



HOCHSCHULE KONSTANZ TECHNIK, WIRTSCHAFT UND GESTALTUNG  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

AUSGABE 2008/2009 ISSN 1619-9812



# FORUM

Das Forschungsmagazin der Hochschule Konstanz





# Steigen Sie ein.

Und die ganze Welt will was von Ihnen.

Jede Innovation ist erst einmal Kopfsache. Deshalb schaffen wir für junge Hochschulabsolventen und berufserfahrene Professionals ein Klima, das neues Denken fördert. In unserer Unternehmenszentrale in Liechtenstein sowie an unseren internationalen Standorten können wir gemeinsam Ideen und Visionen für die automobiler Zukunft entwickeln - und mit der Kraft eines großen Konzerns weltweit umsetzen. Komponenten und Systeme von ThyssenKrupp Presta sind bei allen führenden Automobilherstellern im Einsatz.

Starten Sie bei uns und leisten Sie Ihren Beitrag für Fahrzeuge, die ein Höchstmaß an Sicherheit und Wirtschaftlichkeit bieten. Setzen Sie Impulse für bessere Autos. Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung.

ThyssenKrupp Presta AG, 9492 Eschen, Fürstentum Liechtenstein  
[www.thyssenkrupp-presta.com](http://www.thyssenkrupp-presta.com)

## ThyssenKrupp Presta

Ein Unternehmen von ThyssenKrupp Technologies



**ThyssenKrupp**

## HOCHSCHULE KONSTANZ

<b>VORWORT</b>	<b>4</b>
<i>Gunter Voigt, Horst Werkle und Andreas Burger</i>	

<b>TECHNOLOGIETRANSFER: ELEKTRONISCHER HOCHSPANNUNGS-STOSS-STROM-GENERATOR FÜR EIN STOSSWELLEN-THERAPIEGERÄT IN DER HUMANMEDIZIN</b>	<b>6</b>
<i>Sebastian Franz und Manfred Gekeler</i>	

<b>STUDIENANGEBOT</b>	<b>12</b>
-----------------------	-----------

<b>EXPERTEN</b>	<b>13</b>
<i>Expertenprofile der Professorinnen und Professoren</i>	

## TECHNIK

<b>BÜRO EFFIZIENZ. WECHSELSEITIGE WIRKUNG VON SCHALL, LICHT UND WÄRME AUF DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT</b>	<b>26</b>
<i>Bernd Jödicke, Jörg Haller, Herwig Baumgartner, Anna Huber, Horst Drotleff, Roman Wack, Andreas Liebl, Jürgen Hellbrück, Sabine Schlittmeier und Jochen Renz</i>	

<b>QUANTITATIVE MODELLE UND SIMULATION ZUR PROZESS-VERBESSERUNG IN DER SOFTWAREENTWICKLUNG</b>	<b>30</b>
<i>Thomas Birkhölzer, Christoph Dickmann und Harald Klein</i>	

<b>WEB 2.0 UND SOCIAL SOFTWARE</b>	<b>38</b>
<i>Oliver Haase, Wolfgang Reiser und Jürgen Wäsch</i>	

<b>TECHNOLOGISCHE GRUNDLAGEN VON RICH INTERNET APPLICATIONS</b>	<b>44</b>
<i>Oliver Haase, Wolfgang Reiser, Jürgen Wäsch</i>	

<b>MEASURING SOFTWARE PERFORMANCE OF LARGE BUSINESS APPLICATIONS: AN ANALYSIS USING SAP CRM AS AN EXAMPLE</b>	<b>50</b>
<i>Roman Sauber und Jürgen Wäsch</i>	

<b>JOI — EINE JAVA-SPRACHERWEITERUNG ZUR REDUZIERUNG VON CODEABHÄNGIGKEITEN</b>	<b>54</b>
<i>Heiko von Drachenfels, Oliver Haase und Robert Walter</i>	

<b>HYBRID POWERTRAINS OF ROAD VEHICLES – IMPACT ON TRANSMISSIONS</b>	<b>58</b>
<i>Michael Butsch</i>	

<b>KORROSIONSPRÜFUNG AN NICHTROSTENDEN STÄHLEN FÜR DEN EINSATZ IN PKW – ABGASANLAGEN</b>	<b>64</b>
<i>Paul Gümpel und Cristina Hoffmann</i>	

<b>OPTISCHE ABSTANDS- UND WINKELMESSUNG UND ANWENDUNGEN IN DER MESSTECHNIK</b>	<b>70</b>
<i>Claus Braxmaier, Thilo Schuldt und Martin Gohlke</i>	

<b>IMPROVEMENT OF DRIED PRODUCTS' QUALITY VIA SURFACE TEMPERATURE CONTROL</b>	<b>78</b>
<i>Barbara Sturm und Werner Hofacker</i>	

## WIRTSCHAFT

<b>STRATEGISCHE FÜHRUNGSSYSTEME UND DIE STEUERUNG VON EXPERTENNETZWERKEN – RELEVANZBASIERTES WISSENS-MANAGEMENT ALS ANSATZ MIT ERFOLGREICHER UMSETZUNG</b>	<b>82</b>
<i>Guido Baltés, Martin Drees und Felix Rademacher</i>	

<b>TOTAL COST OF OWNERSHIP FÜR INVESTITIONSGÜTER</b>	<b>90</b>
<i>Stefan Schweiger</i>	

<b>DIE WIRKUNG VON BEZIEHUNGEN</b>	<b>94</b>
<i>Leo Schubert</i>	

## HOCHSCHULE KONSTANZ

<b>PROJEKTE</b>	<b>102</b>
-----------------	------------

## IMPRESSUM

**HERAUSGEBER:**  
Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung  
Vizepräsident Forschung, Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt (v.i.S.d.LPrG.)  
www.htwg-konstanz.de ©Hochschule Konstanz

**REDAKTION:**  
Dipl.-Ing. FH Andreas Burger MBA, Referent für Forschung

**FOTOS:**  
Archiv, privat, Adrian Ciupuliga

**ANSCHRIFT:**  
HTWG FORUM, Hochschule Konstanz,  
Brauneggerstraße 55, D-78462 Konstanz,  
Tel. +49 (0)7531 206-325, Fax +49 (0)7531 206-436,  
burger@htwg-konstanz.de

**GESTALTUNG UND ANZEIGENVERWALTUNG:**  
bbv nuber visuelle kommunikation,  
Tägermoosstrasse 11, D-78462 Konstanz,  
Tel. +49 (0)7531 18047, Fax +49 (0)7531 18045  
nuber@bbv-design.com, www.bbv-design.com

**DRUCK UND WEITERVERARBEITUNG:**  
werk zwei GmbH,  
Max-Stromeyer-Straße 180, D-78462 Konstanz  
gedruckte Auflage: 5.000 Exemplare  
ISSN 1619-9812, Ausgabe 2008/2009  
Internetausgabe: ISSN 1611-3748

## VORWORT

*Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt, Vizepräsident Forschung*

*Prof. Dr.-Ing. Horst Werkle, Wissenschaftlicher Direktor des Instituts für Angewandte Forschung - IAF*

*Andreas Burger, Forschungsreferent*

„Die deutschen Fachhochschulen leisten angewandte Spitzenforschung.“ Mit diesen Eingangsworten beschreibt die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Dr. Annette Schavan, in einer soeben erschienenen Studie des Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung die angewandte Forschung der Fachhochschulen im Verbund mit der Wirtschaft. Wir freuen uns darüber und über die nachfolgende Feststellung: „Ihre Stärken in der angewandten Forschung, im Technologietransfer und in der forschungsnahen Qualifizierung des Nachwuchses haben die Fachhochschulen in den vergangenen Jahren deutlich ausgebaut.“

In einem zweijährigen Betrachtungszeitraum für ein FH-Forschungsförderungsprogramm des Bundes waren „mehr als 600 Unternehmen, darunter 430 kleine und mittlere Unternehmen, in die geförderten Projekte eingebunden, an mehr als 57 Prozent der Projekte sind Forschungspartner aus der jeweiligen Region beteiligt.“ Dabei sind über 80 Prozent der Projekte durch die Initiative und die Ideen der wissenschaftlichen Partner zustande gekommen; der weit überwiegende Teil der Kooperationsprojekte mit den Unternehmen ist also wissenschaftsgetrieben. Die Fachhochschulen schaffen den Spagat angewandte Spitzenforschung zu betreiben und gleichwohl regional verankert zu sein. Als der anwendungsorientierte Teil des deutschen Wissenschaftssystems, dessen wichtigste Akteure in jenem Teil wir Fachhochschulen sind, erfüllen wir in geradezu idealer Weise unsere Aufgaben: Die Hochschulen erkennen aus ihrem wissenschaftlichen Tun heraus Probleme von Unternehmen, suchen die Kooperation und erforschen kollaborativ brauchbare, umsetzbare und wirtschaftlich sinnvolle Lösungen.

Die Beschreibung der Bundesministerin trifft exakt auch auf die HTWG Konstanz zu. Wir sind überdurchschnittlich an den fachhochschulspezifischen Programmen des BMBF beteiligt, zahlreiche der in diesem HTWG-FORUM vorgestellten Projektergebnisse stammen aus BMBF-geförderten Projekten. In den von der EU, dem Land Baden-Württemberg und weiteren Bundesministerien geförderten Forschungsprojekten aller Fakultäten der Hochschule in den Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften wie in der Gestaltung sind fast immer Unternehmen beteiligt. Darüber hinaus ist eine erhebliche Zahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter in Projekten der Auftragsforschung ohne öffentliche Förderung beschäftigt.

Wir danken allen, die das Erscheinen dieses Magazins ermöglichten, für ihre Unterstützung und wünschen den Leserinnen und Lesern eine anregende Lektüre.

# WIR SUCHEN HOCHSCHULABSOLVENTEN/ -ABSOLVENTINNEN

Astrium, eine 100-prozentige Tochtergesellschaft der EADS, ist spezialisiert auf zivile und militärische Raumfahrtssysteme. Im Jahr 2007 erreichte Astrium einen Umsatz von 3,5 Milliarden € und beschäftigte rund 12.000 Mitarbeiter in Frankreich, Deutschland, Großbritannien, Spanien und den Niederlanden. Das Kerngeschäft gliedert sich in drei Bereiche: Astrium Space Transportation für Trägerraketen und Weltraum-Infrastrukturen, Astrium Satellites für Satelliten und Bodensegmente sowie die 100-prozentige Tochter Astrium Services für die Entwicklung und Lieferung satellitenbasierter Dienstleistungen.

EADS ist ein global führender Anbieter in der Luft- und Raumfahrt, im Verteidigungsgeschäft und den dazugehörigen Dienstleistungen. Im Jahr 2007 lag der Umsatz bei rund 39,1 Milliarden €, die Zahl der Mitarbeiter bei mehr als 116.000.

Wir suchen kreative Mitarbeiter, die bereit sind, anspruchsvolle Aufgaben zu übernehmen und die im Team über ihre Fachaufgaben hinausblicken. Sie sollen das im Studium erlangte Wissen bei der Entwicklung von Raumfahrzeugen anwenden und erweitern.

#### Relevante Studiengänge:

- Elektrotechnik & Informationstechnik
- Informatik
- Maschinenbau
- Wirtschaftswissenschaft

#### Mögliche Studienschwerpunkte:

- Nachrichten- & Kommunikationstechnik
- Elektrische Energietechnik
- Automatisierungs- & Informationstechnik
- Wirtschaftsingenieurwesen
- Systems Engineering
- Mechatronik

Freude an der Arbeit in einem international orientierten Umfeld, Lernbereitschaft und gute englische und evtl. französische Sprachkenntnisse sind für uns ebenso selbstverständlich wie Eigenmotivation, Kundenorientierung und Ehrgeiz.

Suchen Sie eine Aufgabe mit Freiräumen und Gestaltungsmöglichkeiten? Dann liegt es an Ihnen, sich mit uns in Verbindung zu setzen. Die aktuell offenen Stellen finden sie unter:

<http://www.astrium.eads.net/careers-de>

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!

Bitte bewerben Sie sich über unser E-Recruiting-Tool.

Astrium GmbH  
Personalabteilung  
88039 Friedrichshafen

[www.astrium.eads.net](http://www.astrium.eads.net)

All the space you need



# ELEKTRONISCHER HOCHSPANNUNGS-STOSSSTROM-GENERATOR FÜR EIN STOSSWELLEN-THERAPIEGERÄT IN DER HUMANMEDIZIN

Sebastian Franz und Manfred Gekeler



**DIPL.-ING. (FH) SEBASTIAN FRANZ** studierte Elektrotechnik und Informationstechnik an der HTWG

Konstanz. Im Rahmen seiner Diplomarbeit an der HTWG entwickelte und fertigte er den Prototypen eines Elektronischen Hochspannungs-Stoßstrom-Generators (EHSG), der in einem Therapiegerät der Fa. MTS Europe GmbH zum Einsatz kommen wird.



**PROF. DR.-ING. MANFRED GEKELER** vertritt an der HTWG Konstanz die Lehrgebiete

Leistungselektronik und elektrische Antriebe in Forschung und Lehre.

MTS Europe GmbH mit Sitz in Konstanz am Bodensee entwickelt und fertigt seit mehr als 10 Jahren Stoßwellentherapie-systeme, die weltweit in den Bereichen Orthopädie, Dermatologie, Traumatologie, Urologie und Veterinärmedizin eingesetzt werden. Seit 2004 gehört MTS Europe GmbH zur Tissue Regeneration Technologies (TRT), Atlanta, U.S.A., die eine intensive Forschungsarbeit für zahlreiche neue Einsatzgebiete der Stoßwellentherapie fördert.

Was hat ein Nierenstein mit elektrischem Strom zu tun? Wie passt elektrische Hochspannung mit empfindlicher Elektronik zusammen? Gehört das Ganze denn nun zur Medizin, zur Hochspannungstechnik oder zur Elektronik? Der folgende Beitrag beschreibt ein Projekt im Grenzbereich zwischen diesen Disziplinen.

## 1 EINFÜHRUNG

Nierensteine sind äußerst schmerzhafte Ablagerungen von Harnstein, die bis vor nicht allzu langer Zeit oft aufwendig operativ entfernt werden mussten. Seit einigen Jahren gibt es die nicht-invasive Methode der Extrakorporalen Stoßwellentherapie (ESWT) zur Nierensteinzertrümmerung (Lithotripsie, ESWL). Dazu wird außerhalb des menschlichen Körpers in einem Therapiekopf (Abb. 1a) eine so genannte Stoßwelle (Shock wave – eine akustische Druckwelle mit sehr kurzer Dauer, jedoch extrem hohen Drücken) – erzeugt. Der Therapiekopf wird auf den menschlichen Körper aufgesetzt. Die Stoßwellen dringen flächig in den Körper ein und werden durch die elliptische Formgebung des Therapiekopfes auf den Nierenstein fokussiert. Sie werden mehrfach pro Sekunde wiederholt und „zermürben“ den Nierenstein, dessen Reste dann auf natürlichem Weg ausgeschieden wer-



ABB. 1A: DER THERAPIEKOPF FÜR DIE EXTRAKORPORALE STOSSWELLEN-THERAPIE IN DER ORTHOPÄDIE UND DERMATOLOGIE WIRD AUF DEN MENSCHLICHEN KÖRPER AUFGESETZT.

den. Auch bei anderen Indikationen aus den Bereichen Orthopädie, Dermatologie, Traumatologie und Urologie kann die Stoßwellentherapie erfolgreich eingesetzt werden, wobei hier mit niedrigeren Dosierungen die Initiierung von Selbstheilungskräften des Körpers im Zentrum der Therapie steht.

## 2 ELEKTROHYDRAULISCHE STOSSWELLENERZEUGUNG

Die Erzeugung geeigneter Stoßwellen ist technologisch höchst anspruchsvoll. Bei diesen akustischen Wellen sind sehr hohe Drücke im Bereich bis zu 100 Mega-Pascal bei extrem kurzen Anstiegszeiten im Bereich weniger Nanosekunden erforderlich. Besonders wirksam ist die elektrohydraulische Methode [1]. Dabei werden im Therapiekopf leistungsstarke elektrische Funkenüberschläge ausgelöst, ähnlich wie dies bei der Zündkerze eines Ottomotors geschieht. Die erforderlichen Werte der Leistung, der elektrischen Spannung und des Stroms liegen jedoch sehr viel höher. Zur Erzeugung ausreichender Stoßwellen werden elektrische Energiespeicher (Kondensatoren) auf Hochspannung (ca. 5.000 bis 25.000 Volt) aufgeladen und mit Strömen von ca. 5.000 Ampere in weniger als einer Millionstel Sekunde entladen. Abbildung 1b verdeutlicht das Funktionsprinzip.

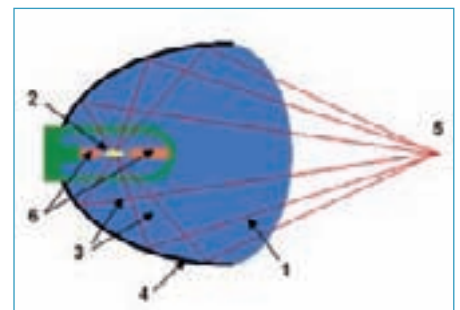


ABB. 1B: PRINZIPIELLER AUFBAU DES THERAPIEKOPFES: EIN ELEKTRISCHER FUNKE (2) ERZEUGT IN EINEM WASSERBAD (1) EINE AKUSTISCHE DRUCKWELLE (3), DIE DURCH EINEN ELLIPSOIDSPIEGEL (4) AUF EINEN PUNKT (5) INNERHALB DES MENSCHLICHEN KÖRPERS FOKUSSIERT WIRD.

### 3 STAND DER TECHNIK

Derzeit gibt es 2 Funktionsprinzipien am Markt: die direkte und die indirekte Methode. Bei der direkten Methode wird ein Hochspannungskondensator CS auf die gewünschte Spannung von ca. 5.000 bis 25.000 Volt aufgeladen. Dieser geladene Energiespeicher wird dann über einen Schalter S auf die Funkenstrecke im Therapiekopf geschaltet. Der so entstehende Funkenüberschlag löst die Stoßwelle aus (Abb. 2).

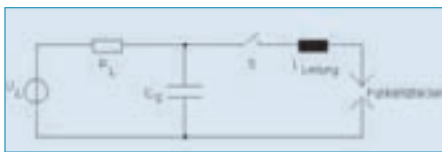


ABB. 2: BEI DER DIREKTEN METHODE DER ELEKTROHYDRAULISCHEN STOSSWELLENERZEUGUNG WIRD EIN AUF HOCHSPANNUNG AUFGE LadENER STOSSKONDENSATOR CS ÜBER EINEN SCHALTER S UND DIE FUNKENSTRECKE IM THERAPIEKOPF ENTLADEN UND ERZEUGT SO DIE STOSSWELLE.

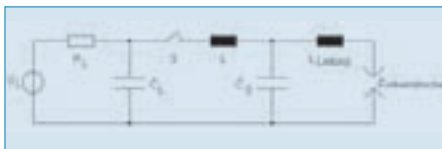


ABB. 3A: BEI DER INDIREKTEN METHODE DER ELEKTROHYDRAULISCHEN STOSSWELLENERZEUGUNG WIRD ZUNÄCHST EIN ERSTER VORLADKONDENSATOR CL AUF HOCHSPANNUNG AUFGE LadEN. MIT DEM SCHLIESSEN DES SCHALTERS S BILDET SICH EIN SCHWINGKREIS.

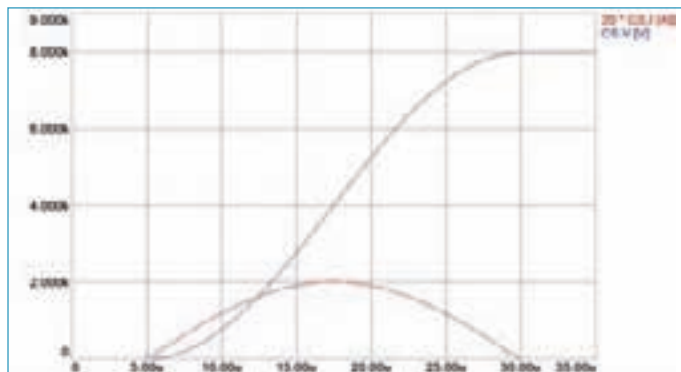


ABB. 3B: DIE SPANNUNG (BLAU DARGESTELLT) AM STOSSKONDENSATOR CS SCHWINGT DABEI IN 25 MIKROSEKUNDEN VON NULL AUF CA. 8.000 VOLT AUF.

Der wesentliche Nachteil dieser Methode liegt darin, dass an den Schalter extreme Anforderungen zu stellen sind. Er muss zunächst im gesperrten Zustand eine Hochspannung von bis zu 25.000 Volt sperren können. Dann muss er in der extrem kurzen Zeit von Bruchteilen einer Millionstel Sekunde durchschalten und dabei einen Stoßstrom von ca. 5.000 Ampere führen. Diese Anforderungen können nur mit einem Vakuumschalter, einem so genannten Thyatron oder „spark gap“ erfüllt werden. Diese Bauelemente sind jedoch nicht nur sehr teuer, sie sind auch verschleißbehaftet und müssen nach einer gewissen Anzahl von Stoßwellen ersetzt werden. Zudem sind sie nuklearwaffentauglich, was Restriktionen im Exportgeschäft zur Folge hat.

Diesbezüglich stellt die indirekte Methode einen Fortschritt dar (Abb. 3a). Dabei wird zunächst wiederum ein Hochspannungskondensator CL auf Hochspannung aufgeladen. Dieser wird jedoch mittels eines Schalters S nicht direkt auf die Funkenstrecke geschaltet. Mit dem Schließen dieses Schalters bildet sich ein so genannter elektrischer Schwingkreis, der aus einer Spule L, dem Kondensator CL und einem zweiten Hochspannungskondensator CS besteht. Dieser zweite Kondensator CS lädt sich dann innerhalb von ca. 25 Mikrosekunden von Null auf die gewünschte Hochspannung auf (Abb. 3b), und die Funkenstrecke zündet.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass die Anforderungen an den Schalter deutlich geringer sind. Er muss zwar immer noch die Hochspannung sperren können, jedoch fließt über ihn nur noch ein vergleichsweise moderater Strom von einigen hundert Ampere. Deshalb kann ein Halbleiterschalter, ein so genannter Thyristor, verwendet werden. Dieser ist zwar nicht verschleißbehaftet. Die indirekte Methode weist jedoch immer noch zwei Nachteile auf: Der Thyristor ist in der erforderlichen Hochspannungsausführung immer noch sehr teuer. Außerdem werden zwei Hochspannungskondensatoren CL und CS benötigt gegenüber nur einem bei der direkten Methode.

### 4 DER NEUE ELEKTRONISCHE HOCHSPANNUNGS-STOSSSTROM-GENERATOR (EHSG)

Es stellt sich die Frage, ob das Ganze denn nicht einfacher und preisgünstiger zu machen ist. Braucht man denn beispielsweise unbedingt die sehr teuren und schwer zu beziehenden Hochspannungskomponenten, die nur von wenigen Herstellern angeboten werden?

Prinzipiell können die Hochspannungskomponenten aus Abb. 3a durch eine Vielzahl in Reihe geschalteter Niederspannungsbauelementen (hierunter werden im Folgenden Elektronikbauelemente der Spannungsklas-

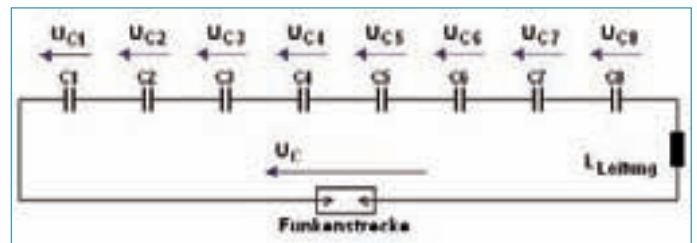


ABB. 4: DIE REIHENSCHALTUNG VON ACHT KONDENSATOREN ZU JE 1.000 VOLT ERGIBT DIE BENÖTIGTE GESAMTSPANNUNG VON 8.000 VOLT.

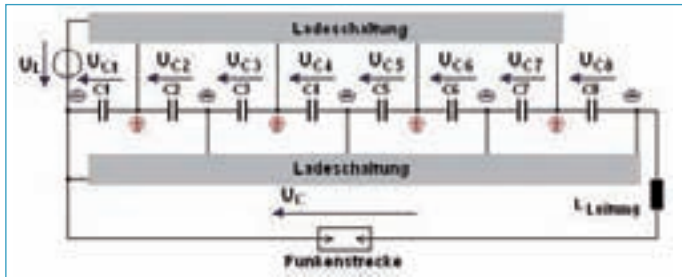


Abb. 5: Die Stosskondensatoren des neuen Elektronischen Hochspannungs-Stoßstrom-Generators (EHSG) werden zunächst mit jeweils entgegengesetzter Polarität auf je ca. 1.000 Volt aufgeladen

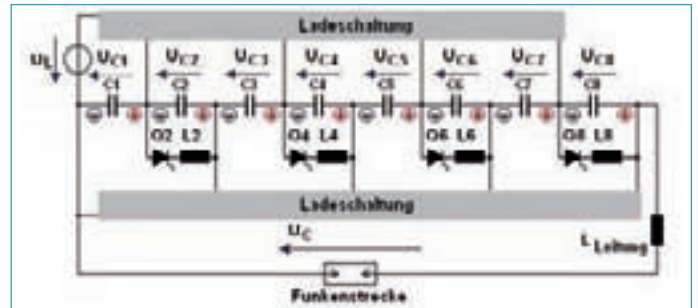


Abb. 6: Schaltung des neuen EHSG. Die Hälfte der Stosskondensatoren wird mit Hilfe der Umschwingkreise umgeladen. Es entsteht eine Spannung von 8.000 V

se ca. 1.000 bis 1.400 Volt verstanden) ausgetauscht werden. So kann man beispielsweise einen Hochspannungskondensator für 8.000 Volt durch eine Reihenschaltung von 8 Kondensatoren für je 1.000 Volt ersetzen (Abb. 4). Gleiches gilt für den Hochspannungsthyristor, der durch eine Reihenschaltung von 8 Thyristoren für je 1.000 V ersetzt werden kann.

Bringt das Vorteile? Die Anzahl der zu montierenden und zu verdrahtenden Bauelemente wird durch dieses Prinzip erheblich vergrößert. Dennoch ergibt sich ein beachtlicher Kostenvorteil, denn die Niederspannungsbaulemente werden für einen sehr großen Markt in erheblichen Stückzahlen gefertigt und sind entsprechend preisgünstig. Durch die Vielzahl von Herstellern entfällt die Abhängigkeit von wenigen Lieferanten. Die Fertigung ist kein Problem, da diese Bauelemente mit standardisierten Fertigungsmethoden auf Leiterplatten aufgelötet werden.

Ist das schon alles? Nun, nur mit diesem Ersatz hätte man noch nicht allzu viel gewonnen. Der Ersatz der Hochspannungskomponenten durch eine Vielzahl von Niederspannungsbaulementen bietet jedoch zusätzlich völlig neue innovative Möglichkeiten.

## 5 FUNKTIONSWEISE DES ELEKTRONISCHEN HOCHSPANNUNGS-STOßSTROM-GENERATORS (EHSG)

Wie in Abb. 5 dargestellt, geht der neue

Elektronische Hochspannungs-Stoßstrom-Generator von der in Abb. 4 gezeigten Reihenschaltung von Niedervolt-Kondensatoren aus.

Eine wesentliche Besonderheit liegt in der Art, wie die Kondensatoren aufgeladen werden. Die Ladeschaltung ist so gestaltet, dass in einem ersten Schritt aufeinanderfolgende Kondensatoren auf jeweils unterschiedliche Polarität aufgeladen werden (Abb. 5). Dies hat zur Folge, dass in den Kondensatoren zwar die gesamte für die Bildung der Stoßwelle erforderliche Energie gespeichert ist, an der Funkenstrecke sich die Spannungen jedoch zu Null addieren. Damit findet keine Entladung über das Wasser des Therapiekopfes statt.

Um nun den Funkenüberschlag einzuleiten, muss diejenige Hälfte der Kondensatoren, die sozusagen die falsche Polarität aufweisen, umgeladen werden. Dazu ist jedem zweiten Kondensator die Reihenschaltung eines Thyristors und einer Spule parallelgeschaltet (Abb. 6). In einem zweiten Schritt werden nun alle Thyristoren (Q2, 4, 6, 8) gleichzeitig gezündet. Jedem zweiten Kondensator wird damit eine Spule (L2, 4, 6, 8) zugeschaltet. Es entstehen Schwingkreise, in denen die Kondensatorspannungen auf die umgekehrte Polarität umschwingen. Nach dem Umschwingen ist der Vorgang zu Ende, denn die Thyristoren können in Rückwärtsrichtung keinen Strom führen.

Die insgesamt an der Funkenstrecke anliegende Spannung schwingt damit vom Wert Null auf einen sehr hohen Wert auf. Der Spannungsverlauf stimmt dabei mit dem in Abb. 3b dargestellten Verlauf überein (hier noch ohne den Funkenüberschlag im Therapiekopf dargestellt).

Im realen Stoßwellentherapiegerät wird nun der Abstand der Elektroden so eingestellt, dass der Funkenüberschlag kurz nach dem Erreichen des Spannungsmaximums stattfindet. Diese Einstellung des Elektrodenabstands erfolgt elektrisch innerhalb eines Regelkreises. Dazu wird der Spannungsverlauf an der Funkenstrecke messtechnisch erfasst und einem Regelkreis zugeführt, der die Elektroden mittels eines Elektromotors geeignet verstellt [2], [3].

Wenn nun die Funkenstrecke zündet, findet die gewünschte Entladung der Kondensatoren statt. Der Zeitverlauf des Stroms entspricht einer schwach gedämpften Sinusfunktion, wie in Abb. 7 zu erkennen ist. Der Grund für diese Schwingung liegt darin, dass die Kondensatoren mit der Induktivität der Verbindungsleitung zum Therapiekopf sowie der inneren Induktivität des EHSG einen Schwingkreis bilden.

Eine genauere Analyse dieses Zeitverlaufs, der Vorgänge in der Funkenstrecke und der Bildung der Stoßwelle im Therapiekopf führen weiter zu folgenden Erkenntnissen:

- Nur die erste Halbschwingung des Stoß-



stroms trägt zur Bildung der Stoßwelle bei.

- Diese erste Halbschwingung muss sehr kurz sein, damit die Stoßwelle den für den Therapiezweck erforderlichen Druck erreicht. Die Praxis zeigt, dass Werte um 1 Mikrosekunde geeignet sind.

- Um diesen extrem kurzen Wert zu erreichen, sind besondere Anforderungen an die Verbindungsleitung zum Therapiekopf und an den konstruktiven Aufbau des EHSG zu stellen:

- Die maximal zulässige Gesamtinduktivität darf den Wert von ca. 700 Nanohenry nicht überschreiten. Diese Gesamtinduktivität setzt sich zu ca. 70% aus der Induktivität der Verbindungsleitung zwischen EHSG und Therapiekopf und zu ca. 30% aus der inneren Induktivität des EHSG zusammen.

Der letztgenannte Punkt bedarf einer Erläuterung. Jeder elektrische Strom in einem elektrischen Leiter ist mit einem Magnetfeld verbunden. Ein Anstieg des Stroms ist somit mit einem Anstieg des damit verknüpften Magnetfelds verbunden. Der Zusammenhang wird durch die so genannte Induktivität ausgedrückt. Wichtig ist nun, dass durch diesen Effekt der gewünschte Stromanstieg verzögert wird. Ein handelsübliches Kabel mit einer Länge von nur ca. 2 Meter hat bereits eine derart große Leitungsinduktivität, dass der zur Erzeugung einer Stoßwelle erforderliche extrem rasche

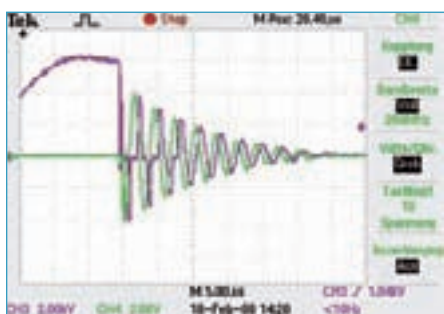


Abb. 7: MIT DEM ZÜNDEN DER FUNKENSTRECKE BEGINNT DER STOSSSTROM (GRÜN; BLAU IST DIE SPANNUNG DER KONDENSATOREN) ZU FLIESSEN. DIE AMPLITUDE DER ERSTEN HALBSCHWINGUNG BETRÄGT ÜBER 3.000 AMPERE, DIE DAUER LIEGT BEI 1 MIKROSEKUNDE.



Abb. 8: BLOCKSCHALTBILD DER LADESCHALTUNG

Stromanstieg (deutlich über 10.000 Amper pro Mikrosekunde) nicht mehr möglich ist. Deshalb sind Spezialkabel erforderlich, die zudem noch hochspannungsfest sein müssen. Dennoch weist ein 2 Meter langes Spezialkabel bereits eine Leitungsinduktivität von ca. 500 Nanohenry auf. Die innere Induktivität des EHSG darf somit nur noch ca. 200 Nanohenry betragen.

Dieser extrem niedrige Wert ist nur mit einer ausgeklügelten Konstruktion zu erreichen. Jeder einzelne der verwendeten Kondensatoren weist bereits eine Eigeninduktivität von ca. 20 Nanohenry auf. Erst durch eine geeignete antiparallele Anordnung heben sich die Magnetfelder teilweise wieder auf. Weiter führt die erforderliche induktivitätsarme Verschaltung der Kondensatoren zu sehr geringen Abständen zwischen den elektrischen Leitern – und gleichzeitig muss zwischen diesen eine Hochspannung im Bereich von 10.000 Volt sicher isoliert werden. Immerhin handelt es sich um ein Gerät der Medizintechnik, in der an die elektrische Sicherheit besondere Anforderungen gestellt werden. Der konstruktive Aufbau des EHSG war deshalb eine der besonderen Herausforderungen bei der Entwicklung und Konstruktion des EHSG.

## 6 DIE LADESCHALTUNG

Eine weitere wesentliche Herausforderung bei der Konstruktion des EHSG bestand in der Entwicklung der Ladeschaltung. Folgende teilweise widersprüchliche Anforderungen mussten dabei berücksichtigt werden:

- Die Ladespannung der Stoßkondensatoren von je 1.000 Volt muss in weniger als 100 Millisekunden erreicht werden.
- Die Ladung soll möglichst verlustarm erfolgen.
- Die Ladeschaltung soll äußerst robust und störungsempfindlich sein.
- Die prinzipbedingt nicht zu vermeidende „Rückspannung“, die während der Zündung der Funkenstrecke auf die Ladeschaltung rückwirkt, muss auf einen vertretbaren Wert reduziert werden.

Um alle Anforderung zu erfüllen wurde das folgende Ladekonzept entwickelt (Abb. 8): Ein kostengünstiger so genannter „Elektronik-Transformator“ (1), wie er zur Speisung von Halogenleuchten verwendet wird, erzeugt eine hochfrequente Wechselspannung von ca. 16 Volt. Diese Wechselspannung ist mit einem elektronischen Schalter (2) schaltbar. Ein kompakter Mittelfrequenz-Transformator (3) erzeugt an seinem Ausgang eine Spannung von ca. 250 Volt. Durch die Spannungsvervielfacher-Schaltung (4) wird die Ausgangsspannung des Mittelfrequenz-Transformators auf das Vierfache angehoben und gleichgerichtet. Das Ladenetzwerk (5) gewährleistet, dass die Stoßkondensatoren mit der richtigen Spannungspolarität „symmetrisch“ geladen werden. Der Stoßwellengenerator (6) hat den zuvor beschriebenen Aufbau. Das Element (7) stellt den Therapiekopf und die darin enthaltene Funkenstrecke dar. Die Ablaufsteuerung zur Ladung und Zündung übernimmt die Steuerung (8).



ABB. 9: LEISTUNGSTEIL DES NEUEN ELEKTRONISCHEN HOCHSPANNUNGS-STOSSSTROM-GENERATORS (EHSG)



ABB. 10: DIE IM RAHMEN DER DIPLOMARBEIT ENTWICKELTE LADESCHALTUNG IN GEÖFFNETEM ZUSTAND



ABB. 11: IN DIESES STOSSWELLEN-THERAPIEGERÄT DER FA. MTS EUROPE GMBH WERDEN DAS LEISTUNGSTEIL UND DIE LADESCHALTUNG DES NEUEN ELEKTRONISCHEN HOCHSPANNUNGS-STOSSSTROM-GENERATORS (EHSG) EINGEBAUT.

## 7 DAS PROJEKT

Dieser neuartige Elektronische Hochspannungs-Stoßstrom-Generator (EHSG) wurde zunächst von der HTWG Konstanz zum Patent angemeldet [4]. Eine aktuelle Fragestellung der renommierten und international tätigen Firma der Medizintechnik, MTS Europe GmbH aus Konstanz, initiierte das Projekt. Nach Abschluss einiger Verträge zur Nutzung dieser Technologie entstand zunächst ein erstes Funktionsmuster, das

den Nachweis der Funktionsfähigkeit erbrachte. Im Rahmen der Diplomarbeit von Sebastian Franz [5] wurde dann ein Prototyp erstellt, der von den Leistungsdaten, den mechanischen Abmessungen und den elektrischen Schnittstellen her so konzipiert ist, dass er in einem bestehenden Gerät, Orthowave 100, anstelle der bisherigen Hochspannungstechnik eingesetzt werden kann. Gleichzeitig wurde dabei das oben beschriebene Konzept der Ladeschaltung entwickelt und umgesetzt (Abb. 9 bis 11).

## 8 ERGEBNISSE

Gegenüber dem Stand der Technik konnten die folgenden Vorteile erzielt werden:

- Alle teuren Hochspannungskomponenten wurden durch kostengünstige „Niederspannungsbaulemente“ ersetzt („Niederspannung“ steht hier für den Spannungsbereich ca. 1.000 bis 1.400 Volt)
- Insbesondere wurde das in vielen aktuellen Stoßwellentherapiegeräten noch immer eingesetzte Thyatron, welches sehr teuer, verschleißbehaftet und zudem nuklearwaffentauglich ist, durch einfache preisgünstige Thyristoren ersetzt, wie sie in ähnlicher Form beispielsweise in Lichtdimmern verwendet werden.
- Die Ladeschaltung ist nur noch für den Spannungsbereich bis 1.000 Volt auszulegen. Es wurde eine Schaltung entwickelt, die bei einfachem Aufbau besonders energieeffizient arbeitet.
- Die für den Funkenüberschlag und damit die Bildung der Stoßwelle bereitgestellte Energiemenge kann mittels dieser Ladeschaltung gesteuert werden.
- Der Aufbau wurde modularisiert. Ein Modul besteht aus einer Leiterplatte und wenigen preisgünstigen Bauteilen. Es kann mit standardisierten Methoden kostengünstig gefertigt werden.
- Jedes Modul liefert eine Ausgangsspannung von ca. 2.000 Volt. Innerhalb eines jeden Moduls ist dies der höchste auftretende Spannungswert, was die Isola-

tionsabstände reduziert.

- Je nach benötigter maximaler Stoßspannung wird eine geeignete Anzahl dieser Module in Reihe geschaltet. Dies erleichtert die Logistik für die Fertigung einer Baureihe von Therapiegeräten mit unterschiedlichen Leistungsdaten.

## 9 AUSBLICK

Gemeinsam mit MTS Europe GmbH soll diese neuartige Technik auf weitere Therapiegeräte mit größeren Leistungen ausgeweitet werden. Dabei soll zusätzlich das weitere innovative Potential der Erfindung ausgelotet werden. So gibt es beispielsweise Überlegungen, die elektrische Verlustleistung und damit die in der Medizintechnik unerwünschte Erwärmung des Geräts drastisch zu senken. Ein Ansatz dazu besteht in der Rückgewinnung und Wiederverwendung nicht benötigter Energie. Nach einer ersten Berechnung lassen sich damit ca. 70% der Energie einsparen.

## LITERATUR

- [1] F. Rieber: Shock Wave Generator; US Patent 2,559,227, 1951
- [2] Ralf Reitmajer: System zur automatischen Einstellung des Elektrodenabstands einer Funkenstrecke bei elektrohydraulischen Stoßwellensystemen; Europ. Patentanmeldung EP 0 911 804 A2, 1998
- [3] Reiner Schultheiss: Vorrichtung und Verfahren zur optimierten elektrohydraulischen Druckpulserzeugung; Deutsches Patent DE 103 11 659 B4, 2003
- [4] Manfred Gekeler: Impulsspannungsgenerator sowie Stoßwellentherapievorrichtung mit einem Impulsspannungsgenerator; Deutsche Patentanmeldung Aktenzeichen 10 2007 046 902.2; September 2007
- [5] Sebastian Franz: Elektronischer Hochspannungs-Stoßstrom-Generator für ein Stoßwellen-Therapiegerät in der Humanmedizin; Diplomarbeit 2008, HTWG Konstanz

# Wieviel NIROSTA® braucht Ihr Leben?

Jede Pasta, jedes Hemd, jeder Drei-Tage-Bart, jede Heimfahrt – an NIROSTA® kommen Sie nicht vorbei. ThyssenKrupp Nirosta GmbH ist einer der führenden Hersteller von flachgewalzten Erzeugnissen aus nichtrostendem Stahl. Unser Werkstoff ist die Basis für Produkte vom Kochtopf bis zur Waschmaschine, vom Tankwagen bis zum Zug und vom Auspuff bis zur Entstaubungsanlage. Mit rd. 4.200 Mitarbeitern in fünf deutschen Städten erzielen wir einen Umsatz von ca. 3,75 Mrd. Euro.

Lust auf mehr NIROSTA®?

Informationen über unser Traineeprogramm, unsere Studienförderung, Praktika, Projektarbeiten oder Diplomarbeiten erhalten Sie bei:

**ThyssenKrupp Nirosta GmbH**

Personalentwicklung: Ulrike Fehr  
Oberschlesienstr. 16, 47807 Krefeld  
Tel. 02151/83-2126  
[www.nirosta.de](http://www.nirosta.de)

## ThyssenKrupp Nirosta

Ein Unternehmen von ThyssenKrupp Stainless



**ThyssenKrupp**

## BACHELOR-STUDIENGÄNGE

- > Architektur
- > Automobilinformationstechnik
- > Bauingenieurwesen
- > Betriebswirtschaftslehre
- > Elektrotechnik und Informationstechnik
- > Kommunikationsdesign
- > Maschinenbau/ Produktion
- > Maschinenbau/ Konstruktion und Entwicklung
- > Software-Engineering
- > Technische Informatik
- > Verfahrenstechnik und Umwelttechnik
- > Wirtschaftsinformatik
- > Wirtschaftsingenieurwesen Bau
- > Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau
- > Wirtschaftsingenieurwesen Elektro- und Informationstechnik
- > Wirtschaftssprachen Asien und Management/ Chinesisch
- > Wirtschaftssprachen Asien und Management/ Malaiisch
- > Wirtschaftssprachen Deutsch und Tourismusmanagement

## MASTER-STUDIENGÄNGE

- > Architektur
- > Asian-European Relations and Management
- > Automotiv Systems Engineering
- > Bauingenieurwesen
- > Business Information Technology
- > Elektrische Systeme
- > Informatik
- > Communication Systems Engineering
- > Kommunikationsdesign
- > Mechanical Engineering and International Sales Management
- > Mechatronik
- > Umwelt- und Verfahrenstechnik
- > Wirtschaftsingenieur Maschinenbau
- > Human Capital Management (MBA)
- > General Management (MBA)
- > Master of Business Communication (MBC)

## dunkermotoren advanced motion solutions

Nichts geht ohne Antrieb. Und ohne Menschen mit Leidenschaft dahinter. Deshalb suchen wir von Dunkermotoren engagierte, begeisterungsfähige junge Menschen.

Starten Sie Ihre Berufskarriere bei uns: Wir verbinden kurze Entscheidungswege mit den Vorteilen eines Weltkonzerns. Als ein modernes Unternehmen des Alcatel-Lucent Konzerns entwickeln und produzieren wir seit mehr als 55 Jahren innovative Antriebslösungen.



Wir bringen Leistung  
auf den Weg.

# Willkommen in der Dunker-Family

## Bewerben Sie sich als

Praktikant/in

Diplomand/in (Bachelor/Master)

Absolvent/in

Junge Menschen betreuen wir nicht nur umfassend, sondern fördern auch die Praxisnähe: An interessanten Projekten mitarbeiten zu dürfen, ist bei Dunkermotoren nicht nur den „alten Hasen“ vorbehalten. Denn wir arbeiten täglich und in allen Bereichen Hand in Hand. Das bedeutet gerade für unsere Nachwuchskräfte, schon früh Verantwortung zu übernehmen. Für den eigenen Aufgabenbereich – und darüber

hinaus. So legen wir gemeinsam den Grundstein für berufliche Karrieren.

Die Dunker-Family bietet aber noch mehr. Wir sind ein junges Team mit gutem Betriebsklima und attraktiven Einstiegsmöglichkeiten.

Interessiert? Dann freuen wir uns über Ihre Bewerbung! Jederzeit!

