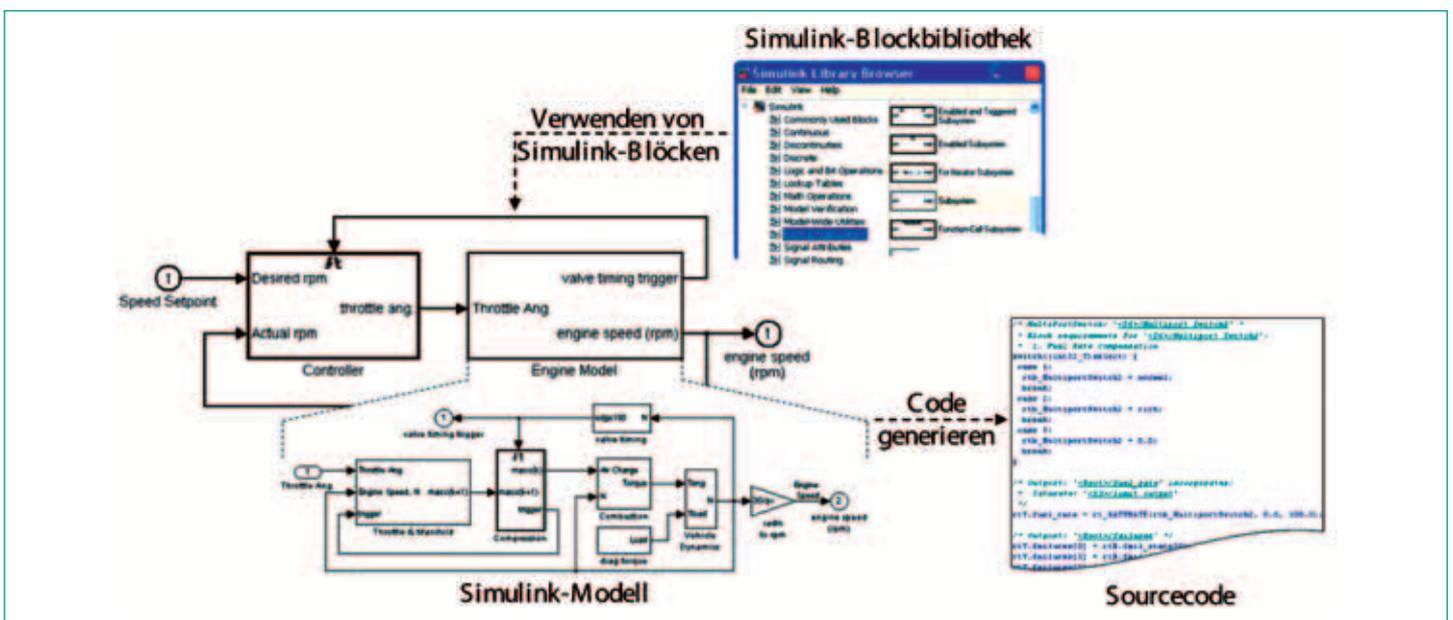


Abb. 1: Entwicklung modellbasierter Software mit Simulink

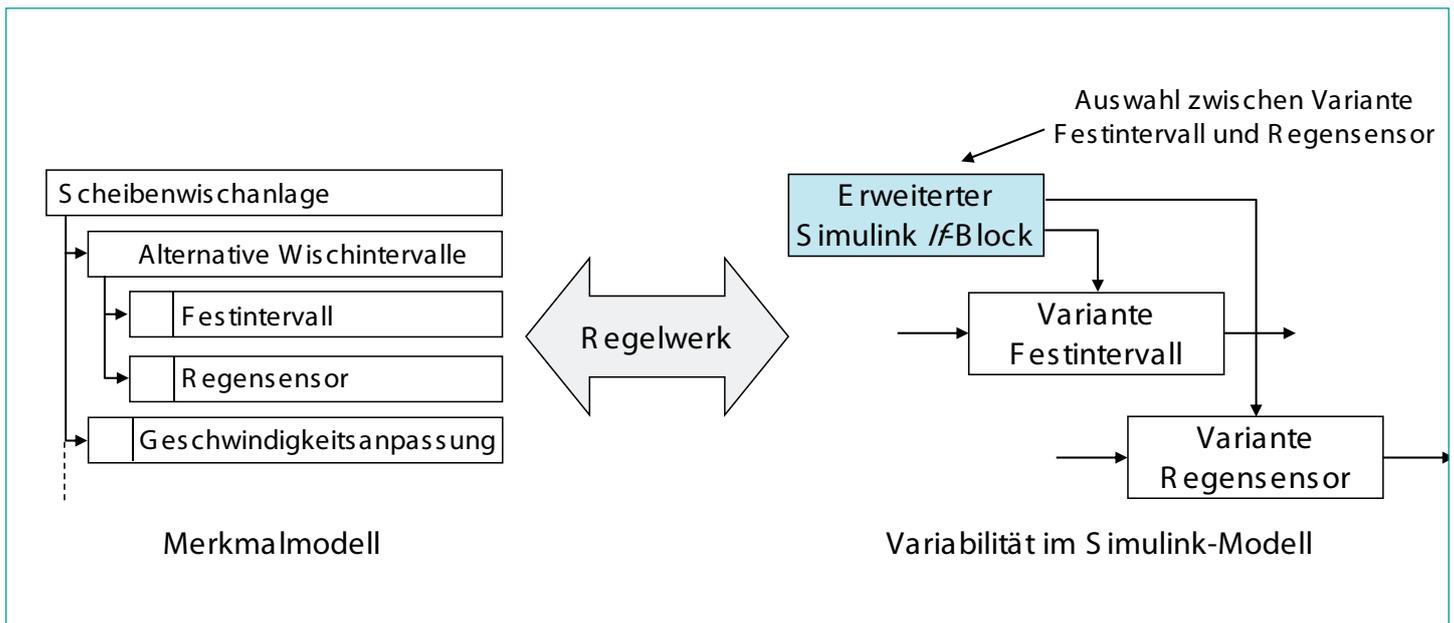


Abb. 2: Varianzkonzepte in Simulink

Mächtige Modellierungswerkzeuge ermöglichen, die Modelle bereits in einer frühen Phase der Entwicklung zu simulieren und zu testen. Eine über die Entwicklungsphasen einheitliche Notation erlaubt, die Modelle kontinuierlich zu verfeinern. Am Ende steht die automatisierte Codeerzeugung in eine Programmiersprache – üblicherweise in der Programmiersprache C.

Ein etabliertes Modellierungswerkzeug zur Softwareentwicklung im Automobilbereich ist die MATLAB Werkzeugkette von The Mathworks mit der graphischen Modellierungssprache Simulink. Simulink-Modelle entstehen durch die Verknüpfung sog. *Blöcke* zu Signalflussgraphen. Die Verbindungspfeile zwischen den Blöcken, die sog. *Signale*, repräsentieren die Daten, die während der Simulation eines Modells ausgetauscht werden. In Simulink stehen über eine Bibliothek zahlreiche Blöcke für die verschiedensten Aufgaben zur Verfügung; beispielsweise Blöcke für Grundrechenoperationen oder zum Kapseln von Teilmodellen. Durch das Kapseln von Teilmodellen entstehen auf diese Weise hochkomplexe Modelle, die tausende und mehr Blöcke umfassen können.

Variable Fahrzeugfunktionen auf der einen Seite und modellbasierte Softwareentwicklung auf der anderen Seite erfordern insbesondere bei Verwendung von Simulink spezielle Konzepte (s. Abb. 2):

1. Will man variable Funktionen in Simulink modellieren, muss betrachtet werden, wie diese Funktionen systematisch in ein

Simulink-Modell eingebracht und konfiguriert werden können. Speziell erweiterte Simulink-Blöcke sind notwendig, um eine Auswahl alternativer und optionaler Funktionen zu ermöglichen.

2. In einem Modell, welches zehntausende Blöcke umfasst, sind variable Funktionen nur schwer erkennbar. Eine geeignete Darstellung der Variabilität ist gerade im Rahmen der Weiterentwicklung von Modellen und einer effizienten Zusammenarbeit zwischen Automobilherstellern und Zulieferern unabdingbar. Merkmalmodelle stellen Variabilität prägnant in Form alternativer, optionaler oder obligatorischer Merkmale dar.
3. Die Definition von Regeln, wie Merkmale mit Variationspunkten in Simulink verknüpft sind, ermöglicht die Darstellung von Abhängigkeiten. Durch die Auswahl von Merkmalen können gültige Konfigurationen von Simulink-Modellvarianten automatisiert erzeugt werden.

Die obigen Konzepte stellen einen Ansatz dar für einen systematischen Umgang mit Variabilität in Simulink und ermöglichen auf diese Weise die Qualität modellbasierter Software weiter zu verbessern. Durch die Konzepte werden die variablen Funktionen im Simulink-Modell explizit sichtbar; die Definition von Regeln ermöglicht das Auffinden von Widersprüchlichkeiten sowie eine automatisierte Konfiguration gültiger Modellvarianten.