### Alcatel-Lucent Deutschland AG

Components Division · Dunkermotoren  
Allmendstr. 11 · 79848 Bonndorf  
[www.dunkermotoren.de](http://www.dunkermotoren.de)  
[online.bewerbung@dunkermotoren.com](mailto:online.bewerbung@dunkermotoren.com)

Alcatel-Lucent 



## ARCHITEKTUR UND GESTALTUNG

### PROF. ANDREAS BECHTOLD

**LEHRGEBIETE:** Timebased-Design, (Bewegtbild im Kommunikationsdesign): Filmtechnik, Drehbuch und Dramaturgie des Erzählens, Regie, Schnitt, Sounddesign und Filmgeschichte. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Anthropologie des Erzählens. Entwicklung eines nachhaltigen Lehrkonzeptes zur Vermittlung aktiver Medienkompetenzen (journalistisches Arbeiten, Konzeption und Umsetzung von TV-Formaten etc.) **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Drehbuchautor und Kinderbuchautor

Tel.: +49 (0)7531 3659272

e-Mail: bechtold@htwg-konstanz.de

### PROF. DR.-ING. IMMO BOYKEN

**LEHRGEBIETE:** Architekturgeschichte, Architekturtheorie, Bauaufnahme und Entwerfen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Forschungen zur Entstehung der modernen Architektur. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts, Bauaufnahme

Tel.: +49 (0)7531 206-199

e-Mail: boyken@htwg-konstanz.de

### PROF. CONSTANTIN BOYTSCHIEFF

**LEHRGEBIETE:** Digitale Medien und Architekturdarstellung. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Einsatz des Computers für die Planung, Integration von Umweltgesichtspunkten in die Planungstools, Erforschung und Entwicklung von Virtual-Reality-Systemen für die Planung, virtuelle Welten und Interaktionen (3-D-Cave vorhanden). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Virtual-Reality-Systeme, virtuelle Welten und Interaktionen

Tel.: +49 (0)7531 206-619

e-Mail: boytscheff@htwg-konstanz.de

### PROF. CENGIZ DICLELI

**LEHRGEBIETE:** Tragkonstruktionen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Geschichte des Ingenieurbaus. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Tragwerksentwurf

Tel.: +49 (0)7531 206-180

e-Mail: dicleli@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. VOLKER FRIEDRICH

**LEHRGEBIETE:** Kreatives Schreiben im Kommunikationsdesign, professionelles Schreiben, wissenschaftliches Schreiben, Rhetorik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Schreibrhetorik, Bild-Text-Wechselwirkungen, schriftliche Organisationskommunikation, Medientheorie. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Medienkonzeption, -produktentwicklung und -realisation

Tel.: +49 (0)7531 206-659

e-Mail: fried@htwg-konstanz.de

### PROF. MYRIAM GAUTSCHI

**LEHRGEBIETE:** Entwerfen, Innenraumgestaltung, Ausbautechnologie. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Raum-Wahrnehmung, Material und Raum, Licht und Raum, Charlotte Perriand.

Tel.: +49(0)7531-206 586

e-Mail: gautschi@htwg-konstanz.de

### PROF. JUDITH M. GRIESHABER

**LEHRGEBIETE:** Kommunikationsdesign und Mediadesign, analytisches Gestalten, experimentelles und konzeptionelles Gestalten, Ausstellungskonzeption und -design, Kommunikationsprogramme, Kultur und Kommunikation im öffentlichen Raum. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Anmutungs- und Wirkungsprofile interkulturell; Unternehmenskultur und -kommunikation im internationalen Kontext. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Durchführung von Seminaren zu Unternehmenskommunikation und -kultur, Corporate Identity, Massenkommunikation und Marketing

Tel.: +49 (0)7531 206-856

e-Mail: grieshaber@htwg-konstanz.de

### PROF. BERND JAHNKE

**LEHRGEBIETE:** Grundlagen Kommunikations-Design, Corporate Communication, Marketing, Diplombetreuung. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Corporate Communication. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Corporate Design, Corporate Communication, Analyse und Bewertung von Kommunikationsmitteln und -medien, Messe- und Ausstellungswesen, Orientierungs- und Leitsysteme, interaktive Systeme, Virtual Reality

Tel.: +49 (0)7531 206-850

e-Mail: jahnke@htwg-konstanz.de

### PROF. KARIN KAISER

**LEHRGEBIETE:** Kommunikationsdesign. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Knowledge Media Design, interdisziplinäre Arbeits- und Explorationsformen, visuelle Identitäten. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Editorial Design, Corporate Design, Interdisziplinäre Projekte (Knowledge Media Design, Environmental Design)

Tel.: +49 (0)7531 206-851

e-Mail: karin.kaiser@htwg-konstanz.de

### PROF. JOSEF LENZ

**LEHRGEBIETE:** Entwerfen (besonders Wohnungsbau, Museen), Baukonstruktion (besonders Niedrigenergiebauweise, Passivhaus-Standards). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Passivhaus-Entwicklung, Solartechnik, Ausstellungsdesign, Museumskonzepte

Tel.: +49 (0)7531 206-188

e-Mail: jos.lenz@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ROLF NEDDERMANN

**LEHRGEBIETE:** Baumanagement mit den Bereichen: Bauwirtschaft, Baubetrieb und -durchführung, Baukonstruktion **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Baukostenplanung, kostengünstiger Wohnungsbau, Kostenplanung im Altbaubereich, Kosten- und Leistungsrechnung für Architekten und Ingenieure, Fachveröffentlichungen, Fortbildungen

Tel.: +49 (0)7531 206-688

e-Mail: nedderma@htwg-konstanz.de

#### PROF. STEPHAN ROMERO

**LEHRGEBIETE:** Entwurf, Darstellung, Gestaltung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Gebäudeplanung, Stadtplanung, Objektplanung nach HOAI (alle Leistungsphasen)

Tel.: +49 (0)7531 206-196

e-Mail: romero@htwg-konstanz.de

#### PROF. LEONHARD SCHENK

**LEHRGEBIETE:** Städtebau und Entwerfen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Nachhaltigkeit im Städtebau, besonders: Innenentwicklung, Brachflächenrecycling (Reduzierung der Flächeninanspruchnahme); Alternative Wohnformen, z.B. Baugemeinschaftsmodelle; Zukunft der Bürgerstadt. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Stadtplanung (Auszeichnung: Deutscher Städtebaupreis 2001), Wohnungsbau, Landschaftsplanung

Tel.: +49 (0)7531 206-183

e-Mail: leonhard.schenk@htwg-konstanz.de

#### PROF. VALENTIN WORMBS

**LEHRGEBIETE:** Professur für Image-Design, konventionelle und digitale Fotografie und Bildgestaltung, Grundlagen der Fotografie und Fototechnik, Grundlagen Kommunikationsdesign. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Interdisziplinäre Untersuchungen von Bildräumen, Bild-Text-Wechselwirkungen, Medientheorie Bildwissenschaft, Bildrhetorik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Künstlerische Druckverfahren

Tel.: +49 (0)7531 3659271

e-Mail: wormbs@htwg-konstanz.de

#### BAUINGENIEURWESEN

##### Prof. Dr. Heiko Denk

**LEHRGEBIETE:** Massivbau und IT im Bauwesen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Intelligent Computing in Engineering, praxisgerechte Softwareentwicklung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Spannbetonbau, Stahlbetonbau, Brückenbau

Tel.: +49 (0)7531 206-205

e-Mail: denk@htwg-konstanz.de

##### Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Francke

**LEHRGEBIETE:** Stahlbau, Verbundbau und Ingenieurholzbau. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Brandschutztechnische Bemessung, Verbundbau, Stahlbau, Ingenieurholzbau, Stabilitätsprobleme (Biegedrillknicken, Plattenbeulen), Gesamtstabilität, Traglastuntersuchungen, statische und dynamische, lineare und nichtlineare Bemessung, Schockbelastungen, virtuelle Experimente und Simulation in der Lehre. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Brandschutztechnische Bemessung im Verbundbau, Industriehallen und Geschossbauten aus Holz, Stahl und Stahl-Beton-Verbund, Parkhäuser aus Stahl-Beton-Verbund, nichtlineare Berechnungen (Gesamtstabilität, Biegedrillknicken, Plattenbeulen), transiente Einwirkungen

Tel.: +49 (0)7531 206-217

e-Mail: francke@htwg-konstanz.de

##### PROF. DR.-ING. PETER HIRSCHMANN

**LEHRGEBIETE:** Wasserbau und Wasserwirtschaft, Hydromechanik/ Hydraulik, Ökologie und Raumplanung, Geo-Informationssysteme (GIS). **FORSCHUNGSGEBIETE:** Ökologischer Gewässerausbau, Retention, Strömung in Gewässern und Rohrleitungen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Wasserwirtschaftliche Planung, ökologischer Gewässerausbau, Wasser- und Baurecht einschl. Genehmigungsverfahren, Raumplanung, Hydraulik

Tel.: +49 (0)7531 206-219

e-Mail: hirschma@htwg-konstanz.de

##### PROF. DR. BERND JÖDICKE

**LEHRGEBIETE:** Physik, Lichttechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Lichttechnik/Beleuchtung (Tageslicht, Licht und Mensch, Messung von Licht). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Lichttechnik / Beleuchtung, Wärmeübertragungsmessung

Tel.: +49 (0)7531 206-345

e-Mail: joedicke@htwg-konstanz.de

##### PROF. DR. KLAUS-PETER MESSMER

**LEHRGEBIETE:** Technische Mechanik, Baustatik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Nichtlineare Berechnung von Platten- und Schalentragwerken. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Nichtlineare Berechnung von Platten- und Schalentragwerken

Tel.: +49 (0)7531 206-207, -212

e-Mail: messmerk@htwg-konstanz.de

##### PROF. DR. WOLFGANG REITMEIER

**LEHRGEBIETE:** Geotechnik (Grundbau, Bodenmechanik). **FORSCHUNGSGEBIETE:** Untergrundverbesserung mit Stabilisierungssäulen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Aufstehende und -schwimmende Gründungen in weichen Böden, Vermessung, Ausführung, Qualitätssicherung

Tel.: +49 (0)7531 206-224

e-Mail: reitmeier@htwg-konstanz.de



#### PROF. DR.-ING. SYLVIA STÜRMER

**LEHRGEBIETE:** Baustofftechnologie/Bauchemie, Bauphysik, Bauwerkserhaltung/Bauschadensanalyse/Denkmalpflege, Darstellende Geometrie. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Untersuchung und Bewertung mineralischer Baustoffe (auch historische Baustoffe), Baustoffe und Verfahren in der Bausanierung bzw. im Bautenschutz

Tel.: +49 (0)7531 206-225

e-Mail: stuermer@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. HORST WERKLE

**LEHRGEBIETE:** Baustatik und Baudynamik, Bauinformatik **FORSCHUNGSGEBIETE:** Finite-Element-Methode in der Tragwerksplanung, Bauwerks- und Bodendynamik, Engineering Desktop Systeme in der Tragwerksplanung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Finite-Element-Berechnungen, baulastdynamische Berechnungen, erdbebensicheres Bauen

Tel.: +49 (0)7531 206-211, -212

e-Mail: werkle@htwg-konstanz.de

#### PROF. FRANZ A. ZAHN, PH.D.

**LEHRGEBIETE:** Stahlbetonbau, Spannbetonbau, Betontechnologie **FORSCHUNGSGEBIETE:** Spannbeton, Verbundbau, Erdbebensicherung von Bauwerken. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Spannbeton, Verbundbau, Erdbebensicherung von Bauwerken

Tel.: +49 (0)7531 206-216

e-Mail: fzahn@htwg-konstanz.de

#### PROF. EBERHART ZOLLER

**LEHRGEBIETE:** Baubetrieb, Bauvertragswesen, Kalkulation, Projektsteuerung. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Schalungssysteme im Baubetrieb, Betonverschalung, Rationalisierung in der Bauwirtschaft, Auslandsbau. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Bauprojektplanung, Bauprojektsteuerung, Bauprojektkontrollen, Bauschadensanalysen, Baugutachten, Bauvorlageberechtigung, Ausbildungsberechtigung, Ausführungsberechtigung von statischen und konstruktiven Unterlagen

Tel.: +49 (0)7531 206-221

e-Mail: zoller@htwg-konstanz.de

## ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

#### PROF. DR.-ING. THOMAS BIRKHÖLZER

**LEHRGEBIETE:** Mathematik, Informatik, Software Engineering. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Entwurfsmuster für objektorientierte Software, Architektur von vernetzten IT-Systemen (speziell im Gesundheitswesen), wahrscheinlichkeitsbasierte Modellierung von Wissen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** IT Architektur (Entwurf z.B. UML und Umsetzung), Prozessmodellierung, Software-Management, Innovations-Management, Medizintechnik und IT-Systeme für das Gesundheitswesen, Entwurf von wahrscheinlichkeitsbasierten Diagnosesystemen

Tel.: +49 (0)7531 206-239

e-Mail: thomas.birkhoelzer@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. WILHELM FROMM

**LEHRGEBIETE:** Prozessautomatisierung, Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), Schutz- und Stationsleittechnik, Programmieren. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Schutz- und Stationsleittechnik (Automatisierung in Schaltanlagen). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Schutz- und Stationsleittechnik (Automatisierung in Schaltanlagen)

Tel.: +49 (0)7531 206-368

e-Mail: fromm@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. HARALD GEBHARD

**LEHRGEBIETE:** Kommunikations- und Medientechnik, Kommunikationsnetze, Elektronische Navigation und Positionierung. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Lokale GNSS-Dienste (GPS, GLONASS, GALILEO). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** IP-Protokolle und Netze, Echtzeit-Multimedia in IP-basierten Netzen, Echtzeitübertragung von GNSS-Daten in IP-basierte Netze

Tel.: +49 (0)7531 206-270

e-Mail: harald.gebhard@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. MANFRED GEKELER

**LEHRGEBIETE:** Leistungselektronik, elektrische Antriebstechnik, Energiewandlung. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Leistungselektronik, Power Factor Correction (PFC), Solarwechselrichter, Soft Switching, Vector Control. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Leistungselektronik, Power Factor Correction (PFC), Solarwechselrichter, Soft Switching, Vector Control, Stromrichter, Frequenzumrichter, Stromversorgungen, Schaltnetzteile (SMPS), Permanentmagnet-Motoren

Tel.: +49 (0)7531 206-220, -258

e-Mail: gekeler@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. WERNER KLEINHEMPEL

**LEHRGEBIETE:** Signalverarbeitung, Simulation, rechnergestützter Schaltungsentwurf. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Entwurf, Konzeption und Simulation von nachrichtentechnischen Systemen, Entwicklung von Verfahren der digitalen Signalverarbeitung (Filteralgorithmen, Verfahren zur Spektralanalyse, Multiraten-Signalverarbeitung), Entwurf und Realisierung digitaler Filter. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Entwurf, Konzeption und Realisierung der digitalen Signalverarbeitungs-komponenten von Funksystemen und von Radarsystemen  
Tel.: +49 (0)7531 206-260  
e-Mail: wkl@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ROBERT KREMER

**LEHRGEBIETE:** Analoge Signalverarbeitung, Hochfrequenztechnik, Mikrowellentechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** HF-Sensorik, Antennen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Kurzbereichsfunk, RADAR-Technik, Mikrowellen-Schattungstechnik, Mikrowellen-Messtechnik  
Tel.: +49 (0)7531 206-269  
e-Mail: kremer@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. RICHARD LEINER

**LEHRGEBIETE:** Mikrocontroller, CAE (analog). **FORSCHUNGSGEBIETE:** Steuerung, Regelung über Internet, „Virtuelle Labors“, Fernlehre, Telematik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** CAE (analog), Filterentwicklung (analog), Steuerung, Regelung mit Mikrocontroller, „Virtuelle Labors“  
Tel.: +49 (0)7531 206-244  
e-Mail: leiner@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. GABRIELE PREISSLER

**LEHRGEBIETE:** Mathematik und Informatik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Geometrie, insbesondere Differentialgeometrie (Möbius-Differentialgeometrie, klassische und Riemannsche Differentialgeometrie, Willmore-Flächen)  
Tel.: +49 (0)7531 206-265  
e-Mail: preissler@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. CHRISTIAN SCHAFFRIN

**LEHRGEBIETE:** Werkstoffe der Elektrotechnik, Elektrische Messtechnik, Erneuerbare Energiesysteme. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Multivalente Energiesysteme zur Strom- und Wärmeversorgung, Optimierung der Betriebsführung (Energiemanagement), Integrale Systemplanung für die Energieversorgung (Integration nachhaltiger Energieträger), betriebswirtschaftliche Systemoptimierung, Solarantriebe für Wasserfahrzeuge. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Solarelektrisch angetriebene Wasserfahrzeuge, multivalente Energieversorgungsanlagen (Strom und Wärme), Energiemanagement in Energieversorgungsanlagen, Wirtschaftlichkeitsberechnung für Energieversorgungsanlagen, Entwicklung von Simulationssoftware für Energiesysteme  
Tel.: +49 (0)7531 206-240, -248  
e-Mail: schaffrin@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. WOLFGANG SKUPIN

**LEHRGEBIETE:** Kommunikationstechnik, Mobilfunk, Mobilkommunikation, CDMA-Technik, GPS. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Wireless LANs, Mobiler Datenfunk, Verkehrsbelastungsszenarien (Kommunikationsverkehr). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Navigation/ Funknavigation/ SATNAV, CDMA-Systeme, Wireless LANs  
Tel.: +49 (0)7531 206-257  
e-Mail: skupin@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. PETER SLOWIG

**LEHRGEBIETE:** Kommunikationssysteme, Grundlagen Elektrotechnik, Technische Akustik, Informationstechnik für Fremdspracherwerb Chinesisch. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Computerlinguistik, maschinelle Übersetzung, Spracherkennung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Messtechnik, Technische Akustik, maschinelle und humansprachliche Übersetzung: Japanisch, Chinesisch, Russisch  
Tel.: +49 (0)7531 206- 543, +49 (0)7531 983615  
e-Mail: slowig@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. GUNTER VOIGT

**LEHRGEBIETE:** Hochspannungstechnik, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Energieübertragung und -verteilung, Messtechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Optimierung von Isolationssystemen, Methoden der Hochspannungsprüf- und messtechnik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Untersuchung von Isolationssystemen, Hochspannungsprüf- und Messtechnik  
Tel.: +49 (0)7531 206-510, -112  
e-Mail: gvoigt@htwg-konstanz.de





#### PROF. DR. KLAUS WEIGELT

**LEHRGEBIETE:** Elektrische Maschinen, Kraftwerkstechnik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Entwicklung von Spezialmaschinen, Sondermaschinen, Kraftwerksgeneratoren, Schaden- und Fehleranalysen, FE-Berechnungen (mechanisch, thermisch, magnetisch, elektrisch), Entwicklung von Anlagenmonitoringsystemen

Tel.: +49 (0)7531 206-245

e-Mail: weigelt@htwg-konstanz.de

#### INFORMATIK

#### PROF. DR. OLIVER BITTEL

**LEHRGEBIETE:** Programmierertechnik, Algorithmen und Datenstrukturen, KI-Programmierung, Neuronale Netze und Fuzzy Logic, Robotik.

**FORSCHUNGSGEBIETE:** Neuronale Netze und Fuzzy Logic, Mobile autonome Roboter. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Neuronale Netze und Fuzzy Logic, mobile autonome Roboter, insbesondere Einsatz von neuronalen Netzen und Fuzzy Logic in Navigationssystemen (GPS, Loran-C)

Tel.: +49 (0)7531 206-626

e-Mail: bittel@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. HEIKO VON DRACHENFELS

**LEHRGEBIETE:** Software-Entwicklung, Programmierertechnik (mit C++), Objektorientierte Systementwicklung (mit C++, Java, UML).

**FORSCHUNGSGEBIETE:** Produktivitätssteigerung in der Software-Entwicklung durch Standard-Architekturen und Entwurfsmuster, Software-Generierung, Fachsprachen, objektorientierte Renovierung von Altlasten. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Verteilte Systeme, Software-Architektur, Software-Engineering, 10 Jahre Praxiserfahrung damit in der Postautomatisierung

Tel.: +49 (0)7531 206-643

e-Mail: drachenfels@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. OLIVER ECK

**LEHRGEBIETE:** Datenbanksysteme, Systemmodellierung, Algorithmen und Datenstrukturen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Konzepte und Techniken moderner Datenbanksysteme, Wissensmodellierung.

**SPEZIELLES FACHWISSEN:** Datenbanksysteme, Softwaretechnik, Systemanalyse, Wissensbasierte Systeme, Ingenieursysteme

Tel.: +49 (0)7531 206-630

e-Mail: eck@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. WILHELM ERBEN

**LEHRGEBIETE:** Statistik, Logik (-programmierung), Metaheuristiken für Optimierungsprobleme, Data Mining. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Timetabling mit Hilfe Evolutionärer Algorithmen oder anderer Metaheuristiken. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Timetabling/ Scheduling, Metaheuristiken, Statistik mit Excel

Tel.: +49 (0)7531 206-507

e-Mail: erben@htwg-konstanz.de



## Wachsen?

Seit über 50 Jahren entwickeln wir als unabhängiges Familienunternehmen innovative Produkte und Dienstleistungen für die Prozessautomatisierung. Mit einer Vielfalt von Messgeräten, Systemen und Gesamtlösungen sind wir einer der weltweit führenden Anbieter. Dieses Wachstum ist der Erfolg unserer Mitarbeitenden. Sie bringen nicht nur aussergewöhnliche Fertigkeiten mit, sondern auch den Willen, miteinander Lösungen zu finden. Wenn Sie mit uns wachsen wollen, freuen wir uns darauf, Sie kennenzulernen.

Endress+Hauser  
Process Solutions AG  
Kägenstrasse 2  
4153 Reinach/BL1  
Schweiz

Telefon +41 61 715 77 00  
Fax +41 61 715 77 01  
info@solutions.endress.com  
www.endress.com

**Endress+Hauser**   
People for Process Automation

**PROF. DR. MATTHIAS FRANZ**

**LEHRGEBIETE:** Mustererkennung, Bildverarbeitung, Algorithmen und Datenstrukturen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Bildverarbeitung, maschinelles Lernen, kognitive Systeme, Steganalyse. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Bild- und Texturmodellierung, automatisches Design von Bildverarbeitungssystemen, Steganalyse in Bildern, maschinelles Lernen auf Bildern, Statistik natürlicher Szenen, optische Flussanalyse.  
Tel.: +49 (0)7531-206 633  
e-Mail: mfranz@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. JÜRGEN FREUDENBERGER**

**LEHRGEBIETE:** Kommunikationstechnik, Schaltungstechnik, Regelungstechnik, Multimedia. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Sprachsignalverarbeitung, Übertragungstechnik, Informations- und Codierungstheorie. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Mobilfunkstandards Bluetooth, GSM und UMTS, Simulationssoftware Matlab, Softwareentwicklung für DSP-Systeme, Freisprech- und Sprachbediensysteme, Kfz-Multimedia  
Tel.: +49 (0)7531 206-647  
e-Mail: jfreuden@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. HABIL. JÜRGEN GARLOFF**

**LEHRGEBIETE:** Analysis, Numerische Mathematik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Globale Optimierung, wissenschaftliches Rechnen mit automatischer Ergebnisverifikation, Matrix-Analysis, Numerische Lineare Algebra, robuste Stabilität. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Rundungsfehlerkontrolle, Matrix-Analysis, robuste Regelung, Polynomiale Gleichungs- und Ungleichungssysteme, restringierte globale Optimierung  
Tel.: +49 (0)7531 206-597, -627  
e-Mail: garloff@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. MICHAEL GRÜTZ**

**LEHRGEBIETE:** Betriebliche Systemanalyse / Systemplanung, Betriebliche Systemforschung / Operations Research / Logistik, Informationssysteme öffentlicher Betriebe (Krankenhaus-Informationssysteme) basierend auf einem Planspiel, Informationsmanagement, Projektmanagement. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Entwicklung EDV-gestützter Optimierungsmethoden und -modelle (Operations Research, Expertensysteme, Simulation), im Besonderen im Bereich Personaleinsatzplanung, Decision Support Systeme im Bereich Gesundheitsökonomie / Krankenhauswesen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Entwicklung einer rechnergestützten Lösung zur intelligenten Einsatzplanung für Auszubildende, Trainees und Praktikanten (Versetzungsplanung), Entwicklung eines Programmpaketes zur rechnergestützten Auswahl und Verwaltung von Bewerbern für Arbeitsplätze, Systemanalyse in einem mittelständischen Betrieb zur Automatisierung von Beschichtungsanlagen  
Tel.: +49 (0)7531 206-398, -502  
e-Mail: gruetz@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. OLIVER HAASE**

**LEHRGEBIETE:** Verteilte Systeme und Software Engineering. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Peer-To-Peer-Netze, automatische Software-Distribution. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Kommunikationsmiddleware, Java RMI, CORBA, Jini, Mobility, Peer-To-Peer-Infrastrukturen, Chord, Java Webstart  
Tel.: +49 (0)7531 206-720  
e-Mail: haase@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. ULRICH HEDTSTÜCK**

**LEHRGEBIETE:** Simulation, Algorithmen und Datenstrukturen, Theoretische Informatik, künstliche Intelligenz. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Simulation (Simulationssoftware für ereignisorientierte Simulationen, Virtual-Reality-Simulationen), Natural Language Processing. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Ereignisorientierte Simulation, Virtual-Reality-Systeme, Natural Language Processing, Expertensysteme  
Tel.: +49 (0)7531 206-508  
e-Mail: hdstueck@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. ELKE-DAGMAR HEINRICH**

**LEHRGEBIETE:** Mathematik, Statistik, Theoretische Informatik, graphische Algorithmen, Informations- und Codierungstheorie. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Entwicklung von Algorithmen, Gender Studies (Förderung des Technikinteresses). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Anwendung algebraischer Methoden, Einsatz von Computeralgebra  
Tel.: +49 (0)7531 206-343  
e-Mail: heinrich@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. CHRISTIAN JOHNER**

**LEHRGEBIETE:** Software- Engineering, Software-Qualitätssicherung, Software-Architekturen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Qualitätssicherung medizinischer Software, Datamining in der Medizin, Integration medizinischer Informationssysteme. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Medizinische Informatik, Software im Gesundheitswesen, Qualitätssicherung medizinischer Software  
Tel.: +49 (0)7531 206-597  
e-Mail: johner@htwg-konstanz.de





#### PROF. DR. RALF LEIBSCHER

**LEHRGEBIETE:** Rechner- und Systemarchitektur, Betriebssysteme, Rechnernetze, verteilte Systeme. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Verteilte Systeme, Internet-Anwendungen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** CORBA, Enterprise Java Beans, SAP-SW-Technologie (BAPIs, SAP-Internet-Anwendungen, ALE)

Tel.: +49 (0)7531 206-657

e-Mail: leibsch@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. MICHAEL MÄCHTEL

**LEHRGEBIETE:** Betriebssysteme, Realzeitsysteme und Embedded Systems. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Latenzzeiten in Realzeitbetriebssystemen, Low Power Scheduling. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Realzeitsysteme, Realzeitbetriebssysteme, Embedded Systems

Tel.: +49 (0)7531 206-632

e-Mail: maechte@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. REINER MARTIN

**LEHRGEBIETE:** IT-Projektmanagement und Teamarbeit, Produktionslogistik (PPS). **FORSCHUNGSGEBIETE:** Einführung und Nutzung unternehmensweiter Informationssysteme (ERP-Systeme). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** IT-Projektmanagement und Teamarbeit, Produktionslogistik

Tel.: +49 (0)7531 206-509

e-Mail: martin@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. JÜRGEN NEUSCHWANDER

**LEHRGEBIETE:** Integriertes Netz- und System-Management, Rechnersysteme, Sicherheit in der Informationstechnik, Digitaltechnik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Netzwerk-Management von Kommunikationsnetzen, Entwurf digitaler Steuerungen (einschl. Mikroprozessoren), informationstechnische Sicherheit (Sicherheit beim E-Commerce), Projekt-Management (Methoden und Durchführung)

Tel.: +49 (0)7531 206-648

e-Mail: juergen.neuschwander@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. HANS ALBRECHT SCHMID

**LEHRGEBIETE:** Software-Engineering, objektorientiertes Software-Engineering, Benutzeroberflächen, Realzeitsysteme. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Komponentenarchitekturen, Frameworks und Entwurfsmuster für verteilte technische und Business-Softwaresysteme, Web-Anwendungen für E-Business. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Komponentenarchitekturen, Frameworks und Entwurfsmuster für verteilte technische und Business-Softwaresysteme, Web-Anwendungen für E-Business

Tel.: +49 (0)7531 206-631

e-Mail: schmidha@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. JÜRGEN WÄSCH

**LEHRGEBIETE:** E-Business Technologien und Anwendungen, Internet-Technologien/XML, Datenbanksysteme, verteilte Systeme/ Rechner- und Systemarchitekturen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Effizientes E-Business für kleine und mittelständische Unternehmen, Service-orientierte Architekturen und Webservice Technologien für unternehmensübergreifendes Geschäftsprozessmanagement und -optimierung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** E-Business-Standards und -Systeme, Business-to-Business Integration, ERP-Integration/ EAI; Web-Technologien, XML & Co., Internet-Standards; Produktdatenmanagement, Produktklassifikation, elektronische Produktkataloge, Cross-Media Publishing, verschiedenste Datenbank-Systeme, -Technologien und -Anwendungen

Tel.: +49 (0)7531 206-502

e-Mail: waesch@htwg-konstanz.de

### MASCHINENBAU

#### PROF. DR. GUIDO BALTES

**LEHRGEBIETE:** Strategic Management, High-Tech Marketing, Business Planning. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Dynamische Führungssysteme (organisatorische Routinen und elektronisch-gestützte Plattformen zur strategischen Steuerung dynamischer inter- und intra-organisationaler Netzwerke). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Strategisches Management, Unternehmensführung und -finanzierung, Software-Projektmanagement, Software-Patentierung

Tel.: +49 (0)7531 206-310

e-Mail: baltess@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. UWE BEHRENDT

**LEHRGEBIETE:** Anlagentechnik, Prozessmaschinen, Projektmanagement, Mathematik, Innovationsmanagement. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Hochdruckprozesspumpen, Dosiertechnik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Prozesspumpen, Projektmanagement, Innovationsmanagement.

Tel.: +49(0)7531-206 326

e-Mail: behrendt@htwg-konstanz.de



#### PROF. HANS-PETER BLANK

**LEHRGEBIETE:** Mathematik, Qualitätsmanagement. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Qualitätsmanagement (Einführung von QM-Systemen, EFQM-Modell/Malcolm-Baldrige-Assessment u.a., Werkzeuge wie DOE/FMEA+FTA/QFD u.a., Q-Richtlinien in der EU, z.B. Maschinenrichtlinie u.a.m.). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Systemanalysen zur Automatisierungstechnik, Vorbereitung von Zertifizierungen  
Tel.: +49 (0)7531 206-288  
e-Mail: blank@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. PETER BLOHM

**LEHRGEBIETE:** Konstruktionslehre. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Anlagenbau, Walzwerkstechnik, Maschinenelemente. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Blechbearbeitung, Blechschneiden, Anlagenbau  
Tel.: +49 (0)7531 206-560  
e-Mail: blohm@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. CLAUS BRAXMAIER

**LEHRGEBIETE:** Fertigungsmesstechnik, Physik (optische & akustische Messtechnik), Regelungstechnik, Systems Engineering. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Optische Messtechnik und Sensorik, Optische Qualitätstechnik, 3D- Mess- und Digitalisierungssysteme, Messtechnische Systeme für die Raumfahrt. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** höchstauflösende Messtechnik; moderne Optik: Lasertechnik, Interferometrie; Inertiale Sensorik, Schwingungs- und Modalanalyse, fundamentale Tests der Physik, Raumfahrtsysteme.  
Tel.: +49(0)7531-206 348  
e-Mail: braxm@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. REINER BÜHRER

**LEHRGEBIETE:** Fördertechnik und technische Logistik, Materialflusstechnik, Technischer Vertrieb. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Materialfluss, Logistik und Fabrikplanung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Materialflusssuntersuchungen und Optimierung von Fabriken durch logistikgerechte Planung und Organisation.  
Tel.: +49(0)7531-206 161  
e-Mail: buehrer@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. MICHAEL BUTSCH

**LEHRGEBIETE:** Fahrzeugtechnik, Fahrzeuggetriebe. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Fahrzeuggetriebe, Antriebstechnik, Fahrzeugtechnik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Planetengetriebe, Fahrzeuggetriebe, Industriegetriebe  
Tel.: +49 (0)7531 206-390, -575  
e-Mail: butsch@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. ARNO DETTER

**LEHRGEBIETE:** Umwelttechnik und Chemie. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Industrielle Wasser- und Abwassertechnik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Membrantrennverfahren, Adsorptionsverfahren, Reaktionstechnik  
Tel.: +49 (0)7531 206-537  
e-Mail: detter@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. MARTIN DOMM

**LEHRGEBIETE:** Mathematik, Rechnungswesen / Kostenrechnung für Ingenieure, Produktivitätsmanagement, Automatisierungstechnik  
**Forschungsgebiete:** Produktionsrestrukturierung, Gruppenarbeit, KVP-Prozesse, Robotertechnik, Handhabungstechnik, Bildverarbeitung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Produktionsrestrukturierung, Gruppenarbeit, KVP-Prozesse; Robotertechnik, Handhabungstechnik, Bildverarbeitung, Produktionsmanagement  
Tel.: +49 (0)7531 206-277  
e-Mail: domm@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. KLAUS-DIETER DURST

**LEHRGEBIETE:** Messtechnik, Sensorik, Fertigungsmesstechnik, Physik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Sensortechnik, Akustik, exp. mechan. Spannungsanalyse (DMS-Technik), Messsignalerfassung, Signalanalyse, Programmierung von Messtechnik-Applikationen, Kalibriertechnik, Messstatistik, 3D-Koordinatenmesstechnik, interferometrische Messtechnik (Oberflächenmesstechnik)  
Tel.: +49 (0)7531 206-344  
e-Mail: durst@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. LUDWIG EICHER

**LEHRGEBIETE:** Thermodynamik, Wärmeübertragung, Strömungslehre. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Klimatechnik, insbesondere Luftfeuchtung und Wassermanagement, Thermalanalyse, Systems-Engineering im Raumfahrtbereich  
Tel.: +49 (0)7531 206-282  
e-Mail: eicher@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. RALF EISSLER

**LEHRGEBIETE:** Qualitätsmanagement, Produktionslogistik, Automatisierungstechnik, Statistik und Operations Research. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Qualitätsmanagement, Total Quality Management, Lean Production, Supply Chain Management. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Total Quality Management, Lean Production, Supply Chain Management.  
Tel.: +49(0)7531-206 323  
e-Mail: eissler@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. PAUL GÜMPEL

**LEHRGEBIETE:** Werkstoffkunde, Werkstoffprüfung, Korrosion und Oberflächentechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Mikrobiell induzierte Korrosion, Formgedächtnislegierungen, Korrosionsverhalten von NIRO-Stahl, Leistungsverhalten von Werkzeugen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Korrosionsverhalten von Stählen, nichtrostende Stähle, Werkzeugwerkstoffe, Verschleißverhalten von Werkstoffen  
Tel.: +49 (0)7531 206-316  
e-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. WERNER HOFACKER

**LEHRGEBIETE:** Thermische Verfahrenstechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Energietechnik (rationelle Energieverwendung, Erneuerbare Energien). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Energietechnik (rationelle Energieverwendung, Erneuerbare Energien), numerische Thermo- und Fluidodynamik, Simulationstechnik, thermische Stofftrennung  
Tel.: +49 (0)7531 206-593  
e-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. DR. HC. FLORIN IONESCU

**LEHRGEBIETE:** Höhere und angewandte Mathematik, Festigkeitslehre, Simulationstechnologien (Matlab/Simulink und MKS mit SolidDynamics), Hydraulik und Pneumatik, Maschinendynamik.. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Automatische Generierung von mathematischen Modellen, Modellierung und Simulation von Hydraulik- und Pneumatik Anlagen, nichtlineare Systeme; Mikro- und Nanorobotik; Fehlerdiagnose von Wälzlagern; MKS-Modellierung, Simulation und Regelung von Robotern und Großanlagen; Vision Robot Control; Empfindlichkeit der Kennwerte einer Großanlage/Large Scale Systems auf die Variation von örtlichen Parametern.. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Hydraulik, Pneumatik und hybride Grossanlagen: Mehrschleifige Modellierung, Simulation und Optimierung mit MKS (Mehr-Körper-Systeme), Matlab/Simulink, FEM-Berechnungen; Maschinendynamik: Modalanalyse, Optimierung, Fehlerbehebung; Robotik, Werkzeugmaschinen, zerspanende Werkzeuge.  
Tel.: +49(0)7531-206 320  
e-Mail: ionescu@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. PETER KUCHAR

**LEHRGEBIETE:** Technische Mechanik, Konstruktionslehre. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Kommunalmaschinen, Fahrzeugbau, Zwei- und Dreiradfahrzeuge, Fahrradprüfungen und Fahrradkomponenten-Prüfungen nach DIN 79100-2. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Kommunalmaschinen, Fahrzeugbau, Zwei- und Dreiradfahrzeuge, Fahrradprüfungen und Fahrradkomponenten-Prüfungen nach DIN 79100-2  
Tel.: +49 (0)7531 206-321  
e-Mail: kuchar@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. BURKHARD LEGE

**LEHRGEBIETE:** Konstruktionslehre, Maschinenelemente, CAD. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Schienenfahrzeugtechnik (im Aufbau). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Schienenfahrzeugtechnik, Automatisierung von Schienenfahrzeugen, Lokomotivbau, Fahrwerkberechnung, internationale Zulassungsanforderungen für Schienenfahrzeuge  
Tel.: +49 (0)7531 206-309  
e-Mail: lege@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ANDREAS LOHMBERG

**LEHRGEBIETE:** Strömungslehre, Strömungsmaschinen (Turbomaschinen), Strömungssimulationen (CFD). **FORSCHUNGSGEBIETE:** Strömungslehre, Strömungsmaschinen (Turbomaschinen), Strömungssimulationen (CFD). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Pumpen-, Verdichter- und Turbinenentwicklung, Computational Fluid Dynamics (CFD), numerische Strömungssimulation.  
Tel.: +49(0)7531-206 229  
e-Mail: lohmborg@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. CARSTEN MANZ

**LEHRGEBIETE:** Unternehmensführung, Projektmanagement, Industriegütermarketing, Werkstofftechnik (Kunststoffe). **FORSCHUNGSGEBIETE:** Strategisches Management, Innovationsmanagement, Technologiemanagement, Faserverbundwerkstoffe. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Projektmanagement, Unternehmensführung, Lasermaterialbearbeitung (Reinigen, Abtragen), Faserverbundtechnologie  
Tel.: +49 (0)7531 206-292  
e-Mail: manz@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ROLAND NÄGELE

**LEHRGEBIETE:** Steuerungstechnik, Regelungstechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Strukturierte SPS-Programmierung, PC-based control (Soft-SPS), Prüfstandsautomatisierung, Frequenzmessungen und Modellierung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Zustandsbeobachter, Model-based fault detection, Optimierung der Zuverlässigkeit (dependability), elektronische Schaltungen, komplexe Messdaten-Analyse, z.B. Sprungdetektion  
Tel.: +49 (0)7531 206-290, -276  
e-Mail: roland.naegele@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. ANTONIUS SAX

**LEHRGEBIETE:** Konstruktion / Konstruktionslehre, Werkzeugmaschinen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Verzahnungen / Getriebe  
Tel.: +49 (0)7531 206-279  
e-Mail: sax@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. UDO SCHELLING**

**LEHRGEBIETE:** Thermodynamik, Wärme- und Stoffübertragung, Energietechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Brennstoffzellen, Wasserstofftechnik.

Tel.: +49(0)7531-206 304

e-Mail: schell@htwg-konstanz.de

**PROF. DR.-ING. KLAUS SCHREINER**

**LEHRGEBIETE:** Verbrennungsmotoren, Kraft- und Arbeitsmaschinen, Mathematik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Biodiesel auf dem Bodensee, Gasmotoren auf dem Bodensee, Motordiagnose, Motorsimulation. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Motorsimulation, Motordiagnose, Verbrennungsentwicklung, Common-Rail

Tel.: +49 (0)7531 206-307

e-Mail: schreiner@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. PHILIPP STEIBLER**

**LEHRGEBIETE:** Technische Mechanik, Finite-Element-Methoden (FEM), Karosserietechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Finite-Element-Methoden. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Implementierung und Anwendung von Finite-Element-Methoden, mathematische und biologische Strukturoptimierung

Tel.: +49 (0)7531 206-727

e-Mail: steibler@htwg-konstanz.de

**PROF. DR.-ING. DIETER SCHWECHTEN**

**LEHRGEBIETE:** Mechanische Verfahrenstechnik, Abluftreinigung, Strömungslehre, Mehrphasenströmungen, Konstruktion von Apparaten der Pharma und Lebensmitteltechnik, Methoden der Verfahrenstechnik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Feststoffverfahrenstechnik, insbesondere Mahlen und Sichten, Herstellung und Veredelung feinsten Partikel, Online-Partikelmessungstechnik und Probenahme Sortiertechnik, Aufbereitung und Recycling, Konstruktion verfahrenstechnischer Apparate, CAD

Tel.: +49 (0)7531 206-535

e-Mail: schwechten@htwg-konstanz.de

**PROF. DR.-ING. ANDREAS WILLIGE**

**LEHRGEBIETE:** Fertigungstechnik, Werkstofftechnik, Oberflächentechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Schweißtechnik, Umformtechnik, Gießereitechnik, Oberflächentechnik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Schweißtechnik (Schweißfachingenieur und Europäischer Schweißfachingenieur), Umformtechnik, Gießereitechnik, Oberflächentechnik, Schadensanalyse (Sachverständiger)

Tel.: +49 (0)7531 206-283

e-Mail: willige@htwg-konstanz.de

**WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN**

**PROF. DR. JUR. RAINER BAKKER**

**LEHRGEBIETE:** Wirtschafts- und Gesellschaftsrecht, EU-Recht, Rechtsvergleichung, Konfliktmanagement/Alternative Dispute Resolution (ADR), Gewerblicher Rechtsschutz/Intellectual Property inklusive Medien- und Urheberrecht. **FORSCHUNGSGEBIETE:** ADR (Einsatz der Mediation und ähnlicher Verfahren im Wirtschaftsrecht), internationale Zuliefererverträge und Kooperationsverträge (F&E). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Gestaltung internationaler Zuliefererverträge, alternative Streitbeilegung, Rechtsfragen des e-commerce

Tel.: +49 (0)7531 206-426

e-Mail: bakker@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. JOCHEN BENZ**

**LEHRGEBIETE:** Logistik (insbes. Materialwirtschaft, Produktion, Simulation in der Logistik, IT-Systeme), Wirtschaftsinformatik, Allgemeine BWL. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Management Informationssysteme und Business Intelligence. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Management Informationssysteme und Business Intelligence, Simulation in der Logistik

Tel.: +49 (0)7531 206-125

e-Mail: benz@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. ANDREAS BERTSCH**

**LEHRGEBIETE:** Grundlagen der BWL, Finanzierung, Bilanzierung, Bilanzpolitik und Bilanzanalyse nach HGB und International Financial Reporting Standards (IFRS), Case Studies, Steuersysteme und Investitionsförderung. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Rechnungslegung nach HGB und IFRS, Risikomanagement, Unternehmensbesteuerung, Unternehmensbewertung, Unternehmensfinanzierung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Umstellung der Rechnungslegung von HGB auf IFRS, Bilanzierung von Finanzinstrumenten (Derivate und strukturierte Produkte), nach nationalen und internationalen Grundsätzen, Unternehmensbewertung, Risikomanagement bei Banken.