Das Profil der Hochschule Reutlingen

Unser Profil

Die Hochschule Reutlingen ist eine der führenden Hochschulen für eine internationale und unternehmensnahe akademische Ausbildung.

Dank der gelebten Internationalität, einer konsequent leistungs- und praxisorientierten Ausrichtung und einer engen Zusammenarbeit mit der Wirtschaft genießt die Hochschule im In- und Ausland einen exzellenten Ruf. Das spiegelt sich auch in Rankings und Umfragen unter Personalverantwortlichen von großen Unternehmen wider.

Sie bescheinigen der Hochschule ein hohes Niveau ihrer Studiengänge und eine hervorragende wissenschaftliche Ausbildung. So haben beispielsweise die Fakultät ESB Business School und der Studiengang Wirtschaftsinformatik 2011 erneut Spitzenplätze im bundesweiten Ranking der Wirtschaftswoche und beim CHE-Ranking erzielt. Zudem ist die Hochschule vom Deutschen Akademischen Austauschdienst und dem Stifterverband für die deutsche Wissenschaft zur „internationalen Hochschule“ gewählt worden.

40 Bachelor- und Master-Studiengänge

Die Hochschule Reutlingen bietet in den fünf Fakultäten Angewandte Chemie, ESB Business School, Informatik, Technik, Textil & Design 40 Bachelor- und Master-Studiengänge an. Rund 130 Professorinnen und Professoren sowie zahlreiche Lehrbeauftragte sorgen für eine umfassende Ausbildung der rund 4.300 Studierenden. Die Forschung wird im „Reutlingen Research Institute“ gebündelt, das nationale und internationale Forschungsprojekte in sechs Themengebieten bearbeitet. Die Stiftung „Knowledge Foundation“ bietet berufsbegleitende Kurse und Seminare für eine hoch qualifizierte Aus- und Weiterbildung an. So stellt sich die Hochschule ihrer Aufgabe, lebenslanges Lernen zu ermöglichen. Die Vielfalt der Disziplinen und Fachgebiete eröffnet gute Möglichkeiten für ein fächerübergreifendes Arbeiten.

Durch die enge Verbindung von Wissenschaft und Praxis fließen zudem aktuelle Fragestellungen und Entwicklungen aus Wirtschaft und Gesellschaft unmittelbar in die Lehrinhalte ein. Sehr gute Kontakte zur Industrie, zu global agierenden Großunternehmen genauso wie zu leistungsstarken Mittelständlern, ermöglichen es den Studierenden, bereits während des Studiums künftige Arbeitgeber kennenzulernen. So steht dem Einstieg in den Beruf nichts im Wege.



Foto: Hochschule/Scheuring

Moderne Hochschule mit langer Tradition

Gegründet wurde die Hochschule Reutlingen im Jahr 1855 als Webschule. Bereits damals gab es Studierende aus dem Ausland und daran hat sich bis heute nichts geändert. Die Hochschule ist eine internationale Begegnungsstätte, in der mehr als 80 Nationalitäten lernen. Rund ein Viertel der Studierenden kommt aus dem Ausland und wird von einer der 130 Partner-Hochschulen aus allen Erdteilen entsandt. Im Gegenzug gehen beinahe ebenso viele Studierende der Hochschule Reutlingen ins Ausland. Internationale Doppelabschlüsse sind zudem in vielen Studiengängen möglich.

Studieren auf dem Hohbuch-Campus

Der Hochschul-Campus liegt am Rande von Reutlingen im Stadtteil Hohbuch und vereint auf einem überschaubaren Raum alle Einrichtungen und Fakultäten, die Mensa und vier Studentenwohnheime.

Die Fakultäten und ihre Studiengänge:

- **Angewandte Chemie:** Angewandte Chemie, Umweltschutz, Biomedizinwissenschaften (ab WS 2011/2012)
- **ESB Business School:** Internationale BWL, Wirtschaftsingenieurwesen
- **Informatik:** Wirtschaftsinformatik, Medien- und Kommunikationsinformatik, Medizinisch-Technische Informatik (ab WS 2011/2012)
- **Technik:** Maschinenbau, Mechatronik, Leistungs- und Mikroelektronik, Internationales Projektengineeringwesen, Reutlinger Modell
- **Textil & Design:** Textildesign/Modedesign, Textiltechnologie/Textilmanagement, Transportation Interior Design, International Fashion Retail

Kontakt:

Hochschule Reutlingen
 Alteburgstraße 150, 72762 Reutlingen
 Telefon: 07121 271-0
 E-Mail: info@reutlingen-university.de
 Internet: www.reutlingen-university.de



Fotos: Hochschule/Scheuring

Expertenliste

Dipl. Ing. (FH) Rainer Alex

- Polymere Verfahrenstechnik und Produktentwicklung

Prof. Dr. Eckhard Ammann

- Supply Chain Management
- Service-oriented and Business Intelligence
- Wissensmanagement
- Virtuelle Systeme
- Innovation Management and Compliance
- IT-Strategy
- Serviceorientierte Architekturen (SOA) und Service Component Architecture (SCA)

Prof. Dr. Karl Armbruster

- Mechatronische Systeme
- Bildverarbeitung

Prof. Dr. Harald Augustin

- Logistik
- Supply Chain Management
- Factory Lifecycle Management
- Lean Management
- Virtual Engineering / Simulation
- Collaborative Virtual Environments

Prof. Dr. Hans-Peter Baumeister

- E-Learning
- Knowledge Management
- e-Learning
- Regional Economic Sustainability and University Learning and Teaching Strategies

Prof. Dr. Christoph Binder

- Management Accounting & Control

Prof. Dr. Carl-Martin Bell

- Membrantechnologie

Prof. Dr. Dietmar Bönke

- Eco-Management
- Intelligent Manufacturing
- Supply Chain Management
- Innovative Dienstleistungen
- Knowledge Management
- Enterprise Performance Management and Business Intelligence
- Intercultural Cooperation
- Virtuelle Marktplätze
- Virtual Reality / Simulation
- Dienstleistungsmanagement
- IT-Security
- Software and Data Engineering

- Collaborative Virtual Environments
- Serviceorientierte Architekturen und Geschäftsprozesse

Prof. Harald Dallmann

- Technische Textilien
- Textile Prüftechnik
- Qualitätsmanagement

Prof. Dr. Wolfgang Echelmeyer

- Automatisierung logistischer Prozesse/Robotik
- Bilderkennung/Bildverarbeitung
- Telematik
- Systementwicklung/integration
- Prozessgestaltung, Prozessoptimierung

Prof. Wolfgang Frühauf

- Fahrsimulation
- Energieeffizienz
- Adaptive Regelungssysteme

Prof. Dr. Joerg Fuß

- Internationales Marketing
- Industriegüter-Marketing
- Spezialitäten: Osteuropa, China

Prof. Michael Goretzky

- Transportation Interior Design

Prof. Dr. Gerhard Gruhler

- Fahrzeugkommunikationssysteme und intelligente Fahrzeugkomponenten
- Intelligent Manufacturing
- Teleservice und Telematik in der Produktion
- Produktplattformstrategien
- Innovationen gegen Produktpiraterie
- E-Learning
- Virtuelle Systeme

Prof. Dr. Roland Heger

- Wettbewerbsanalyse
- Internationale Marktforschung
- Internationale Beschaffung

Prof. Dr. Bodo Herzog

- Makroökonomik, insbesondere Geld- und Fiskalpolitik
- Quantitative Wirtschaftspolitik, insbesondere Finanzmärkte und Steuern
- Mathematische Finanzökonomik (Option Pricing), insbesondere Econophysics
- Industrieökonomik, insbesondere dynamische Marktprozesse
- Neuroeconomics

Prof. Dr. Julia Hormuth

- Interkulturelles Wissens- und Erfahrungsmanagement
- Konzepte und Instrumente der internationalen Personalentwicklung
- Interkulturelle Trainingsmethoden und Alternativen zum Training
- Cultural Due Diligence und Post Merger Integration
- Diversity Management im Unternehmen
- Wirtschafts- und Unternehmenskommunikation

Prof. Dr. Andreas Kandelbauer

- Verbundwerkstoffe
- Biobased Materials
- Biotransformations
- Grenzflächen/Oberflächen
- Beschichtung

Prof. Dr. Rudolf Kessler

- Prozessanalytik, -steuerung und -optimierung
- Bioanalytik
- Biorefinery

Prof. Peter Kleine-Möllhoff

- Industrielle Ökologie
- Energie- und Stoffstrommanagement

Prof. Dr. Uwe Kloos

- Virtual Reality/Simulation
- Biomedizinische Informatik
- Collaborative Virtual Environments