Tel.: +49 (0)7531 206-531

e-Mail: bertscha@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. RER. POL. JÖRG BEUTEL**

**LEHRGEBIETE:** Volkswirtschaftslehre, Umweltwissenschaften (Environmental economics), empirische Wirtschaftsforschung. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Input-Output-Analyse, europäische Regionalpolitik, Entwicklungsplanung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** National Accounts (Supply and use matrices, input-output-tables, capital stock data - Eurostat), European Structural Policies (Evaluierung der Europäischen Regionalpolitik - European Commission), Development Planning (Planungsministerium Saudi-Arabien)

Tel.: +49 (0)7531 206-251

e-Mail: beutel@htwg-konstanz.de

**PROF. PETER L. FRANKLIN**

**LEHRGEBIETE:** Courses on Intercultural Business and Management Communication, Current Research on Intercultural Business and Management Communication, Business Negotiation, Business Presentations, Business Writing, Business Terminology. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Curriculum and media development in intercultural business and management communication, Cross-cultural management and marketing communication, Language teaching  
Tel.: +49 (0)7531 206-396  
e-Mail: franklin@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. MICHAEL HADAMITZKY**

**LEHRGEBIETE:** Logistik, Supply Chain Management, Produktion. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Supply Chain Management in der Automobilindustrie, Einkaufsstrategien im Mittelstand, FuE-Benchmarking im Maschinen- und Anlagebau. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Logistik, Fertigungsoptimierung, Einkauf, Fabrikplanung, Restrukturierung, Innovationsmanagement  
Tel.: +49 (0)7531 206-341  
e-Mail: michael.hadamitzky@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. KONSTANTIN HASSEMER**

**LEHRGEBIETE:** Internationales Management, Supply Chain Management, Strategie und Kultur. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Strategie und Kultur, Supply Chain Management in developing economies. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Internationales Marketing, Beschaffungsmanagement  
Tel.: +49 (0)7531 206-331  
e-Mail: hassemer@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. OLAF HOFFMANN**

**LEHRGEBIETE:** Controlling, insb. Projektcontrolling, Rechnungswesen, Finanzierung & Investition. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Controlling von Finanzdienstleistern sowie Projektcontrolling. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Vernetzung zwischen Controllingkonzeption und IT-spezifischer Umsetzung, Bankencontrolling, Projektcontrolling  
Tel.: +49 (0)7531 206-655  
e-Mail: ohoff@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. KLAUS KOHLÖFFEL**

**LEHRGEBIETE:** Strategische Planung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Strategisches Management, internationale Strategieentwicklung, Coaching von Führungskräften  
Tel.: +49 (0)7531 206-407  
e-Mail: kohl@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. CHRISTIAN KREKELER**

**LEHRGEBIETE:** Deutsch als Fremdsprache, Fachsprache der Wirtschaft für Studierende des Studienkollegs. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Fremdsprachenunterricht, Computereinsatz im Fremdsprachenun-

terricht, Sprachtests. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Lehrerfortbildungen in der Moderationsmethode  
Tel.: +49 (0)7531 206-395  
e-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. ARTHUR KRÖNER**

**LEHRGEBIETE:** Buchführung und Jahresabschluss, Kosten- und Leistungsrechnung, Allgemeine bzw. Grundlagen der BWL, Existenzgründung, Controlling, Unternehmenskrisen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Unternehmensgründung, Kostenrechnung, (Prozesskostenrechnung), Zielsysteme. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Total Quality Management, Gastronomie  
Tel.: +49 (0)7531 206-550  
e-Mail: akroener@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. HEINZ MÜRDTER**

**LEHRGEBIETE:** Wirtschafts- und Finanzmathematik, Internationale Wirtschaftsbeziehungen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Theorie und Geschichte der Globalisierung, Ökonomik der Ölförderländer, New Systems Competition. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Modellierung und Simulation in Ökonomie und Demographie  
Tel.: +49 (0)7531 206-442  
e-Mail: muerdter@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. MANFRED POLLANZ**

**LEHRGEBIETE:** Betriebliches Rechnungswesen, Investition und Finanzierung, Geschäftsplanung und Unternehmensüberwachung, Internationale Rechnungslegung und Wirtschaftsprüfung, Management Consulting. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Risikoorientierter Prüfungsansatz, Risikomanagement, Risk Adjusted Balanced Scorecard, Internationale Rechnungslegung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Wirtschaftsprüfung, Unternehmensberatung, Internationale Rechnungslegung, KMU-Beratung  
Tel.: +49 (0)7531 206-682  
e-Mail: pollanz@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. BERND RICHTER**

**LEHRGEBIETE:** Allgemeine BWL, Organisation und Führung, Kommunikation. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Führung, Personal, Kommunikation  
Tel.: +49 (0)7531 206-333  
e-Mail: bwl@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. JAN-DIRK ROSCHE**

**LEHRGEBIETE:** Veranstaltungen im Themenbereich Personal, Organisation, Führung, Projekt-, Team- und Selbst-Management, Inhouse- und Outdoor-Veranstaltungen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Unternehmerisch orientierte Humancapital-, Leadership- und Organisationsentwicklung und -beratung, Orientierungs-/Assessment-

Center, Life- und Work-Planung, Coaching. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Tätigkeiten und Führungsaufgaben in international tätigen Konzernen der Chemie- und Automobilindustrie im klassischen Human Resources Management, Personalmarketing sowie innovativer und strategischer Personal- und Organisationsentwicklung, Beratungs- und Trainingserfahrung in Profit- und Non-Profit-Organisationen, Zusatzausbildungen in systemischer und gestaltpsychologischer Beratung und im Career Development  
Tel.: +49 (0)7531 206-403  
e-Mail: rosche@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. EDMUND SCHIFFELS

**LEHRGEBIETE:** Internationales Management, Controlling/Logistikcontrolling. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Unternehmensführung im internationalen Konzern, Finanzwesen/Controlling (Logistik), Sanierungsprojekte in kleinen Unternehmen  
Tel.: +49 (0)7531 206-338  
e-Mail: schiffel@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. LEO SCHUBERT

**LEHRGEBIETE:** Marketing, Statistik, Unternehmensforschung, Kreativität und Ideenmanagement, International Finance Markets. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Kapitalmarktforschung, Kundenzufriedenheitsforschung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Portfoliooptimierung, Multivariate Datenanalyse  
Tel.: +49 (0)7531 206-429  
e-Mail: schubert@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. STEFAN SCHWEIGER

**LEHRGEBIETE:** Allg. BWL mit Schwerpunkt industrielle Projektplanung und Prozessmanagement. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Supply Chain Management, Servicemanagement im Maschinen- und Anlagenbau. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Change Management, Projektmanagement, Logistik/SCM, Servicemanagement (Maschinen-/Anlagenbau)  
Tel.: +49 (0)7531 206-443  
e-Mail: schweiger@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. WERNER VOLZ

**LEHRGEBIETE:** Allgemeine BWL, insbesondere Finanzierung und Betriebswirtschaftliche Steuerlehre; Betreuer des Arbeitskreises „Unternehmensrechnung und Steuern“. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Finanzierung und Steuern, Internationale Rechnungslegung, insbesondere Rechnungslegung nach International Financial Reporting Standards (IFRS), Unternehmensnachfolge und Besteuerung sowie Fragen der grenzüberschreitenden Besteuerung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Umstellung der Rechnungslegung von Handelsrecht auf International Financial Reporting Standards in mittelständischen Unternehmen, Erarbeitung von Unternehmensnachfolgekon-

zepten, Erstellung von Unternehmenswertgutachten, Entwicklung von Wegzugsbesteuerungskonzepten in Niedrigsteuergelände (CH)  
Tel.: +49 (0)7531 206-405  
e-Mail: volz@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. HABIL. JOSEF WIELAND

**LEHRGEBIETE:** Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Wirtschafts- und Unternehmensethik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Theorie: (Internationale) Wirtschafts- und Unternehmensethik, Organisation und WerteManagement, neue Organisationsökonomik/Institutionalistische Theorie der Firma, Angewandte Ethik/Sozialethik, Unternehmenskultur und -kommunikation, Unternehmen und Gesellschaft, ökonomische Theoriegeschichte; Empirie: International vergleichende Forschung (Deutschland/USA/Russland) zur Entwicklung von Systemen des WerteManagements in Unternehmenskulturen; Organisatorische Möglichkeiten der praktischen Implementierung und Entwicklung von WerteManagement in der Unternehmenskommunikation und im Integritäts-Management. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Fort- und Weiterbildung: Durchführung von Seminaren zu Unternehmenskultur und WerteManagement für deutsche Unternehmen, Dozent für Unternehmensethik und -kultur der A1-Seminare der Deutschen Gesellschaft für Personalführung (DGfP) sowie des Kontaktstudiums „Management“ und „Master of Business Communication“ der Technischen Akademie Konstanz, Leiter des Ethikforums Euregio Bodensee, der Herbstakademie Wirtschafts- und Unternehmensethik des DNWE, der Sommerakademie Wirtschaftsethik der Evang. Akademie Loccum, des Berliner Kolloquium Ökonomie und Theologie u.a. Consulting: Entwicklung und Implementierung von EthikManagement- und EthikAudit-Systemen in Unternehmen; außerdem Beratung der -Yabloko Fraktion der DUMA, Moskau (Projekt Wirtschaftsethik in Russland); -EU-Kommission, Brüssel (Arbeitsgruppe Education for Democratic Citizenship); -Bund deutscher Arbeitgeber (BDA), Berlin (Arbeitsgruppe Code of Conduct); Kirchliche Akademie der Lehrerfortbildung, Obermarchtal (Curriculum Wirtschaftsethik für Katholische Freie Schulen in der Diözese Rottenburg-Stuttgart); u.a.  
Tel.: +49 (0)7531 206-404  
e-Mail: wieland@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. PHIL. SHARON ZAHARKA

**LEHRGEBIETE:** Wirtschaftsenglisch, Technisches Englisch, Interkulturelle Kommunikation, Landeskunde USA. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Fremdsprachendidaktik: Fachsprache Wirtschaft an Hochschulen; Interkulturelle Kommunikation. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Fachsprache Wirtschaft, Interkulturelle Kommunikation bezogen auf USA  
Tel.: +49 (0)7531 206-487  
e-Mail: zaharka@htwg-konstanz.de



# Wir machen unsere Städte fit für die Zukunft.



Die Folge der Urbanisierung und dem Wirtschaftswachstum in den Städten ist ein zunehmender Bedarf an leistungsfähigen Infrastrukturen.

Siemens hat diesen Trend erkannt und realisiert wegweisende Neuerungen auf dem Gebiet der Postautomatisierung und intelligente Lösungen für Flughäfen.

Wir helfen, als weltweit führender Hersteller von Systemen zur automatischen Bearbeitung aller Arten von Postsendungen sowie für Gepäck und Luftfracht, unseren Kunden die an sie gestellten Anforderungen zu bewältigen. Mit unseren "Completely Integrated Solutions" sind wir nicht nur ein engagierter und überzeugender Soft- und Hardwarelieferant sondern zeigen auch, dass Systemintegration, Instandhaltung und Modernisierungskonzepte zu unseren Kernkompetenzen gehören.

[www.siemens.com/postalautomation](http://www.siemens.com/postalautomation)

**SIEMENS**



## BÜRO EFFIZIENZ

# WECHSELSEITIGE WIRKUNG VON SCHALL, LICHT UND WÄRME AUF DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT

Bernd Jödicke, Jörg Haller, Herwig Baumgartner, Anna Huber, Horst Drotleff, Roman Wack, Andreas Liebl, Jürgen Hellbrück, Sabine Schlittmeier und Jochen Renz



*PROF. DR. BERND JÖDICKE* studierte Physik an der Uni Karlsruhe und promovierte im Bereich

Höchstfrequenztechnik an der TU Hamburg und Uni Karlsruhe. Nach seiner Tätigkeit bei der ABB Baden, Schweiz, ist er seit 1992 als Professor an der HTWG Konstanz tätig. Hier baute er das lichttechnische Labor auf.



*PROF. DR. HERWIG BAUMGARTNER* studierte von 1971-1978 Physik an der Universität Freiburg.

Als Professor und Studiendekan im Bereich Bauphysik an der Hochschule Stuttgart (HfT) sind seine Schwerpunkte die Bau- und Raumakustik sowie der Schwingungsschutz.



*DR. ANDREAS LIEBL* studierte von 1999-2003 Psychologie an der Katholischen Universität

Eichstätt-Ingolstadt mit Schwerpunkt Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitspsychologie und promovierte dort im Anschluss zwischen 2003 und 2006. Herr Liebl ist als Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule beschäftigt.



*JOCHEN C. RENZ* ist Geschäftsführer der Renz Systeme GmbH und Renz Solutions GmbH.

Seine Firma ist besonders erfolgreich bei der Umsetzung von neuen bauphysikalischen Forschungsergebnissen in innovativen Innenraum- und Bürolösungen.

## 1 EINLEITUNG

Oft stimmen die selbst eingeschätzte Leistungsfähigkeit und die tatsächlich erbrachte Leistung nicht überein. Ein interdisziplinäres Forscherteam der HTWG Konstanz, HfT Stuttgart, KU Eichstätt-Ingolstadt, dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik Stuttgart sowie der Firma Renz Solutions ist diesem Phänomen auf der Spur. Es untersucht, wie Schall, Licht, Wärme und Luftfeuchtigkeit das Wohlbefinden sowie die empfundene Arbeitsbelastung von Beschäftigten bei ihrer Bürotätigkeit beeinflussen.

Ziel des Projektes ist es, eine Bewertung bauphysikalischer Maßnahmen auf Effizienz und Behaglichkeit zu ermöglichen. Dazu hat das Team Methoden entwickelt, mit denen die physikalischen Werte gemessen und mit Leistungstests und Befindlichkeitsbefragungen verglichen werden können.

Erste Ergebnisse liegen jetzt vor zum Thema „Störung durch Helligkeitswechsel im Sichtfeld“.

## 2 DAS MESSSYSTEM

Die Einzigartigkeit dieses Projektes besteht in seiner interdisziplinären Ausrichtung und der Verknüpfung physikalischer und psychologischer Messungen.

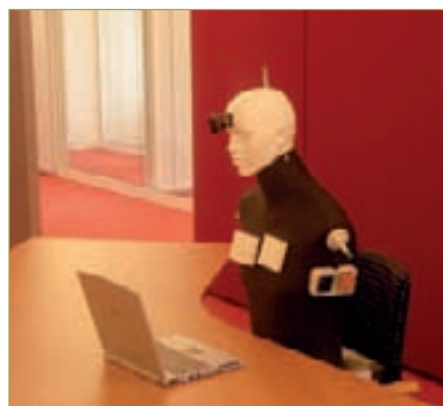


ABB. 1: DUMMY ZUR ERFASSUNG DER LICHTTECHNISCHEN, AKUSTISCHEN UND KLIMATISCHEN BAUPHYSIKALISCHEN PARAMETER

## 2.1 PHYSIKALISCH

Das gesamte physikalische Messsystem ist in einer Messpuppe untergebracht. Dieser Dummy sitzt anstelle des Mitarbeiters am Arbeitsplatz und erfasst Licht, Klima sowie Akustik im Raum.

Leuchtdichtekameras erfassen die Lichtverteilung im gesamten Blickfeld des Beschäftigten. Die am INM der Hochschule Konstanz selbst entwickelte Messtechnik kann Blendung und Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich aufnehmen. Eine Falschfarbendarstellung ermöglicht dann eine schnelle, intuitive Bewertung der Beleuchtungsanlage.

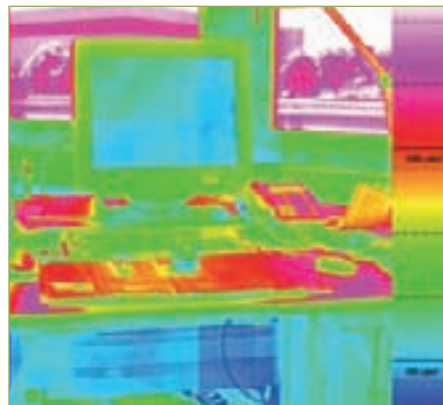


ABB. 2: AUFNAHME MIT DER LEUCHTDICHTEKAMERA IN FALSCHFARBENDARSTELLUNG

Die Umgebungsgeräusche werden über ein Mikrofon aufgezeichnet. Über die Soundkarte des Rechners werden diese Messdaten dann weiterverarbeitet. Zur Ausgabe von akustischen Signalen dient ein aktives Lautsprechersystem mit einem idealerweise weitgehend linearen Frequenzgang von 50 Hz bis 20 kHz.

Damit ist es möglich, die wichtigsten raumakustischen Parameter mithilfe des Systems vorab zu bestimmen. Während des laufenden Betriebs kann über den Lautsprecher ein definiertes Störsignal abgestrahlt und die Schallreflexion des Raumes aufgezeichnet werden.

Im Bereich Klima werden erfasst:

- Lufttemperatur
- Strahlungstemperatur und Strahlungsasymmetrie;
- Vertikale Temperaturdifferenz zwischen Fuß und Kopf;
- Luftgeschwindigkeit;
- Relative Luftfeuchtigkeit, CO<sub>2</sub>-Gehalt und operative Temperatur.

Die Messdaten werden in einem internen Datenspeicher gesammelt und an einen Laptop weitergegeben. Ein selbst entwickeltes Programm errechnet zeitabhängig Kennzahlen für die gefühlte Behaglichkeit gemäß DIN EN ISO 7730.

## 2.2 PSYCHOLOGISCHE MESSINSTRUMENTE

Wegen der Vielfalt von Bürotätigkeiten ist es unmöglich Arbeitsaufgaben für Tests auszuwählen deren Ergebnisse verallgemeinert werden können. Daher ist der sogenannte „Informationsverarbeitungsansatz“ von wesentlicher Bedeutung. Dieser besagt, dass die Erledigung verschiedenster Aufgabenstellungen stets auf dem Einsatz „elementarer Prozesse des menschlichen Denkens“ und Problemlösens beruht. Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchung werden Aufgabenstellungen ein-

gesetzt, welche visuelle Wahrnehmung, Schlussfolgerung, Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeit operationalisieren und testen. Die Abbildung veranschaulicht die Hierarchie solcher kognitiver Grundfunktionen am Beispiel des Textverstehens.

Kognitive Funktionen wie Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Gedächtnis und Schlussfolgern können anhand einfacher Aufgabenstellungen gemessen und durch bauphysikalische Parameter maßgeblich unterstützt oder gehemmt werden. Je störungsfreier diese Funktionen ausgeführt werden, desto höher ist die mögliche Leistungsfähigkeit.

Es liegt nahe, dass verschiedene kognitive Funktionen auch in unterschiedlicher Weise durch bauphysikalische Parameter beeinflusst werden können. Bei zu heller Umgebung stieg die Fehlerrate und die Dauer bis zur Identifikation von Zeichen auf einem Bildschirm. Im Gegensatz dazu können Bewegungen im Gesichtsfeld ablenken und beeinträchtigen die Aufmerksamkeit beim konzentrierten Arbeiten. Welche physikalischen Umgebungsbedingungen als ideal anzusehen sind, kann nur mit arbeitspsychologischen Untersuchungen herausgefunden werden, wie im Anschluss exemplarisch dargestellt wird.

## 3 DIE VERSUCHSRÄUME

Die Testreihen wurden an der Hochschule Konstanz sowie in speziell für die Versuche aufgebauten Räumen des Forschungs- und Lehrzentrums der Firma Renz Solutions in Aidlingen durchgeführt. Bei der Firma Renz sind neue Forschungsergebnisse Basis für die Entwicklung fortschrittlicher Büroeinrichtungen. In den vergangenen Jahren wurden dort mithilfe der Fraunhofergesellschaft innovative Entwicklungen im Bereich Büroakustik erzielt und zum Patent angemeldet. Wird ein Raum im Tieftonbereich mittels Reaktionsabsorber - einem neu entwickelten Wirkprinzip der Fraunhofer Gesellschaft - stärker bedämpft als im Mittel- und Hochtonbereich, verändert sich die Hörfähigkeit für Konsonanten. Als Folge reden die Menschen im Mittel 6-8 dB(A) leiser. Wird diese Sprachminderung durch wirksame Akustikmaßnahmen ergänzt, so eröffnet sich ein neuer Standard in der Lärmbekämpfung offener Bürowelten. So werden beispielsweise Anforderungen der Arbeitsmedizin erfüllt, welche die Reduktion der Störlast des menschlichen Sprachpegels von durchschnittlich 62 dB(A) für Nachbarschaftsplätze mit Anforderungen an Konzentration auf 35-45 dB(A) fordert.

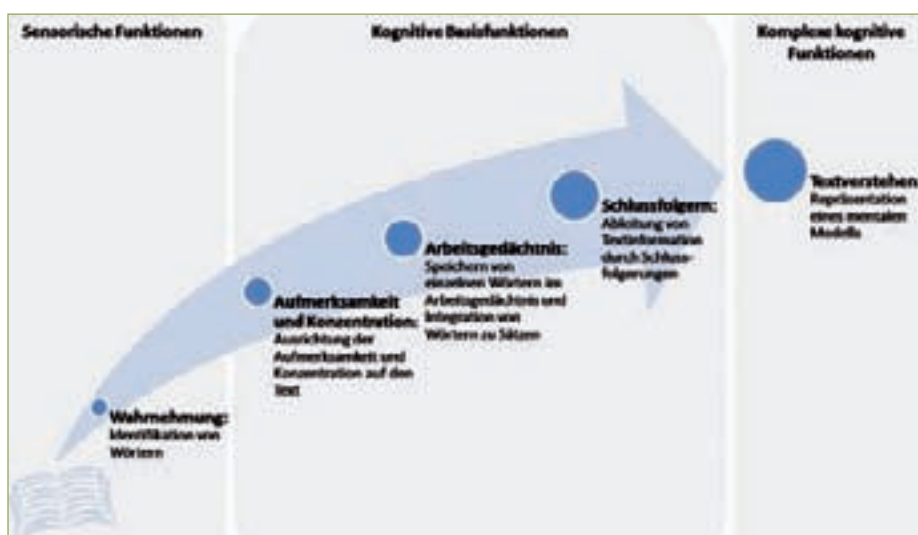


ABB. 3: KOGNITIVE GRUNDFUNKTIONEN AM BEISPIEL DES TEXTVERSTEHENS

Die Forschungsergebnisse sind so mittlerweile in Tausenden von Arbeitsplätzen wie beispielsweise dem Telekom-Gebäude in Bonn realisiert und erprobt. So sollen auch die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes in Produkte und Dienstleistungen einfließen.

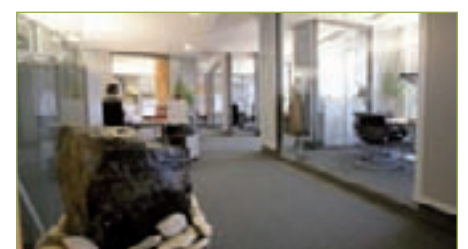


ABB. 4: BEISPIEL FÜR EINE OFFENE UND HELLE BÜROLANDSCHAFT MIT SCHALLABSORBERN

## STÖRUNG DURCH HELLIGKEITSWECHSEL IM SICHTFELD: ERGEBNISSE

Bisher war nicht bekannt ob und in welchem Umfang Helligkeitsschwankungen im Blickfeld die Arbeitsleistung beeinflussen. Für unsere Untersuchung wurde per Beamer ein Wanderbalken auf eine Leinwand im Gesichtsfeld von 24 Probanden projiziert. Der Balken bewegt sich mit einer Frequenz von 1-4 Hz zufällig verteilt über die Leinwand. Dies simuliert visuelle Ablenkungspotentiale wie zum Beispiel Bewegungen von Kollegen. Als Vergleich wurde eine konstante Beleuchtung gewählt. Beide Lichtsituationen waren normgerecht für Bildschirmarbeit.

In der Untersuchung werden folgende Leistungstests zur Bearbeitung vorgegeben, die verschiedene kognitive Funktionen abbilden.

- Schlussfolgerungsprozesse  
*Grammatical-Reasoning-Test*
- Daueraufmerksamkeit  
*Konzentrations-Leistungs-Test.*
- Kapazität des verbalen Arbeitsgedächtnisses  
*Serial-Recall-Aufgabe*
- visuelle Wahrnehmungsleistungen  
*Leuchtdichteinkrementierungsaufgabe*

Die gesamten Tests beanspruchten pro Person ca. 4 Stunden.

Die erhobenen objektiven Leistungsdaten werden durch die Messung der subjektiven Befindlichkeit sowie der empfundenen Arbeitsbelastung ergänzt.

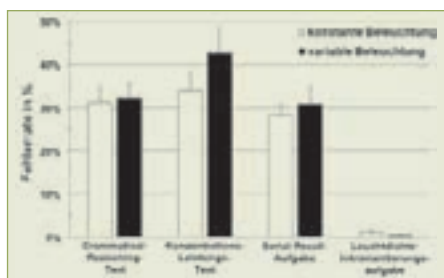


ABB. 5: EINFLUSS DER BELEUCHTUNG AUF KOGNITIVE GRUNDFUNKTIONEN

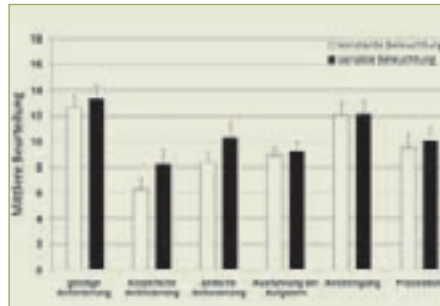


ABB. 6: ERGEBNISSE NASA-TLX TEST

Der Konzentrations-Leistungs-Test zeigt eine signifikante Beeinträchtigung der Leistung durch die variable Beleuchtungssituation. Die Aufmerksamkeit wird durch die variable Beleuchtungssituation gestört. Das Arbeitsgedächtnis, Schlussfolgerungsprozesse sowie die visuelle Wahrnehmung sind hingegen nicht empfindlich auf Störungen durch die variable Beleuchtungssituation.

Die Auswirkungen der Beleuchtungsvariation auf das subjektive Empfinden der Probanden sind geringfügig. Allerdings wird die variable Beleuchtungssituation als lästiger beurteilt. Darüber hinaus wird das Arbeiten in der variablen Beleuchtungssituation als körperlich und zeitlich fordernder wahrgenommen. Des Weiteren wird in der variablen Beleuchtungssituation eine wahrgenommene dunklere Beleuchtung und schlechtere Lesbarkeit berichtet. Die Abbildungen 5 bis 7 veranschaulichen die subjektive Beurteilung der Beleuchtungsbedingungen durch die Probanden.

### FAZIT

Die Untersuchung zeigt, dass allein aus Befragungen nicht auf die Leistungsfähigkeit geschlossen werden kann. Die Probanden empfinden die variable Beleuchtungssituation zwar als lästig, sie berichten aber über keine Beeinträchtigung ihrer Konzentration. Die Leistungstests zeigen jedoch eine Verschlechterung der Konzentrationsfähigkeit.

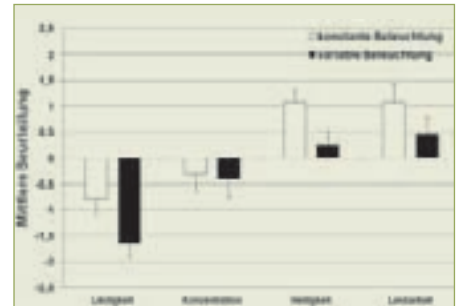


ABB. 7: ERGEBNISSE EZ-SKALA

Subjektives Empfinden und gemessene Leistung stimmen demnach nicht immer überein.

### AUSBLICK

Mit der erarbeiteten Methode können nun weitere Fragestellungen angegangen werden. Als Nächstes wird untersucht, ob Licht und Akustik die Leistungsfähigkeit gegenseitig beeinflussen. Kann vielleicht durch gute Beleuchtung eine schlechte Akustik kompensiert werden?

In einem weiteren Schritt werden Untersuchungen mit zusätzlichen Parametern wie Wärme und Luftfeuchtigkeit durchgeführt werden.

Nach einigen Veröffentlichungen gewinnt das Projekt auch überregional an Bekanntheit. So wird derzeit mit den Wissenschaftlern des Finnish Institute of Occupational Health in Helsinki und Turku ein gemeinsames EU-Projekt angestrebt.



■ Wärmebehandlung / Fügetechnik

■ Materialprüfung

■ Heiß Isostatisch Pressen

■ Metallische Beschichtung

Das Bodycote Netzwerk der Central European Group setzt sich aus 53 Betrieben zusammen, die in Deutschland, den Niederlanden, der Schweiz, Österreich, Liechtenstein, Italien, Polen, Tschechien, Ungarn, Rumänien und der Türkei rund 1.700 Mitarbeiter beschäftigen. Weltweit koordiniert die Zentrale in Macclesfield / England mehr als 300 Standorte in 30 Ländern.

Neben klassischen Wärmebehandlungsverfahren wie Härten (z.B. Einsatzhärten oder Vakuumwärmebehandlung) und Vakuum-Hochtemperaturlöten setzt Bodycote Verfahren wie **Corr-I-Dur®** und exklusiv das **Kolsterisieren®** ein.

Im Bereich Heiß Isostatisches Pressen kommt das **Densal®**-Verfahren zum Einsatz. **Tribologische Schichten** und **CompCote®** ermöglichen neue Perspektiven beim Beschichten unterschiedlicher Werkstoffe in variablen Einsatzgebieten.

Das umfangreiche und exklusive Spektrum an Verfahren, ein flächendeckendes Netzwerk und nicht zuletzt die Kompetenz der Bodycote-Spezialisten machen die Dienstleistungen der Central European Group europaweit zu einem der qualitativ und ökonomisch hochwertigsten Produkte.

BODYCOTE WÄRMEBEHANDLUNG GMBH

Buchwiesen 6  
73061 Ebersbach  
Germany  
Tel.: +49 7163 103 0 · Fax: +49 7163 103 200  
eMail: info-de@bodycote.com

**Bodycote**

<http://ceg.bodycote.com>  
<http://www.bodycote.com>

# QUANTITATIVE MODELLE UND SIMULATION ZUR PROZESSVERBESSERUNG IN DER SOFTWAREENTWICKLUNG

Thomas Birkhölzer, Christoph Dickmann und Harald Klein



*PROF. DR.-ING. THOMAS BIRKHÖLZER war neun Jahre in verschiedenen Funktionen bei Siemens*

*Medical Solutions tätig unter anderem in der zentralen Softwareentwicklung. Seit 2001 ist er Professor für Mathematik und Informatik in der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik mit den Schwerpunkten Softwareentwicklung und Simulation.*



*DR. MED. CHRISTOPH DICKMANN ist Arzt und Informatiker (RWTH Aachen). Am Universitäts-*

*klinikum Aachen war er tätig in Patientenversorgung, Forschung und Lehre. Nach Entwicklungsleitung in einem eHealth Startup wechselte er 2002 zu Siemens Healthcare. Seither sind Prozess-themen in der Softwareentwicklung Teil seiner Arbeit an produktübergreifender Interoperabilität, unternehmensweiter Architektur und Standardisierung.*



*DIPL. WIRTSCH.-INF. HARALD KLEIN studierte Wirtschaftsinformatik an der Universität Regens-*

*burg und erwarb einen M.B.A. an der Murray State University, KY, USA. Ab 2005 war er bei Siemens, Corporate Technology als Consultant mit CMMI basierter Prozessbewertung/-verbesserung und Nutzenanalyse von Prozessverbesserungen beschäftigt. Seit Oktober 2007 arbeitet er für Siemens Software Initiative an den Themen SW-Produktivität und Requirement Engineering. Ergänzend promoviert er an der TU Clausthal (Prof. Andreas Rausch) zum Thema „Software Collaboration of Enterprises“.*

## 1 EINLEITUNG UND MOTIVATION

Der Anteil der Software an der Wertschöpfung vieler technischer Systeme wird immer größer und gleichzeitig wird deren Entwicklung immer komplexer und damit auch aufwändiger. Im Zuge dieser Entwicklung wird die Betrachtung der Leistungsfähigkeit bzw. Effizienz der Softwareentwicklung für immer mehr Organisationen und Bereiche wichtig. Das Thema Software-Prozessmanagement und Software-Prozessverbesserungen ist damit für fast alle Firmen und Organisationen, die technische Systeme entwickeln, wichtig.

Der Grundansatz eines modernen Software-Prozessmanagements besteht darin, die Entwicklung und Pflege von Software in Aktivitäten und Unterprozesse zu strukturieren und dann entsprechend zu optimieren, so dass sich die gewünschten Ergebnisse ergeben. Dafür gibt es verschiedene Ansätze und Methoden, die von stark strukturierten Vorgaben bis hin zu agilen Vorgehensweisen reichen.

Diese Ansätze haben jedoch folgende Gemeinsamkeiten:

- Eine Softwareentwicklung gliedert sich in eine Vielzahl von Aktivitäten, die die Themen Anforderungsanalyse, Design, Implementierung, Test und Management abdecken müssen.
- Es gibt kein „Patentrezept“ für diese Gliederung. Die Aufgabe des Prozessmanagements ist es stattdessen, mit beschränkten Ressourcen und ausgehend von der konkreten Ausgangslage der Organisation Prioritäten bei der Entwicklung bzw. Förderung bestimmter Aktivitäten zu setzen, d.h. in die als in der aktuellen Lage als wichtig erkannten zu verbessernden Aktivitäten gezielt zu investieren.
- Das dabei zu erreichende Ziel, nämlich die Effizienz und Qualität der Softwareentwicklung, lässt sich nicht mit einer einzelnen Messgröße erfassen. Stattdessen ist eine Vielzahl von Aspekten zu berücksich-

tigen, die die Themen Zeit, Kosten, Produktqualität, Kundenzufriedenheit, Zukunftsfähigkeit etc. abdecken müssen.

- Zwischen den einzelnen Aktivitäten und den Zielen und Messgrößen besteht eine Vielzahl von vernetzten Abhängigkeiten mit sowohl positiven als auch negativen Koppelungen.
- Die Effekte jedes Eingriffs werden erst mit einer gewissen Zeitverzögerung sichtbar.

Das Prozessmanagement einer Softwareentwicklung kann damit als Steuerung eines dynamischen Systems mit Eingängen (den Investitionen), internen Zuständen (der Qualität der Aktivitäten) und Ausgängen (den zu messenden Zielgrößen) beschrieben werden, siehe Bild 1. In systemtheoretischer Ausdrucksweise hat ein Prozessverbesserungsprojekt damit zur Aufgabe, Eingänge (Investitionen) so zu wählen, dass die vorgegebenen Ausgänge (Messgrößen) erreicht werden.

Basis für ein Prozessverbesserungsprojekt ist damit immer eine Vorstellung bzw. Erwartung bezüglich der Zusammenhänge zwischen Aktionen und Ergebnissen, d.h. ein implizites oder explizites Modell des Systems „Software-Prozesse“. Diese Vorstellung hinsichtlich der Zusammenhänge, d.h. das Modell, leitet dann die Prozessverbesserungsinitiative bezüglich Prioritäten, Ressourcen und Erfolgserwartungen.

Bei der Entwicklung bzw. Formulierung eines solchen Modells stößt man jedoch auf grundsätzliche Probleme. Die oben beschriebenen Aktivitäten sind ja nur ein Faktor, der die entsprechenden Messgrößen beeinflusst. Betrachtet man zum Beispiel die Messgröße Kundenzufriedenheit. Diese hängt sicherlich ab von der Qualität der Aktivitäten zur Anforderungsanalyse oder der Qualität der Testaktivitäten, beides sind innerhalb eines Prozessverbesserungsprojekts zu beeinflussende Größen. Es gibt darüber hinaus aber auch eine Vielzahl von

anderen Effekten, die auf die Kundenzufriedenheit einwirken, z.B. das Verhalten von Mitbewerbern, technologischer Wandel, aktuelle Trends oder auch subjektive Wahrnehmungen. Man kann deswegen nicht einfach die Kundenzufriedenheit vor und nach einer Prozessverbesserung messen und daraus folgern, dass die gemessene Änderung ursächlich, z.B. proportional, mit der Investition zusammenhängt. Gleiches gilt für fast alle anderen oben genannten Messgrößen einer Softwareentwicklung. Die Zusammenhänge zwischen Prozessverbesserungen und den entsprechenden Zielen bzw. Messgrößen sind durch viele Effekte überlagert, d.h. gestört. Ausserdem kann mit einer Softwareentwicklung auch nicht einfach experimentiert werden wie mit einem technischen System. Deswegen gibt es nur wenige bzw. vereinzelt empirische Daten [5], die die gesuchten Zusammenhänge belegen, d.h. aus denen ein Modell abgeleitet werden könnte.

Dies erzeugt das bekannte, grundsätzliche Problem fast jeder Prozessdiskussion: Die für eine Planung eigentlich notwendige Basis von empirisch gesicherten, quantitativen Zusammenhängen zwischen Einsatz und Ergebnis steht nicht zur Verfügung. In der Regel wird damit auf zwei Arten umgegangen: Einerseits werden Prozessverbesserungen auf Grund von *qualitativem* Expertenwissen geplant. Zum Beispiel ist es nahe liegend, dass eine Intensivierung der Testaktivitäten (Investition) die Kundenzufriedenheit steigern wird, da weniger Fehler beim Kunden auftreten. In der Regel wird das aber nicht quantitativ spezifiziert, d.h.

es wird nicht ausgedrückt, in welchem Maße die Verlängerung der Tests die Kundenzufriedenheit verbessert. Dies ist dann ein Problem, wenn sich unterschiedliche Effekte überlagern, z.B. kann eine Verlängerung der Tests ja auch eine verspätete Lieferung und damit eine Reduzierung der Kundenzufriedenheit bewirken. Rein qualitative Modelle ohne Quantifizierung kommen dort an ihre Grenzen.

Als zweiter Ansatz werden Prozessverbesserungen heute in der Regel basierend auf generischen Modellen wie z.B. CMMI [6] oder SPICE [8], und dessen verschiedenen Ausprägungen geplant. Diese „Modelle“ spiegeln *standardisiertes* Prozesswissen aus der Praxis wider, d.h. sie enthalten allgemeine Übereinkommen über die sinnvolle Ausprägung der einzelnen Aktivitäten und deren Prioritäten. Durch den breiten Einsatz bieten diese Modelle eine vielfältige Unterstützung bei der Umsetzung (Werkzeuge, Methoden, etc.) und eine gesicherte Akzeptanz. Ihre Grenzen liegen jedoch in dem standardisierten Ansatz: Durch den Anspruch, ganze Anwendungsbereiche abzudecken, entsteht eine hohe Komplexität, wodurch die individuellen Gegebenheiten und Bedingungen einer Organisation nur begrenzt berücksichtigt werden können. In dieser Situation wurde in einer mehrjährigen Kooperation zwischen Siemens und der HTWG Konstanz ein dritter Ansatz als zusätzliche Prozessmanagement-Unterstützung entwickelt: *ein explizites quantitatives Modell für das Prozessmanagement einer Organisation basierend auf dem größtenteils impliziten Wissen der jeweiligen Prozessexperten*. Ein solches Modell kann benutzt werden, um verschiedene

Verbesserungsszenarien zu simulieren und damit vergleichbar zu machen. Dabei waren verschiedene Aufgaben zu lösen: Festlegung einer geeigneten mathematischen Struktur für solche Modelle, Entwicklung und Erprobung der Vorgehensweise einer Modellkonfiguration anhand Expertenwissens, Umsetzung des mathematischen Modells in einen Simulator, und natürlich auch Test der Qualität und Aussagekraft eines solchen Modells. Dieser Artikel berichtet über den aktuellen Stand dieser Arbeiten gegliedert in die oben genannten Schritte. Zum Abschluss erfolgt eine kurze Diskussion von Einsatzszenarien.

## 2 MODELLSTRUKTUR

### 2.1 STAND DER TECHNIK

Quantitative Modellierung und Simulationen zur Analyse von Softwareprojekten und Softwareprozessen ist eine noch vergleichsweise junge Methode. Eine der ersten umfassenden Arbeiten auf diesem Gebiet stammt von Abdel-Hamid and Madnick [1]. Darin wird ein Softwareprojekt mit Hilfe des Ansatzes der System Dynamics modelliert.

Seitdem wurden verschiedene Aspekte einer Softwareentwicklung betrachtet, meistens mit dem Fokus, verschiedene Prozessalternativen (z.B. die Einführung oder Platzierung eines Reviewschritts) zu vergleichen. Eine andere wichtige Zielrichtung ist der Einsatz von Simulationswerkzeugen im Rahmen der Aus- und Weiterbildung. In [2] findet sich ein Überblick über die verschiedenen Einsatzszenarien.

Allerdings modellieren die meistens vorhandenen Ansätze den Ablauf einzelner Softwareprojekte. In diesem Projekt wird stattdessen ein Modell für eine *organisationsweite Softwareentwicklung* mittels Kenngrößen von Prozessgebieten aufgestellt, das den Nutzen eines Prozessverbesserungsprojektes quantitativ simulieren lässt. Hierbei führt die „Organisation“, z.B.

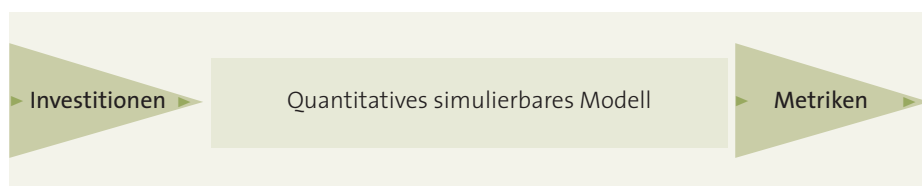


ABB. 1: AUSSENSICHT DES ANGESTREBTEN MODELLS: DAS MODELL SOLL (AUSGANGS-) METRIKEN BASIEREND AUF (EINGANGS-) INVESTITIONEN SIMULIEREN (ABSCHÄTZEN), UM VERSCHIEDENE VERBESSERUNGSSZENARIEN ANALYSIEREN ZU KÖNNEN.

ein Geschäftszweig innerhalb einer größeren Unternehmens, in der Regel mehrere Projekte durch. Ein vergleichbarer Ansatz findet sich in [3], allerdings wird dort nur ein Ausschnitt der Gesamtorganisation betrachtet.

## 2.2 ANFORDERUNGEN UND ABSTRAKTIONEN

Wie in Abschnitt 1 beschrieben, sollen mit Hilfe des Modells verschiedene Investitionsstrategien im Hinblick auf eine (ausgewählte) Menge von Metriken, die die Performanz der Organisation widerspiegeln, verglichen werden.

Die Struktur für ein solches Modell muss so gewählt werden, dass einerseits die wesentlichen Eigenschaften der entsprechenden Zusammenhänge mit ausreichender Aussagekraft repräsentiert werden können. Andererseits sollen die resultierenden Mechanismen ohne spezifische mathematische Kenntnisse verständlich sein, damit Prozessexperten die Modellparameter schätzen können, siehe Abschnitt 3.

Generell ist eine Detaillierung auch nur dann sinnvoll, wenn die dabei entstehenden Freiheitsgrade auch mit einer entsprechenden Genauigkeit parametrisiert werden können. Anderenfalls wird lediglich eine Pseudo-Genauigkeit mit höherer Komplexität erzeugt.

Aus diesem Grund wurde ein Modell entworfen, das auf folgenden Abstraktionen (Annahmen) basiert:

- Die Organisation führt Aktivitäten in verschiedenen Prozessgebieten durch. Die Leistungsfähigkeit jedes Prozessgebiets wird durch eine einzelne Kennzahl beschrieben. Dieses Konzept ist den Prozessmodellen CMMI bzw. SPICE entnommen. Dort wird die entsprechende Kennzahl „capability level“ genannt.
- Um eine bestimmte Leistungsfähigkeit eines Prozessgebiets zu erhalten, sind kontinuierliche Investitionen notwendig. Prozessverbesserung wird also nicht als eine

einmalige Aktion, sondern als kontinuierliche Anstrengung modelliert.

- Die Kennzahl eines Prozessgebiets, d.h. dessen Leistungsfähigkeit, reagiert mit einer Zeitverzögerung erster Ordnung mit Totzeit auf Änderungen in den Investitionen.
- Die Werte der Metriken hängen nur von den Kennzahlen der Prozessgebiete ab, prinzipiell kann dabei jede Metrik durch jedes Prozessgebiet beeinflusst werden. Systemtheoretisch bedeutet das, andere Einflüsse werden als konstant betrachtet, d.h. werden im Modell nicht berücksichtigt.
- Alle oben genannten Abhängigkeiten sind prinzipiell linear. Dabei kann die Abhängigkeit allerdings durch eine andere Modellgröße „ein-“ oder „ausgeschaltet“ werden (geschaltete Abhängigkeit). Dieser Effekt dient dazu, Voraussetzungen zu modellieren, d.h. die Eigenschaft, dass die

Effekte eines Prozessgebiets von der Leistungsfähigkeit eines zweiten Prozessgebiets abhängen. Das zweite Prozessgebiet ist in diesem Fall eine Voraussetzung für das Erstere.

## 2.3 MATHEMATISCHE STRUKTUR

Die in Abschnitt 2.2 genannten Abstraktionen wurden in ein mathematisches Modell übersetzt. Dieses besteht aus einem Satz von Eingängen  $\hat{u}_t = (\hat{u}_{1,t}, \dots, \hat{u}_{n,t}) \in \mathbb{R}^n$ , die die Investitionen repräsentieren, einem Satz internen Zustandsvariablen  $\hat{x}_t = (\hat{x}_{1,t}, \dots, \hat{x}_{n,t}) \in \mathbb{R}^n$ , die die normierten Kennzahlen der Prozessgebiete repräsentieren, und einem Satz von Ausgängen  $\hat{y}_t = (\hat{y}_{1,t}, \dots, \hat{y}_{n,t}) \in \mathbb{R}^n$ , die die normierten Metriken repräsentieren. Diese Modellelemente sind mit Hilfe von zeitdiskreten Differenzgleichungen verbunden:

$$\hat{x}_{i,t+1} = (1 - \lambda_i) \cdot n(\hat{x}_{i,t}) + \lambda_i \cdot s_i \quad (1)$$

$$\hat{x}_{i,t} = \alpha_i \cdot \hat{u}_{i,t} + c_i \cdot \frac{\sum_j \beta_j^{(i)} \cdot n(\hat{x}_{j,t}) + \sum_j \gamma_j^{(i)} \cdot g(n(\hat{x}_{j,t}), v_j^{(i)}, \mu_j^{(i)}) \cdot n(\hat{x}_{j,t})}{\sum_j \beta_j^{(i)} + \sum_j \gamma_j^{(i)}} \quad (2)$$

$$\hat{y}_{i,t} = \frac{\sum_j \beta_j^{(i)} \cdot n(\hat{x}_{j,t}) + \sum_j \gamma_j^{(i)} \cdot g(n(\hat{x}_{j,t}), v_j^{(i)}, \mu_j^{(i)}) \cdot n(\hat{x}_{j,t})}{\sum_j \beta_j^{(i)} + \sum_j \gamma_j^{(i)}} \quad (3)$$

$$g(arg, v, \mu) = \frac{1}{1 + e^{-\mu \cdot arg - v}} \quad (4)$$

$$n(arg) = \begin{cases} 1 & \text{for } arg > 1 \\ arg & \text{for } 0 \leq arg \leq 1 \\ 0 & \text{for } arg < 0 \end{cases} \quad (5)$$



Gleichung (1) beschreibt die Zeitabhängigkeit der Kennzahlen als Zeitverzögerung erster Ordnung mit Zeitcharakteristik  $\lambda_i$  und Totzeit  $\tau_i$ . Gleichung (2) beschreibt die Abhängigkeiten zwischen den Prozessgebieten untereinander und Gleichung (3) die Abhängigkeiten zwischen den Prozessgebieten und den Metriken. Beiden Gleichungen enthalten sowohl lineare als auch „geschaltete“ Abhängigkeiten. Letzteres wird durch Multiplikation der Gewichtung mit der Sigmoid-Funktion  $g(\cdot)$ , Gleichung (4), realisiert. Es ergibt sich damit ein stetiger Übergang.