Prof. Dr. Robert Kohler

- Faserverbundwerkstoffe/Leichtbauteile
- Advanced Materials

Prof. Dr. Hermann Lassleben

- Innovation und multikulturelle Teams

Prof. Dr. Fritz Laux

- Service-oriented and Business Intelligence
- Software and Data Engineering

Prof. Andrea Lipp

- Transportation Interior Design

Prof. Dr. Günter Lorenz

- Reaktive Extrusion (REX)

Prof. Angela Maier

- Computersimulation von Bekleidung
- Internationale Größensysteme/Maßtabelle

Dipl. Ing. (FH) Kai Nebel

- Textile Verfahrenstechnik und Produktentwicklung
- Nachwachsende Faserrohstoffe
- Textilveredelung
- Vliesstoffe

Prof. Dr. Gerd Nufer

- Internationale Marktforschung
- Marketing – Kommunikation
- Sportmarketing und -management
- Eventmarketing und -management
- Sponsoring und Ambush Marketing
- Relationship Marketing
- Marketing below the line, Guerilla Marketing
- Consulting

Prof. Dr. Albrecht Oehler

- Hochgeschwindigkeits-Datennetze
- Messtechnik und Simulation für Kommunikationsnetze
- Elektromagnetische Verträglichkeit

Prof. Dr. Manuchehr Parvizinia

- Strömungssimulation
- Energieeffizienz

Prof. Dr. Martin Pfost

- Charakterisierung, Modellierung und Optimierung der elektrischen und thermischen Eigenschaften von Leistungshalbleitern
- Bestimmung und Verbesserung ihrer Robustheit und Lebensdauer

Prof. Dr. Thomas Reibetanz

- Digital Factory
- Fertigungsplanung
- Materialflusssimulation

Prof. Dr. Carsten Rennhak

- Kommunikationspolitik
- Kundenbindung
- Marktsegmentierung
- Unternehmensstrategie

Prof. Armin Roth

- Enterprise Performance Management and Business Intelligence

Prof. Dr. Jürgen Scheible

- Methoden zur Layoutautomatisierung
- Constraint-driven Design Flow

Prof. Brigitte Scheufele

- Design und Gestaltung mit innovativen Materialien, Farbe, Materialität und menschliche Wahrnehmung
- Zielgruppenorientierte Produktentwicklung und zielgruppenspezifisches Design für die Bereiche Mobility (Transportation Interior Design) Living Interior und Fashion mit Schwerpunkt – Textil, Farb- und Oberflächengestaltung
- Innovationsmanagement in der Produktentwicklung für die Bereiche Mobility, (Transportation Interior) Living – Interior und Fashion
- Positionierung von Marken durch Design

Prof. Dr. Richard Schilling

- Oberflächen – Bearbeitung, Reinigung und Pflege
- Ergonomie von Haushalts- und Industrieprodukten

Prof. Ulrich Schlienz

- Eco-Management
- Energiegewinnung aus Biomasse
- Energieeffizienz
- Photovoltaik + Regenerative Energien
- Messtechnik und Simulation für Kommunikationsnetze
- Elektromagnetische Verträglichkeit

Prof. Dr. Martin Schmollinger

- Intelligent Manufacturing
- Supply Chain Management
- Innovative Dienstleistungen
- Knowledge Management
- IT-Strategy
- Virtuelle Marktplätze
- Software and Data Engineering
- Serviceorientierte Architekturen und Geschäftsprozesse

Prof. Dr. Ottmar Schneck

- International Finances

Prof. Dr. Gernot Schullerus

- Antriebstechnik
- Steuerungstechnik

Prof. Dr. Juergen Schwager

- Echtzeit Kommunikationssysteme (insbesondere Real-Time Ethernet)
- Funkkommunikation
- Fahrerlose Transportsysteme

Prof. Dr. Stephan Seiter

- Innovation und Arbeitsmarkt
- Technological Progress - Growth – Business Cycle
- Regional Labour Markets and Competitiveness

Prof. Rolf Steinbuch

- Strukturmechanische Optimierung

Prof. Dr. Bernd Thomas

- Energiegewinnung aus Biomasse
- Energieeffizienz
- Blockheizkraftwerke (BHKW)
- Dezentrale Energiesysteme

Prof. Dr. Ahmet Ünal

- Gestrickte und gewirkte technische Textilien

Prof. Dr. Detlef Vogt

- Corporate Governance

Prof. Dr. Ursula Voss

- Software für eingebettete Systeme
- Test von Software und softwarebasierten Systemen

Prof. Dr. Jens Weiland

- Programmier- und Modellierungssprachen
- Software Architekturen eingebetteter Systeme
- Software Engineering

Prof. Dr. Bernhard Wicht

- Integrierte Schaltungen im Bereich Power Management
- Spannungswandler, Leistungsschalter, Motoransteuerung
- Sensor-Interface
- Energieeffizienz
- Low-Power, ESD
- Elektromagnetische Verträglichkeit

Prof. Dr. Alfred Zimmermann

- e-Learning
- IT-Strategy
- Virtuelle Marktplätze
- Biomedizinische Informatik
- Dienstleistungsmanagement
- Virtual Engineering
- Software and Data Engineering
- Collaborative Virtual Environments
- Serviceorientierte Architekturen und Geschäftsprozesse

IMPRESSUM

Herausgegeben in Zusammenarbeit mit der Hochschule Reutlingen. Änderungswünsche, Anregungen und Ergänzungen für die nächste Auflage dieser Broschüre nimmt die Hochschule Reutlingen entgegen. Titel, Umschlaggestaltung sowie Art und Anordnung des

Inhalts sind zugunsten des jeweiligen Inhabers dieser Rechte urheberrechtlich geschützt. Nachdruck und Übersetzungen in Print und Online sind – auch auszugsweise – nicht gestattet.
Fotos:
Titel: Collage Katalina Maleiet

Collagen Seiten 6, 10, 14, 38, 42, 46: Sophie Wagner und Pia Buck
Restliche Fotos: Hochschule Reutlingen, privat
Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
Hochschule Reutlingen, Tel. +49(0)7121 271-0
info@reutlingen-university.de
www.reutlingen-university.de

■ PUBLIKATIONEN ■ INTERNET ■ KARTOGRAFIE ■ CITYAPP



mediaprint infoverlag gmbh
Lechstraße 2, D-86415 Mering
Tel. +49 (0) 8233 384-0
Fax +49 (0) 8233 384-103
info@mediaprint.info
www.mediaprint.info
www.alles-deutschland.de

72764063 / 1. Auflage / 2011

Organisation RRI und Kontakt

Vizepräsident Forschung	Prof. Dr. Gerhard Gruhler Telefon: 07121 271-7048, -7042 E-Mail: Gerhard.Gruhler@Reutlingen-University.de
Institutsleitung	Prof. Dr. Bernd Thomas Telefon: 07121 271-7043, -1401 E-Mail: Bernd.Thomas@Reutlingen-University.de Prof. Dr. Stephan Seiter Telefon: 07121 271-3008 E-Mail: Stephan.Seiter@Reutlingen-University.de
Sekretariat	Margarethe Pfenning Telefon: 07121 271-1401 E-Mail: Margarethe.Pfenning@Reutlingen-University.de
Finanzwesen, Kaufmännische Leitung	Dipl. Verw. Wirtin (FH) Kerstin.Kuhn Telefon: 07121 271-1402 E-Mail: Kerstin.Kuhn@Reutlingen-University.de
Finanzen, Controlling	Dipl.Ökonomin Stephanie Zamoryn Telefon: 07121 271-1405
Projektkoordination, Projektberatung Ansprechpartner für die Forschungsschwerpunkte	Dipl. Ing. (FH) Martin Tubach Telefon: 07121 271-1400 E-Mail: Martin.Tubach@Reutlingen-University.de
<ul style="list-style-type: none"> • Innovationsmanagement • Internationales Management 	
Polymere Verfahrens- und Produktentwicklung Ansprechpartner für die Forschungsschwerpunkte	Dipl. Ing. (FH) Rainer Alex Telefon: 07121 271-1414 E-Mail: Rainer.Alex@Reutlingen-University.de
<ul style="list-style-type: none"> • Intelligente Produkte • Information und Kommunikation 	
Öffentlichkeitsarbeit Textile Verfahrens- und Produktentwicklung Ansprechpartner für die Forschungsschwerpunkte	Dipl. Ing. (FH) Kai Nebel Telefon: 07121 271-1415 E-Mail: Kai.Nebel@Reutlingen-University.de
<ul style="list-style-type: none"> • Mobilität • Nachhaltigkeit 	



Prof. Dr. Bernd Thomas, Kerstin Kuhn, Margarethe Pfenning, Martin Tubach, Stephanie Zamoryn, Rainer Alex, Kai Nebel, Prof. Dr. Stephan Seiter (v.l.)

Foto: Hochschule/Holst



MARCCAIN

Marc Cain Collections