Die Funktion  $n(\cdot)$  dient, genauso wie der Nenner in den Gleichungen (2) und (3) dazu, alle Modellvariablen auf das Intervall  $[0, 1]$  zu normalisieren. Dies erleichtert die Parametrierung des Modells erheblich, da die Parameter  $\beta$  und  $\gamma$  in Gleichungen (2) und (3) damit einheitlich relative Gewichte repräsentieren, ohne dass Skalierungen berücksichtigt werden müssen. Details und weitere Begründungen zu dieser Struktur finden sich [4] und [7].

### 3 MODELL-KONFIGURATION

Die in Abschnitt 2.3 beschriebene mathematische Modellstruktur enthält Parameter, die geeignet gefüllt werden müssen. Wie in Abschnitt 1 dargelegt, ist dies, anders als bei technischen Systemen, auch praktisch nicht mit Hilfe von realen Daten möglich, da solche Daten nur für ganz vereinzelte Zusammenhänge existieren und nicht durch Experimente oder dergleichen gewonnen werden können. Im besten Fall gibt es Informationen über einzelne Parameter, z.B. bezüglich der Geschwindigkeit von Verbesserungen im Reifegrad einer Gesamtorganisation. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit Siemens wurde deshalb eine Methode zur Konfiguration eines solchen Modells mit Hilfe von Expertenwissen entwickelt und erprobt. Sie besteht aus den folgenden Schritten:

**1 FESTLEGUNG DER PROZESSGEBIETE** Dazu kann häufig auf bestehende qualitative Prozessmodelle der Organisation zurückgegriffen werden, die z.B. im Rahmen von vorherigen Prozessdefinitions-Projekten entwickelt wurden. Innerhalb Siemens gibt es ein solches von der zentralen Software Engineering Gruppe gemeinsam mit Geschäftsbereichen entwickeltes Prozessmodell. Dieses Prozessmodell besteht aus den in Tabelle 1 genannten Prozessgebieten, deren Kennzahlen als Zustände ( $\hat{x}_{1,t}, \dots, \hat{x}_{n,t}$ ) und deren Investitionen als Eingänge ( $\hat{u}_{1,t}, \dots, \hat{u}_{n,t}$ ) gewählt wurden. Anmerkung: Hinsichtlich der Namensgebung werden im Folgenden die englischen Bezeichnungen verwendet.

System family  
 Requirements Management  
 (Quantitative) Project Management  
 Configuration Management  
 Technology Innovation  
 Supplier Management  
 Architectural Design Process  
 Testing  
 Causal Analysis and Resolution  
 Incremental Process Models  
 Peer Reviews  
 Platform Development,  
 Component Reuse  
 Quality Management  
 Process Definition and Maintenance  
 Organizational Process Performance  
 Continuous Quantitative Process  
 Improvement  
 Process Modeling and Visualization  
 Organizational Training

TAB. 1: LISTE DER PROZESSGEBIETE FÜR DAS MODELL

Scope of (Requirement) Fulfillment  
 Budget Compliance  
 Field Quality  
 Cycle Time  
 Schedule Compliance  
 Internal Defect Correction Cost  
 Reusability

TAB. 2: LISTE DER METRIKEN FÜR DAS MODELL

**2 FESTLEGUNG DER METRIKEN** Im Prinzip sollte dafür auch auf bestehende Definitionen innerhalb der Organisation zurückgegriffen werden. Bei Siemens gibt es den in Tabelle 2 aufgelisteten Satz von gemeinsam mit den Geschäftsbereichen definierten Metriken (die genaue Definition der entsprechenden Metriken ist nicht Gegenstand dieser Arbeit), die als Ausgänge des Modells ( $\hat{y}_{1,t}, \dots, \hat{y}_{n,t}$ ) gewählt wurden. Je nach Reifegrad der Organisation müssen entsprechende Metriken eventuell erst noch definiert bzw. ergänzt werden.

**3 IDENTIFIKATION DER QUALITATIVEN STRUKTUR** In den Formeln (2) und (3) sind prinzipiell alle Prozessgebiete untereinander und mit allen Metriken verbunden. Dies ist jedoch unrealistisch. Deswegen ist es sinnvoll, diese Beziehungen in einem ersten Schritt qualitativ zu filtern. Bei Siemens existiert dafür ein abgestimmter Treiberbaum aus relevanten Beziehungen, allerdings ohne Gewichtung. Für alle Beziehungen, die in dem Treiberbaum nicht enthalten sind, werden die entsprechenden Parameter in dem Modell auf Null gesetzt.

**4 QUANTITATIVE IDENTIFIKATION DER PARAMETER MIT HILFE EINER EXPERTENBEFRAGUNG** Die nach der qualitativen Filterung verbleibenden Parameter müssen im nächsten Schritt quantitativ festgelegt werden. Das Modell enthält dabei im Wesentlichen drei Klassen von Parametern:

- Die Investitionskosten für die Verbesserung jedes Prozessgebiets (Parameter  $\alpha$ ).
- Die Parameter der Dynamik  $\lambda_i$ ,  $\tau_i$  für jedes Prozessgebiet.
- Die relativen Gewichte der Beziehungen zwischen Prozessgebieten untereinander und zu den Metriken.

Da diese Parameter nicht aus realen Daten abgeleitet werden können, werden sie mit Hilfe einer Expertenbefragung geschätzt. Dies ist eine etablierte Methodik, um quantitative Werte zu bestimmen, die zwar implizit in Expertenwissen vorhanden aber nicht explizit in Daten erfasst sind. Dazu wurde ein Fragebogen mit 126 Fragen entwickelt. Die meisten Fragen boten sieben



Abb. 2: Screenshot des Simulators. Die Eingabe der Investitionen erfolgt auf der linken Seite, die Anzeige der Metriken auf der rechten Seite. Der Simulator erlaubt eine interaktive Verwendung.

quantitative Alternativen zum Markieren an. Die Fragen wurden dabei in der Sprache der Prozessexperten formuliert, so dass eine Beantwortung auch ohne Kenntnis der Modellstruktur möglich war, z.B. "Please state the relative amount of monetary investment necessary to improve the process area Requirements Management by one CMMI level. Please relate it to an imaginary average investment amount". Der Fragebogen wurde von 26 Experten ausgefüllt. Für jede Frage wird der Median der Antworten berechnet und auf den Wertebereich des entsprechenden Parameters abgebildet.

Das resultierende Modell ist als Satz von Tabellen (Excel-Format) gespeichert, auf die jederzeit auch ohne spezielle Werkzeuge oder spezifisches Modellierungswissen zugegriffen werden kann: Auf diese Weise sind im Rahmen der Verwendung des Modells auch leicht Änderungen möglich, z.B. um im Rahmen einer Diskussion oder Sensitivitätsanalyse zu prüfen, welche Auswirkung auf die Simulationsergebnisse die Änderung eines Parameters hat.

## 4 ERGEBNISSE DER STUDIE MIT SIEMENS

### 4.1 IMPLEMENTIERUNG DES SIMULATORS

Zur interaktiven Durchführung der Simulationen wurde ein Java-Programm entwickelt, das flexibel beliebige Modellkonfigurationen im Rahmen der Struktur des Abschnitts 2.3 einlesen und verarbeiten kann. Insbesondere ist darin die Zahl und Bezeichnung der Prozessgebiete und Metriken frei definierbar, so dass Methode und Werkzeug für verschiedene Organisationsformen nutzbar sind. Ein Screenshot des Simulator-Programms ist in Abbildung 2 gezeigt. Auf der linken Seite erfolgt die Eingabe der Investitionen, die rechte Seite zeigt die Ausgangsmetriken im Stil einer Balanced Scorecard (Verlauf von Metriken über mehrere Monate). Weitere Informationen, z.B. die Verläufe der Prozessgebietskennzahlen, können in zusätzlichen Fenstern eingeblendet werden.

Für die Durchführung von Simulationen bietet das Tool zwei Modi: einen interaktiven Modus und einen Batch-Modus. Im

interaktiven Modus können für jeden Zeitschritt die Investitionen vom Nutzer interaktiv vorgegeben und dann deren Auswirkungen beobachtet werden. Dabei besteht auch die Möglichkeit, beliebige Schritte zurück zu gehen und andere Eingaben zu testen. Im Batch-Modus wird eine bestimmte Investitionsverteilung festgelegt, und dann eine vorgegebene Zahl von Schritten durchgeführt. Das Simulationsergebnis kann in einer Datei für die spätere Analyse abgelegt werden.

### 4.2 TEST DES MODELLS

Ein Test des Modells kann nicht als Validierung im Sinne einer beweisbaren Überprüfung ablaufen, da Vergleichsdaten aus der Organisation genauso fehlen wie schon Daten für die initiale Parameterschätzung. Zur Überprüfung des Modells wurden deswegen drei Tests durchgeführt:

#### 1 SIMULATION DER SPRUNGANTWORT FÜR JEDEN EINGANG.

Dazu wurde eine konstante Investition in jeweils ein Prozessgebiet simuliert und die Ergebnisse durch Prozessexperten begutachtet. Dabei zeigte sich, dass das Modell in den meisten Fällen das erwartete Verhalten zeigte. An einigen Stellen wurden (geringfügige) Auffälligkeiten identifiziert, die in einem nächsten Modellierungsdurchlauf berücksichtigt werden (z.B. durch eine Weiterentwicklung des Treiberbaums).

#### 2 SENSITIVITÄTSANALYSE BEZÜGLICH DER PARAMETER DES MODELLS.

Auf Grund der entstehenden Datenfülle (Sensitivität jedes Ausgangs bezüglich jedes Parameters) ist die Interpretation einer solchen Analyse zwar aufwändig, hat aber keine spezifischen Probleme aufgezeigt. Parameter, die in der Expertenschätzung eine hohe Streuung hatten, zeigten tendenziell eine eher geringe Sensitivität.

#### 3 DURCHSUCHEN DES RAUMS DER EINGÄNGE IM SINNE EINER OPTIMIERUNG.

Dies dient dazu, in den Tests nicht nur nahe liegende (reale) Eingangsszenarien zu betrachten, sondern einen möglichst großen Teil des Raums der möglichen Eingangskombinati-



ABB. 3: SPRUNGANTWORT DER METRIK "SCOPE OF FULFILLMENT": A) ALLEINIGE INVESTITION IN "TECHNOLOGY AND INNOVATION"; B) ALLEINIGE INVESTITION "REQUIREMENT ENGINEERING"; C) INVESTITION IN "REQUIREMENT ENGINEERING" UND "TECHNOLOGY AND INNOVATION" ZUR GLEICHEN ZEIT

onen abzusuchen, ob darin eventuell „Fehler versteckt“ sind, d.h. unrealistisches Modellverhalten. Auf Grund der großen Zahl von Eingangskombinationen (19 Eingänge ergeben z.B. zum Durchsuchen aller Kombinationen von ein oder zwei Investitionen als Strategie schon 19\*19 Kombinationen) muss die Auswertung dieser Suche automatisch erfolgen, z.B. im Sinne einer Suche nach einer optimalen Strategie. Auch diese Untersuchungen haben durchgehend plausible Ergebnisse geliefert.

**4.3 ERGEBNISBEISPIEL**

An dieser Stelle können die mit der Simulation erzielbaren Ergebnisse nur an einem Beispiel skizziert werden. Dazu soll die Metrik „Scope of Fulfillment“ betrachtet werden, welche ein Maß für das Umsetzen von Kundenanforderungen ist. Die qualitative Modellierung innerhalb des Treiberbaum ergab, dass diese Metrik von den Prozessgebieten „Requirement Engineering“, „Technology and Innovation“ und „System Family“ abhängt. Mit Hilfe der Expertenbefragung wurden die relativen Gewichte dieser Abhängigkeiten quantitativ bestimmt. Ausserdem ergab sich, dass der Einfluss von „Technology and Innovation“ von dem Prozessgebiet „Requirement Engineering“ als Voraussetzung abhängt, da eine gewisse Reife des Prozessgebiets „Requirement Engineering“ notwendig ist, um technische Innovationen tatsächlich in Kundennutzen („Scope of Fulfillment“) zu

übersetzen. Die entsprechende Beziehung wurde demnach als geschaltete Abhängigkeit im Sinne von Abschnitt 2 modelliert. Abbildung 3 zeigt die Sprungantworten jeweils für eine identische zusätzliche Investition in Höhe 10.000 Euro pro Monat nur in „Technical Innovation“ (Abb. 3a), nur in „Requirement Engineering“ (Abb. 3b) und in beide zur gleichen Zeit (Abb. 3c). Jeder Balken repräsentiert dabei einen Zeitschritt. Aus den Graphiken ergibt sich als Prognose der Simulation, dass im Hinblick auf „Scope of Fulfillment“ eine Investition in „Technology and Innovation“ alleine nicht effektiv (keine Verbesserung der Metrik in Abb. 3a) ist im Gegensatz zu einer Investition in „Requirement Engineering“ (deutliche Verbesserung der Metrik in Abb. 3b). Die kombinierte Investition in beide ergibt (natürlich) die besten Ergebnisse (Abb. 3c). Das Modell würde also nahe legen, die Prozessverbesserung mit „Requirement Engineering“ zu beginnen und dann erst in „Technology and Innovation“ zu investieren. In einer isolierten Betrachtung ist dieser Zusammenhang nachvollziehbar und wenig überraschend. Der spezifische Wert des Modells und der Simulation liegt in der kombinierten Berücksichtigung all dieser Effekte, wobei solche direkten Zusammenhänge nicht klar erkennbar sind.

**5 ANWENDUNGSSZENARIEN**

Das entwickelte Modell und die damit

durchgeführten Simulation können auf Grund ihres Abstraktionslevels und der prinzipiellen Problematik einer Validierung nicht dazu dienen, beweisbare oder belastbare Vorhersagen über die konkreten Ergebnisse von bestimmten Softwareverbesserungsmaßnahmen zu treffen. Dies wäre eine unrealistische Zielsetzung. Nichts desto trotz gibt es auch unterhalb dieses Maximalziels drei wichtige Anwendungsszenarien, in denen ein quantitatives Modell im Rahmen von Softwareprozessverbesserungen einen konkreten Nutzen verspricht:

- Visualisierung der Bedeutung und möglicher Auswirkungen von Prozessverbesserungen, z.B. für Schulung und Planungsphasen von Prozessverbesserungsprojekten
- Dokumentation von impliziten Annahmen und Erwartungen.
- Weiterentwicklung von bestehenden Annahmen und Erwartungen.

**5.1 VISUALISIERUNG DER BEDEUTUNG VON PROZESSVERBESSERUNGEN**

In dem Projekt mit Siemens basiert das entwickelte quantitative Modell auf einem vorhandenen strukturellen Modell mit statischen Beziehungen. Im Vergleich dazu ist die interaktive quantitative Simulation und Visualisierung eine wesentlich ausdrucksstärkere und konkretere Darstellung. Dies kann als Argumentations- und Planungshilfe für Prozessverbesserungsprojekte dienen: Komplexe, bisher meist ab-

strakt postulierte Zusammenhänge werden auf diese Weise erheblich leichter erfassbar und durch den interaktiven Modus auch erfahrbar.

## 5.2 DOKUMENTATION VON IMPLIZITEN ANNAHMEN UND ERWARTUNGEN

Jedes Prozessverbesserungsprojekt muss die folgenden drei Fragen beantworten:

- Was kostet es?
- Wie lange dauert es?
- Was bringt es an zusätzlichem Geschäftswert?

Dies sind genau die Parameter, die das Modell benötigt, siehe Kapitel 3. Die Erarbeitung der Modellparameter sollte also eigentlich ein Teil der Projektvorbereitung sein, zumindest im Sinne der expliziten Aufstellung der Annahmen und Erwartungen an das Projekt. Die Zielvorgabe, am Ende auch ein simulierbares Modell zu haben, zwingt dann dazu, diese Annahmen tatsächlich komplett und präzise zu erheben und abzustimmen. Auf diese Weise werden in jedem Fall wertvolle Informationen gewonnen, selbst wenn sich am Projektende herausstellen sollte, dass einige der Annahmen falsch waren, d.h. wenn der tatsächliche Projektverlauf nicht den Vorhersagen der Simulation entsprechen würde.

## 5.3 WEITERENTWICKLUNG VON BESTEHENDEN ANNAHMEN UND ERWARTUNGEN

Im Gegensatz zu Konzeptmodellen erfordert ein ausführbares, simulationsfähiges Modell, dass tatsächlich alle Aspekte und Zusammenhänge für den Computer verstehbar, d.h. präzise, beschrieben werden müssen.

Zum Beispiel findet sich in Prozessmodellen fast immer eine Unterscheidung zwischen

- Produktionsprozessgebieten für direkte Teilschritte eines Geschäftsprozesses (z.B. „Requirements Management“) und
- unterstützenden Prozessgebieten als vorbereitende bzw. „restliche“ Aktivitäten (z.B. „Quality Management“).

Während der Entwicklung des Modells hat sich herausgestellt, dass die konkrete Wirkung von Prozessverbesserungen in den unterstützenden Prozessgebieten bisher noch gar nicht klar thematisiert war: Bewirkt eine Verbesserung eines unterstützenden Prozessgebiets (z.B. des „Quality Managements“) direkt eine Verbesserung der Geschäftsergebnisse (z.B. des „Scope of Fulfillment“) oder ist dies nur ein indirekter Zusammenhang über die Verbesserung der Produktionsprozessgebiete (z.B. des „Requirements Managements“)?

Die quantitative Modellierung kann helfen, solche und andere Unklarheiten aufzudecken, zu klären und somit bestehende Annahmen und Vorstellungen weiterzuentwickeln. Im Rahmen des Projekts mit Siemens haben die Simulationen im Zuge des Plausibilitätschecks z.B. dazu geführt, dass das darunter liegende, vorab bestehende strukturelle Modell revidiert und verbessert wurde.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Quantitative Modellierung und Simulation sind im Kontext von Softwareprozessverbesserungsmaßnahmen noch relativ junge und wenig genutzte Methoden. Die Erarbeitung der notwendigen Modelle ist ein Zusatzaufwand und auf Grund der mangelnden Daten sowohl praktisch als auch prinzipiell schwierig.

Die Kooperation mit Siemens hat gezeigt, dass eine quantitative Modellierung der Auswirkungen von Prozessverbesserungen möglich ist. Als nächste Schritte sollen die entwickelten Werkzeuge, Methoden und Erkenntnisse einerseits dazu verwendet werden, konkrete Prozessverbesserungsprojekte zu begleiten, um den Nutzen der Methodologie auch in der Praxis zu belegen. Andererseits sind verschiedene inhaltliche Weiterentwicklungen, z.B. die explizite Berücksichtigung der Parameterunsicherheiten in der Simulation oder die Suche nach optimalen Investitionsstrategien, angedacht bzw. in Arbeit.

## 7 DANKSAGUNG

Zum Gelingen dieser Arbeit haben viele beigetragen. Insbesondere bedanken wir uns bei Wolfgang Fietz, Ludger Meyer und Dr. Jürgen Vaupel für die Unterstützung des Projekts auf Seiten der Siemens AG und bei Laura Dantas, Sebastian Otte und Jörg Stubenrauch für die Mitarbeit bei der Implementierung des Simulators.

## LITERATUR

- [1] Abdel-Hamid, T., Madnick, S. E.: Software Project Dynamics: an Integrated Approach. Prentice-Hall, US (1991)
- [2] Kellner, M. L., Madachy, R. J., Raffo, D. M.: Software Process Modeling and Simulation: Why? What? How? Journal of Systems and Software 46 (1999) 91-105
- [3] Pfahl, D., Stupperich, M., Krivobokova, T.: PL-SIM: A Generic Simulation Model for Studying Strategic SPI in the Automotive Industry. Proceedings of the 5th International Workshop on Software Process Simulation and Modeling (ProSim 2004), Edinburgh (2004) 149-158
- [4] Birkhölzer, T., Dickmann, C., Vaupel, J., Dantas, L.: An Interactive Software Management Simulator based on the CMMI Framework. Software Process Improvement and Practice 10-3 (2005) 327-340.
- [5] Galin, D., Avrahami, M.: Are CMM Program Investments Beneficial? Analyzing Past Studies. IEEE Software 23-6 (2006) 81-87
- [6] CMMI Product Team: CMMI for Development, Version 1.2. CMMI-DEV, V1.2, CMU/SEI-2006-TR-008, Pittsburgh (2006)
- [7] Dickmann, C., Klein, H., Birkhölzer, T., Fietz, W., Vaupel, J., and Meyer, L.: Deriving a Valid Process Simulation from Real World Experiences. Software Process Dynamics and Agility. Proceedings of the International Conference on Software Process (ICSP 2007), Minneapolis. Springer Berlin (2007) 272-282
- [8] ISO/IEC 15504



## Frischer Wind für Innovations

Die Innovations Softwaretechnologie GmbH mit Sitz am Bodensee ist spezialisiert auf die Entwicklung intelligenter, regelbasierter Systeme in Java.

Wir suchen gute Java Entwickler. Kommen Sie zu uns als:

Dipl. Informatiker(in)  
Diplomand(in)  
Praktikant(in)  
bzw. zur Erstellung einer Thesis (Bachelor/Master)

Wir sind gespannt auf Sie!

Wir bieten Spitzentechnologie an einem Ort mit hohem Freizeitwert: Baden, Segeln, Ski- und Snowboard-Fahren können Sie direkt vor der Haustür.

Innovations Softwaretechnologie GmbH - Ziegelei 7 - 88090 Immenstaad  
Tel. 07545 202-300 - [www.innovations.de](http://www.innovations.de) - [jobs@innovations.de](mailto:jobs@innovations.de)



## Medical Technology & High-Tech Engineering

MTS steht für die Entwicklung und Produktion innovativer Medizintechnikprodukte. Praktikanten, Diplomanden und Absolventen mit dem Anspruch etwas bewegen zu wollen, bieten wir die Möglichkeit, eigenverantwortlich in einem internationalen Umfeld als Teil eines jungen Teams an der dynamischen Entwicklung unseres Unternehmens mitzuwirken.

[www.mts-medical.com](http://www.mts-medical.com)



MTS Europe GmbH Robert-Bosch-Str. 18 78467 Konstanz  
Tel. 075 31 / 361 85 - 0 Fax 075 31 / 361 85 - 72 [info@mts-medical.com](mailto:info@mts-medical.com)

# A world of opportunities



Roger Kaspar – ehemaliger Trainee, heute Telecommunication System Engineer.

**ABB ist in über 100 Ländern weltweit führend in Energie- und Automationstechnik**

Wir bieten Möglichkeiten, Ihre Fähigkeiten, Ihr Wissen und Ihre Kreativität für eine erfolgreiche Zukunft weiter zu entwickeln.

Dazu haben wir interessante und herausfordernde Aufgaben in einem internationalen Umfeld. Wir leben eine offene Firmenkultur, die Initiative und Verantwortung verlangt. Das macht einen Job bei ABB spannend.

Mehr dazu: [www.abb.ch/karriere](http://www.abb.ch/karriere)





**PROF. DR. OLIVER HAASE**  
Studium der Informatik an der Universität Karlsruhe, danach Promotion zum Dr.-Ing. an der Universität Siegen. 1998 - 2005 Industrieforschung, zuerst bei NEC Europe in Heidelberg, dann bei den Bell Labs in Holmdel, New Jersey. Seit 2005 Professor für Verteilte Systeme und Software Engineering an der Fakultät Informatik der HTWG Konstanz. Seit Nov. 2006 Programmdirektor Master Informatik und seit März 2008 Prodekan Forschung.



**DIPL. INF. (FH) WOLFGANG REISER** hat Wirtschaftsinformatik an der HTWG Konstanz studiert. Nach seinem Diplom im September 2007 war er Mitarbeiter in einem Projekt zum Thema Web 2.0 Softwareentwicklung an der HTWG Konstanz. Zur Zeit arbeitet er als Software-Entwickler und Berater bei der Innovations Softwaretechnologie GmbH in Immenstaad am Bodensee.



**PROF. DR. JÜRGEN WÄSCH**  
Studium der Informatik und Wirtschaftswissenschaften an der Universität Kaiserslautern. 1993-1999 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter bei der GMD - Forschungszentrum Informationstechnik GmbH in Darmstadt. 1998-1999 externer Berater bei der Software AG. 1999 Promotion zum Dr.-Ing. an der TU Darmstadt. 2000-2003 Bereichsleiter bei der e-solutions GmbH in Stuttgart. Seit 2004 Professor für E-Business Technologien an der HTWG Konstanz. 2008 Forschungssemester bei der SAP AG in Walldorf.

## 1 EINFÜHRUNG

Der Begriff *Web 2.0* ist derzeit in aller Munde. Web 2.0 bezeichnet dabei keine bestimmte Anwendung oder Software, sondern eine Ansammlung von Prinzipien und Praktiken zur Realisierung innovativer Anwendungssysteme und Dienste, die auf dem World Wide Web basieren. Beispiele für Klassen von Web-2.0-Anwendungen sind User Generated Content (WeBlogs, Wikis, Podcasts etc.), Social Software (Virtual Communities, Social Networking, Content Sharing, Content Rating, Social Bookmarks, Social Tagging, Folksonomies etc.), sowie Informations- und Dienstintegration (Mash Ups, Content Syndication etc.) [2, 6, 7, 15, 13]. Ziel dieses Artikels ist es ein wenig Licht in das Dunkel von Web 2.0 zu bringen. Zuerst wird in Abschnitt 2 der Wandel des Internets von den herkömmlichen Web-1.0-Anwendungen zu den sich immer mehr im Alltag verbreitenden Web-2.0-Anwendungen beschrieben. Danach werden Anwendungsgebiete im Bereich sozialer Web-2.0-Anwendungen vorgestellt.

## 2 WEB 2.0 – DER WANDEL DES INTERNETS

Das Konzept von Web 2.0 begann 2003 mit einem Brainstorming zwischen O'Reilly

und MediaLive International. Dale Dougherty, Web-Pionier und Vizepräsident von O'Reilly, merkte an, dass das Web nicht etwa zusammengebrochen, sondern wichtiger als jemals zuvor sei. Interessante neue Anwendungsmöglichkeiten und Seiten tauchten mit erstaunlicher Regelmäßigkeit auf und die überlebenden Firmen schienen einige wichtige Dinge gemeinsam zu haben [19]. Tim O'Reilly beschreibt die gemeinsamen Prinzipien mit "das Web als Plattform", "Nutzung kollektiver Intelligenz", "Daten als nächstes 'Intel Inside'", "Abschaffung des Software-Lebenszyklus", "Lightweight Programming Models", "Software über die Gerätegrenzen" und "Rich User Experiences" [20]. Nicht mehr nur das World Wide Web als Informationsmedium steht im Mittelpunkt der Betrachtung, sondern vielmehr das "neue" Web der Interaktion und Kooperation [6].

Heute hat sich der Begriff Web 2.0 in der Tat durchgesetzt, Google findet hierzu inzwischen über 600 Millionen Treffer! Aber es existiert immer noch große Uneinigkeit darüber, was Web 2.0 nun genau bedeutet. In ihrem anfänglichen Brainstorming formulierten Tim O'Reilly und Dale Dougherty die Bedeutung von Web 2.0 in Beispielen, welche in Tabelle 1 zu sehen sind [20]. Die Web-Angebote von früher werden mit den

WEB 1.0	WEB 2.0
DoubleClick	> Google AdSense
Ofoto	> Flickr
mp3.com	> Napster
Britannica Online	> Wikipedia
personal websites	> blogging
evite	> upcoming.org and EVDB
domain name speculation	> search engine optimization
page views	> cost per click
screen scraping	> web services
publishing	> participation
content management systems	> wikis
directories (taxonomy)	> tagging ("folksonomy")
stickiness	> syndication

TAB. 1: VERSTÄNDNIS DES WEB 2.0 [20]

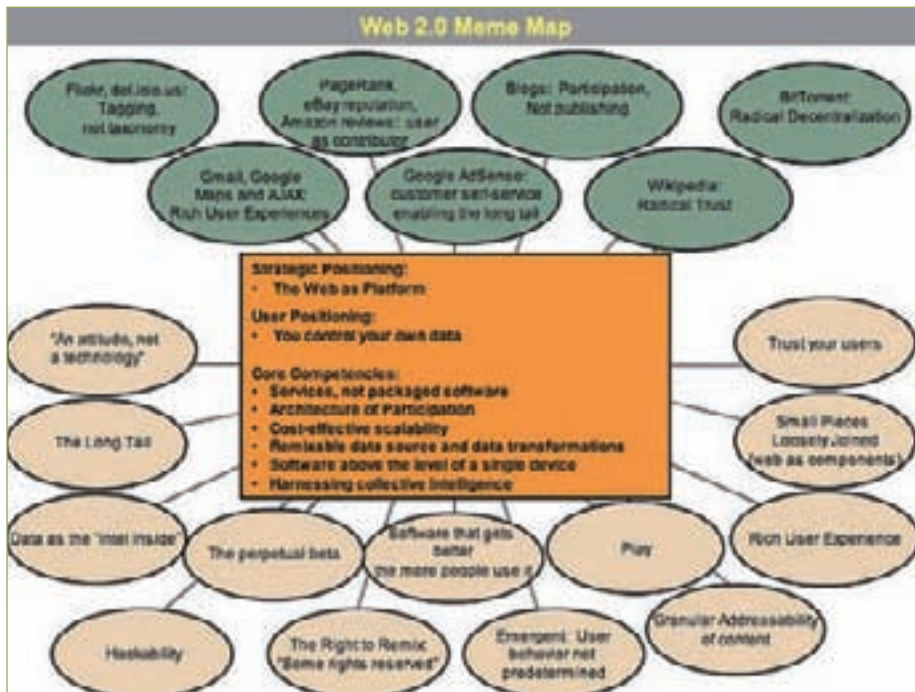


ABB. 1: „KARTE“ DES WEB 2.0 [20]

heute aktuellen verglichen, um so den Unterschied von Web 2.0 zu dem Web davor (Web 1.0) zu verdeutlichen. Abbildung 1 zeigt eine "Karte" von Web 2.0, die in einer Brainstorming-Sitzung während des FOO Camps entwickelt wurde, einer Konferenz bei O'Reilly Media. Die Karte ist in ständiger Überarbeitung, aber sie zeigt bereits die Vielzahl von Ideen, die vom Web 2.0 Kern ausgehen [20]. Web 2.0 stellt also einen weit gefassten Sammelbegriff dar, unter dem neue Web-Technologien und -Anwendungen sowie ein neues Verständnis des Internets durch den Nutzer subsumiert sind. Der Begriff bezeichnet nicht eine Änderung der technischen Grundlagen des World Wide Web, sondern steht für eine Sammlung von Prinzipien und Praktiken zur Realisierung innovativer Anwendungssysteme und Dienste, die auf dem bestehenden World Wide Web basieren. Im Mittelpunkt steht dabei ursprünglich die Idee *des benutzergenerierten Inhalts (User Generated Content)*, die ihren Aus-

druck findet etwa in *WeBlogs, Wikis, Podcasts*, und schließlich in verschiedenen Arten von *sozialer Software (Social Software)*, wie zum Beispiel *Virtual Communities, Social Networking, Content Sharing, Content Rating, Social Bookmarking, Social Tagging* und *Folksonomies*. Ein weiterer wichtiger Aspekt von Web-2.0-Anwendungen basiert auf der Idee, vorhandene Informationen und bestehende Dienste auf neue, nutzbringende Arten miteinander zu verknüpfen (*MashUps* und *Content Syndication*) [2, 11, 7, 13, 15]. Aus Anwendersicht zeichnen sich Web-2.0-Anwendungen im wesentlichen durch dynamische und multimediale Inhalte, hochgradige Interaktivität sowie dem Trend zur Vernetzung und neuen Möglichkeiten der Zusammenarbeit der (End-)Anwender aus. Benutzbarkeit und Komfort sind dabei die wichtigsten Kriterien. Dies betrifft vor allem die graphischen Benutzungsoberflächen (GUI), die vergleichbare Funktionalität und Performanz wie Desktop-GUIs anbieten müssen [2, 11, 7].

Zur technischen Realisierung von Web-2.0-Anwendungen kommen verschiedene Kombinationen bekannter und neuartiger Software-Technologien und -Architekturen zum Einsatz. Dies sind u. a. Rich Internet Applications Technologien (AJAX, Flex 2, Silverlight, JavaFX etc.), Web Service Technologien, RSS und Ansätze aus dem Semantic Web wie z.B. RDF und Mikroformate. Einige dieser Technologien befinden sich dabei noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Bei anderen Technologien (wie AJAX) wird erwartet, dass diese im Zeitraum von 2 Jahren allgemein produktiv nutzbar sein werden.

### 3 SOCIAL SOFTWARE

*Soziale Web-2.0-Anwendungen* – auch als *Social Software* bezeichnet – sind auf Web-2.0-Technologien basierende Web-Anwendungen, die für Menschen den Informationsaustausch, den Beziehungsaufbau und die Kommunikation in einem sozialen Kontext unterstützen [12]. Bekannteste Beispiele für Social Software sind Anwendungen wie Wikis, Blogs und Social Network Services [7, 8]. Social Software orientiert sich an folgenden spezifischen Prinzipien [12]:

- Im Mittelpunkt der Social Software steht das Individuum bzw. die Gruppe.
- Social Software unterliegt der Grundidee der Selbstorganisation.
- Es wird eine soziale Rückkopplung in Form von Social Ratings (Zahl der Querverweise, Kommentare, Punkte etc.) unterstützt.
- Das Individuum integriert sich in die Gruppe, d.h. eine One-to-One-Kommunikation wird nicht gewünscht.
- Personen, Beziehungen, Inhalte und Bewertungen sollen sichtbar gemacht werden.

Die einzelnen Web-2.0-Anwendungen verfolgen dabei mehrere Zielsetzungen, wobei die folgenden drei generellen Zielsetzungen unterschieden werden können



Abb. 2: KLASSIFIZIERUNG SOZIALER WEB-2.0-ANWENDUNGEN NACH [12]

(siehe auch Abbildung 2) [12]:

- die Publikation und Verteilung von Informationen,
- die Kommunikation zwischen Internetnutzern sowie
- der Aufbau und die Verwaltung von Beziehungen.

#### 4 ANWENDUNGEN ZUR PUBLIKATION UND VERTEILUNG VON INFORMATIONEN

**Weblogs (Blogs).** Unter einem Weblog (Kunstwort aus "Web" und "Logbuch") oder einfach nur Blog versteht man eine Web-Präsenz, auf der periodisch oder sporadisch neue Artikel bzw. Einträge publiziert werden. Durch Blogs wird jeder Leser zum Autor. Tagebuchähnlich veröffentlichen sogenannte Blogger Nachrichten, Meinungen, Bilder, Videos, Gedanken und Links. Dadurch wirken die Informationen persönlicher und glaubhafter, sind allerdings oft auch durch Subjektivität und Individualität geprägt. Daneben haben sich auch Fach-Weblogs, die sich aus Beiträgen zu einem bestimmten Thema zusammensetzen, und Corporate Blogs, die als Weblogs von Unternehmen vor allem Image- und Informationsfunktionen erfüllen, durchgesetzt [11, 7].

**Wikis.** Neben Blogs sind es vor allem Wikis, die als Plattform für den Informationsaustausch dienen. Wiki-Erfinder Ward Cunningham definiert Wikis als "the simplest online database that could possibly work" [16]. Ein Wiki (aus dem hawaiianischen Wort "wikiwiki" für "schnell") ermöglicht das gemeinsame Bearbeiten von Dokumenten durch mehrere Nutzer. Es dient dabei als eine Wissensdatenbank, in der Nutzer nachschlagen, neue Beiträge erfassen oder vorhandene Beiträge überarbeiten können. Der Grundgedanke ist, dass eine hohe Qualität der Beiträge durch gegenseitige Kontrolle gewährleistet wird. Falsche Informationen und Manipulationen sind dennoch ein Problem, so dass einige Wikis neuerdings zumindest eine Registrierung voraussetzen, um Beiträge erfassen oder überarbeiten zu können [10].

Das größte und bekannteste Wiki ist die freie Enzyklopädie Wikipedia [26]. Wikis eignen sich aber auch hervorragend für Softwareentwicklung, Projektmanagement, Wissenmanagement im Unternehmen, E-Learning und zur Unterstützung von Online-Communities und Stadt- und Bürgerportalen (z.B. Stadt-Wiki Karlsruhe [22]).

**Podcasts & Vodcasts.** Ein ähnliches Ziel wie Blogs, nämlich den sozialen Informa-

tionsaustausch, verfolgt das Podcasting. Unter Podcasting versteht man das Produzieren und Anbieten von Mediendateien (meist als Audiodatei im MP3-Format) über das Internet. Der Begriff hat sich aus den beiden Wörtern "iPod" und "Broadcasting" abgeleitet. Podcasting ist vergleichbar mit dem Hören von Radiosendungen, nur dass vorher die Inhalte aus dem Internet heruntergeladen werden. Podcasts wurden ursprünglich vor allem von privaten Internetnutzern produziert. Verstärkt wird die Verbreitung von Podcasts dadurch, daß immer mehr Rundfunkstationen (z.B. ARD, Deutschlandradio), aber auch Unternehmen (z.B. BMW) und Organisationen (z.B. SPD) Podcasts anbieten [12].

Neben den "klassischen" Podcasts, die als Audiodateien vorliegen, etablieren sich zunehmend auch Video-Podcasts (Vodcasts), die aus digitalen Filmen bestehen [11]. In Deutschland bekannt geworden sind die Vodcasts besonders durch Bundeskanzlerin Angela Merkel, die wöchentlich dieses Medium nutzt, um den Bürgern ihre Politik zu erläutern [25].

**Social Bookmarking.** Social Bookmarking Systeme dienen der Erfassung und Kategorisierung interessanter Web-Links. Diese Sammlung von Bookmarks (Lesezeichen) wird auf einer Social-Bookmarking-Site veröffentlicht. Jeder Benutzer kann dann nicht nur seine eigenen Favoriten sehen, sondern das gesamte System nach bestimmten Schlagwörtern durchsuchen oder auch die kompletten Listen von anderen Benutzern mit einem ähnlichen Interessenprofil durchforsten [4]. Das bekannteste Social Bookmarking System ist del.icio.us [9]. Social Citation bedient sich derselben Idee, nur dass in diesem Fall keine Bookmarks, sondern (verschlagwortete) Links auf wissenschaftliche Publikationen im Internet verwaltet werden [11].

**Social Tagging/Indexing & Folksonomies.** Beim Social Tagging (Social Indexing) werden gemeinsam Taxonomien erstellt.



Unter einer Taxonomie versteht man ein Klassifikationssystem für Inhalte. Hierzu kann jeder Benutzer Informationen und Links mit selbstdefinierten Tags verschlagworten. Tags sind Etiketten, die die gebotene Information auszeichnen und kategorisieren. Tagging dient zur Orientierung, Navigation, Bewertung und Empfehlung und ermöglicht Suche sowie Ratings und Rankings [6]. Oft wird eine Sammlung von Tags als sog. Tag Clouds visualisiert: häufig genutzte Tags sind in größerer Schrift dargestellt als weniger häufige.

Das Social Tagging wird oft auch als "Folksonomy" bezeichnet, eine Sprachspielerei aus den beiden Begriffen "Folk" und "Taxonomy". Der Begriff soll zum Ausdruck bringen, dass hier keine Begriffssystematik nach streng wissenschaftlichen Kriterien angestrebt wird [4]. Social Bookmarking und Social Tagging Verfahren können auch miteinander kombiniert werden.

## 5 ANWENDUNGEN IM BEREICH KOMMUNIKATION

**Instant Messaging.** Unter Instant Messaging werden Serverdienste verstanden, die es ermöglichen, mittels einer Clientsoftware (dem Instant Messenger) mit anderen Teilnehmern in Echtzeit zu kommunizieren [11]. Hierbei werden über das Internet Texte an einen oder mehrere Empfänger verschickt, auf die diese sofort antworten können (Chat). Neben der Echtzeit-Kommunikation ist es auch möglich, Offline-Nachrichten zu senden. Die meisten Instant Messenger unterstützen sog. "Buddy Lists", mit denen die Adressen der bekannten Mitglieder verwaltet werden können. Aktuelle Instant Messenger werden zunehmend um weitere Funktionalitäten, wie z.B. Dateiaustausch, Sprach- und Videoübertragung und Spiele ergänzt [11]. Bekannte Instant Messaging Systeme sind ICQ [14], AOL Messenger [3] und Windows Live Messenger [27].

**Internet-Telephonie & -Conferencing.** Anwendungen der Internet-Telephonie (VoIP – Voice over IP) erweitern ebenfalls nachhaltig die Kommunikationsmöglichkeiten im Internet. So ermöglicht z.B. das software-basierte Skype [21] das kostenlose Telefonieren via Internet von PC zu PC sowie das Telefonieren ins herkömmliche Telefonnetz. Weiterhin sind auch Telefon- und Video-Konferenzen möglich.

Da einerseits ursprüngliche Internet-Telefonieanwendungen mittlerweile Instant Messaging Funktionalitäten integrieren und andererseits Instant Messaging Systeme auch Sprache und Videos übertragen, verschwimmen die Grenzen zwischen diesen Anwendungen zunehmend [5].

## 6 ANWENDUNGEN ZUM AUFBAU SOZIALER NETZWERKE

Social Networking oder auch Community sind Ansätze, die das soziale Netz eines Menschen in einer Software abzubilden versuchen. Zusätzlich soll das soziale Netzwerk die Kommunikation unter den Menschen vereinfachen und effektiver gestalten. In einem Social Network steht vor allem der Gedanke der Vernetzung im Vordergrund. Um so stärker ein Mensch vernetzt ist, desto mehr kann er davon profitieren.

**Soziale Netzwerkplattformen.** Die genannten Web-2.0-Anwendung ziehen viele Benutzer an, doch Millionen von Benutzern strömen vor allem auf die sozialen Netzwerkplattformen. Ihre Attraktivität beziehen diese Netzwerkplattformen neben der Möglichkeit zu kommunizieren, Kontakte zu knüpfen und soziale Beziehungen abzubilden aus einer Vielzahl unterschiedlicher zusätzlicher Dienste. Die Kooperation mit Gleichgesinnten steht im Vordergrund [6]. Nachdem ein Nutzer sein Profil angegeben hat, kann er die Mitgliederbasis nach Nutzern, die er bereits kennt bzw. nach Mitgliedern mit einem ihn interessierenden Profil

durchsuchen. Diesen kann er dann einen "Beziehungswunsch" zukommen lassen. Indem dieser Wunsch akzeptiert und somit auch durch das System legitimiert wird, bildet ein Mitglied Schritt für Schritt sein soziales Netz ab [11]. Eine weitere interessante Funktion derartiger Systeme ist die Analysefähigkeit, welche Kontakte die eigenen Kontakte wiederum zu anderen Nutzern des Systems haben [4].

Bei den – oft auch als Social Network Services oder Social Network Software bezeichneten – Plattformen handelt es sich somit um spezielle Software und Online-Dienste, die den Aufbau von zielgerichteten Beziehungen im Internet und deren Verwaltung ermöglichen. Die resultierenden sozialen Netzwerke können privat oder geschäftlich orientiert sein [4].

**Communities.** Beispiele für geschäftlich orientierte Communities sind LinkedIn [17] und das in Deutschland stark verbreitete XING (ehemals openBC) [28]. Beide Plattformen werben damit, dass Geschäftsleute mit Hilfe ihres Netzwerkes schneller an benötigte Informationen heranzukommen und Geschäftskontakte anbahnen können. Nicht im beruflichen Bereich, aber für Studenten oder (ehemalige) Schüler interessant sind Communities, wie z.B. StudiVZ [24] und StayFriends [23]. Hier geht es vor allem darum, mit anderen Leuten Bilder und Videos zu teilen und in Gruppen über bestimmte Themen zu diskutieren. Eine weitere, aufgrund der Themenstellung interessante Plattform ist 43Things [1]. Hier können sich Internetnutzer mit gleichen Lebenszielen vernetzen [4].

Die wohl größte kommerzielle Netzwerkplattform ist MySpace [18], die es erlaubt sich mit Freunden zu vernetzen und die Blogs, Videos und den Tausch von Dateien integriert. Der private Austausch steht im Vordergrund, von großem Interesse ist auch der Musikbereich mit Informationen und Clips [6].

## 7 AUSBLICK

Der Anwendungsbereich für Web-2.0-Anwendungen ist sehr groß. Dieser reicht von einfachen Anwendungen zur Kommunikation, zum Informationsaustausch oder Aufbau von sozialen Netzwerken bis hin zu komplexen, betrieblich genutzten Web-2.0-Anwendungen oder themenspezifischen sozialen Netzwerken, die dem Austausch von Expertenwissen dienen.

Abschließend kann festgestellt werden, dass Web-2.0-Technologien und -Anwendungen sich immer weiter im Alltag verbreiten und auch die Zukunft von betrieblichen Anwendungen in Unternehmen entscheidend mitbestimmen werden.

### LITERATUR

- [1] 43Things. <http://www.43things.com>.
- [2] T. Alby. Web 2.0 - Konzepte, Anwendungen, Technologien. Hanser Verlag, 2007
- [3] AOL Instant Messenger. <http://www.aol.de/AIM>
- [4] M. Bächle. Social Software. Informatik Spektrum, 29(2):121–124, 2006
- [5] M. Bächle and S. Daurer. Potenziale integrierter Social Software - das Beispiel Skype. In: K. Hildebrand and J. Hofmann, editors, Social Software, pages 75–81. dpunkt.verlag, 2006
- [6] A. Beck. Web 2.0: Konzepte, Technologie, Anwendungen. In: A. Beck, M. Mörike, and H. Sauerburger, editors, Web 2.0, pages 5–16. dpunkt.verlag, 2007
- [7] A. Beck, M. Mörike, and H. Sauerburger, editors. Web 2.0, volume 255 of HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik. dpunkt.verlag, 2007
- [8] E. Churchill and C. Halverson. Social networks and Social Networking. IEEE Internet Computing, pages 14–19, September/October 2005
- [9] del.icio.us. <http://del.icio.us>
- [10] A. Ebersbach and M. Glaser. Wiki. Informatik Spektrum, 28(2):131–135, 2005
- [11] K. Hildebrand and J. Hofmann, editors. Social Software, volume 252 of HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik. dpunkt.verlag, 2006
- [12] H. Hippner. Bedeutung, Anwendungen und Einsatzpotenziale von Social Software. In: K. Hildebrand and J. Hofmann, editors, Social Software, pages 6–16. dpunkt.verlag, 2006
- [13] i-com - Zeitschrift für interaktive und kooperative Medien. Themenschwerpunkt Web 2.0, volume 6/1. Oldenburg Wissenschaftsverlag, 2007
- [14] ICQ. <http://www.icq.com>
- [15] iX Special. Web 2.0 - das Kompendium, volume 1/07. Heise, 2007
- [16] B. Leuf and W. Cunningham. The Wiki Way: Quick Collaboration on the Web. Addison-Wesley, 2001
- [17] LinkedIn. <http://www.linkedin.com>
- [18] MySpace. <http://www.myspace.com>
- [19] T. O'Reilly. Was ist Web 2.0? , September 2005. Deutsche Übersetzung, [http://two-zero.uni-koeln.de/content/e14/index\\_ger.html](http://two-zero.uni-koeln.de/content/e14/index_ger.html)
- [20] T. O'Reilly. What Is Web 2.0? , September 2005. <http://www.oreilly.de/artikel/web20.html>
- [21] Skype. <http://www.skype.com>
- [22] Stadt-Wiki Karlsruhe <http://ka.stadtwiki.net>
- [23] StayFriends. <http://www.stayfriends.de>
- [24] studiVZ. <http://www.studivz.net>
- [25] Video-Podcast der Bundeskanzlerin Angela Merkel. <http://www.bundestkanzlerin.de/Webs/BK/DE/Aktuelles/VideoPodcast/video-podcast.html>
- [26] Wikipedia.org. <http://wikipedia.org>
- [27] Windows Live Messenger. <http://get.live.com/messenger/overview>
- [28] XING (vormals openBC). <http://www.xing.de>



# Berufspädagoge/-in für Aus- und Weiterbildung (IHK)

Der neue Christiani-Fernlehrgang „Berufspädagoge/-in für Aus- und Weiterbildung (IHK)“ ist sowohl vom Inhalt wie von seiner didaktisch-methodischen Konzeption neu und auch einzigartig. Neue Lehr- und Lernmethoden, die in der Aus- und Weiterbildung eingesetzt werden sollen, sind hier nicht nur Lerngegenstand, sondern auch selbst Methode.

## Die Pluspunkte auf einen Blick:

- Sie vertiefen Ihre pädagogische Kompetenz
- Sie können anspruchsvolle Maßnahmen beruflicher Aus- und Weiterbildung selbstständig handhaben
- Sie lernen neue Methoden und Ansätze der Berufsbildung kennen und handhaben
- Sie verbessern Ihre Berufssituation
- Anerkannter Abschluss durch IHK-Prüfung



## Starttermine 2008

19./20. September in Potsdam  
26./27. September in Konstanz  
17./18. Oktober in Düsseldorf  
07./08. November in Erfurt

Unser komplettes Lehrgangsprogramm  
finden Sie unter: [www.christiani-akademie.de](http://www.christiani-akademie.de)



**Pfeiffer**

## Einstiegschance für motivierte Hochschulabgänger (m/w)

Die Ing. Erich Pfeiffer GmbH ist ein expandierender Hersteller von mechanischen Sprüh- und Dosiersystemen für die pharmazeutische und kosmetische Industrie. Eingebunden in eine international operierende Firmengruppe zählen wir mit unseren Produkten zu den Weltmarktführern. Zur Zeit beschäftigen wir rund 600 Mitarbeiter.

**Die Menschen in einem Unternehmen machen den Unterschied. Aus diesem Grund sind wir auf der Suche nach motivierten Hochschulabgängern wie Ihnen.**

### DAS BRINGEN SIE MIT:

- Abgeschlossenes technisches oder naturwissenschaftliches Studium
- Sehr gute Englischkenntnisse
- Teamfähigkeit, Flexibilität, Überzeugungskraft und eine selbstständige Arbeitsweise

### FOLGENDE AUFGABEN WARTEN UNTER ANDEREM AUF SIE:

- Leitung und Koordination von internationalen Projekten
- Koordination von engagierten Projektteams
- Enge Kontaktpflege mit Kunden und/oder Lieferanten weltweit
- Termin- und Kostenkontrolle

### WIR BIETEN:

- Abwechslungsreiches und interessantes Aufgabengebiet
- Großen Spielraum für eigenverantwortliches Handeln
- Mitarbeit in einem wachsenden und zukunftsorientierten internationalen Unternehmen
- Entwicklungsmöglichkeiten in einem dynamischen Umfeld

### HABEN WIR IHR INTERESSE GEWECKT?

Dann informieren Sie sich auf unserer Homepage über aktuelle Stellenangebote oder senden Sie uns Ihre Initiativbewerbung per Post oder per e-mail an [kariere@pfeiffer-group.com](mailto:kariere@pfeiffer-group.com).

Für tel. Auskünfte steht Ihnen **Frau Hofacker** unter **Tel. 07732/801-428** gerne zur Verfügung.



*PROF. DR. OLIVER HAASE  
Studium der Informatik  
an der Universität Karls-  
ruhe, danach Promotion*

*zum Dr.-Ing. an der Universität Siegen.  
1998 - 2005 Industrieforschung, zuerst  
bei NEC Europe in Heidelberg, dann bei  
den Bell Labs in Holmdel, New Jersey. Seit  
2005 Professor für Verteilte Systeme und  
Software Engineering an der Fakultät  
Informatik der HTWG Konstanz. Seit  
Nov. 2006 Programmdirektor Master  
Informatik und seit März 2008 Prodekan  
Forschung.*



*DIPL. INF. (FH) WOLFGANG  
REISER hat Wirtschafts-  
informatik an der HTWG  
Konstanz studiert. Nach*

*seinem Diplom im September 2007 war  
er Mitarbeiter in einem Projekt zum The-  
ma Web 2.0 Softwareentwicklung an der  
HTWG Konstanz. Zur Zeit arbeitet er als  
Software-Entwickler und Berater bei der  
Innovations Softwaretechnologie GmbH  
in Immenstaad am Bodensee.*



*PROF. DR. JÜRGEN WÄSCH  
Studium der Informatik  
und Wirtschaftswissen-  
schaften an der Universi-  
tät Kaiserslautern. 1993-1999 Wissen-  
schaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter  
bei der GMD - Forschungszentrum Infor-  
mationstechnik GmbH in Darmstadt.*

*1998-1999 externer Berater bei der Soft-  
ware AG. 1999 Promotion zum Dr.-Ing. an  
der TU Darmstadt.  
2000-2003 Bereichsleiter bei der e-pro  
solutions GmbH in Stuttgart. Seit 2004  
Professor für E-Business Technologien an  
der HTWG Konstanz. 2008 Forschungsse-  
mester bei der SAP AG in Walldorf.*

## 1 EINFÜHRUNG

Als Rich Internet Application (RIA) [6] werden Web-2.0-Softwareanwendungen bezeichnet, die sich in Funktionsumfang und Verhalten von traditionellen Desktop-Anwendungen kaum unterscheiden, aber auf Grund der verwendeten Technologien reine Web-Anwendungen sind. Benutzbarkeit und Komfort sind dabei die wichtigsten Kriterien. Dies betrifft vor allem die graphischen Benutzungsoberflächen (GUI), die vergleichbare Funktionalität und Performanz wie Desktop-GUIs anbieten müssen [2, 12, 3].

Bei Rich Internet Applications wird ein Teil des Anwendungscode (graphische Benutzungsoberfläche und ein Teil der Anwendungslogik) vom Server zum Client übertragen. Danach steht dem Benutzer eine leistungsfähige Applikation zur Verfügung, die Aufgaben wie Berechnungen oder ähnliches eigenständig durchführen kann ohne jedesmal auf den Server zuzugreifen. Durch die Auslagerung von Funktionen auf den Client, und die damit verbundene Einsparung von Zugriffen auf den Server, lassen sich RIAs flüssiger bedienen als klassische Web-Anwendungen. Nach [27] und [6] ist ein weiterer großer Vorteil von RIAs, dass die Verteilung von Anwendungen durch Internet-Technologie stark vereinfacht wird.

Um Rich Internet Applications zu entwickeln, wird eine Kombination von bereits etablierten und neuen Web-Technologien verwendet. Dieser Artikel stellt nachfolgend die weitverbreitete AJAX-Technologie, existierende AJAX-Frameworks sowie alternative Ansätze für Rich Internet Applications vor.

## 2 ASYNCHRONOUS JAVASCRIPT AND XML (AJAX)

AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) [21, 22] ist eine neuartige Kombination aus heterogenen, zum Teil bereits etablierten

Technologien, mit dem Ziel interaktive Web-Anwendungen zu ermöglichen, die sich in Funktionalität und Performanz (fast) nicht von lokalen Anwendungen unterscheiden.

Kernstück von AJAX ist die sogenannte AJAX-Engine, eine clientseitige JavaScript-Komponente, die zwischen der Benutzeroberfläche und dem Server angesiedelt ist und die Benutzeroberfläche vom strikt synchronen HTTP-Kommunikationsmodell entkoppelt. Wie in Abbildung 1 zu erkennen ist, schickt die Benutzeroberfläche ihre Anfragen nicht wie in einer Web-1.0-Anwendung direkt an den Server, sondern an die AJAX-Engine. Die Engine kann Daten vom Server in einem Cache speichern, ohne Zutun des Benutzers bzw. der graphischen Oberfläche Daten präemptiv vom Server anfordern, sowie mit Hilfe umfangreicher Bibliotheken viele Berechnungen selbst durchführen. Auf diese Art können viele Anfragen der Benutzeroberfläche an die AJAX-Engine sofort beantwortet werden, ohne Interaktion mit dem Server. Ist eine Kommunikation mit dem Server erforderlich, schickt die AJAX-Engine eine entsprechende HTTP-Anfrage ab, deren Antwort sie dann asynchron entgegennehmen kann.

Eine AJAX-Anwendung unterscheidet sich damit von einer Web-1.0-Anwendung in zwei wesentlichen technologischen Aspekten:

1. Durch die Vermittlung der AJAX-Engine ist die Benutzeroberfläche entkoppelt von der synchronen Kommunikation mit dem Web-Server. Das erlaubt stärkere Interaktivität und mehr Flexibilität bei der Benutzerführung.

2. Die Fähigkeit der AJAX-Engine, Berechnungen selbst durchzuführen und Daten zwischenspeichern, verringert die Menge übertragener Daten, was wiederum die Antwortzeiten in der Benutzeroberfläche stark verringert. AJAX-Anwendungen folgen einer Fat-/Rich-Client-Architektur, im Gegensatz zur Thin-Client-Architektur einer klassischen Web-1.0-Anwendung.

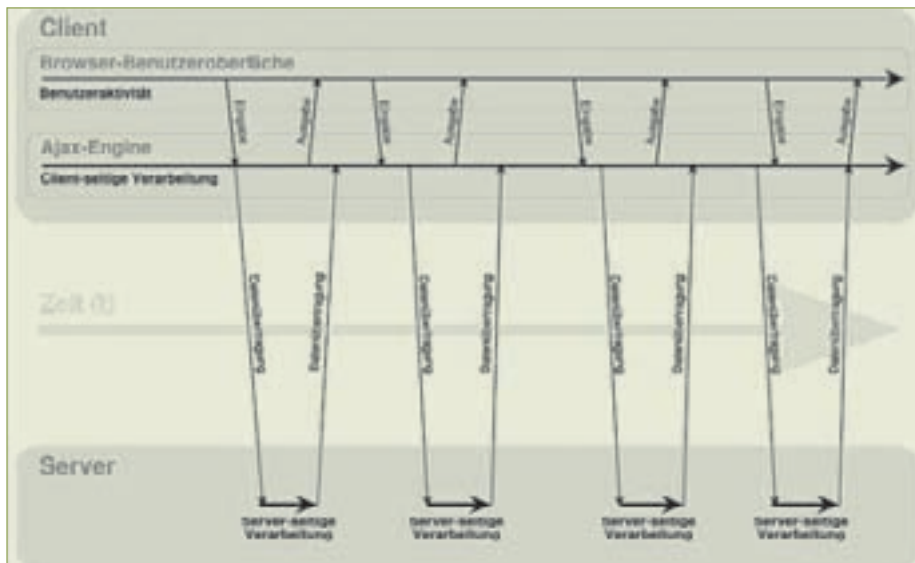


ABB. 1: KOMMUNIKATIONSMODELL EINER WEB-2.0-ANWENDUNG, NACH HAI S C H T [39].

Auf der Kostenseite steht der deutlich höhere Entwicklungsaufwand, da zur Realisierung der oben beschriebenen Architektur in einer AJAX-basierten Anwendung eine Vielzahl verschiedenartiger Technologien zum Einsatz kommt.

Auf der Clientseite sind das (X)HTML / XML, CSS / XSLT, DOM, verschiedene JavaScript-Varianten (ECMAScript / Javascript / JScript), sowie synchrone und asynchrone HTTP-Requests. Serverseitig werden meist dynamische Skriptsprachen beziehungsweise JEE (Java Enterprise Edition) und Web Service Technologien eingesetzt. Die Kommunikation zwischen Client und Server erfolgt synchron oder asynchron mittels unterschiedlicher Protokolle (z. B. XML over HTTP, SOAP, REST, XML-RPC, JSON) [22, 8, 38, 26].

### 3 AJAX-FRAMEWORKS

Um die Entwicklung von AJAX-Anwendungen zu unterstützen, gibt es viele verschiedene Softwareentwicklungsframeworks, in unterschiedlichen Ausprägungen und Reifegraden [22]. Im Allgemeinen können AJAX-Frameworks in drei verschiedene Arten eingeteilt werden:

- *Direktes AJAX-Framework*, das clientseitig eine Kommunikationsschnittstelle über das XMLHttpRequest-Objekt sowie Methoden zur DOM-Manipulation bereitstellt.
  - *AJAX-Komponenten-Framework*, das zusätzlich zu der Kommunikationsschnittstelle und den Methoden Widgets, Animationen und Effekte bereitstellt.
  - *Servergetriebenes AJAX-Framework*, das die Behandlung von clientseitigem Code mit dem serverseitigen Code in einem Framework vereint und graphische Elemente serverseitig erzeugt.
- Nachfolgend soll exemplarisch zu jeder Art ein Framework kurz vorgestellt werden (Stand: Februar 2008).

**Prototype:** *Prototype* [34] ist eines der bekanntesten und verbreitetsten direkten AJAX-Frameworks. Es wird seit 2005 entwickelt und erfreut sich nicht nur im privaten Bereich großer Beliebtheit, sondern auch Firmen wie Apple, NBC und Microsoft setzen es ein. Dies liegt in erster Linie nicht an der AJAX-spezifischen Klasse, sondern daran, dass Prototype seinen Schwerpunkt auf die Manipulation des Document Object Model (DOM) legt. Grundlegende JavaScript-Funktionen zur DOM-Manipulation

werden vereinfacht und es werden erweiterte Funktionen bereitgestellt, die in JavaScript vergeblich gesucht werden. Prototype kann durch die GUI-Bibliothek *Script.aculo.us* [7] erweitert werden, um so Anwendungen mit Effekten wie zum Beispiel Ein- und Ausblenden von Inhalten auf einfache Art zu erweitern.

**Dojo:** Dojo [5] ist ein modular aufgebautes Komponenten-Framework, und besteht aus den Modulen, *Dojo Core*, *Dijit* und *DojoX*. Dojo Core ist, wie bereits aus dem Namen geschlossen werden kann, der Kern des Frameworks und dient als Schnittstelle zur DOM-Manipulation. Darauf aufbauend bietet Dijit ein Widget-System, welches eine Vielzahl von GUI-Elementen enthält, so dass sich schnell ansprechende Web 2.0 Benutzeroberflächen realisieren lassen. DojoX nimmt eine Sonderrolle im Framework ein. DojoX ist eine Zusammenfassung von Funktionen, die sich noch im experimentellen Stadium befinden, welche bei einem gewissen Reifegrad und einer gewissen Relevanz in Dojo Core oder Dijit übernommen werden.

**ASP.NET AJAX:** *ASP.NET AJAX* [19], früher auch unter dem Namen Atlas bekannt, ist eine AJAX-Erweiterung für Microsoft ASP.NET und zählt zu den servergetriebenen AJAX-Frameworks. Es ist eine Web-Technologie der Firma Microsoft, welche Cross-Browser-Scripting-Bibliotheken in das ASP.NET Web-Anwendungsframework integriert.

Somit ist es auch möglich, ASP.NET Web-Anwendungen um AJAX-Kontrollelemente zu erweitern, und Entwickler herkömmlicher Web-Anwendungen können bestehende Anwendungen um asynchrone Kommunikationselemente erweitern. Servergetriebene AJAX-Frameworks wie ASP.NET AJAX haben den Nachteil, dass alle GUI-Elemente auf dem Server generiert werden und dann zum Client übertragen werden, welches die Serverlast und den Netzwerkverkehr erhöht. Diesen Nachteil

versuchen servergetriebene Frameworks durch eine allumfassende Entwicklungsumgebung wieder wett zu machen.

**Weitere AJAX-Frameworks:** Um die Anzahl an verschiedenen AJAX-Frameworks zu verdeutlichen werden im Folgenden weitere Frameworks aufgezählt.

- *Direkte AJAX-Frameworks*  
ACE, Bajax, MAJAX, Prototype, AJAXLib, SAJAX
- *AJAX-Komponenten-Frameworks*  
DOJO, jQuery, MochiKit, MooTools, Script.aculo.us, Plex, Rico, moo.fx, qooxdoo, TurboWidgets
- *Servergetriebene AJAX-Frameworks*  
AJAXAgent, Flexible AJAX, TinyAjax, Google Web Toolkit, ASP.NET AJAX, Anthem.NET, Visual WebGUI, Symphony

Diese Aufzählung ist nur ein kleiner Ausschnitt aus allen verfügbaren AJAX-Frameworks. Eine allumfassende Auflistung ist nahezu unmöglich, da fast täglich neue Frameworks hinzu kommen oder die Entwicklung bestehender Frameworks eingestellt wird.

Des Weiteren ist noch zu erwähnen, dass es für die Entwicklung von asynchron kommunizierenden Web-Seiten Alternativen zur Nutzung von XML für den Datenaustausch gibt. Eine dieser Alternativen ist die JavaScript Object Notation (JSON) [14] [25]. Einer der Vorteile, die JSON gegenüber XML mit sich bringt ist, dass es ein sehr schlankes Datenaustauschformat ist, das direkt mit JavaScript integriert ist.

#### 4 ALTERNATIVE ANSÄTZE FÜR RICH INTERNET APPLICATIONS

AJAX als eine RIA Kerntechnologie wurde in den vorigen Abschnitten dargestellt. Im Folgenden werden exemplarisch Adobe Flex 2, Microsoft Silverlight und Sun JavaFX als alternative Ansätze zur Realisierung von Rich Internet Applications vorgestellt (Stand: Februar 2008).

**Adobe Flex 2:** Adobe Flex 2 [1] ermöglicht die Erstellung von Rich Internet Applications, die durch den Einsatz von Adobe Flash auf nahezu allen Plattformen darstellbar sind. Eine Flex-Applikation wird mit Hilfe von MXML und ActionScript entwickelt. MXML ist eine XML-basierte, deklarative Beschreibungssprache zur Definition graphischer Benutzungsoberflächen. ActionScript ist eine JavaScript-ähnliche Programmiersprache zur Realisierung clientseitiger Dynamik und Interaktivität. Die Anwendungsentwicklung wird durch eine auf das Eclipse-Projekt aufbauende Entwicklungsumgebung sowie Bibliotheken zur GUI-Gestaltung und zum Datenzugriff erleichtert. Das Flex 2 Framework besteht aus drei Komponenten:

- *Flex Builder 2:* eine auf dem Eclipse-Projekt aufbauende integrierte Entwicklungsumgebung, die die Entwicklung von Flex-Anwendungen stark vereinfacht.
- *Flex Charting 2:* eine Bibliothek zur dynamischen Datenvisualisierung, die es ermöglicht Daten in nahezu Echtzeit zu verarbeiten und darzustellen.
- *Flex Data Services 2:* eine Bibliothek zur Verwaltung und Entwicklung datenintensiver Anwendungen, welche Daten zwischen Client und Server synchronisiert und Änderungen im Datenbestand in nahezu Echtzeit an den Client weiterleitet.

**Microsoft Silverlight:** Bei Microsoft Silverlight [20] handelt es sich um ein Browser-Plug-In, welches eine schlankere Version der Präsentationsschnittstelle *Windows Presentation Foundation* (WPF) implementiert. Silverlight basiert wie auch WPF auf XAML, einem XML-Dialekt zur Beschreibung von grafischen Oberflächen. Es ist in der Lage XAML-Dateien zu rendern und deren Ereignismodell und Dokumentobjektmodell (DOM) per JavaScript dem Browser bereit zu stellen.

Da das Silverlight-Plugin nur für Microsoft Windows und Apple Macintosh Computer angeboten wird, ist der Einsatz auf diese beiden Plattformen beschränkt (Unix und

Linux wird nicht unterstützt).

**Sun JavaFX:** JavaFX [36] ist ein auf der Java-Plattform basierender Ansatz um Rich Internet Applications zu erstellen. Wie bei Java wird auch bei JavaFX der Ansatz „*Write Once, Run Anywhere*“ verfolgt, der es ermöglichen soll RIAs, die mittels JavaFX erstellt worden sind, auf verschiedenen Endgeräten zu verwenden. Die JavaFX-Produktlinie soll Konkurrenz zu Adobe Flex 2 und Microsoft Silverlight bieten und besteht zur Zeit aus zwei Komponenten:

- *JavaFX Script* ist eine deklarative Skriptsprache, welche Strukturierung, Wiederverwendung und Kapselung von Code unterstützt, um die Entwicklung komplexer Benutzeroberflächen zu ermöglichen.
- *JavaFX Mobile* ist ein Software-System für mobile Geräte, welches Entwicklern erlaubt mit JavaFX erstellte Rich Internet Applications für solche Geräte zu nutzen.

Der größte Nachteil von JavaFX ist, dass sich JavaFX-Code *noch* nicht in Webseiten einbetten lässt. Die einzige Möglichkeit JavaFX-Anwendungen auf einem Client auszuführen besteht zur Zeit durch die Java Webstart-Technologie, welche den Einsatz wiederum beschränkt.

**Google Gears:** Im Zuge der Beschreibung alternativer RIA-Frameworks soll auch auf Google Gears [9] hingewiesen werden. Bei Google Gears handelt es sich nicht um eine Technologie, welche die Entwicklung umfangreicher und benutzerfreundlicher Oberflächen für Web-Anwendungen ermöglicht. Es ist vielmehr eine Technologie, die die Einsatzfähigkeit von Web-Applikationen verbessert.

Google Gears stellt eine Browsererweiterung zur Verfügung, die es Entwicklern ermöglicht, *offlinefähige* Web-Anwendungen zu entwickeln. Dazu stellt Google Gears die folgenden Funktionen bereit:

- Lokaler Server, der Anwendungsressourcen wie HTML-Seiten, Javascript-Code und Bilder zwischenspeichert und dem Benutzer anbietet.

- Datenbank, um Daten mit Hilfe des Browsers speichern und wieder abrufen zu können.
- „Worker Thread Pool“, eine Ansammlung von Arbeits-Threads, die es ermöglicht ressourcenintensive Aufgaben im Hintergrund zu bearbeiten um flüssiges Arbeiten gewährleisten zu können.

Durch Offlinefähigkeit wird die Einschränkung der Benutzbarkeit von Web-Anwendungen durch fehlende Verfügbarkeit des Netzwerkes umgangen. Dies bedeutet aber ein Mehraufwand, da zusätzliche Software durch den Anwender auf dem Client installiert werden muss.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Unter Rich Internet Applications versteht man Web-basierte Software-Anwendungen, die in Funktionalität und Performance, sowie graphischer Benutzeroberfläche, Interaktivität und Benutzerkomfort sehr nahe an vorinstallierte, lokale Desktop-Anwendungen heranreichen. Wie in diesem Artikel dargestellt wurde, gibt es eine sehr große Anzahl von Ansätzen und Technologien, die für die Umsetzung von Rich Internet Applications eingesetzt werden können.

Die Vorteile von Rich Internet Applications müssen mit wesentlich erhöhtem Entwicklungsaufwand bezahlt werden. Beispielsweise erfolgt die Entwicklung von AJAX-basierten Web-2.0-Anwendungen in einem komplexen Prozess und stellt hohe intellektuelle Anforderungen an die Anwendungsentwickler. Dies resultiert u. a. aus den folgenden Sachverhalten:

- AJAX-Anwendungen beinhalten eine hohe Komplexität durch die Kombination vieler unterschiedlicher Technologien und Protokolle.
- Die Asynchronität / Nebenläufigkeit und Verteilung in AJAX-Anwendungen stellt ein sehr anspruchsvolles Programmierparadigma dar.

- Es existieren keine allgemein akzeptierten Vorgehensweisen und Entwurfsmuster zur Entwicklung von AJAX-Anwendungen.
- Es gibt mehrere Hundert unterschiedlicher AJAX-Frameworks in unterschiedlichen Ausrichtungen und Reifegraden, zum Teil kommerziell oder frei verfügbar (Open Source).
- Andererseits gibt es wenig professionelle Entwicklungswerkzeuge (IDEs), die die Entwicklung und Qualitätssicherung (Debugging, Refactoring, Test etc.) von AJAX-Anwendungen komplett unterstützen.
- Es ist offen, wie existierende Client/Server- und Web-1.0-Anwendungen einfach und schnell auf eine AJAX-Architektur migriert werden können; desweiteren muss die Koexistenz von Alt-Anwendungen (Legacy Systems) und neuen AJAX-Anwendungen beachtet werden.

Um die Entwicklung von Rich Internet Applications – speziell AJAX-Anwendungen – wirtschaftlicher zu gestalten, müssen umfassende Vorgehensweisen und spezielle Verfahren entwickelt werden, die den Entwicklungsprozess vereinfachen. So benötigt man beispielsweise spezielle Entwurfsmuster, die an die charakteristischen Eigenschaften von Rich Internet Applications angepasst sind. Entwurfsmuster erleichtern den Entwicklungsprozess, indem sie die Komplexität eines Problems leichter beherrschbar machen durch Anwendung bewährter Lösungsstrategien auf neue Probleme. Solch eine Standardisierung würde u.a. eine Senkung der Entwicklungs- und Wartungskosten mit sich bringen. Des Weiteren könnte durch die verbesserte Integration des Software-Entwicklungsprozesses eine teilweise clientseitige Verlagerung der Anwendungslogik besser umgesetzt werden, welche zu geringeren Serverbelastungen und somit performanteren Anwendungen führen würde. Ein weiterer Vorteil, den eine Standardisierung der Entwicklungsverfahren mit sich bringt ist, die Mög-

lichkeit der Messbarkeit und Sicherung der Anwendungsqualität.

Generell ist in dem Bereich Rich Internet Applications und Web 2.0 eine Konsolidierung eingesetzter Technologien und Entwicklungsverfahren in Richtung allgemeiner Standards erforderlich, um zukunftssichere Anwendungen entwickeln zu können.

## LITERATUR

- [1] Adobe. Adobe Flex 2. <http://www.adobe.com/products/flex/>, 2007
- [2] T. Alby. Web 2.0 - Konzepte, Anwendungen, Technologien. Hanser Verlag, 2007.
- [3] A. Beck, M. Mörike, and H. Sauerburger, editors. Web 2.0, volume 255 of HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik. dpunkt.verlag, 2007
- [4] J. Diamond. Anthem.NET. <http://www.anthemdotnet.com/>, 2006
- [5] Dojo. Dojo - The JavaScript Toolkit. <http://dojotoolkit.org/>, 2007
- [6] J. Duhl. Rich Internet Applications. White Paper, IDC, 2003
- [7] T. Fuchs. script.aculo.us - Web 2.0 JavaScript. <http://script.aculo.us/>, 2007
- [8] J. Gamperl. AJAX. Galileo Computing, 2007
- [9] Google. Google Gears. <http://gears.google.com/>, 2007
- [10] Google. Google Web Toolkit - Build AJAX Apps in the Java language. <http://code.google.com/webtoolkit/>, 2007
- [11] T.Group. TurboWidgets - JavaScript Controls for Rapid Rich-client Development. <http://turboajax.com/products/turbowidgets/>, 2007
- [12] K. Hildebrand and J. Hofmann, editors. Social Software, volume 252 of HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik. dpunkt.verlag, 2006
- [13] R. Hundt. PLEX - Open Source AJAX Framework. <http://www.plextk.org/trac/wiki/>, 2007
- [14] JSON. JSON - JavaScript Objekt Notation. <http://json.org/>, 2007

- [15] J. Karaszewski. AJAXLib. <http://www.karaszewski.com/tools/ajaxlib/>, 2005
- [16] J. Karaszewski. SAJAX - Simple AJAX Toolkit. <http://www.modernmethod.com/sajax/index.phtml>, 2005
- [17] C. Krack. Flexible Ajax Framework. <http://tripdown.de/flxajax/>, 2007
- [18] MAJAX - Millennium AJAX. <http://libx.org/majax/>, 2007
- [19] Microsoft. ASP.NET/AJAX. <http://asp.net/ajax/>, 2007
- [20] Microsoft. Microsoft Silverlight. <http://silverlight.net/>, 2007
- [21] S. Mintert. Ajax: die nächste Generation der Web-Anwendungen. iX - Magazin für professionelle Informationstechnik, 11/2005:56, 2005
- [22] S. Mintert and C. Leisegang. Ajax – Grundlagen, Frameworks und Praxisübungen. dpunkt.verlag, 2007
- [23] I. Mochi Media. Mochkit - Makes Javascript Suck Less. <http://jquery.com/>, 2007.
- [24] moo.fx - Super Lightweight Javascript Effects Library. <http://moofx.mad4milk.net/>, 2007
- [25] S. Neuhaus. JSON und JSON-RPC: Ajax ohne XML. iX - Magazin für professionelle Informationstechnik, 1/2006:70, 2006
- [26] J. F. Nicholas C. Zakas, Jeremy McPeak. Ajax Professionell. Redline GmbH, 2006
- [27] C. O'Rourke. A Look at Rich Internet Applications. Oracle Magazine, 2004
- [28] F. Potencier. Symphony. <http://www.symfony-project.com/>, 2007
- [29] V. Proietti. Mootools - The Compact Javascript Framework. <http://www.modernmethod.com/sajax/index.phtml>, 2005
- [30] qooxdoo - The New Era of Web Development. <http://qooxdoo.org/>, 2007
- [31] J. Resig. jQuery. <http://jquery.com/>, 2007.
- [32] Rico - JavaScript for Rich Internet Applications. <http://openrico.org/>, 2007
- [33] L. Shen. ACE - AJAX Client Engine. <http://www.lishen.name/>, 2005
- [34] S. Stephenson. Prototype - Javascript Framework. <http://www.prototypejs.org/>, 2007
- [35] Steve Hemmady, Anuta Udyawar. Ajax-Agent. <http://www.hemmady.com/ajaxagent>, 2005
- [36] Sun. Sun JavaFX. <http://www.sun.com/software/javafx/>, 2007
- [37] VisualWebGui. <http://www.visualwebgui.com/>, 2006
- [38] C. Wenz. Javascript & AJAX - Das umfassende Handbuch. Galileo Press, 2007
- [39] Wikipedia. Ajax (Programmierung) — Wikipedia, Die freie Enzyklopädie, 2007 [Online; Stand 4. November 2007]



# Innovation. Leidenschaft. Dynamik.



[www.manturbo.ch](http://www.manturbo.ch)

MAN TURBO gehört zu den «top 3» der weltweit führenden Hersteller von Turbomaschinen. In einem einzigartigen Produkt-Portfolio von Kompressoren, Turbinen und Expandern verbindet sich innovative Technologie mit hoher Verfügbarkeit. Langjährige Erfahrungen aus Engineering, Produktion und Service setzen wir gezielt in die wirtschaftlichste Lösung um.

Als Arbeitgeber bietet MAN TURBO ein breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten im In- und Ausland. Sie sind engagiert und haben ehrgeizige Ziele? Starten Sie jetzt den Turbo für Ihre Karriere und bewerben Sie sich. Am besten online unter <https://jobboerse.man.de> oder bei

MAN TURBO AG Schweiz  
Personalabteilung, Hardstrasse 319  
8005 Zürich, Tel. 044. 278-2211  
[info@ch.manturbo.com](mailto:info@ch.manturbo.com)

Engineering the Future – since 1758.

**MAN TURBO**



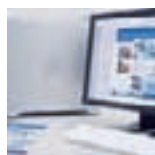
## werk // zwei

Print + Medien Konstanz GmbH



Beratung // Gestaltung // Reinzeichnung // Datenmanagement // Druck // Verarbeitung // Logistik

Bildbände Broschüren Bücher Flyer  
Firmenausstattungen Imagewerbung  
Kalender Kataloge Mappen Mailings  
Packungsbeilagen Plakate Prospekte  
Werbebeilagen Zeitschriften Zeitungen



Max-Stromeyer-Straße 180  
D-78467 Konstanz  
Tel +49 7531 999-1850  
Fax +49 7531 999-1836  
[kontakt@werkzwei-konstanz.de](mailto:kontakt@werkzwei-konstanz.de)  
[www.werkzwei-konstanz.de](http://www.werkzwei-konstanz.de)  
Postanschrift Schweiz:  
Postfach 2171  
CH-8280 Kreuzlingen

# MEASURING SOFTWARE PERFORMANCE OF LARGE BUSINESS APPLICATIONS: AN ANALYSIS USING SAP CRM AS AN EXAMPLE

Roman Sauber und Jürgen Wäsch



*DIPL.-INF. (FH) ROMAN SAUBER* studierte an der HTWG Konstanz Wirtschaftsinformatik. Nach

seiner Diplomarbeit in den SAP Labs Canada zum Thema „Performance Analysis of mySAP CRM Planning Services“ ist er seit April 2007 dort als Softwareentwickler im Bereich SAP CRM tätig.



*PROF. DR. JÜRGEN WÄSCH* studierte Informatik und Wirtschaftswissenschaften an der Universität Kai-

serslautern. Von 1993 bis 1999 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter bei der GMD - Forschungszentrum Informationstechnik GmbH in Darmstadt. Daneben war er als externer Berater für die Software AG tätig. 1999 promovierte er zum Dr.-Ing. an der Technischen Universität Darmstadt. Anschließend war er Bereichsleiter bei der e-pro solutions GmbH in Stuttgart, bevor er 2004 als Professor für E-Business Technologien an die HTWG Konstanz berufen wurde.

Im Frühjahr 2008 absolvierte Prof. Wäsch ein Forschungssemester bei der SAP AG in Walldorf. Seine Forschungsinteressen liegen u.a. im Bereich Service-Orientierte Architekturen und Web Services zur unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessoptimierung, Web-basierte Anwendungssysteme, Web-2.0 und innovative Datenbanktechnologie und -anwendungen. Er ist Autor zahlreicher Konferenz-, Zeitschriften- und Buchbeiträge.

## 1 INTRODUCTION

When comparing or evaluating enterprise applications, a major criterion is functionality; certainly, this determines the benefit for the customer. The business applications market in the last several years has been determined by the integration of heterogeneous systems and the extension of functionality with the aim to cover all business scenarios within one solution. One should, however, not focus only on the functional coverage, but also consider other factors like usability, stability, and performance. These factors influence the effectiveness of the application and play an important role in whether the software is accepted by the end user. This article gives an introduction to the topic of software performance analysis using the example of a large enterprise application: SAP Customer Relationship Management (CRM).

One of the main advantages of SAP CRM is its extensive functionality. Forrester Research, a leading independent research company, recognized SAP in their Q1/2007 report as a leader in Enterprise Customer Relationship Management Suites [1], indicating that SAP CRM offers one of the most complete solutions. Since the new Web Client User Interface (UI) became the unique UI for SAP CRM 2006s and SAP CRM 2007, SAP greatly improved the usability of the solution. Furthermore, continuous performance improvement initiatives optimised the performance of the application. As SAP CRM addresses large-sized companies and global players with huge amounts of data, this is not an easy task; high-volume applications are likely to be affected by performance issues.

## 2 WHAT IS SOFTWARE PERFORMANCE?

Software performance is an important part of software quality. Like functional quality, such as bugs per lines of code, software performance can be measured.

From an end user's perspective, the main indicator of the performance of a software application is simply how fast it responds to the user's interactions. In other words, how long the application takes to start up, display data, or to respond to a request. A system administrator might have a more global perspective, from which the performance of an application, service, or server is instead indicated by the throughput it achieves. Typical performance indicators in this context are, for example, the number of transactions performed by a database management system in a certain period of time or the number of requests that can be handled simultaneously by a web server. From a general point of view, performance corresponds to the consumption of resources. On a more detailed level, performance can be attributed to the consumption of time (the runtime, that is, the processing time of an application server or database, or the response time, that is, the time a user has to wait for a result) and the usage of hardware resources like CPU, memory, network bandwidth, or disk space. The hardware used, and as a result the available resources, play an important role in this context. To obtain valid results and to be able to compare the performance of one software application to another, the environment must be as stable as possible. That is, the hardware configuration must be fixed, and the system load must remain constant.

How can one say that the performance of a software application is "good" or "bad"? There are various key performance indicators (KPIs) that can be used to qualify the performance of a software application. Typical KPIs are:

- response time
- CPU usage
- memory usage
- network bandwidth usage
- database accesses

The KPI average response time is connected to all other KPIs: high CPU usage results in

high response times, high memory usage results in paging on the hard disk, and in this way high memory usage also affects the user-perceived response time negatively. Consequently, the response time for a transaction step in a dialogue system is a major criterion for whether the performance is acceptable. A typical guideline value is a maximum of two seconds to achieve good user interaction [2]. Seven seconds is considered the threshold for response time in Online Transaction Processing and Web-based systems; more than seven seconds causes the user irritation and boredom [3].

### 3 MEASURING SOFTWARE PERFORMANCE

Improving the performance of software, whether it is an algorithm, a program, or a complex application, always means first analysing the software to understand which part of the application is accountable for which resource use and if there are any bottlenecks. When the bottlenecks are identified, developers can focus on improving these parts. In reality it is, however, rarely one big bottleneck, but the many small program statements that are executed thousands of times and in sum have a considerable effect.

The results of performance measurement depend on parameters that have to be identified and defined before the measurements are started. For enterprise business applications the two major parameters are data volume and system load. The size of the measured business object (trade promotion, marketing plan, etc.) affects, for example, the number of records that are read from the database or the number of table cells that are displayed on the screen. In a multi-user system, the current system performance is highly dependent on the number of users that concurrently use the system. The development environment of enterprise applications in terms of data volume and system load is obviously quite

different from the environment in which the customer later runs the software productively. To reduce this discrepancy, performance tests need to be executed with data volume and user load as close as possible to the customer setup, and the expected performance needs to be extrapolated. Performance measurement approaches and tools can typically be categorized as either internal or external.

#### 3.1 INTERNAL APPROACH

Internal measurement approaches mean that the measurement takes place within the application or module itself and operates in a *white box* environment. This is typically achieved by directly inserting monitoring code into the application source code. It is also possible to use the runtime libraries used by the application rather than the application itself. Placing measurement statements at important key positions within the program quickly leads to results at a level of granularity defined by the developer. White box measurements require that the source code is available and changeable. At the same time, it has to be ensured that the resulting system still represents the original application, meaning that no substantial overhead is added and that no errors are introduced. [4]

#### 3.2 EXTERNAL APPROACH

External approaches, on the other hand, attempt to capture measurement data without disturbing the application or module by viewing the object as a *black box* and observing only its external behaviour. They cover a broad range of techniques, coverage, and granularity of data measurement and can be categorized in two broad categories: independent observers and profiling systems. [4]

An *independent observer* is a tool or an application that is situated at a position distant from the executing application itself.

A popular example for this approach is the UNIX tool `tcpdump`, which passively monitors the network traffic and captures the packets being sent through the network. It is able to read the packet headers and data and can time-stamp the transactions. Observed network traffic, therefore, makes it possible to determine a performance profile of the application or system software. While independent observers are completely detached from the application under measure, profiling systems are part of the system runtime infrastructure.

A *profiling system* measures the behaviour of a program as it runs and identifies where the program spent its time and which functions were executed. The major advantage of profiling is that it visualizes the inner composition of an application. This helps to understand the program flow and its structure and to uncover bottlenecks by identifying badly coded routines. The output of a profiling system is either a stream of recorded events (a trace) or a statistical summary of the events observed (a profile). As a matter of principle, traces are more detailed and larger than profiles. They contain all events that occurred and require a good understanding of the application being traced to be able to understand the results. For high-level analysis, a profile is usually sufficient, as it helps to identify the main performance issues. For detailed insight into complex programs, however, profiles often do not give enough information.

### 4 PERFORMANCE ANALYSIS OF SAP SYSTEMS

There is a wide variety of tools available to measure the performance of SAP systems. These built-in tools represent the external approach with profiling systems and can be classified in two major categories: traces and system monitors. When combining them with further internal techniques (for example, an application logger, provided

that the source code is accessible and modifiable) and an independent observer (for example, an HTTP monitor), valuable performance information can be gained.

#### 4.1 TRACES

Traces gather performance information in great detail and give specific information about the resources used, executed sub-routines and statements, and events that occurred during application execution. Because their execution creates considerable overhead, they can only be executed on demand. Traces can be classified in two categories: application traces, which trace inside the work process, and interface traces, which trace all interaction with objects outside of the work process [5].

In any program, all interaction with other system components, such as the front end, database, and remote systems, is carried out via interfaces. Interface traces capture all events that occur on the interface and record the duration between the exit through the interface and the return (cf. Figure 1). Application traces, on the contrary, assess all single building blocks within the program, that is, subroutines and program statements, and create a hierarchical structure of the captured data.

Figure 2 outlines the architecture of a typical SAP system and the most important performance traces available:

- ABAP Runtime Analysis (transaction SE30) and Performance Analysis (transaction ST05) for runtime analysis on the ap-

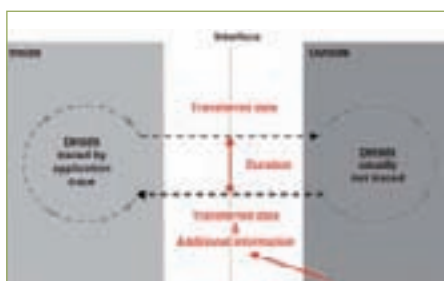


FIGURE 1: INTERFACE TRACE [5]

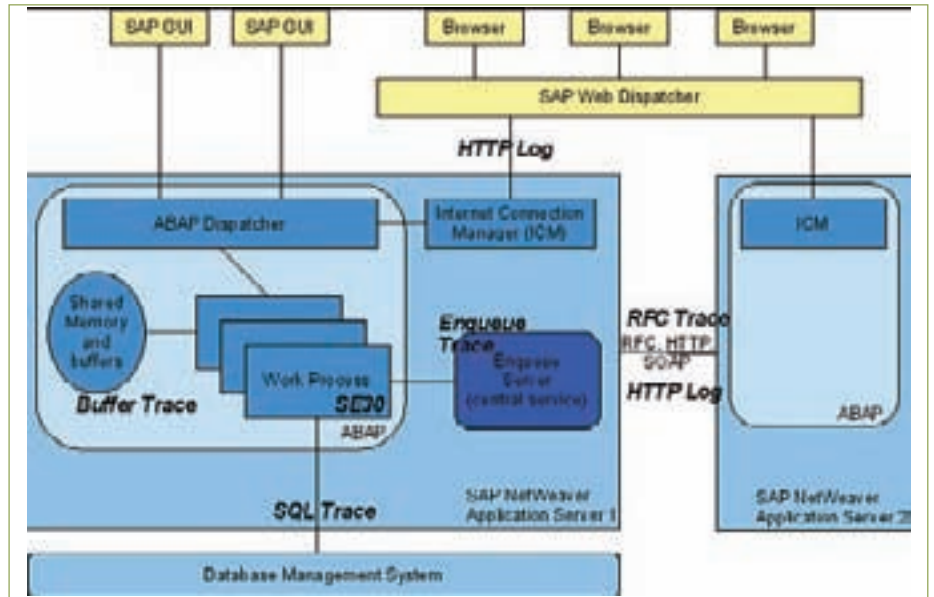


FIGURE 2: SAP SOLUTION ARCHITECTURE [5]

plication server

- HTTP log for measuring the client's accesses via the HTTP protocol
- RFC trace for capturing Remote Function Calls. RFC is a widely used SAP proprietary protocol for cross-system function calls. It is typically used to enable direct functional integration with other systems, for example, to connect SAP CRM with SAP ERP and Business Intelligence.
- SQL trace for recording database accesses, the executed SQL statements and the runtime
- Enqueue trace for tracing SAP business logic locks. Enqueues are what SAP uses to create logical locks on business objects on data table level to ensure data consistency in multi-user environments.
- Table buffer trace for tracing database statements that access the SAP technical buffers.

#### 4.2 SYSTEM MONITORS

In addition to traces, which are executed on demand, system monitors constantly capture information about the current system status. Since they capture overview

information, the performance of the actual system monitored is not affected by the measurements. System monitors help to identify performance issues and are often used by system administrators to constantly keep an eye on their servers.

#### 5 CONCLUSION

Performance is an important part of successful software applications: it directly affects the usability and scalability of the software. A performance optimised application has faster response times and a lower consumption of resources, and this brings benefit to the end users, system administrators, and to the CIO. This article wants to raise the awareness and importance of this matter, as it often remains in the background when looking at business applications where functional coverage is the main decision driver. Analysing and optimising the performance of large business applications is a complex subject and requires profound knowledge of the application itself, measurement techniques, and available tools. The thesis

written about the performance analysis of mySAP CRM Planning Services [6] is the basis for this article.

The diploma thesis gives insight into the architecture of Planning Services (which is the central part of mySAP CRM planning applications), explains the available tools and techniques, and presents several measurement approaches and their results. It led to a better understanding of the application and showed several ways to improve its performance.

This article captures the knowledge gained within that project in compressed form and gives an introduction to the various tools and approaches. For more information about software performance, please take a look at the available literature on the market, for example, the SAP Performance Optimization Guide written by Thomas Schneider [7].

#### BIBLIOGRAPHY

- [1] Sabine Höfler: SAP INFO, March 2007
- [2] The SAP Performance, Data Management & Scalability Group: Performance & Scalability Report – A Primer on Performance Tuning, July 2006
- [3] Linda M. Laird and M. Carol Brennan: Software Measurement and Estimation: A Practical Approach, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2006
- [4] Douglas P. Konkin, Gregory M. Oster, and Richard B. Bunt: Exploiting Software Interfaces for Performance Measurement. In Proceedings of the 1st International Workshop on Software and Performance, pages 208-218, 1998
- [5] SAP Training Material: Tools for Performance Analysis (ZDS405), 2005
- [6] Roman Sauber: Performance Analysis of mySAP CRM Planning Services, Diploma Thesis, HTWG Konstanz, February 2007
- [7] Thomas Schneider: SAP Performance Optimization Guide, Galileo Press, 2005



PROF. DR. HEIKO VON DRACHENFELS hat an der Universität Karlsruhe Informatik studiert und

hat dort auch in Informatik promoviert. Anschließend war er zehn Jahre in der Industrie als Software-Entwicklungsingenieur im Bereich Postautomatisierung tätig. Seit 2000 ist er Professor für Softwareentwicklung an der HTWG Konstanz.



PROF. DR. OLIVER HAASE Studium der Informatik an der Universität Karlsruhe, danach Promotion

zum Dr.-Ing. an der Universität Siegen. 1998 - 2005 Industrieforschung, zuerst bei NEC Europe in Heidelberg, dann bei den Bell Labs in Holmdel, New Jersey. Seit 2005 Professor für Verteilte Systeme und Software Engineering an der Fakultät Informatik der HTWG Konstanz. Seit Nov. 2006 Programmdirektor Master Informatik und seit März 2008 Prodekan Forschung.



ROBERT WALTER schloss sein Software-Engineering Studium an der HTWG Konstanz im

Sommer 2007 erfolgreich ab. Im Anschluss begann er das Master-Studium im Studiengang MSI, wobei er zeitgleich eine Teilzeit-Anstellung als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fakultät Informatik erhielt.

## 1 EINLEITUNG

Der Begriff Objektorientierung wurde lange Zeit mit *Vererbung* gleich gesetzt. Dass Vererbung zu unerwünschten Abhängigkeiten zwischen Basis- und Unterklasse führen kann, ist heute allerdings weithin bekannt. Aufgrund dieser Abhängigkeiten können vermeintlich korrekte Änderungen in einer Basisklasse zu fehlerhaften Unterklassen führen. Dieser Effekt ist bekannt als das *Problem der zerbrechlichen Basisklasse (fragile base class problem)*. Daher werden Programmierer heute angehalten, den Vererbungsmechanismus sparsam zu verwenden und stattdessen Objektkompositionen und Delegation einzusetzen.

Eine weitere Möglichkeit, Abhängigkeiten zwischen Basis- und Unterklassen zu verringern, ist die strikte Trennung von Implementierung (Klassen) und Schnittstelle. Im Idealfall sollte eine Klasse *C*, die ein Objekt *O* verwendet, nichts über dessen Implementierung wissen, sondern lediglich die Schnittstelle(n) kennen, die *O* anbietet. Wenn *C* konsequent gegen die Schnittstelle(n) von *O* implementiert wurde, dann ist es trivial, die tatsächliche Implementierung von *O* gegen die eines anderen Objekts mit denselben Schnittstellen auszutauschen. Diese Möglichkeit, eine Klasse (Implementierung) auszutauschen, ohne dabei andere Klassen zu beeinflussen, ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für modulare Softwarekomponenten, deren Vorteile besonders während der Testphase zum Tragen kommen.

Es ist durchaus möglich, sowohl die Vermeidung der Vererbung als auch die strikte Trennung von Schnittstelle und Implementierung in objektorientierten Sprachen wie Java, C++ oder C# umzusetzen. Das Problem ist allerdings, dass diese Techniken zwar (bis zu einem gewissen Grad) unterstützt, allerdings nicht erzwungen werden. Eine gute Programmiersprache sollte nicht nur den Anspruch haben, es einem Nutzer (mit genügend Selbstdisziplin) zu *ermöglichen*, einen guten Programmierstil umzu-

setzen, sie sollte ihn *erzwingen*.

In dieser Arbeit stellen wir Joi (Java Objects by Interface) vor, eine Erweiterung der Sprache Java, die die beiden oben beschriebenen Programmierstechniken erzwingt. Bei Joi handelt es sich um eine Programmiersprache, die auf Java aufbaut, indem große Teile der Java-Syntax verwendet und einige eigene Schlüsselwörter hinzugefügt werden. Ein Joi Programm besteht aus (original Java) *Interfaces* und so genannten *Komponenten*, die Implementierungen zu den Interfaces zur Verfügung stellen. Komponenten können dabei — im Gegensatz zu Klassen — nicht direkt instanziiert werden, da Objekte ausschließlich durch Fabrikmethoden erstellt werden können. Die so erzeugten Objekte können per Definition nur den Typ eines Interfaces annehmen.

Dass man Objekte nur durch (Java) Interfaces zur Verfügung stellt, bringt mehrere Aspekte mit sich, die zu einem besseren objektorientierten Ansatz führen. Ein erster Punkt ist, dass Interfaces keine Variablen enthalten können, wodurch auf die Membervariablen einer Joi-Komponente nicht von außen zugegriffen werden kann, oder anders ausgedrückt, Membervariablen einer Joi-Komponente sind implizit privat. Neben der somit erzwungenen Verbesserung des Programmierstils werden explizite Zugriffsmodifizierer überflüssig. Des Weiteren muss die gesamte Funktionalität in Instanzmethoden der Joi-Komponente modelliert werden, da Interfaces keine statische Methoden enthalten können. Da in einem reinen objektorientierten Ansatz statische Methoden und Variablen als Member eines Singleton-Objekts modelliert werden, wird von Joi das Singleton-Entwurfsmuster direkt unterstützt, indem die Fabrikmethoden einer Singleton-Komponente immer die einmal erzeugte Instanz zurückliefern.

Eine Joi-Komponente kann neben anderen Joi-Komponenten auch direkt mit Standard-Java Objekten arbeiten, diese instan-

zieren und verwenden. Von der anderen Seite betrachtet ist es möglich, dass ein Java-Objekt durch Verwendung einer Joi-Fabrikmethode Joi-Komponenten anlegt und anschließend verwendet. Das bedeutet, dass Joi und Java interagieren können, wodurch eine evolutionäre Migration von vorhandenem Java-Code zu neu entwickeltem Joi-Code ermöglicht wird.

## 2 SPRACHDEFINITION

Joi verwendet Java-Syntax (und Semantik) auf Ebene der Methodendefinitionen. Die Unterschiede zwischen Joi und Java sind die folgenden:

- Eine Joi-Komponente muss mindestens ein Java-Interface unterstützen (implementieren), da Joi-Objekte lediglich als Typen der Interfaces sichtbar sind, die sie unterstützen. Somit wäre eine Joi-Komponente, die kein Interface unterstützt, nicht verwendbar.
- In Joi existieren keine Rechte-Zugriffsmodifizierer (`public`, `private`, etc.), da alle Zugriffsrechte durch die Interfaces definiert sind, die eine Komponente unterstützt: Alle Instanzvariablen und Konstruktoren sind privat, da sie nicht in Interfaces vorkommen können, alle Instanzmethoden sind öffentlich (`public`).
- Mit Ausnahme der `main`-Methode existieren keine statischen Methoden.
- Für jede Kombination aus unterstütztem Interface und definiertem Konstruktor wird eine Fabrikmethode mit einer dem jeweiligen Konstruktor entsprechenden Parameterliste erzeugt, die eine Instanz des betreffenden Interface-Typen zurückliefert. Falls also beispielsweise eine Komponente `MyComponent` das Interface `MyInterface` unterstützt und einen Konstruktor `MyComponent(String name, int[] numbers)` definiert, wird automatisch eine Fabrikmethode `MyInterface MyComponent.getMyInterface(String name, int[] numbers)`

```

COMPILEUNIT = | <PACKAGE_DIRECTIVE> | { <IMPORT> } COMPONENT |

COMPONENT = | *singleton* | *component* <ID> *provide* INTERFACES
           *({
             { MEMBER }
             <MAIN>
           })* |

INTERFACES = <INTERFACE_NAME> | *,* INTERFACES | ;

MEMBER = <INSTANCE_METHOD> | <INSTANCE_VARIABLE> | <CONSTRUCTOR> ;

```

LISTING 1.1: Joi - EBNF

erzeugt. Solche Fabrikmethoden stellen die einzige Möglichkeit dar, Joi-Objekte zu erzeugen.

- Das Singleton-Entwurfsmuster ist in Joi explizit unterstützt. Das bedeutet, dass Joi-Komponenten als `singleton` gekennzeichnet werden können, wodurch die generierten Fabrikmethoden immer die Referenz auf das Singleton-Objekt zurückliefern. Damit lassen sich einfach statische Methoden und Variablen mit Hilfe von Singleton-Objekten modellieren. Im nachfolgenden Abschnitt wird die formale Syntax von Joi in EBNF (Erweiterter Backus-Naur Form) dargestellt und erläutert.

### 2.1 EBNF VON JOI

Um die EBNF einfach zu halten, stellen wir nur die Teile dar, die sich von Java unterscheiden und setzen die verwendeten Java-Elemente als bekannt voraus. Genauer handelt es sich um die nachstehenden Non-Terminals:

- **<PACKAGE\_DIRECTIVE>**: Das Paket, zu dem die Komponente gehört.
- **<IMPORT>**: Eine Java Import-Anweisung.
- **<MAIN>**: Die `main`-Methode in Java-Syntax, mit der Vereinfachung, dass die Signatur in Joi keine Modifizierer (`public`, `static`) und keinen Rückgabewert (`void`) benötigt.
- **<INTERFACE\_NAME>**: Ein Typname in Java-Syntax.
- **<INSTANCE\_METHOD>**, **<INSTANCE\_VARIABLE>**, **<CONSTRUCTOR>**: Mit Aus-

nahme der Zugriffsmodifizierer wie in Java.

Unter den eben beschriebenen Voraussetzungen zeigt Listing 1.1 die vereinfachte Joi-EBNF. Wie üblich steht die Notation `[ s ]` für das optionale Auftreten von `s`, während `{ s }` das beliebig häufige Vorkommen (einschließlich keines) von `s` beschreibt.

Eine Übersetzungseinheit kann mit einer Paket-Deklaration, gefolgt von einer beliebigen Menge von `import`-Anweisungen beginnen. Eine Komponente kann optional mit dem Schlüsselwort `singleton` markiert sein und muss zumindest ein Interface unterstützen. Die Member einer Komponente sind Instanzmethoden, Instanzvariablen und Konstruktoren, in beliebiger Reihenfolge und Häufigkeit. Falls die Komponente eine `main`-Methode umfasst, muss diese am Ende des Komponentenrumpfes stehen.

### 2.2 EINFÜHRENDES BEISPIEL

In diesem Abschnitt stellen wir die Nutzung von Joi mit Hilfe eines einfachen Beispiels dar. Da jede Joi-Komponente zumindest ein Interface unterstützen muss, beginnen wir das Beispiel mit dem Listing eines einfachen Interfaces (Listing 1.2). Wie daraus hervorgeht, handelt es sich um ein reines Java-Interface.

```

package article.examples;

public interface WelcomeIF {
    void warnWelcome(String name);
}

```

LISTING 1.2: INTERFACE WELCOMEIF

```

package article.examples;

component JoiWelcome provides WelcomeIF {
    void warmWelcome(String name) {
        System.out.println("Pleased to meet you, " + name +
            ". Enjoy the experience!");
    }

    main(String[] args) {
        IF(args.length != 1) {
            System.out.println("Usage: java JoiWelcome <YOURNAME>");
            System.exit(1);
        }

        WelcomeIF wif = JoiWelcome.getWelcomeIF();
        wif.warmWelcome(args[0]);
    }
}

```

LISTING 1.3: JOI-KOMPONENTE JOIWELCOME

```

package article.examples;

public final class JoiWelcome {
    private JoiWelcome() {}

    public static WelcomeIF getWelcomeIF () {
        return new Implementation();
    }

    private static final class Implementation implements WelcomeIF {
        private Implementation() {}

        public void warmWelcome (String name) {
            System.out.println("Pleased to meet you " + name +
                ". Enjoy the experience!");
        }
    }

    public static void main (String[] args) {
        IF(args.length != 1) {
            System.out.println("Usage: java JoiWelcome <YOURNAME>");
            System.exit(1);
        }

        WelcomeIF wif = JoiWelcome.getWelcomeIF();
        wif.warmWelcome(args[0]);
    }
}

```

LISTING 1.4: GENERIERTE JAVA-KLASSE JOIWELCOME

Wie im Listing ersichtlich enthält das Interface `WelcomeIF` lediglich die Methode `warmWelcome`, die einen Parameter (`name`) vom Typ `String` erwartet und den Rückgabewert `void` hat.

Listing 1.3 zeigt die einfache Joi-Komponente `JoiWelcome`, die das Interface `WelcomeIF` unterstützt, indem die Methode `warmWelcome` implementiert wird.

Die Komponente `JoiWelcome` enthält eine `main`-Methode, die die Verwendung der generierten Fabrikmethode `getWelcomeIF` zeigt, um eine Instanz vom Typ `WelcomeIF` zu erhalten. Über diese Ins-

tanz (`wif`) können lediglich Methoden aufgerufen werden, die im Interface `WelcomeIF` definiert sind, im konkreten Fall die Methode `warmWelcome`.

### 3 IMPLEMENTIERUNG

Eine Joi-Komponente `MyComponent` wird in einer Datei `MyComponent.joi` definiert. In der momentanen Realisierung übersetzt der Joi Compiler `joic` diese Datei in eine Java Quelldatei, die eine Java Klasse mit demselben Namen — `MyComponent` — enthält, die wiederum die Implementie-

rung der Joi-Komponente in einer eingebetteten Klasse verbirgt. Nach dem erfolgreichen Ausführen von `joic` kann die so generierte Java Datei wie gewohnt in Bytecode übersetzt und anschließend durch die Java Virtual Machine interpretiert werden. In Listing 1.4 ist das Generat dargestellt, dass sich nach Anwendung des Joi-Compilers auf die aus Listing 1.3 bekannte Komponente ergibt.

Wie man sehen kann, wird das Interface `WelcomeIF` nicht von der äußeren Klasse `JoiWelcome`, sondern von der eingebetteten Klasse `Implementation` realisiert. Die generierte Fabrikmethode `WelcomeIF` instanziiert ein Objekt der eingebetteten Klasse und liefert es als Instanz vom Typ des Interfaces `WelcomeIF` zurück. An dieser Stelle sei nochmal darauf hingewiesen, dass die Fabrikmethode die einzige öffentliche Methode der Java Klasse `JoiWelcome` ist. Auf diese Weise ist `JoiWelcome` — aus Benutzersicht betrachtet — eine Fabrikklasse, die lediglich dazu dient, Instanzen des Typs `WelcomeIF` zu erzeugen.

Durch die Nutzung des Fabrikmusters wird die Abhängigkeit zwischen Implementierung und Nutzer minimiert. Der Nutzer muss gegen eine Schnittstelle anstatt gegen eine Implementierung programmieren, da er nur die Schnittstelle zur Verfügung hat. Die tatsächliche Implementierung kann ausgetauscht werden, indem einfach die Fabrik durch eine andere ersetzt wird, die Objekte vom selben Interface-Typ erzeugt.

Zuletzt soll noch erwähnt werden, dass es möglich ist, den beschriebenen Zwischenschritt, in dem aus einer Joi-Komponente Java-Code erzeugt wird, zu überspringen, also direkt Bytecode zu generieren. Wir entschieden uns für eine Transformation auf Quellcode-Ebene, da es zum einen zunächst einfacher zu realisieren war und zum anderen, da der generierte Java-Code die Konzepte und Mechanismen hinter Joi sehr schön illustriert.



#### 4 STAND DER ARBEIT UND AUSBLICK

Der Joi-Compiler ist derzeit noch auf einem prototypischen Stand. Kommentare, Zeichen- und Stringlitterale werden noch nicht bzw. nicht ganz korrekt verarbeitet. Das wird sich aber leicht beheben lassen. Als nächster größerer Entwicklungsschritt ist die explizite sprachliche Unterstützung von Objektkomposition durch ein Delegationskonzept geplant. Erste Ideen dazu gibt es bereits. Im Anschluss an diesen Entwicklungsschritt soll Joi dann in Anwendungsprojekten eingesetzt werden, um die Akzeptanz zu prüfen und den praktischen Nutzen der Sprachkonzepte nachzuweisen.

#### LITERATUR

- [1] Heiko von Drachenfels. *Komponentenorientierte Programmierung im Kleinen*, S. 136–143. Informatik Spektrum 28(2), 2005
- [2] Martin Fowler. *Inversion of Control Containers and the Dependency Injection pattern*. 2004. URL: <http://martinfowler.com/articles/injection.html>, Letzter Zugriff: 25.03.2008
- [3] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson and John Vlissides. *Entwurfsmuster - Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software*. Addison-Wesley, 3rd edition, 2004

[4] James Gosling, Bill Joy, Guy Steel and Gilad Bracha. *The Java Language Specification*. Addison-Wesley, 3rd edition, 2005. URL: <http://java.sun.com/docs/books/jls/download/langspec-3.o.pdf>, Letzter Zugriff: 25.03.2008

[5] Allen Holub. *Why extends is evil*. JavaWorld.com, August 2003. URL: <http://www.javaworld.com/javaworld/jw-o8-2003/jw-o801-toolbox.html>, Letzter Zugriff: 25.03.2008

[6] Dr. Alay Kay. *Dr. Alan Kay on the Meaning of Object-Oriented Programming*. Juli 2003. URL: [http://www.purl.org/stefan\\_ram/pub/doc\\_kay\\_oop\\_en](http://www.purl.org/stefan_ram/pub/doc_kay_oop_en), Letzter Zugriff: 25.03.2008

[7] Leonid Mikhajlov and Emil Sekerinski. *A Study of The Fragile Base Class Problem*. Study, Turku Centre for Computer Science, Finland; McMaster University, Ontario, Canada, November 1998. URL: <http://www.cas.mcmaster.ca/~emil/publications/fragile/ecoop98.pdf>, Letzter Zugriff: 25.03.2008

[8] Robert Walter. *Erweiterung und Restriktion der Sprache Java zur Umsetzung der komponentenorientierten Programmierung im Kleinen*. Diplomarbeit, Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung, Fakultät Informatik, August 2007



Bei uns sind Sie in guten Händen

STROM ERDGAS WASSER

Nationalstrasse 27  
Tel. 071 677 61 85

 **Kreuzlingen**  
Technische Betriebe  
[www.tbkruzlingen.ch](http://www.tbkruzlingen.ch)

werbe.ch

# HYBRID POWERTRAINS OF ROAD VEHICLES – IMPACT ON TRANSMISSIONS

Michael Butsch

Der folgende Aufsatz wurde auf dem Kongress AMMA2007 der Technischen Hochschule Cluj-Napoca vorgetragen (Tagungsband IV, Series: Applied Mathematics and Mechanics 50)



PROF. PROF. H.C. DR.-ING.  
MICHAEL BUTSCH  
Promotion auf dem  
Gebiet der Wirkungs-

gradoptimierung von Hochleistungsge-  
trieben, Industrietätigkeit als Konstruk-  
tionsleiter der alpha getriebebau GmbH,  
seit 1993 Professor an der Hochschule  
Konstanz; Lehre auf dem Gebiet der Ma-  
schinenelemente und der KFZ-Technik,  
FuE bei Robotergetrieben, bei Fahrzeug-  
getrieben sowie bei aktiven Implantaten.

## ABSTRACT

A classification of different hybrid powertrains will be presented. Packaging with regard to transmissions will be explained.

With the additional electric motor the powertrain can be realized without a transmission or only a few gear steps are necessary. Other concepts replace the move-off clutch or torque converter and keep the main transmission without changes.

The hybrid has with regard to automated manual transmission great possibilities in order to improve comfort and vehicle dynamics.

## 1 INTRODUCTION

Driven by the big success of hybrid vehicles of the Toyota company many OEMs are doing research on different concepts and are already testing prototypes.

Figure 1 shows different types of combustion engines and electric motors which can be used in combination for a hybrid propulsion. Spark ignition engines and diesel engines (Internal combustion engines ICE) are normally used for land-vehicles. The Wankel engine is only used in niches by Mazda company. Research was done on the gas turbine without success by RollsRoyce company.

Electric motors are dominated by AC 3-phase-motors and AC servo-motors. At the

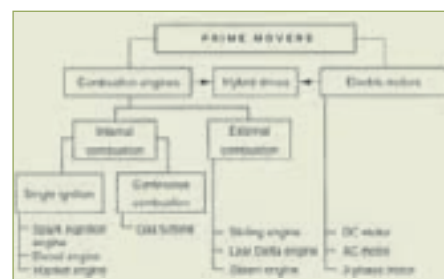


FIG. 1: ([1] LECHNER, G.; NAUNHEIMER, H.) PRIME MOVERS

moment the magnets of AC servo motors are quite expensive but this type of motor has the best performance and this motor is very often used for applications with smaller power-requirement as f.e. in machine tools.

BMW does tests with hybrid propulsion having a combination of an internal combustion engine (ICE) and a steam engine. In this paper only hybrid drives made of an ICE and an electric motor are considered.

Having a characteristic curve with maximum torque when moving off, the possibility of running clockwise and counter-clockwise, the possibility of working as a generator as well as having low masses similar to ICEs makes the electric motor the first choice if storage of electric energy would be solved. So far electric power supply in cars is not sufficient and a combination with an ICE is necessary.

Diesel has a density of energy of 8,5 MJ/kg. A conventional lead/acid battery only has a density of energy of 0,1 MJ/kg. First prototypes of lithium ion batteries have a density of energy of 0,6 MJ/kg which as well is not sufficient for the propulsion of an automobile without ICE but sufficient for short distances of about 100 km.

Fuel cells will be used in future, when

- the costs for the fuel cells are reduced
- life-time of the stacks will reach a sufficient quality level and
- hydrogen can be produced by solar energy and will be available at petrol stations.

Hydrogen can be stored as a metal hydride which is very secure but this type of storage causes a lot of weight. Nowadays pressure vessels are used which are light-weighted and which have with regard to security a sufficient level. Hydrogen also can be gained from natural gas, ethanol or methanol which is of interest because of

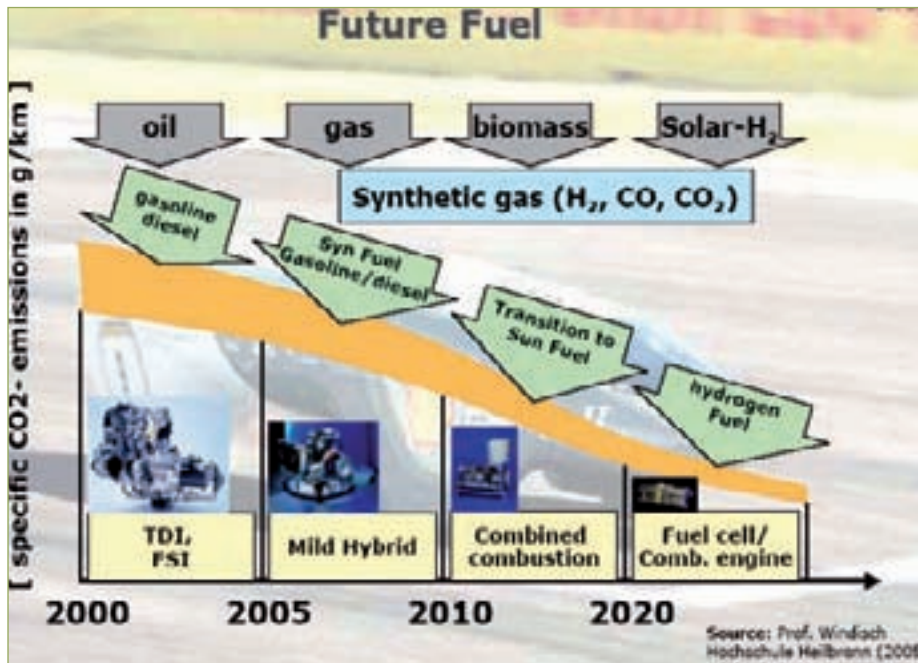


FIG. 2: ([2] HAGENMAYER, T.; WINDISCH) FUTURE FUEL

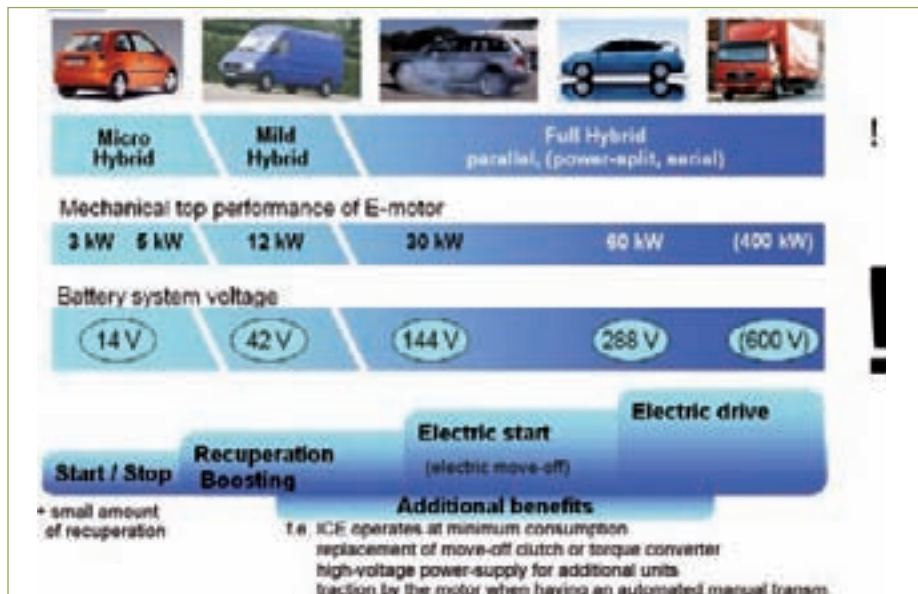


FIG. 3: ([3] WAGNER, G.) CLASSIFICATION OF HYBRIDS

the difficult supply of hydrogen at filling stations up to now.

Figure 2 shows a possible road-map of future fuels for land vehicles. An increasing

amount of synthetic fuels produced from natural gas will be used and the stake of biomass will grow more and more. Realizing a sustainable supply with energy makes it necessary to use biomass and sun fuels. Ethanol

made from sugar plants already has an appreciable amount in Southern America. In Europe and US a lot of farmers produce methane and methanol by fermentation of plants. Only by using biomass the demand of fuels cannot be satisfied.

Target is the production of regenerative hydrogen. But not before 2020 it will have a nameable stake.

## 2 CLASSIFICATION OF HYBRIDS

Wagner [3] (Figure 3) proposes the classification of vehicles with hybrid propulsion as follows:

A starter with a power of at least 1,5 times of a standard starter will be used. The generator will be combined with the generator and will allow the start/ stop-function. Start/ Stop-function means, that the engine immediately will be stopped if the driver shifts into neutral. The ICE will be automatically started again when reengaging a gear. The Citroën C3 is an example for such a vehicle. Consistently the ICE will be stopped but the heating system of the engine allows keeping the temperature on a level with minimum emissions when starting again. The C3 has an automated manual transmission (AMT).

Having a Mild Hybrid the electric motor still has a power output which is much smaller than that of the ICE (the electric motor of the Honda Insight has f.e. only 12 kW and the ICE about 50 kW). But the power of the electric motor is sufficient in order to recycle energy when braking and a boost function can be realized. Boosting means additional power from the electric motor when the driver wants to accelerate quickly.

A full hybrid has to have the feature of moving-off only with the torque of the electric motor. A torque converter or a large

moving-off clutch is not further more necessary. The transmission can be designed without rear gear.

A Full Hybrid has to have the additional function of moving-off only by electric power and without ICE. Having such a Full Hybrid the powertrain doesn't need a large move-off clutch.

An additional electric power (f.e. 12 kW from a Mild Hybrid) can be very interesting for the design and the operating of the transmission. Hybrid propulsion only makes sense in combination with an automatic transmission which allows an optimized energy management of the vehicle. Especially Automated Manual Transmissions which on one hand are inexpensive and have high efficiency but on the other hand have a lack of comfort could get new applications in vehicles with a hybrid powertrain (see chapter 3).

Not only the recycling of braking energy but as well the possibility of running the ICE at fuel efficient operating points is a decisive advantage of a hybrid drive.

Another advantage of a hybrid is the high voltage available in the vehicle. F.e. the air conditioning compressor has a much better efficiency when being supplied at high voltage.

The ICE of a serial hybrid operates at full load, low speed and is driving a generator with high efficiency. For the propulsion an additional motor is necessary. The ICE and the driven axle don't have any mechanical connection which makes the drivetrain with regard to packaging very flexible. Disadvantage is the efficiency of only 80% when transferring energy from generator to motor and using as well a battery for storage. There is a ferry on Lake Konstanz in Germany which has such a concept.

Modern batteries soon will allow the storage of electric energy in an amount which will allow a cruising range of more than 100 km. The battery can be filled at a socket outlet. An additional combustion engine in combination with a generator allows refilling the battery when motoring. This type of vehicle is called Plug-In-Hybrid. Ford and Volvo have already presented prototype cars of this type.

A parallel hybrid allows the superposition of the ICE and the electric motor using an overriding drive or just by connecting the shaft of the electric motor with the crankshaft of the ICE. A parallel hybrid has the disadvantage of part load of the ICE to some extent but the efficiency of energy-transfer from engine and motor to the driven wheels is very high (more than 95%).

Starting with the Prius and RX 400h the Lexus 450h as well follows the power-split concept. A power-split hybrid combines the advantages of a serial and parallel hybrid but is quite complex and expensive. GM, Mercedes-Benz and BMW develop in a joint-venture a powertrain which is also based on the power-split concept.

### 3 CONCEPTS OF A PARALLEL HYBRID

Figure 4 shows the parallel hybrid of the Honda Insight. The small electric motor has a power output of about 12 kW and allows recycling of braking energy and provides the boost function. Very interesting are the developments of Honda and Panasonic in the field of Power-caps and Gold-caps. The mass of caps is low and electric energy is immediately available in comparison with a battery.

ZF company in Friedrichshafen, Germany, has made the development of a parallel hybrid which can be integrated in the bell housing of the automatic transmission (based on epicyclic gear). Instead of the torque converter the starter and an electric motor of about 30 kW is located in the bell housing. The packaging of the hybrid is the same as the automatic transmission has; only the enlarged battery, the electronic control unit and the cables need to have additional space.

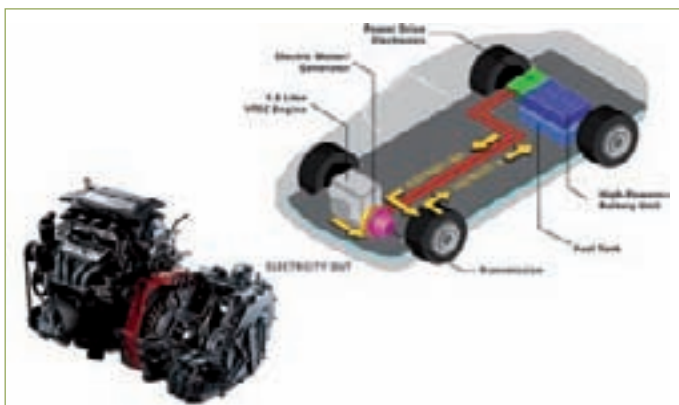


FIG. 4: (HONDA Co.) HONDA INSIGHT

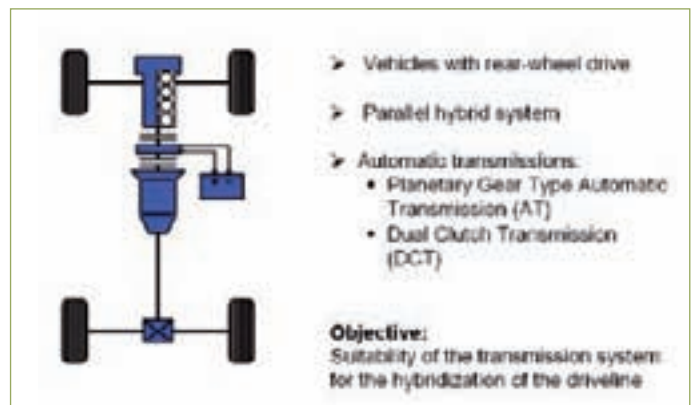


FIG. 5: ([3] WAGNER, G.) PARALLEL HYBRID OF ZF COMPANY



FIG. 6: ([4] DEIML, RAMPELTSHAMMER) PARALLEL HYBRID OF SIEMENS VDO

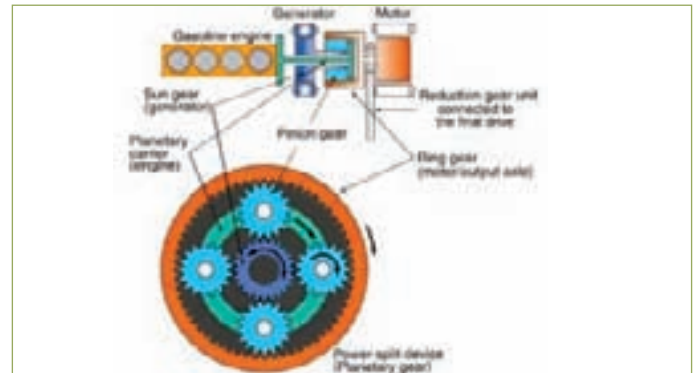


FIG. 7: PRINCIPLE OF THE TOYOTA PRIUS



FIG. 8: POWERTRAIN OF THE TOYOTA PRIUS

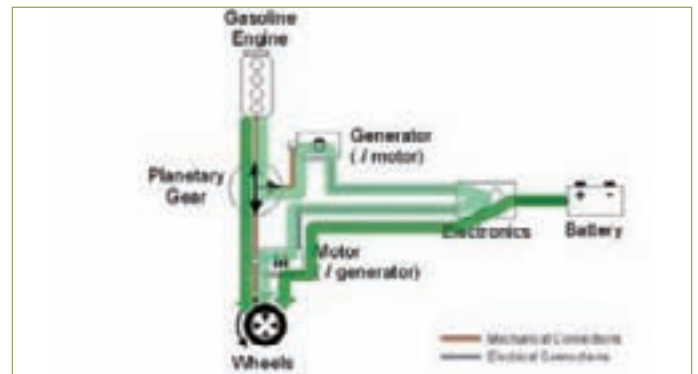


FIG. 9: (WWW.INSIGHTCENTRAL.NET) POWERFLOW WHEN ACCELERATING A TOYOTA PRIUS

In Figure 5 the clutches before of and behind the electric motor are shown. These clutches aren't used for moving off and can be designed very small. The clutch behind the electric motor is necessary in order to use the electric motor as a starter for the ICE. Instead of this clutch the multi-disc clutch in the transmission can be used.

VDO has added a water-cooled electric motor of 75 kW to the ICE with 141 kW of a Mercedes C-class coupé. The acceleration from 0 to 100 km/h is done in 6s which is very impressive. The fuel consumption according the NEDC could be reduced by 25%. The powertrain has an additional starter/generator (Figure 6). In case of the battery being flat the ICE can recharge the battery with the generator and an electric move-off will be possible again.

#### 4 POWER-SPLIT HYBRID

The configuration of the Toyota Prius or of the Lexus RX400h is shown in Figure 7. These vehicles have a powertrain with a overriding drive based on a epicyclic gear. The ICE is connected to the spider of the epicyclic gear (planet carrier) and all the power or a part of it flows to the sun gear which is fixed to a generator. According to the number of teeth of the gears and the resulting ratio the ring gear on the output side of the epicyclic gear is driven. It is typical of an overriding drive that by closed loop control of the speed of the generator (sun gear) the output speed (ring gear) can be controlled from zero to maximum speed at full torque turning clockwise or counter-clockwise even when the ICE (spider) is running at a constant speed. No clutch or torque converter, no rear gear and no ad-

ditional transmission is necessary. With an additional electric motor in the powertrain the electric power which is generated in the generator can flow to the drivetrain.

The complete, transverse powertrain is shown in Figure 8. The principle (Figure 9) shows the powerflow which is splitted in a mechanical part from the spider to the ring gear and a electrical part from the generator to the electric motor or battery.

Smaller electric motors than these built-in Prius or RX400h can be used if additional epicyclic gears similar to an automatic transmission are used. The change of ratio automatically can be done by multi-disc clutches. The so called multi-mode principle is used in the Lexus 450h (Figure 10) and as well will be introduced by GM, Mercedes-Benz and BMW. It's a stepped

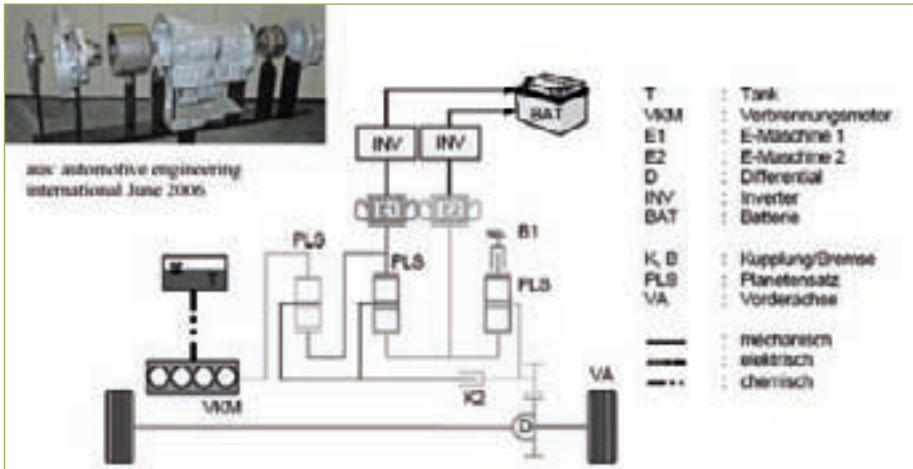


FIG. 10: ([5] KÜCÜKAY, UNI BRAUNSCHWEIG) DUAL-MODE HYBRID

automatic transmission. The generator, the electric motor and the other mechanical parts are built-in in the housing of the conventional automatic transmission.

## 5 IMPACT ON TRANSMISSION DESIGN

The torque converter or the move-off clutch as well as the main transmission of the Toyota Prius are replaced by a generator, by an electric motor and by an intelligent energy management. This is however an expensive solution. Toyota is developing as the group of GM, Mercedes-Benz and BMW a power-split hybrid with a multi-mode design. That means in comparison to the Prius more epicyclic gear components and some multi-disc clutches for the shifting of a few stages but the generator and the electric motor can be much smaller.

The Lexus 450h has no significant advantages in fuel consumption. In 2008 the first multi-mode (dual-mode) vehicle of GM will be presented and tests will make clear whether a fuel reduction can be achieved.

Some of the OEMs have a preference for a solution based on a parallel hybrid. The automatic transmission with epicyclic gears can be produced without any changes and

only the torque converter will be replaced by the electric motor. The reduction of fuel consumption will be similar to the power-split hybrid of Toyota Prius but the costs will be less.

Automated Manual Transmissions (AMTs) aren't very common in Europe despite their advantages:

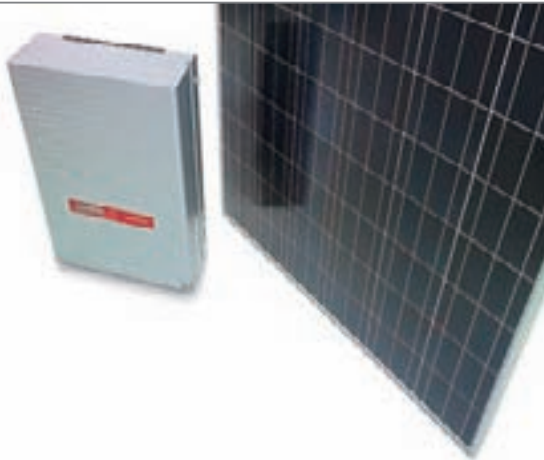
- cheap design similar to Manual Transmissions (MTs)
- high efficiency

The disadvantage is the disruption of traction while shifting. MTs as well have a discontinuance of propulsion while shifting but because of the automatic actuation of the clutch of AMTs the drivers feel a discomfort. Having the torque of the electric motor still available while shifting, this torque could be used for the driven axle and the shifting could be "smoothed". In this field research and development are done at the University of Applied Sciences in Konstanz, Germany.

## REFERENCES

- [1] Lechner, G.; Naunheimer, H.: Automotive Transmissions. Springer, Berlin, 1999
- [2] Hagenmeyer, T.: Global Conditions For Drivetrain Concepts 2020. CTI, Innovative

- Automotive Transmissions, Berlin, 2005
- [3] Wagner, G.: Comparison of parallel hybrid systems for automatic and dual-clutch; transmissions. CTI, Innovative Automotive Transmissions, Berlin, 2006
- [4] Rampeltshammer, M.; Deiml, M.: A Full Hybrid Vehicle. CTI, Innovative Automotive Transmissions, Berlin, 2006
- [5] Fugel, Scholz, Küçükay in VDI, Fahrzeuggetriebe, Friedrichshafen, 2006.



**Querdenken. Oder wie wir uns treu bleiben.** Die Umsetzung kreativer Ideen in Innovationen hat bei uns Tradition. Doch technologische Innovation erfordert viel mehr: motivierte Mitarbeiter, die nicht nur mit ihrem ganzen Wissen und Können, sondern auch mit ihrer Leidenschaft und ihren Ambitionen zum Markterfolg unserer Produkte beitragen. Weitere Informationen erhalten Sie unter [www.sunways.de](http://www.sunways.de) oder auf Ihre persönliche Anfrage an [info@sunways.de](mailto:info@sunways.de)

**sunways**  
Photovoltaic Technology



ENSURING THE FLOW.

## **Netze sind sensibel. Wir helfen Ihnen sie zu schützen.**

Mit der Prüf- und Messtechnologie von BAUR beugen weltweit tausende von Stromnetzbetreibern Schäden in Netzen und Anlagen vor, planen Instandhaltungsinvestitionen punktgenau, orten Fehler schnellstmöglich und präzise. BAUR. Ein wesentlicher Beitrag zur Zuverlässigkeit von Netzen und Anlagen.

BAUR bietet die fortschrittlichste Technologie zur Prüfung und Diagnose von Hochspannungsanlagen. Damit dies auch in Zukunft so bleibt, arbeiten wir schon heute an Lösungen von morgen. Machen Sie mit! Ob Kooperation in Projekten oder Karriere-möglichkeiten bei BAUR, sprechen Sie uns an.

Wir suchen Praktikanten, Diplomanden und Einsteiger.  
Wir suchen Ingenieure, Wirtschaftsingenieure und Betriebswirte.

BAUR sucht Visionäre voll Energie.

BAUR Prüf- und Messtechnik GmbH · Raiffeisenstraße 8  
A-6832 Sulz · T +43 55 22 49 41 0 · F + 43 55 22 49 41 3  
[headoffice@baur.at](mailto:headoffice@baur.at) · [www.baur.at](http://www.baur.at)

# Biodiesel - die saubere Alternative

*Umwelt schonen, Gewässer schützen!*



Biodiesel – auch auf dem Wasser eine saubere Alternative. Mehr Informationen zu diesem Thema unter [www.ufop.de](http://www.ufop.de)



PROF. DR.-ING. DR. H.C.  
PAUL GÜMPEL vertritt die  
Fachgebiete Werkstoff-  
kunde, Werkstoffprüfung  
und Oberflächentechnik an der HTWG  
Konstanz in Forschung und Lehre.



DIPL. ING. CRISTINA  
HOFFMANN  
Wissenschaftliche Mitar-  
beiterin im Werkstoff-  
prüflabor. Tätigkeitsschwerpunkt:  
Korrosion der Nichtrostenden Stähle.

## EINLEITUNG

In Pkw-Abgasanlagen werden heute überwiegend nichtrostende Stähle eingesetzt. Die Betriebs- und Umgebungsbedingungen führen dabei zu hohen Anforderungen an die dort eingesetzten nichtrostenden und hitzebeständigen Stähle. Neben der Außenkorrosion ist es insbesondere die Kondensatbildung die im kälteren Bereich der Abgassysteme zu einer Nasskorrosion der Innenfläche führen kann. Die Abgasanlagen unterliegen somit einer äußeren und einer inneren Korrosionsbelastung. Im vorliegenden Bericht wird insbesondere über Simulation der Korrosionsbelastung durch Kondensate berichtet.

Untersuchungen an ausgefallenen Abgasanlagen haben gezeigt, dass im hinteren, kondensatbelasteten Bereich primär mit einem Angriff nach dem Mechanismus chloridinduzierter Loch- und Spaltkorrosion zu rechnen ist. Dabei zeigen sich Lochfraßstellen, Angriffsmulden oder auch ein flächenmäßig begrenzter, narbiger Materialabtrag.

Eine Analyse der Schalldämpferanlagen aus der Praxis zeigt, dass nahezu ausnahmslos die Nachschalldämpfer zuerst ausfallen. Die Ausfallursache ist fast ausschließlich auf Nasskorrosion zurückzuführen. Die Korrosion an der Außenseite der Anlage wird durch die chemische Einwirkung des während des Winters auf den Strassen benutzten Streusalzes verursacht. Die Korrosion an der Innenseite der Schalldämpferanlage wird von der chemischen Wirkung des Abgaskondensates verursacht, welches sich insbesondere im Nachschalldämpfer bildet und sammelt. Eine Analyse der im praktischen Betrieb ausgefallenen Nachschalldämpfer ergab hinsichtlich der betroffenen Bauteile eine repräsentative Häufigkeit in folgender Reihenfolge:

1. Innenmantel der Schalldämpfer insbesondere im Bereich der Zwischenwände (Abb. 1 a)

2. Schweißnaht an der Verbindungsstelle vom Verbindungsrohr zum Eingang des Nachschalldämpfers, vor allem an der Innenseite des Schalldämpfers (Abb. 1 b)
3. Schweißnahtbereich an der Verbindungsstelle vom Endrohr zum Austritt des Nachschalldämpfers, vor allem an der Innenseite des Schalldämpfers (Abb. 1 c)
4. Innenbauteile wie z. B. Zwischenwände und Innenrohre (Abb. 1 d)
5. Aufhängungselemente, die entweder direkt am Schalldämpfer angeschweißt sind oder mittels eines Blechstreifens mit dem Schalldämpfer verbunden werden (Abb. 1 e).

## BESONDERE VERHÄLTNISSE IN PKW-ABGASANLAGEN – VERSUCHSBEDINGUNGEN

Die Beständigkeit verschiedener Stahlsorten gegen Lochkorrosionsbeanspruchung kann in der Regel anhand der Legierungszusammensetzung über den Wirksamkeitswert ( $W = \%Cr + 3,3 \times \%Mo + 30 \times \%N$ ) eingestuft werden [1]. Für die besonderen Verhältnisse in Pkw-Abgasanlagen mit ihren häufigen Feucht-Trocken-Wechseln und ihren im Vergleich zur Gesamtlebensdauer nur kurzen Betriebszeiten ist der Wirksamkeitsvergleich aber nur bedingt hilfreich. Für die Lebensdauer einer Abgasanlage ist nicht allein die Beständigkeit gegen das Auftreten von Korrosion, wie sie das Wirksamkeitskonzept beschreibt wichtig, sondern im Sinne langer Anlagenlebensdauer sind vielmehr auch niedrige Korrosionsgeschwindigkeiten von Bedeutung. Falls ein Angriff eingesetzt hat, sollte daher die Auflösungsgeschwindigkeit niedrig und insbesondere die Fähigkeit, in Stillstandzeiten wieder schnell zu repassivieren, vorhanden sein. Demzufolge sind, um die Eignung verschiedener nichtrostender Stähle für den Nassbereich von Pkw-Abgasanlagen vergleichen zu können, Versuche nötig, die das Besondere dieser Korrosionsbeanspruchung erfassen. Zu berücksichtigen sind hierbei:





ABB. 1: SCHADENSBLDER VON ENDSCHALLDÄMPFERN



ABB. 2: DER EINSATZ NICHTROSTENDER STÄHLE IN PKW-ABGASANLAGEN [3]



ABB. 3: FOTO EINES TIEGELS DES WERKSTOFFES 1.4404

FERRITE UND AUSTENITE		LEGIERUNGSZUSAMMENSETZUNG [WT%]			
		CR	NI	MO	MN
Cr-STAHl	1.4512	11,5	-	-	-
Cr-STAHl	1.4509	17,6	-	-	-
CrMo-STAHl	1.4526	16,8	-	1,0	-
CrNiMnSTAHl	1.4376	18,9	3,5	-	7,8
CrNi-STAHl	1.4301	17,9	9,0	-	-
CrNiMo-STAHl	1.4404	16,5	1,8	2,0	-

TAB. 1: LEGIERUNGSZUSAMMENSETZUNG DER VERWENDETEN WERKSTOFFE

- Feucht-Trocken-Wechsel
- die Einwirkung eines chloridionenhaltigen, sauren Mediums
- das Vorliegen von elektrochemisch aktivem Kohlenstoff (als Russpartikel in den Anlagen auftretend).

**NICHTROSTENDE STÄHLE FÜR ABGASANLAGEN IM AUTOMOBIL – UNSERE PROBEN**

Gegenüber früher sind bei den heutigen, leistungsoptimierten Pkws die Angriffsbedingungen sowohl korrosiv als auch thermisch verschärft. Heute sind daher höherwertige Werkstoffe notwendig, um eine ausreichend gute Haltbarkeit zu gewährleisten. Eine breite Palette an Stählen bietet hierzu zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten, um den jeweils unterschiedlich beanspruchten Bauteilen einer Abgasanlage gerecht zu werden (Abb. 2); nur durch das richtige Material an der richtigen Stelle kann ein nachhaltiger und gleichzeitig kostenoptimaler Werkstoffeinsatz in den Abgasanlagen sicher gestellt werden. Ausgehend von den in anderen Schriften [3], [4], [5], [6] erwähnten Werkstoffen für

Pkw-Abgassysteme wurden für die Laboruntersuchungen folgende Nichtrostende Stähle, sowohl Ferrite als auch Austenite, ausgewählt:

- ferritische Stähle:  
**1.4526, 1.4509, 1.4512**
- austenitische Stähle:  
**1.4404, 1.4301, 1.4376**

Die genaue chemische Zusammensetzung der ausgewählten nichtrostenden Stähle für die Laborversuche ist in Tabelle 1 angegeben. Als Proben wurden tiefgezogene, lösungsgeglühte Tiegel (Abb. 3) verwendet [1]. Diese wurden gestempelt, gebeizt, gewogen und danach mit Elektrolyt gefüllt, anschließend erfolgt die Auslagerung in einem Klimaprüfschrank über bestimmte Zeitintervalle unter definierter Luftfeuchte und Temperatur.

**DIE BILDUNG VON ABGASKONDENSAT SOWIE DESSEN CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN – UNSERE ELEKTROLYTEN**

Die Zusammensetzung des Abgaskondensates hängt von der Kraftstoffzusammen-

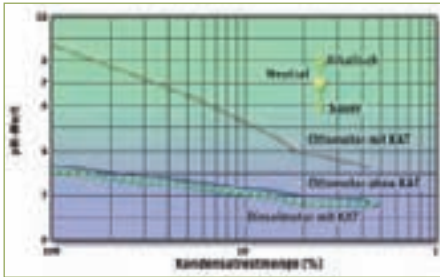


Abb. 4: DER PH-WERT DES KONDENSATES BEI OTTOMOTOREN UND DIESELMOTOREN [2]

setzung, dem Verbrennungsverfahren, dem Luftverhältnis und der Motorlast sowie von der Abgastemperatur und der Selektivität des Katalysators ab. In [2] wurde ausführlich beschrieben, wie komplex und unterschiedlich die Bildung und die Zusammensetzung des Abgaskondensates sein können. Die Werkstofftemperatur des Schalldämpfermantels bzw. der Verbindungsrohre kann auch bei winterlichen Betriebsbedingungen, während einer Langstreckenfahrt 300 bis 400°C erreichen; währenddessen findet keine Kondensation der Abgase statt. Die Kondensatbildung ist insbesondere bei Kurzstreckenbetrieb und bei Stadtverkehr ausgeprägt. Das Abgaskondensat enthält:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  und organische Säuren. Diese Ionen sammeln

sich mit jedem Start und Stopp des Motors in dem Nachschalldämpfer an.

Für die vorliegenden Versuche wurde ein Elektrolyt zusammengestellt, der Pufferlösung, Natriumchlorid und Aktivkohle enthält. Mit Hilfe der Pufferlösung wird der pH-Wert des Elektrolyten während der Versuche konstant gehalten. Die Pufferlösung hat einen sauren pH-Wert, da sowohl bei Diesel- als auch bei Ottomotoren unter bestimmten Bedingungen Abgaskondensat mit saurem pH-Wert entsteht (siehe Abb. 4), hierdurch erhöht sich auch die Neigung zur Lochfraßkorrosion.

Für die ersten Versuche wurde folgende Pufferlösung eingesetzt: Essigsäure-Natriumacetat Puffer mit pH 4 (Tabelle 2) In einer weiteren Versuchsserie wurde Zitronensäure-Natriumphosphat-Puffer mit pH 2,6 angewendet (Tabelle 3).

#### VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Es wurden folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

- Auslagerungsversuche im 3-Phasenbereich: Werkstoff/Elektrolyt/Atmosphäre
- Elektrochemische Untersuchungen

#### AUSLAGERUNGSVERSUCHE MIT ELEKTROLYT MIT PH 4

Die Tiegel wurden mit 10ml Elektrolyt befüllt und in einer Klimakammer unter den nachfolgend genannten Bedingungen ausgelagert: 12 Stunden bei 85°C und 50% relativer Feuchte, danach 12 Stunden bei 23°C und 50% relativer Feuchte. In den ersten 12 Stunden verdampft ein großer Teil des Elektrolyts dabei bilden sich Natriumchloridkristalle auf der Oberfläche des Tiegels, d.h. dort wo der Elektrolyt verdampft, kristallisiert Natriumchlorid aus. In der Versuchsphase bei Raumtemperatur 23°C stellt das kristallisierte Salz aufgrund der Luftfeuchtigkeit ein korrosives Medium dar (Abb. 5). Hier wird Wasser aus der Luft aufgenommen und es bildet sich ein Elektrolytfilm. Nach 24 Stunden wurden die Tiegel erneut mit 10 ml Elektrolyt gefüllt und durchlaufen einen neuen Zyklus. Nach 12 Zyklen wurden die Tiegel gereinigt, untersucht nach korrosivem Angriff und gewogen. Der Test dauert 48 Zyklen.

#### AUSLAGERUNGSVERSUCHE MIT ELEKTROLYT MIT PH 2,6

Der Test soll die aggressivsten Korrosionsbedingungen im Endschalldämpfer simulieren, wenn das Kondensat einen sehr niedrigen pH – Wert hat. Gleichzeitig wird durch die verschärften Bedingungen auch eine Verkürzung der Versuchsdauer erzielt.

Auch bei diesem Versuch wurde in die Tiegel 10ml Elektrolyt eingefüllt und in einer

ELECTROLYT MIT PH4	
CHEMICALIE	ZUGABEN FÜR 1L ELEKTROLYTLÖSUNG
NATRIUMACETAT - ESSIGSÄURE - PUFFER	1000ml
NATRIUMCHLORID (NACL)	3,3g
AKTIVKOHLE	1g

TAB. 2: ZUSAMMENSETZUNG DES ELEKTROLYTS MIT PH 4

ELECTROLYT MIT PH2,6	
CHEMICALIE	ZUGABEN FÜR 1L ELEKTROLYTLÖSUNG
ZITRONENSÄURE - ESSIGSÄURE - PUFFER	1000ml
NATRIUMCHLORID (NACL)	3,3g
AKTIVKOHLE	0,1g

TAB. 3: ZUSAMMENSETZUNG DES ELEKTROLYTS MIT PH 2,6

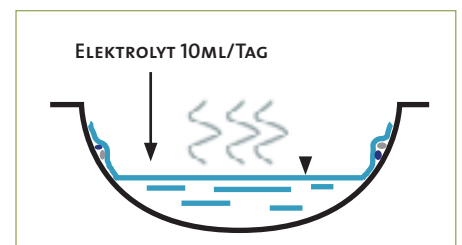


Abb. 5: AUSLAGERUNGSVERSUCH: VERDAMPF- UND FEUCHTPHASE

Klimakammer ausgelagert. Die Auslagerungsbedingungen sind nachfolgend aufgelistet: zunächst 12 Stunden bei 85°C und 75% relativer Feuchte, danach 12 Stunden bei 23°C und 75% relativer Feuchte. Nach 24 Stunden wurden die Tiegel erneut mit 10 ml Elektrolyt befüllt und durchlaufen einen neuen Zyklus. Von jedem Werkstoff wurden drei Tiegel gleichzeitig in der Klimakammer ausgelagert. Nach 3, bzw. 5, und 7 Zyklen wurde ein Tiegel von jedem Werkstoff herausgenommen, gereinigt, untersucht und gewogen. In diesem Test wurden die Proben schrittweise untersucht, da einige Tiegel schon nach wenigen Zyklen, aufgrund des sehr aggressiven Mediums durchkorrodieren.

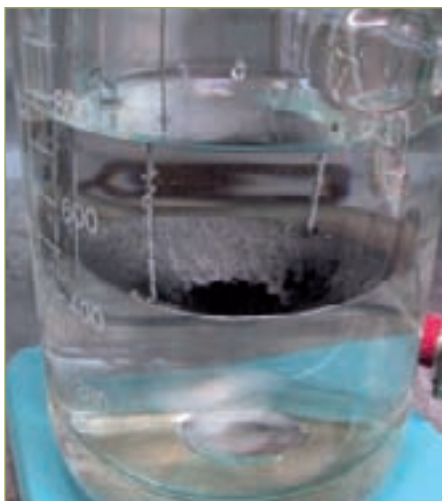


ABB. 6: DER TIEGEL MIT AKTIVKOHLE BEI RUHEPOTENTIAL MESSUNGEN



ABB. 7: PROBE MIT SPALTKORROSIONSBLOCKEN

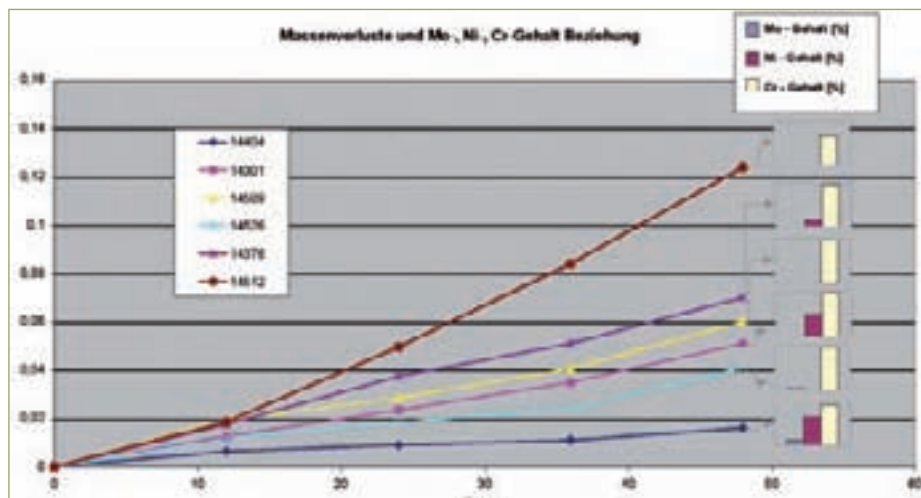


ABB. 8: ERGEBNISSE AUSLAGERUNGSVERSUCH MIT ELEKTROLYT MIT PH4

## ELEKTROCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

### RUHEPOTENTIAL MESSUNGEN

Der Einfluss der Aktivkohle auf den korrosiven Angriff auf der inneren Oberfläche des Endschalldämpfer wurde anhand von Ruhepotential Messungen unterschiedlicher nichtrostenden Stähle mit und ohne Aktivkohle auf ihrer Oberfläche untersucht (Abb. 6). Als Elektrolyt ist wurde eine Acetat – Puffer – Lösung pH 4 mit 3,3g NaCl verwendet.

### DREIECKSPANNUNGS-MESSUNGEN

Anhand zyklischer Voltametrie (die Aufnahme potentiodynamischer Stromdichte – Potential – Kurven mit ansteigenden und abfallenden Potentialen) wurde die Repassivierungsfähigkeit der für den Test ausgewählten nichtrostenden Stähle untersucht. Dabei wird die Arbeitselektrode (die Probe) mit einer sich zeitlich linear ändernden Spannung polarisiert und der sich einstellende Strom erfasst. Als Potentialänderungsgeschwindigkeit wurde für diesen Versuch eine Rate von 50mV/h gewählt. Die Potentialänderung erfolgt zuerst in positiver Richtung bis der eingestellte Strom 0,6mA erreicht hat, danach erfolgt die Potentialänderung in negativer Richtung. Die Versuche wurden im Potentialbereich

von 207mV – 1000mV durchgeführt. Als Elektrolyt wurde eine 0,3% Natriumchloridlösung mit pH 7-8. Verwendet. Die Proben (Bleche 40 x 40 x 1 mm) wurden mit Spaltkorrosionsblöcken aus PTFE versehen um auch Spaltbedingungen, wie sie im Endschalldämpfer vorkommen zu simulieren (Abb. 7).

## VERSUCHSERGEBNISSE

### AUSLAGERUNGSVERSUCHE MIT ELEKTROLYT MIT PH 4

Das Angriffsbild an den Proben ist uneinheitlich. Es kann sowohl klassischer Lochfraß als auch eine flächige Korrosion beobachtet werden. Die Ergebnisse dieses Tests sind in Abbildung 8 zusammengefasst. Die Massenverluste und die Differenzierung zwischen den verschiedenen Werkstoffen steigen mit der Anzahl der Zyklen an. Die höchste Beständigkeit erreicht die Stahlgüte 1.4404. Das Ergebnis bestätigt den positiven Einfluss des Legierungselementes Molybdän auf die Beständigkeit gegen das Auftreten von Korrosion und den positiven Einfluss des Legierungselementes Nickel auf die Repassivierung. Zwischen den Stahlgüten 1.4526, 1.4509, 1.4301 und 1.4376

besteht keine signifikante Differenzierung. Die Stahlgüte 1.4512, mit dem niedrigsten Chrom – Gehalt, erreicht wie erwartet den höchsten Massenverlust. Zwischen den Massenverlusten und der Legierungszusammensetzung der Stahlgüten besteht eine relativ gute Korrelation. Aufgrund des ungleichförmigen Angriffes (hier wird vielfach Lochfraßangriff beobachtet) sind die Ergebnisse in Form von Massenverlustmessungen kritisch zu betrachten. Im vorliegenden Fall aber konnte eine relativ gute Übereinstimmung mit dem optischen Erscheinungsbild der Proben und den Massenverlusten festgestellt werden.

### AUSLAGERUNGSVERSUCHE MIT ELEKTROLYT MIT PH 2,6

Das Angriffsbild an den Proben der Güte 1.4404, 1.4301, 1.4526, 1.4509 zeigt überwiegend klassischen Lochfraßangriff. Es konnte keine flächige Korrosion beobachtet werden. Das zeigt, dass mit dem neuen Elektrolyt mit pH 2,6 der korrosive Angriffsmechanismus geändert wurde. Ein reiner klassischer Lochfraßangriff entspricht nicht dem Schadensbild der Endschalldämpfer aus der Praxis. Der Elektrolyt mit pH 2,6 eignet sich nicht für die Simulation der Korrosion in den Pkw – Abgasanlagen.

### ELEKTROCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

#### RUHEPOTENTIAL MESSUNGEN

Der Verlauf der Ruhepotentialkurven verschiedener Werkstoffe zeigt bei der Messung mit Aktivkohle eine Verschiebung des Ruhepotentials zu positiveren Werten, was zu einer zunehmenden Gefährdung durch Lochkorrosion führt (Abb. 9 – 10). Das Vorliegen von elektrochemisch aktivem Kohlenstoff hat einen zusätzlichen negativen Einfluss auf die Empfindlichkeit der Werkstoffe gegen Lochkorrosion.

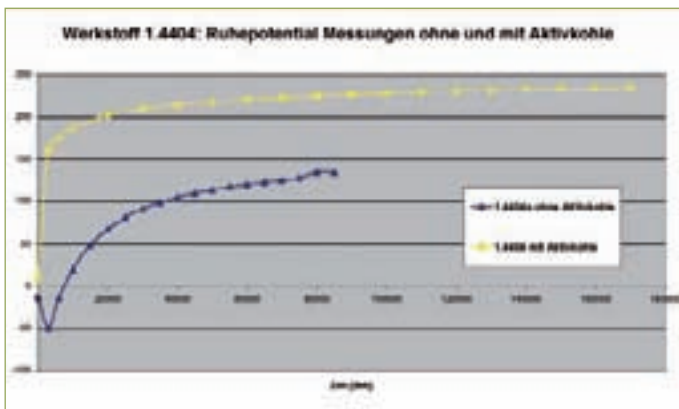


Abb.9: RUHEPOTENTIAL MESSUNG, STAHLGÜTE 1.4404

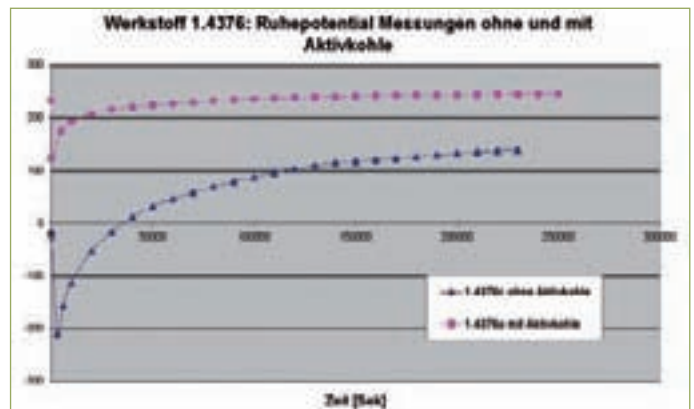


Abb.10: RUHEPOTENTIAL MESSUNG, STAHLGÜTE 1.4376

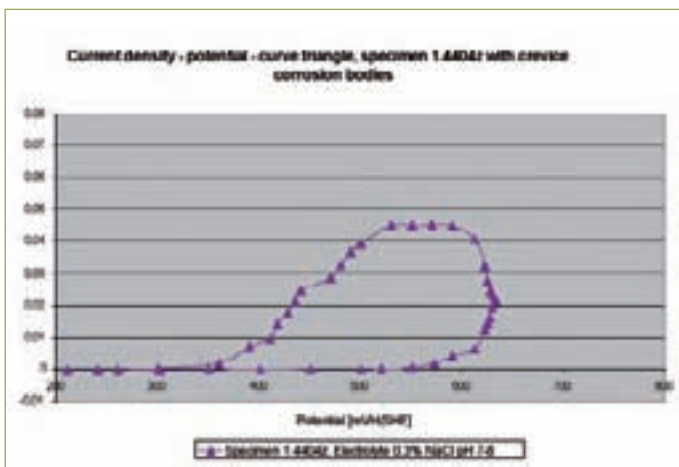


Abb.11: STROMDICHTE - POTENTIAL - KURVE DREIECK, STAHLGÜTE 1.4404 MIT SPALTKORROSIONSBLOCKEN

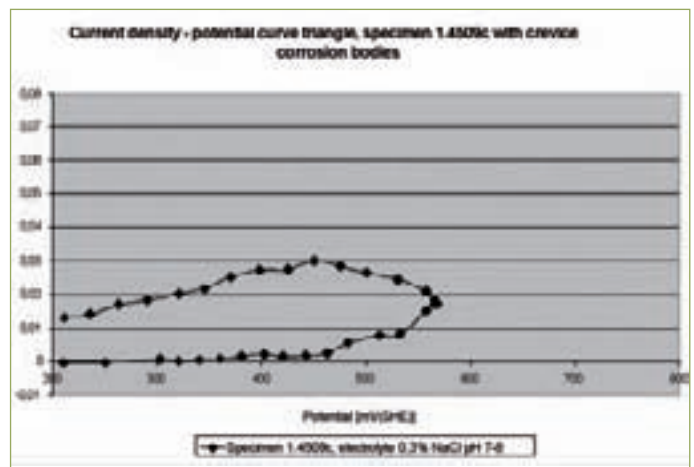


Abb.12: STROMDICHTE - POTENTIAL - KURVE DREIECK, STAHLGÜTE 1.4509 MIT SPALTKORROSIONSBLOCKEN

#### DREIECKSPANNUNGS-MESSUNGEN

Bei der Potentialänderung hin zu positiveren Potentialen erfolgt eine anodische Metallauflösung (die Stromdichte steigt an), der dann bei der Potentialänderung in der negativen Richtung eine Repassivierung folgt (die Stromdichte sinkt wieder ab). Der Verlauf der Stromdichte – Potential – Kurven verschiedener Stahlgüten zeigt, dass die Stromdichte bei den austenitischen Stahlgüten rascher abfällt als bei den ferritischen Stahlgüten (Abb. 11 – 12). Das bedeutet, dass aufgrund des Nickelgehalts die vorhandenen Löcher bei den austenitischen Stählen schneller repassivieren können.

#### ZUSAMMENFASSENDE WERTUNG

Die gewählte Versuchsführung ist bedingt geeignet, um die Beanspruchung von Werkstoffen durch Kondensate in PKW-Abgasanlagen zu simulieren. Es kann allerdings schon jetzt eine erste Einstufung des Korrosionsverhaltens von nichtrostenden Stählen in Abgasanlagen erfolgen. Die reine Auswertung über den Gewichtsverlust der Proben erscheint nicht sinnvoll da auch selektiver Korrosionsangriff, beispielsweise in Form von Lochfraß auftritt. Eine Beurteilung der Angriffsfläche ist bei der Tiegförmigkeit der Proben sehr schwierig, daher wird in einem Folgevorhaben die Versuchsdurchführung modifiziert werden, die Beanspruchung durch die simulierenden Kondensate wird dabei aber fortgeführt werden. Die Rolle der Rußbestandteile auf das Korrosionsverhalten der Kondensate soll in dem Folgevorhaben ebenfalls eingehender untersucht werden.

#### LITERATURVERZEICHNIS

- [1] ATZ – 4/2004, Simulation des Korrosionsverhaltens von nichtrostenden Stählen in Pkw – Abgasanlagen, Paul Gumpel, Daniel Schiller, Norbert Art, Douglas Bouchholz  
[2] Innen- und Außenkorrosion von Abgas-

anlagen für Pkw – Prüfverfahren, Labor und Feldversuche, H. Wertens, P. Garcia, H.-D. Walther

[3] NIROSTA und THERMAX: „Nichtrostende Stähle für Abgassysteme im Automobil“

[4] Optimierter Absatz in Abgasanlagen, P. Papaiaovou, F. Schneider

[5] Werkstoffauswahl für Abgassysteme im Automobil: Rostfreie Edelmetalle – maßgeschneidert, P. Papaiaovou, H. Willeerscheid

[6] Legierungselemente in niro-Stähle – Werkstoffe für viele Anwendungen, G. Uhlig, H. Willerscheid

[7] Present and Future trends of Stainless Steel vor Automotive Exhaust System, Yoshiharu Inoue, Masao Kikuchi



**PROF. DR. CLAUS BRAX-  
MAIER** Studium der  
Feinwerktechnik an der  
Fachhochschule Furt-

wangen. Danach Studium der Physik mit anschließender Promotion an der Universität Konstanz am Lehrstuhl von Prof. Dr. Jürgen Mlynek zum Thema fundamentaler Tests der Physik mit optischen Mitteln. Postdoc in der AG Quantenmetrologie von Prof. Achim Peters, PhD, an der Universität Konstanz. Bei der EADS Astrium GmbH Systemverantwortlicher und Projektleiter zu wissenschaftlichen und erdbeobachtenden Missionen der ESA. Leitung der Gruppe „Mission Metrology“. Seit Sept. 2005 Professor für Physik und Regelungstechnik an der HTWG.



**DIPL.-PHYS. THILO SCHULDT**  
Studium der Physik an den  
Universitäten Konstanz  
und Hamburg. Im An-

schluss daran Promotionsstudent in der AG Quantenoptik und Metrologie von Prof. Achim Peters, PhD, an der Humboldt-Universität zu Berlin mit dem hier beschriebenen Interferometer. Seit März 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Prof. Dr. Claus Braxmaier an der HTWG Konstanz.



**DIPL.-PHYS. MARTIN  
GOHLKE** Studium der  
Physik an der Humboldt-  
Universität zu Berlin. 2007

Diplomarbeit an dem hier beschriebenen Interferometeraufbau mit daran anschließender Promotion zur Weiterentwicklung des Interferometers in Kollaboration mit der EADS Astrium GmbH.

## HTWG-FORSCHUNG IM BEREICH OPTIK

Der Bereich der „Optischen Systeme“ hat sich an der HTWG Konstanz als Forschungsschwerpunkt synergetisch über die drei Fakultäten Maschinenbau, Elektro- und Informationstechnik und Informatik hinweg herausgebildet und ist im neu gegründeten „Institut für Optische Systeme“ (IOS) transparent organisiert. Gründer des IOS sind die Profs. Braxmaier, Durst, Franz und Jödicke. Unterstützt durch die o.g. Fakultäten und Profs. Manz, Bittel, Kleinhempel und Reiß, bilden Projekte und Themen aus den Gebieten der optischen Messtechnik, Bild- und Signalverarbeitung sowie Lichttechnik Kern der Aktivitäten. Die Themen und Projekte sind offen für Projekt- und Abschlussarbeiten in den jeweiligen Fakultäten.

Im Folgenden werden 2 Projekte des IOS-Bereichs der optischen Messtechnik respektive Qualitätstechnik der Gruppe Braxmaier vorgestellt. Grundlage für das Gelingen dieser Projekte bildet die Zusammenarbeit mit der Messtechnik (Prof. Durst) und Lichttechnik (Prof. Jödicke).

## ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Bericht wird ein kompaktes hochgenaues optisches Messsystem für zwei Anwendungen in der optischen Mess- und Fertigungsmesstechnik vorgestellt, welches die Weiterentwicklung des in FORUM Ausgabe 2007/2008 [7] vorgestellten optomechatronischen Aufbaus darstellt. In Kooperation mit der Humboldt-Universität zu Berlin (AG Quantenoptik und Metrologie, Prof. Achim Peters, PhD) und der Raumfahrt-Firma EADS Astrium Satellites GmbH, Friedrichshafen, wird unter Leitung der HTWG in der Gruppe von Claus Braxmaier ein Laserinterferometer für eine hochsensitive optische Abstands- und Winkelsen-sorik entwickelt, realisiert und verifiziert. Messungen mit dem neuen Aufbau zeigen

für Frequenzen größer  $10^{-2}$  Hz ein Rauschen kleiner 5 pm/VHz in der Translationsmessung und kleiner 10 nrad/VHz in der Winkelmessung. Ein Vergleich der Größenordnungen zeigt die Tabelle.

### ZUM VERGLEICH:

- 5pm entsprechen einem Zwanzigstel eines Wasserstoffatomdurchmessers.
- Ein Sandkorn in einer Entfernung von 100km erscheint unter einem Winkel von 10nrad.

Das Messsystem wurde für die Anforderungen in der Raumfahrt (im speziellen für den Weltraum-gestützten Gravitationswellendetektor LISA, Laser Interferometer Space Antenna) entwickelt – bietet jedoch auch vielfältige Anwendungsmöglichkeiten in der optischen Mess- und Fertigungsmesstechnik. Das Laserinterferometer und zwei ausgewählte Projekte dazu werden hier im derzeitigen Status vorgestellt:

1. Präzises Laser-Interferometersystem zur Abstands- und Winkelmessung für die Lageregelung von Satelliten (laufende Promotion).
2. Hochgenaue Bestimmung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Kohlefaser-Verbundwerkstoffen, was bislang in dieser Auflösung nicht möglich war (Masterarbeit in MME).
3. Adaption des Aufbaus für die berührungslose Fertigungsmesstechnik zur Analyse von Oberflächen (Bachelorarbeit EIB und Projektarbeit MME). In Verbindung mit einem präzisen Aktuator lassen sich Oberflächeneigenschaften, wie Rauigkeit, Welligkeit und Planheit mit hoher Genauigkeit messen. Alle drei Projekte sind über öffentliche Drittmittel und der Industrie finanziert (IP05 – Innovative Projekte 05 und ZAFH

– Zentrum für angewandte Forschung an Fachhochschulen „Photon“, beides Land BW, sowie EADS Astrium Satellites, Friedrichshafen).

Diese und weitere Projekte – sowohl an der HTWG als auch im Forschungslabor bei der EADS Astrium Satellites GmbH – sind offen für Praxissemester-, Projekt- und Abschlussarbeiten in den Fakultäten MA, EI und IN. Mehr Information: <http://www.ios.htwg-konstanz.de>.

## 1 EINLEITUNG

Die von der Landesstiftung Baden-Württemberg gGmbH bei der Unternehmungsberatung Roland Berger & Partner in Auftrag gegebene Studie „Zukunftsinvestitionen in Baden-Württemberg“ hat sechs Cluster als „Motoren der Wirtschaft“ benannt: neben Automobilbau und Produktionstechnik auch den Bereich Photonik – also Optik. Ihre Rolle als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts wird dabei deutlich: So sollen etwa 30% derzeitiger elektronischer Technologien durch optische Techniken ersetzt werden. Die Umsätze im Bereich der Photonik im Jahr 2013 werden auf etwa 500 Mrd. US-\$ geschätzt [1].

Der Bereich Optik beinhaltet dabei alle Schritte von der Erzeugung von Licht bis zu dessen Lenkung und Anwendung. Er findet sich in einer Vielzahl von industriellen Anwendungen und Konsumgütern wieder:

1. Materialbearbeitung (Schneiden, Bohren, Schweißen mit Lasern)
2. Optische Mess- und Qualitätstechnik (z.B. Überprüfung von Planheit und Rauigkeit von Oberflächen, Abstands- und Winkelmessung oder 2- und 3-dimensionale Bildgebung und -verarbeitung)
3. Medizintechnik (kontaktloses Skalpell, optische Tomografie, Augenchirurgie); Halbleitertechnik (Photolithographie, Nanomaterialbearbeitung)
4. Informationstechnologie (z.B. optische Speichermedien, optische Datenübertragung).

In vielen Bereichen der Produktion wird die Erfassung der relevanten Messgrößen erst durch optische Technologien möglich. Hier sind hohe Auflösung, Berührungslosigkeit, Robustheit und Kompaktheit entscheidende Anforderungen an die optomechatronischen Sensorsysteme. In enger Zusammenarbeit mit regionalen Firmen, Universitäten und Instituten werden an der HTWG optische Gesamtsysteme (Optik, Mechanik, Elektronik und Informatik) für industrielle Anwendungen (innerhalb des IOS, siehe <http://www.ios.htwg-konstanz.de>) beispielsweise in den Bereichen der Qualitätssicherung und Prozessüberwachung, sowie der höchstauflösenden optischen Messtechnik entwickelt, aufgebaut und getestet.

Bei einer Vielzahl von wissenschaftlichen Satelliten-Missionen ist eine Lageregelung des Satelliten notwendig. Dabei müssen Abstand und Winkel des Satelliten relativ zur inertialen Bahn hochgenau gemessen werden. Auch der Weltraum-basierte Gravitationswellendetektor LISA (Laser Interferometer Space Antenna, vgl. Abbildung 1) [2] ist auf eine störungsfreie Satellitenumgebung angewiesen. Beschleunigungsstörungen werden mit sogenannten Inertialsensoren – frei fliegenden Prüfmassen, die einem rein gravitativ bestimmten Orbit folgen und im Innern des Satelliten gegen äußere Störungen abgeschirmt sind – gemessen und der Satellit danach in der Lage drallfrei durch Schubantriebe gestellt. Derzeitige Sensoren basieren auf kapazitiven Messungen, welche ihre fundamentalen Grenzen hinsichtlich der Messauflösung erreicht haben. Für zukünftige Missionen wie LISA ist jedoch eine weitere Steigerung nötig, welche mit herkömmlichen Messmethoden nicht erreichbar ist.

In Kooperation mit der Humboldt-Universität zu Berlin und der Raumfahrt-Firma EADS Astrium Satellites GmbH (Friedrichshafen) wird unter Leitung der HTWG ein neuartiges, optisches, kompaktes Messsystem entwickelt, aufgebaut und

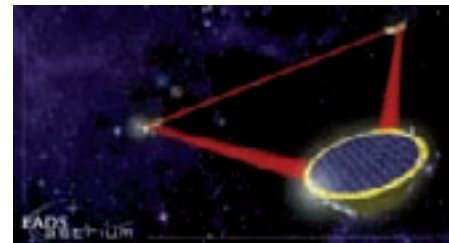


ABB. 1: KÜNSTLERISCHE DARSTELLUNG DER 3 LISA SATELLITEN IM ORBIT (QUELLE: ASTRIUM)

verifiziert, mit der Zielstellung den hohen Anforderungen der LISA-Mission zu genügen. Dieses Messsystem benutzt dabei die Methode der Laserinterferometrie für die höchstgenaue und berührungslose Abstands- und Winkelmessung zwischen freifliegender Prüfmasse und dessen (fest mit dem Satelliten verbundenen) sogenannten „housing“. Die Messgrößen sind die relative Position und 2 Winkel in einem operationellen Messband zwischen 30  $\mu$ Hz und 1 Hz. Die Anforderung an die relative Auflösung in der Translationsmessung beträgt 5 pm/ $\sqrt$ Hz über einen dynamischen Bereich von  $\pm$  50  $\mu$ m und in der Winkelmessung  $<$ 10 nrad/ $\sqrt$ Hz über einen dynamischen Bereich von  $\pm$  100  $\mu$ rad. Das Gesamtsystem zur optischen Auslesung der Prüfmassenposition muss kompakt, modular integrierbar und einfach verifizierbar sein sowie einfache Schnittstellen zu anderen Systemen – wie z.B. der Umgebung des inertialen Sensors – aufweisen.

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen der Interferometrie erläutert. Kapitel 3 stellt die Hardware des HTWG-Interferometers und die Resultate vor. Kapitel 4 widmet sich den Anwendungen Messung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Kohlefaser-Verbundwerkstoffen und die Adaption des Aufbaus für die berührungslose Fertigungsmesstechnik zur Analyse von Oberflächen.

## 2 GRUNDLAGEN DER INTERFEROMETRIE

Der Weltraum-gestützte Gravitationswellendetektor LISA stellt im Wesentlichen ein Michelson-Interferometer mit einer Armlänge von 5 Millionen Kilometern dar, dessen Grundprinzip in Abbildung 2 dargestellt ist. Das Licht einer Quelle wird an einem Strahlteiler in zwei Teilstrahlen aufgespalten. Der eine Strahl wird am Referenzspiegel reflektiert, der andere am Mess-Spiegel; beide Strahlen werden am Strahlteiler wieder überlagert und mit einer Fotodiode detektiert. Die Intensität des detektierten Signals hängt dabei von der Phasenlage der beiden Teilstrahlen ab, d.h. eine Verschiebung des Mess-Spiegels bewirkt eine relative Verschiebung der beiden interferierenden Strahlen und damit eine Intensitätsänderung. Das Detektorsignal ist in der optischen Weglänge des Messarmes periodisch mit der Wellenlänge  $\lambda$  des Lichtes und in der Verschiebung des Mess-Spiegels periodisch mit  $\lambda/2$ . Man detektiert sogenannte „fringes“, die durch abwechselnd konstruktive bzw. destruktive Interferenz entstehen. Um die Einschränkung des dynamischen Bereiches auf  $\lambda/2$  zu überwinden, wird die Methode der In-Quadratur-Messung angewandt. Hierbei wird das Detektorsignal dupliziert, wobei einer der beiden zur Interferenz gebrachten Strahlen um  $90^\circ$  in der Phase verschoben wird. Die beiden dadurch erhaltenen Signale können dann immer so ausgelesen werden, dass die Uneindeutigkeit des einen Signals durch das andere kompensiert wird.

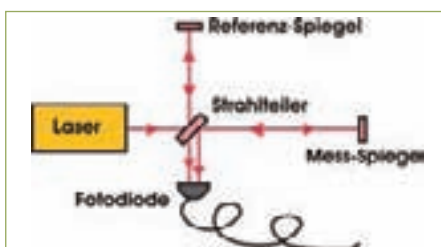


ABB. 2: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINES MICHELSON-INTERFEROMETERS

Werden auf der Fotodiode zwei Strahlen mit gleicher Frequenz überlagert, spricht man von einem Homodyn-Interferometer; haben beide Strahlen unterschiedliche Frequenz von einem Heterodyn-Interferometer. Bei einem Heterodyn-Interferometer liegt das detektierte Signal bei einer vorgegebenen Frequenz, der Heterodynfrequenz, d. h. alle anderen Signalbeiträge können weggefiltert werden. Insbesondere gehen Rauscheinflüsse bei niedrigen Frequenzen (beispielsweise Driften der Elektronik und zeitlich variierendes Streulicht) hier nicht in die Messung ein.

## 3 HTWG-INTERFEROMETER

### 3.1 THEORIE

Unser Interferometer stellt ein Heterodyn-Interferometer mit zwei örtlich getrennten Strahlen dar, basierend auf einem Design von Wu et al. [3,4], vgl. Schemazeichnung in Abbildung 3. Die Frequenz  $f_1$  wird aufgespalten, ein Ausgangsstrahl ist hierbei der Referenzstrahl, der am Referenzspiegel reflektiert wird, der andere Ausgangsstrahl ist der Mess-Strahl der am Mess-Spiegel, d. h. im Fall von LISA an der freischwebenden Prüfmasse und in unserem Experiment an einem Prüfmassen-Dummy, reflektiert wird. Der Laserstrahl mit der Frequenz  $f_2$  wird ebenfalls aufgespalten und die beiden Ausgangsstrahlen werden mit den entsprechenden Strahlen von Referenz- und Mess-Spiegel überlagert. Somit werden an den beiden Fotodioden Heterodyn-Signale bei der Schwebungsfrequenz  $f_{\text{het}} = f_1 - f_2$  erzeugt.

In diesem Design haben Referenz- und Mess-Strahl die gleiche Polarisation und Frequenz. Zusätzlich wird in diesem Design Wert gelegt auf gleiche optische Weglängen von Referenz- und Mess-Strahl, insbesondere auch auf gleiche Weglängen in optischen Komponenten. Dies führt zu maximaler Symmetrie und damit zu maximaler passiver Gleichtaktunterdrückung.

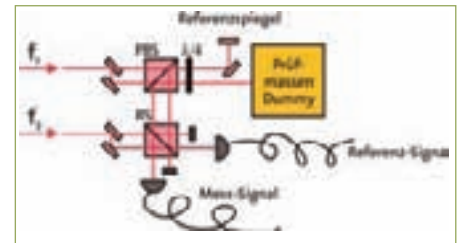


ABB. 3: SCHEMAZEICHNUNG DES HETERODYN-INTERFEROMETERS

Das Signal an der Messdiode ergibt sich für zwei Laserfrequenzen  $f_1$  und  $f_2$  mit zugehörigen Amplituden A und B zu  $I_m \propto AB \cdot \cos(\Delta\omega t - \varphi(t))$  und das Signal an der Referenzdiode zu  $I_r \propto AB \cdot \cos(\Delta\omega t)$ . Dabei gilt  $\Delta\omega = 2\pi \cdot |f_1 - f_2|$ . Eine In-Quadratur Messung der Phase zwischen  $I_r$  und  $I_m$  liefert die beiden Signale  $S_1 = 1/2 AB \cdot \cos(\varphi(t))$  und  $S_2 = 1/2 AB \cdot \sin(\varphi(t))$ , wobei man die Phasenmessung mittels

$$\varphi(t) = \tan^{-1} \left( \frac{S_2}{S_1} \right) \quad \text{[Gleichung 1]}$$

erhält.

Die Phasendifferenz  $\varphi(t)$  an der Messdiode ist proportional zur Verschiebung  $\Delta l$  des Mess-Spiegels ( $\lambda$ : Wellenlänge des Lichtes;  $n$ : Brechungsindex des Mediums, in dem das Licht sich ausbreitet) und es ergibt sich

$$\Delta l(t) = \frac{\lambda}{4\pi \cdot n} \varphi(t) \quad \text{[Gleichung 2]}$$

Um eine Verkipfung des Mess-Spiegels zu messen, kann die Methode der differentiellen Wellenfrontmessung (Differential wavefront sensing, DWS [5], [6]) angewandt werden. Dabei wird die Einzelelementdiode für das Mess-Signal durch eine Quadrantendiode ersetzt. Die Wellenfront des Strahls mit der Frequenz  $f_2$  ist zu allen Zeiten plan, während die vom Mess-Spiegel reflektierte Wellenfront (mit der Frequenz  $f_1$ ) im Falle eines verkippten Mess-Spiegels verkippt ist und eine Differenz in den rela-



tiven Phasen an zwei Punkten an verschiedenen Stellen des Strahlquerschnittes bewirkt. Diese Phasendifferenz lässt sich dann in den Verkippungswinkel des Mess-Spiegels umrechnen.

### 3.2 EXPERIMENT

In einer ersten experimentellen Umsetzung haben wir einen Kompaktaufbau des oben beschriebenen Interferometer-Designs realisiert und verifiziert [7,8,9,10]. Hier stellen wir nun unseren neuen verbesserten Aufbau mit folgenden Veränderungen vor:

- neuer optischer Aufbau
- Implementierung einer Intensitätsstabilisierung nach der Faserauskopplung
- Implementierung eines Phasenlocks der Heterodyn-Frequenz nach der Faserauskopplung
- Realisierung einer digitalen Phasemessung
- Verbesserung des Vakuumsystems

Der experimentelle Aufbau besteht aus zwei Teilsystemen: dem Aufbau zur Erzeugung der beiden Heterodynfrequenzen und dem eigentlichen Interferometerboard, das sich in einer Vakuumkammer befindet um Luftfluktuationen zu minimieren und eine bessere Temperaturstabilität zu gewährleisten. Für das Interferometer verwenden wir selbst entwickelte mechanisch stabile optische Halterungen für 1/2"-Optiken mit einer Strahlhöhe von 2 cm. Die Optik zur

Erzeugung der Heterodyn-Frequenzen befindet sich außerhalb der Vakuumkammer auf einem kommerziellen optischen Tisch unter Verwendung kommerzieller 1"-Optik-Halterungen.

#### ERZEUGUNG DER HETERODYN-FREQUENZEN

Als Lichtquelle verwenden wir einen Nd:YAG-Laser, der eine Ausgangsleistung von 1 W bei einer Wellenlänge von 1064 nm liefert. Dieser Laser bietet aufgrund seines internen Aufbaus (non-planar ring oscillator, NPRO-design) eine intrinsisch hohe Intensitäts- und Frequenzstabilität. Ein Teil des Ausgangslichtes (~ 200 mW) wird zur Verwendung im Interferometer abgespalten. Das kollimierte Laserlicht mit einem Strahldurchmesser von etwa 2 mm wird an einem nicht-polarisierenden Strahlteilerwürfel aufgespalten und jeder Ausgangsstrahl mittels eines akusto-optischen Modulators (AOM) in der Frequenz verschoben. Die beiden in die erste Beugungsordnung reflektierten Strahlen – die im Vergleich zum Eingangslicht um die RF-Frequenz, mit denen die AOMs betrieben werden, in der Frequenz verschoben sind – werden als Eingangs-Strahlen des Interferometers genutzt (vgl. Foto des Aufbaus in Abbildung 4). In unserem Experiment werden die beiden AOMs mit RF-Signalen bei 79.99 MHz und 80.00 MHz betrieben.



ABB. 4: OPTISCHER AUFBAU ZUR FREQUENZERZEUGUNG (1: LASER; 5 UND 6: AOMs)

Die Heterodyn-Frequenz beträgt somit 10 kHz. Die RF-Signale werden von zwei in der Phase gelockten Direct Digital Synthesizern (DDS) erzeugt.

#### INTERFEROMETER-AUFBAU

Ein Foto unseres Aufbaus ist in Abbildung 5 gezeigt, die entsprechende Schemazeichnung in Abbildung 6. Das Interferometer ist auf einer 440 mm x 300 mm x 40 mm großen Gussaluminiumplatte aufgebaut. Das Material verbindet hohe Wärmeleitfähigkeit mit der Abwesenheit von internen Spannungen, die ansonsten zu einem Kriechen des Materials auf langen Zeitskalen führen können. Das Laserlicht wird unter

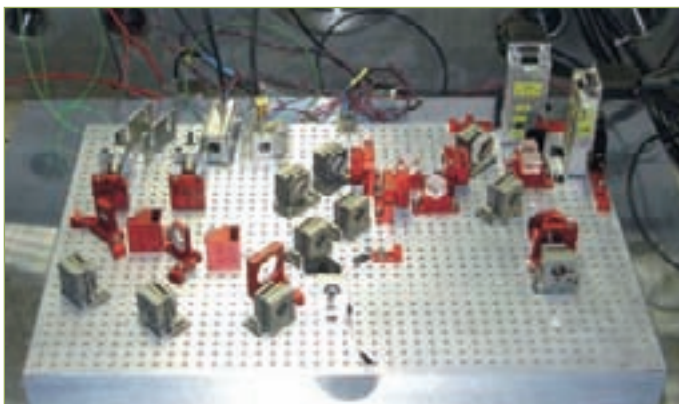


ABB. 5: FOTO UNSERES INTERFEROMETER-AUFBAUS

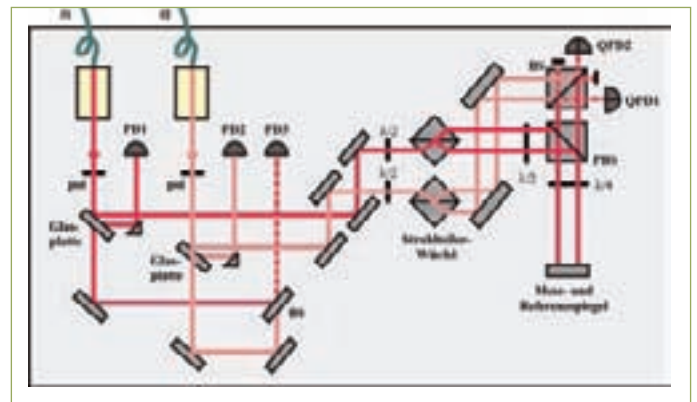


ABB. 6: SCHEMA UNSERES INTERFEROMETER-AUFBAUS

Verwendung von kommerziellen optischen Vakuumdurchführungen (polarisationserhaltende single mode Fasern) fasergekoppelt auf das Interferometer-Board geführt. Die Strahlen am Faserausgang haben Intensitäten von einigen mW und Strahldurchmesser von  $\sim 1.4$  mm. Polarisatoren an den Fasereingängen und -ausgängen gewährleisten die richtige (und saubere) Polarisation. An den Faserausgängen werden beide Strahlen an 6 mm dicken Glasplatten aufgespalten. Die an den Rückseiten der Glasplatten reflektierten Strahlen werden auf je eine Monitor-Fotodiode gelenkt (PD1 und PD2 in Abbildung 6), deren Signale für die Intensitätsstabilisierung genutzt werden. Die beiden an der Glasplatte transmittierten Strahlen werden auf einer dritten Fotodiode (PD3 in Abbildung 6) überlagert. Das Signal entspricht einem (heterodyn) Interferometersignal, wobei die Aufspaltung in Mess- und Referenzarm am Strahlteiler vor den AOMs außerhalb der Vakuumkammer geschieht, vgl. Schemazeichnung in Abbildung 7. Das Detektorsignal beinhaltet somit alle differentiellen Phaseneffekte, die von den AOMs und den Fasern erzeugt werden. Dieses Signal wird in der Phase an ein extern erzeugtes 10 kHz Signal, welches durch Heruntermischen der beiden DDS Signale erzeugt wird, gelockt. Als Aktuator dient dabei ein auf ein Piezo-Element geklebter Spiegel mit einem dynamischen Bereich von  $\sim 90$   $\mu\text{m}$ , der sich hinter einem AOM und vor der Fasereinkopplung außerhalb der Vakuumkammer befindet (vgl. Abbildung 7). Auf dem Interferometerboard wird jeder Strahl an einem

symmetrischen Strahlteilerwürfel in zwei parallele Strahlen mit einer Parallelität  $< 2'$  aufgespalten. Die beiden Strahlen mit der Frequenz  $f_1$  werden an einem polarisierenden Strahlteilerwürfel (PBS) hin zu Mess- und Referenzspiegel reflektiert. Nach zweimaligem Durchlaufen einer  $\lambda/4$ -Verzögerungsplatte werden die Strahlen am PBS transmittiert und an einem 50:50 nicht-polarisierenden Strahlteilerwürfel in Überlagerung gebracht mit den beiden Strahlen mit der Frequenz  $f_2$ . Zwei Quadrantendiode liefern die Messarm-Signale (QPD1) und die Referenzarm-Signale (QPD2). Die Signale von QPD1 werden ebenfalls zur differentiellen Wellenfrontmessung benutzt. Die Lichtleistungen betragen  $\sim 100$   $\mu\text{W}$  am Mess-Spiegel und  $\sim 200$   $\mu\text{W}$  an den Quadrantendiode. In unseren Messungen wurden beide Strahlen – Mess- und Referenzstrahl – am gleichen, fest montierten Spiegel reflektiert um eine Rauschmessung des Systems durchzuführen.

#### PHASENMESSUNG

Die Phasenauslesung erfolgt digital und in Quadratur unter Verwendung einer National Instruments FPGA (Field Programmable Gate Array) Datenerfassungskarte welche unter Lab-VIEW programmiert wurde. Die 10 kHz Signale von den Quadrantendiode werden mittels eines 16 bit A/D-Wandlers digitalisiert und simultan bei 160 kHz gesampled, vgl. Schemazeichnung in Abbildung 8. Die Signale werden multipliziert und digital Tiefpass gefiltert. Die In-Quadratur-Signale werden mittels

einer Verzögerung des Referenzsignals um 4 Iterationen innerhalb des FPGA LabVIEW-Programmes erzeugt. Ein LabVIEW host-Programm übernimmt die Datenweiterverarbeitung und berechnet den Arkustangens gemäß Gleichung 1. Das Programm erkennt weiterhin  $\pi$ -Sprünge im Arkustangens und liefert damit einen dynamischen Bereich des Interferometers, der nicht durch  $\lambda/2$  in der Verschiebung des Mess-Spiegels limitiert ist.

Die Phasenauslesung im Fall der Winkelmessung ist analog zu der oben beschriebenen Translationsmessung, wobei die Eingangssignale hier zwei gegenüberliegende Hälften einer Quadrantendiode sind. Auch hier wird wieder der Arkustangens mittels eines Labview-Programms berechnet und die gemessene Phase in einen Verkipfungswinkel des Messspiegels umgerechnet.

#### MESSERGEBNISSE

Wir führten Rauschmessungen durch, bei denen Mess- und Referenzstrahl beide vom gleichen, fest montierten Spiegel reflektiert wurden. Das Interferometerboard befand sich in einer Vakuumkammer, die bei Drücken unterhalb  $10^{-4}$  mbar betrieben wurde.

Die spektrale Rauschdichte (power spectral density, PSD) der Translationsmessung ist in Abbildung 9 gezeigt, wobei die Einflüsse der verschiedenen aktiven Stabilisierungen zu erkennen ist. Kurve 1 wurde ohne Intensitätsstabilisierung und Phasenlock gemessen. Die Temperatur des Interferometerboards wurde aktiv stabilisiert, wobei

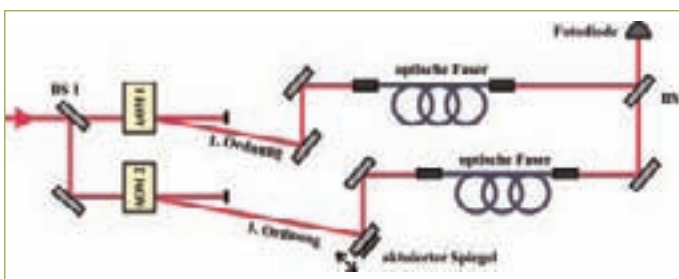


Abb. 7: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES PHASENLOCKS

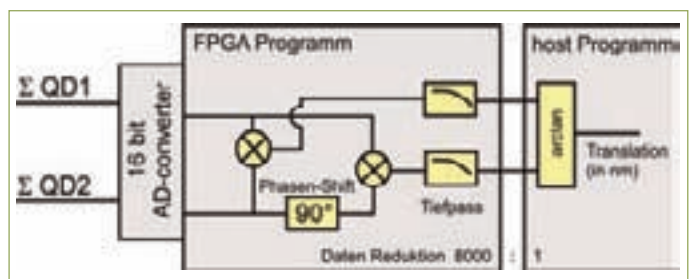


Abb. 8: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER DIGITALEN PHASENMESSUNG

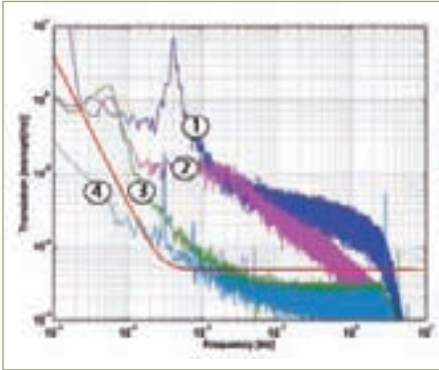


ABB. 9: GEMESSENE SPEKTRALE RAUSCHDICHT  
IN DER TRANSLATIONSMESSUNG (ROTE KURVE: LISA-  
ANFORDERUNG)

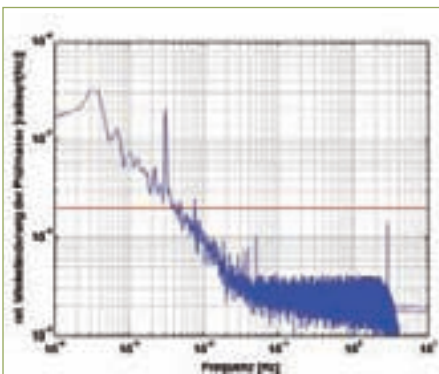


ABB. 10: GEMESSENE SPEKTRALE RAUSCHDICHT  
IN DER WINKELMESSUNG (ROTE LINIE: LISA-ANFORDERUNG)

der Regler nicht optimal eingestellt war und eine Spitze in der gemessenen PSD im Frequenzband  $10^{-4}$  Hz bis  $10^{-2}$  Hz bewirkt. In der Messung für Kurve 2 wurden die Regelparameter der Temperaturstabilisierung optimiert und zusätzlich die Intensitätsstabilisierung implementiert. Der durch die Temperaturstabilisierung verursachte Peak wird zu tieferen Frequenzen hin verschoben, die Auswirkungen der Intensitätsstabilisierung erkennt man bei Frequenzen größer  $10^{-2}$  Hz. Kurve 3 beinhaltet zusätzlich den oben beschriebenen Phasenlock der Heterodynfrequenzen und in Kurve 4 wurde die passive Temperaturstabilität des Interferometers verbessert und die aktive Stabilisierung ausgeschaltet. Die PSD der Winkelmessung (mit Intensitätsstabilisie-

rung, Phasenlock und passiver Temperaturstabilisierung) ist in Abbildung 10 gezeigt. In beiden Graphen sind auch die von der LISA Mission gestellten Anforderung eingezeichnet.

Unsere Messungen zeigen ein Translationsrauschen kleiner  $5 \text{ pm}/\sqrt{\text{Hz}}$  für Frequenzen größer  $10^{-2}$  Hz und kleiner  $1 \text{ nm}/\sqrt{\text{Hz}}$  für Frequenzen größer  $10^{-4}$  Hz. Bis auf einen kleinen Frequenzbereich zwischen  $10^{-3}$  Hz und  $10^{-2}$  Hz werden die LISA-Anforderungen erfüllt. Das gemessene Winkelrauschen ist kleiner  $10 \text{ nrad}/\sqrt{\text{Hz}}$  für Frequenzen größer  $10^{-2}$  Hz und kleiner  $300 \text{ nrad}/\sqrt{\text{Hz}}$  für Frequenzen größer  $10^{-4}$  Hz. Für Frequenzen oberhalb von  $4 \cdot 10^{-3}$  Hz werden die LISA Anforderungen erfüllt.

## 4 ANWENDUNGEN

### 4.1 MESSUNG THERMISCHER AUSDEHNUNG IN KOHLEFASERVERBUNDSTOFFEN

Das Interferometer wurde mit Hinblick auf die LISA Mission entwickelt, stellt aber ganz allgemein ein höchst empfindliches Messgerät zur Bestimmung von Längen- und Winkeländerungen dar. In einem laufenden Projekt in Kooperation mit der EADS Astrium Satellites GmbH, Friedrichshafen, bildet dieses Interferometer die Grundlage zur Messung des thermischen Ausdehnungs-



ABB. 11: FOTO DES HALTERS MIT EINGESPANNTEM  
CFRP-ROHR

koeffizienten (CTE, coefficient of thermal expansion) von Kohlenstoff-Verbundwerkstoffen (CFRP, Carbon Fiber Reinforced Plastic). CFRP findet auf Grund seiner mechanischen und thermischen Eigenschaften häufig Einsatz als Satellitenstruktur. So ist beispielsweise die Aufhängung des Sekundärspiegels beim LISA-Teleskop über eine  $500 \text{ mm}$  lange CFRP-Verbindung mit einem maximalen Ausdehnungskoeffizienten von  $0,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  geplant.

Der thermische Ausdehnungskoeffizient  $\alpha$  ist gegeben durch

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \cdot \Delta T} \quad . \quad [\text{Gleichung 3}]$$

Hierbei ist  $L$  die Länge der Probe und  $\Delta L$  seine durch eine Temperaturänderung  $\Delta T$  hervorgerufene Längenänderung.

Im Experiment wird das Interferometer wie oben beschrieben verwendet, wobei Mess- und Referenzspiegel nun getrennt sind. Ein CFRP-Rohr ist senkrecht in der Mitte gehalten, vgl. Foto der Halterung in Abbildung 11. Eine horizontale Halterung würde eine gravitativ bedingte Verbiegung des Rohres bewirken, bei einer Halterung in der Mitte kompensieren sich die Verlängerung der unteren Rohrhälfte und die Stauchung der oberen Rohrhälfte. Der Referenzstrahl wird an einem unten in das Rohr geklemmten Spiegel reflektiert, der Messstrahl an einem oben im Rohr geklemmten Spiegel. Das Interferometer misst die Weglängenänderungen zwischen Mess- und Referenzspiegel, d.h. die Ausdehnung des Rohres, welches sich innerhalb einer mit Peltier-Elementen geheizten (bzw. gekühlten) radiativen Heizquelle (Kupferrohr) befindet (vgl. Schemazeichnung in Abbildung 12). Um Einflüsse der Spiegelhalterungen zu minimieren, sind diese aus Invar 36 mit einem sehr kleinen thermischen Ausdehnungskoeffizienten gefertigt und so konstruiert, dass der Spiegel auf gleicher Höhe

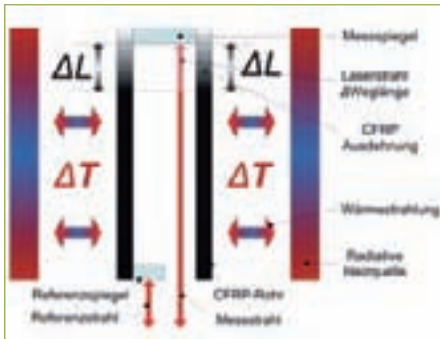


Abb. 12: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES AUFBAUS ZUR MESSUNG DES THERM. AUSDEHNUNGSKOEFFIZIENTEN

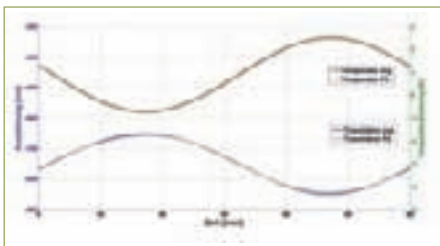


Abb. 13: MESSUNG DER LÄNGENAUSDEHNUNG EINES CFRP-ROHRES (UNTERE KURVE) BEI SINUSFÖRMIG VARIERTER TEMPERATUR (OBERE KURVE)

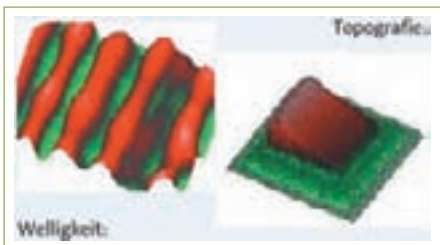


Abb. 14: BEISPIELE FÜR MESSUNGEN DER WELLIGKEIT UND TOPOGRAFIE (QUELLE: PI)



Abb. 15: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINES KOMPAKTEN, QUASI-MONOLITHISCHEN INTERFEROMETER-AUFBAUS

in den Halter geklemmt ist, wie dieser im Rohr. Bei einer thermischen Ausdehnung des Spiegelhalters verändert sich (idealerweise) nicht die Position der reflektierenden Spiegelseite relativ zum CFRP-Rohr. Auf Kleber wurde auf Grund seines hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten verzichtet.

In einer ersten Messung wurde ein vorhandenes 100 mm langes CFRP-Rohr vermessen und die gewonnenen Interferometer-Daten auf verschiedene Arten ausgewertet. Eine Messung, bei der die Temperatur sinusförmig geändert wurde ist in Abbildung 13 gezeigt. Die Periodendauer beträgt 1 h, die Zeitverzögerung zwischen der (geregelt) Temperatur des Kupferrohres und der Temperatur am CFRP etwa 4 min. In Abbildung 13 ist die Temperatur am CFRP gezeigt (obere Kurve) sowie das Translationssignal des Interferometers (untere Kurve). Zusätzlich wurde an die Messkurven ein Sinus mit einer Periodendauer von 1 h angefügt aus denen sich ein Ausdehnungskoeffizient von  $-5,47 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$  ergibt. Verschiedene andere Auswertungsmöglichkeiten wurden ebenfalls untersucht. Die Auswertung der Hysteresekurve und die Frequenzanalyse per spektraler Leistungsdichte ergaben ähnliche Werte für den Koeffizienten aber keinen Gewinn in Genauigkeit [11].

In einem nächsten Schritt werden zum einen die limitierenden Rauscheinflüsse des Interferometers weiter untersucht, zum anderen der Aufbau zur Bestimmung des Wärmeausdehnungskoeffizienten verbessert. Hier ist die Vermessung eines extra angefertigten CFRP-Rohres mit einem theoretischen Null-Ausdehnungskoeffizienten geplant sowie – zur Kalibrierung und Verifizierung unseres Messgerätes – die Vermessung eines Zerodur-Rohres mit einem (bekannten) Ausdehnungskoeffizienten von  $2 \cdot 10^{-8} \text{ K}^{-1}$ .

#### 4.2 OPTISCHES PROFILOMETER

Im Maschinenbau und in vielen photonen Systemen wie beispielsweise La-

sern oder Sensoren gewinnen nicht-rotationssymmetrische sphärische Flächen ebenso wie Freiformflächen zunehmend an Bedeutung. Beim Herstellprozess derartiger Flächen ist eine kontinuierliche Prozesskontrolle zur Qualitätssicherung unerlässlich. Gegenwärtig werden hauptsächlich taktile mechanische Messverfahren zur 3D-Vermessung eingesetzt, die sowohl zeitaufwändig als auch in ihrer Genauigkeit eingeschränkt sind. Neue interferometrische Verfahren zur Vermessung geschliffener Freiformflächen können dabei Abhilfe schaffen und prozessnah erprobt werden.

Die Technologie des oben beschriebenen höchstauflösenden optischen Lasermesssystems eignet sich zu Anwendungen in der berührungslosen Fertigungsmesstechnik. Das Sensorkonzept soll dazu mit einem geeigneten Aktuator zu einem höchstauflösenden Profilometer erweitert werden und innerhalb der Gesamtverifikation in der Machbarkeit untersucht werden. Ziel ist der Aufbau eines schnellen Sensors zur präzisen, optischen, interferometrischen Messung von Oberflächeneigenschaften, wie z.B. der Rauigkeit oder Unebenheit im nm-Bereich. Als Beispiel bisheriger Messungen zeigt Abbildung 14 Topografie und Welligkeit zweier Oberflächen.

Erster Schritt zur Realisierung ist der Aufbau eines Kompaktinterferometers als optischer Sensor für die zukünftige Oberflächenmesstechnik (Profilometer). Grundlage dafür bildet die Entwicklung eines hochpräzisen mechatronischen Aktuationssystems des Messstrahls respektive des Messobjekts zur Rasterung über dessen Oberfläche. Das Projekt ist Teil des ZAFH-Photon<sup>1</sup>.

Der sehr kompakte und quasi-monolithische Aufbau des Interferometers wird aus einer Grundplatte aus einer thermisch stabilen Glaskeramik (z. B. Zerodur) bestehen. Die optischen Komponenten sind aus synthetischem Quarz gefertigt und werden mittels „hydroxide-catalysis bondings“ auf der Grundplatte fixiert [12]. Eine mög-

liche Implementierung eines solch kleinen fasergekoppelten Moduls ist in Abbildung 15 gezeigt. Mit diesem höchstauflösenden optischen Lasermesssystem soll dann in einer weiteren Projektphase Profilometrie betrieben werden. Zur Umsetzung des kompakten optischen Sensorkopfes zur hochauflösenden Oberflächenvermessung siehe auch [13].

#### LITERATUR

- [1] Roland Berger & Partner: Zukunftsinvestitionen in Baden-Württemberg, Zusammengefasste Projektergebnisse, Landesstiftung Baden-Württemberg gGmbH, Mai 2000, S. 41-47
- [2] Nähere Informationen finden sich im Internet unter <http://lisa.esa.int/> und <http://www.lisa.uni-hannover.de/>.
- [3] C. M. Wu, S. T. Lin und J. Fu: „Heterodyne interferometer with two spatial-separated polarization beams for nanometrology“, *Opt. Quantum Electron.*, 34(12):1267-1276, 2002
- [4] C.M. Wu: „Periodic nonlinearity resulting from ghost reflections in heterodyne interferometry“, *Opt. Comm.*, 215(13):17-23, 2003
- [5] E. Morrison, B. J. Meers, D. I. Robertson und H. Ward: „Automatic alignment of optical interferometers“, *Appl. Opt.*, 33(22):5041-5049, 1994
- [6] E. Morrison, B. J. Meers, D. I. Robertson und H. Ward: „Experimental demonstration of an automatic alignment system for optical interferometers“, *Appl. Opt.*, 33(22):5037-5040, 1994
- [7] C. Braxmaier, T. Schuldt: „Hochempfindliches optisches Abstands- und Winkelsensorsystem“, *Forum* 2007/08. Das Forschungsmagazin der Hochschule Konstanz
- [8] T. Schuldt, M. Gohlke, D. Weise, U. Johann, A. Peters, C. Braxmaier: „Compact Laser Interferometer for Translation and Tilt Metrology“, *Int. J. Optomechatronics* 1, 168 (2007)
- [9] T. Schuldt, H.-J. Kraus, D. Weise, C. Braxmaier, A. Peters, U. Johann: „A heterodyne interferometer for high resolution translation and tilt measurement as optical readout for the LISA inertial sensor“, *Proceedings of the 6th International Conference on Space Optics (ICSO 2006)*, ESA SP-621 June 2006
- [10] T. Schuldt, H.-J. Kraus, D. Weise, C. Braxmaier, A. Peters, U. Johann: „A high sensitivity heterodyne interferometer as optical readout for the LISA inertial sensor“, *Proceedings of SPIE, Vol 6293, Interferometry XIII* (August 2006)
- [11] T. Heinrich: „Interferometrische Messung des Thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Kohlenstoff-Verbundwerkstoff für Weltraum-Anwendungen mit Pikometer-Stabilität“, *Master Thesis, HTWG Konstanz*, Dezember 2007
- [12] E. J. Ellife, J. Bogenstahl, A. Deshpande, J. Hough, C. Killow, S. Reid, D. Robertson, S. Rowan, H. Ward und G. Cagnoli: „Hydroxide-catalysis bonding for stable optical systems for space“, *Class. Quantum Grav.*, 22:S257-S267, 2005
- [13] T. Schuldt, M. Gohlke, D. Weise, A. Peters, U. Johann, C. Braxmaier: „A compact high sensitivity heterodyne interferometer for industrial metrology“, *Proceedings of SPIE, Vol 7003, Optical Sensors* (Mai 2008)

# IMPROVEMENT OF DRIED PRODUCTS' QUALITY VIA SURFACE TEMPERATURE CONTROL

Barbara Sturm und Werner Hofacker



PROF. DR. WERNER

HOFACKER hat in Stuttgart Maschinenbau – Schwerpunkt Thermische und

Chemische Verfahrenstechnik studiert. Nach dem Studium war er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Hohenheim (Landwirtschaftliche Hochschule) und hat über Nachernte-technologie für Körnerfrüchte an der Universität Stuttgart promoviert. Er war mehrere Jahre in Westafrika als beratender Ingenieur im Bereich Erneuerbare Energien und Nachhaltige Entwicklung tätig und wechselte danach zur Deutschen Aerospace. Dort leitete er mehrere Projekte auf dem Gebiet der thermodynamischen und fluiddynamischen Simulation komplexer Systeme. 1994 wurde er zum Professor für Thermodynamik an die Hochschule Brandenburg / Havel berufen, deren Rektor er von 1998 bis 2001 war. Seit 2001 vertritt er im Studiengang Verfahrens- und Umwelttechnik der Hochschule Konstanz das Gebiet der Thermischen Verfahrenstechnik. Dort betreut er zur Zeit mehrere Projekte und Doktoranden auf dem Gebiet der Trocknungstechnik und Aufbereitungstechnik von Nahrungsmitteln. Auf diesem Gebiet ist eine große Anzahl an Publikationen entstanden.



DIPLOM.-ING. FH BARBARA

STURM M.ENG. studierte Verfahrens- und Umwelttechnik (Diplom) sowie

Umwelt und Verfahrenstechnik (Master) an der HTWG Konstanz. Seit Oktober 2006 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin in der thermischen Verfahrenstechnik und promoviert in der AG Agrartechnik von Prof. Dr. Oliver Hensel an der Universität Kassel mit dem hier beschriebenen Projekt.

## ABSTRACT

Quality of heat sensitive products like fruits and vegetables depends mainly on the drying conditions. It is vital to insure that those products are not exposed to temperatures exceeding certain critical values as this may lead to the degradation of the product. This necessitates the optimization of the drying process parameters by means of product temperature control.

**KEYWORDS:** convective drying, control strategies, food, energy consumption, product quality, colour

## PROBLEM DEFINITION

Drying is one of the oldest and most important means of preserving agricultural products. In the past little emphasis was put on quality attributes of the product [1]. Recently optimisation of the drying process has become more important due to changed consumer demands on one hand and increasing energy costs on the other.

## LITERATURE OVERVIEW

There is a multitude of properties defining the quality of a product [2]. These are biological components, namely acids, aromas, vitamins etc., as well as the mechanical properties and the product colour to name but a few.

Aim of the drying process is to minimise quality loss during the reduction of the moisture content to a level where no biological spoilage may occur. Depending on the desired characteristics of the product, different strategies have to be employed. To preserve tissue structure e.g. it is necessary to dry at low temperature level, whereas for minimising the shrinkage or the enzymatic browning, drying temperature should be high [3, 4, 5]. Most biological products are heat sensitive.

Therefore it is necessary to make sure that the product doesn't exceed certain critical temperatures during the drying process. For example the ability of wheat kernels to germinate after drying is preserved up to a drying temperature of 70 °C. Exceeding this temperature results in the complete loss of germination ability [6]. [5] showed that up to a certain value (70 °C), there is no significant influence of drying temperature on mechanical properties of apples. Exceeding this value a decrease of shrinkage was observed. They hypothesized that high temperature was responsible for hardening of the product surface, which in most cases should be avoided.

Usually optimising the quality of a product results in increasing costs and energy consumption. Extra costs or even longer drying times and larger devices must be avoided. Therefore it is important not only to improve the quality but also to optimise drying process and drying devices. This requires good understanding of both, changes the product undergoes during drying as well as process- and control engineering. The optimisation of the drying process by improvement of process control has been subject to recent research activities only. Meanwhile it is recognised that process control has a great influence on product quality, energy consumption and drying time. Energy efficiency may also be improved through better design of the drying device. A reduction of drying time may result in downsizing of the usually large physical dimensions of industrial dryers [7, 8]. Colour is an important quality criterion. This is due to the correlation between colour, taste and aroma [9]. Changes of colour and browning of fruits are effects of a multitude of chemical reactions like Maillard reaction [10] and destruction of pigments. Shrinkage of the product during drying depends on the product's structure. In case of fruits and vegetables it is almost linearly related to moisture content [11]. The extend of shrinkage and degree of damage of the internal structure of plant tissue depend

on the drying method applied and on temperature and velocity of the air [12]. Colour and size of a body can be measured nondestructive. When gauged in defined intervals, these two parameters can be used to determine colour changes and degree of shrinkage as functions of time or moisture content. [13] developed a method which allows the use of simple equipment for colour and size determination. They use a scanner based image analysis program which transfers the RGB values into L,a,b values and counts the pixels of the product.

#### STATE OF ART

[14] investigated the effect of stepwise changes of air temperature on drying kinetics and colour of banana pieces. They detected that colour changes in the product and drying time could be significantly reduced when controlling the air temperature stepwise from a high level to the nominal level. This shows that biological products are able to endure higher temperatures in the first phase of the drying process. They also emphasize the necessity of knowing the actual product temperature for a better understanding of process. [15] measured the change of body temperature of cubical (1 cm) apple pieces during drying to investigate the temperature distribution in a cubical body. He spotted that the temperature of the product changes very fast even at the core.

[16] used image analysis of infrared thermography during surface drying of citrus fruits to determine the final drying time. Drying is finished, when a uniform surface temperature is reached. It is important that water on the surface is completely removed whereas the skin of the fruit is not dried. The latter would lead to decay and citrus quality loss such as peel damage, undesirable flavours development etc.

None of the investigations mentioned above consider the real temperature of the product as controlled process variab-

le. [15] concentrate on air temperature as command variable although they confirm that the body temperature is of great importance for product quality. [16.] investigated the local temperature distribution in the product. Although it is clear that quality of dried food mainly depends on drying temperature level and duration of the process.

The current paper presents a new method which takes into account demands on product quality and process control.

#### BACKGROUND

[14] showed that products do not undergo damages when exposed to high temperatures during the first period of drying. The moist body surface reaches the wet bulb temperature within a very short period of time. The wet bulb temperature is always lower than the effective air temperature, but higher than the dew point temperature. It is caused by the evaporation of moisture into the surrounding air and depends on the air's temperature and humidity [17]. At a set air temperature and moisture level during the first phase of drying the product temperature will stay at a constant level. In the second phase it rises until it reaches the air temperature at the end of the drying process.

Measuring and controlling the surface temperature of the product uses this physical effect. Air temperature will rise as long as surface temperature has not reached the set-point. As soon as it is reached, air temperature falls to avoid product surface temperature exceeding the set-point. Fig. 1 shows the different temperature developments during drying of a moist product for both air temperature and surface temperature controlled drying.

When impinging product surface with very high temperature gradients between surface and core of the product can become very high. This usually causes stress within the body and may lead to damage. The-

refore temperature gradients exceeding a certain level have to be avoided. For the systems in question, bodies with a thickness less than 10 mm, this problem is not crucial as the core of the body warms quickly [15].

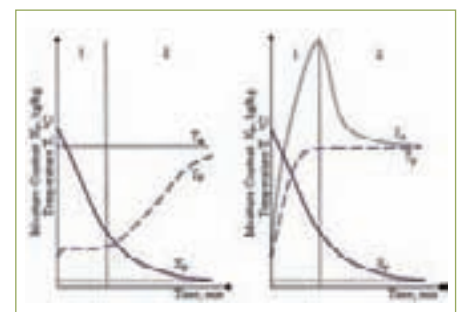


FIG. 1: TEMPERATURE AND MOISTURE DEVELOPMENT DURING AIR TEMPERATURE (A) [18] AND SURFACE TEMPERATURE (B) CONTROLLED DRYING

For purpose of research, product temperature usually is measured by a thermometer placed directly underneath the product surface [6]. For practical use in industrial processing temperature measurement must be carried out contact-free via infrared thermometry.

#### MATERIAL AND METHODS

To achieve the system requirements mentioned above a convective overflow dryer was equipped with automatic process control, infrared thermometer, electric balance, and data acquisition [19].

The dryer comprises an air conditioning unit and the drying chamber (Fig. 2). The humidifier is composed of a water bath, a heater (31 kW), a refrigerating unit (2 kW), spray nozzles and a packed bed. Water temperature can be adjusted between 4 °C and 75 °C.

The air heater includes four heating units (40 kW). Air temperature can be adjusted between 10 °C and 160 °C. Experiments were carried out by using only two units (j, k) which are controlled.

Drying air enters the humidifier underneath the packed bed and passes the bed in counter flow to the water. Afterwards it is led through the heater and then into the drying chamber.

Two PID controllers (JUMO Dicon 501) were used to control the power of the air heater and the water heater. A third PID controller (Carell IR 32) was used to control the refrigerating compressor.

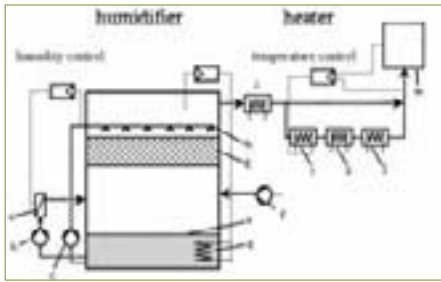


FIG. 2: DRYER ASSEMBLY [A: REFRIGERATING COMPRESSOR; B, C: CIRCULATING PUMPS; D: ELECTRICAL WATER BATH HEATER E: WATER BATH; F: CENTRIFUGAL BLOWER; G: BED OF RASCHIG RINGS; H: SPRAY NOZZLES; I, L: AIR HEATERS (UNCONTROLLED); J, K: AIR HEATERS (CONTROLLED); M: DRYING CHAMBER]



FIG. 3: DRYING CHAMBER

The surface temperature was measured contact-free by a pyrometer (testo 860 T2) which was placed 60 cm from the product surface. Emission coefficient was set on 0,95, which is valid for all sorts of food that are not frozen. The digital electronic balance (Sartorius CP 12001 S) was placed on top of the drying tower to measure the weight of the samples continuously. During drying the samples' weight and all temperatures were automatically transferred to a personal computer and recorded by a LabView

program system.

Mushrooms, carrots and apples were used as experimental materials. Fruits and vegetables were obtained from a local market and stored in the fridge at 4 °C. Granules of clay were used as reference. Before drying, raw material was cut into slices of 3 mm thickness.

Samples were arranged on a steel netted tray which was placed in the middle of the drying chamber. Drying experiments were performed at two temperature levels, 40 °C and 45 °C respectively four when drying carrots (35, 40, 45, 50 °C). Dew point temperature was set on 10 °C for all experiments. During drying experiments the colour of the samples was measured. Colour measurement was carried out with a common scanner (CanonScan 3200F). The RGB-values obtained were transformed in tristimulus XYZ-values using D 65 illumination and a 2° standard observer to keep the values comparable [13].

At the end of the drying experiments, samples were put into an electric oven for 48 hours at a constant temperature of 70 °C for the dry matter's determination.

## RESULTS

It can be seen that drying time is significantly reduced when controlling the product temperature instead of the air temperature. This is valid for all products investigated.

Product temperature reaches the set level only at the end of the drying process (Fig. 4) if air temperature is controlled. If product temperature is controlled, it reaches the desired value rapidly, while air temperature reaches a much higher value (Fig. 6). The maximum value of air temperature depends mainly on type of material and initial moisture content.

Level of air temperature has a significant influence on drying time but the influence of control strategy is far greater. In the first phase of surface controlled dry-

ing process, the energy input is very high compared to classical drying as air has to be heated to a higher temperature level. However if total energy consumption is considered, it still is lower. Colour and shrinkage tests proved, that there is no significant difference between samples that were dried using the two different strategies.

Changes in shrinkage and a value are only slightly higher when surface temperature is controlled. L value and b value are constant for both air and surface controlled drying.

Drying time could be significantly reduced. For mushrooms a reduction to 40-45 % of the compared sample's drying time could be gained. For apples the reduction of drying time was about 20-25 %.

Energy consumption was reduced by 20-30 % by the new strategy when drying mushrooms and by 10 % when drying apples.

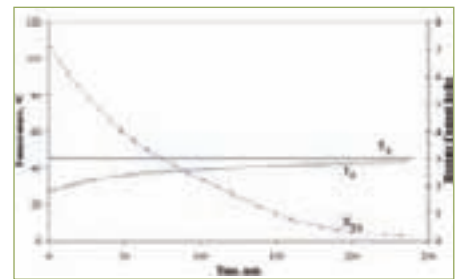


FIG. 4: MOISTURE CONTENT (XPA) OF APPLES AND AIR (TA) AND SURFACE (TS) TEMPERATURES AS FUNCTIONS OF TIME FOR AIR TEMPERATURE CONTROLLED DRYING.

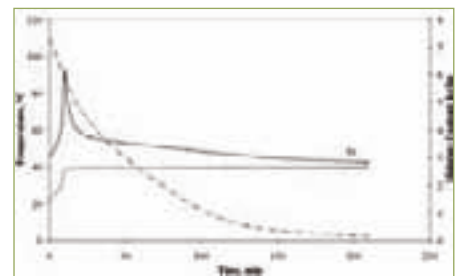


FIG. 5: MOISTURE CONTENT (XPS) OF APPLES AND AIR (TA) AND SURFACE (TS) TEMPERATURES AS FUNCTIONS OF TIME FOR SURFACE TEMPERATURE CONTROLLED DRYING.



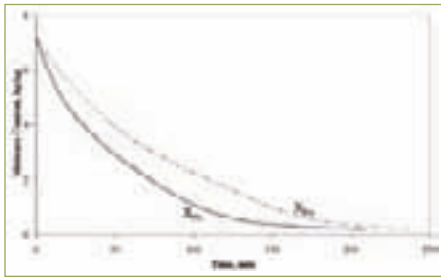


FIG. 6: MOISTURE CONTENT OF APPLES AS A FUNCTION OF TIME

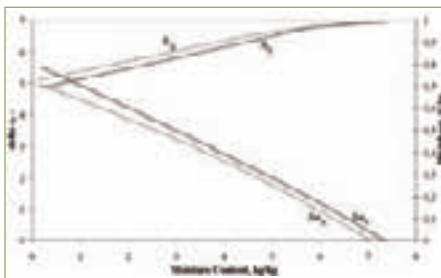


FIG. 7: SHRINKAGE AND CHANGE OF THE A VALUE AS FUNCTIONS OF TIME (SA, ΔAA FOR AIR AND SS, ΔaS FOR SURFACE TEMPERATURE CONTROL)

During the whole drying process product temperature can not exceed the critical value.

### CONCLUSIONS AND OUTLOOK

Two different strategies during convective drying were applied. Their influence on drying kinetics, colour and shrinkage of different food products was investigated.

It was shown, that quality of products dried with surface temperature control is about the same as of the compared samples or is even better.

Drying time and energy consumption could be significantly reduced without risking product damage.

Desired quality aspects may be achieved more easily by setting defined product temperatures during drying. For preserving a maximum of Vitamin C e.g. a lower mean temperature level has to be chosen than for reaching a minimum in shrinkage. Ap-

plying the new control strategy gives the possibility to improve the handling of the product and to develop products which meets the consumers' demands better. Furthermore time, investment and energy costs will be reduced.

Further investigations will be made to determine dependencies of quality criteria on the drying conditions. It will also be investigated, how fast the product may be warmed to the desired value without damaging the tissue. A digital camera will be placed in the drying chamber for continuously measuring colour and size of the product. The influence of preparation methods and pre treatment on the product's quality will be investigated.

### REFERENCES

- [1] Sablani, S. S.: *Drying of Fruits and Vegetables: Retention of Nutritional / Functional Quality*. In: *Drying Technology*, Vol. 24 (2), 2006, p. 123-135
- [2] Rahman, M. S.: *Dried Food Properties: Challenges Ahead*. In: *Drying Technology*, Vol. 23 (4), 2005, p. 695-715
- [3] Kröll, K., Kast, W.: *Trocknungstechnik, Bd. 3, Trocknen und Trockner in der Produktion (Drying Technology, Vol. 1, Drying and Drying Devices in Production.)* Springer Verlag, 1989
- [4] Lewicki P.P., Jakubczyk E.: *Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples*. In: *Journal of Food Engineering*, Vol. 64 (3) 2004, 307-314
- [5] Pott, I., Neidhard, S., Mühlbauer, W., Carle, R.: *Quality improvement of non-sulphited mango slices by drying at high temperatures*. In: *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, Vol. 6 (4), 2005, p. 412-419
- [6] Hofacker, W.: *Trocknungsverhalten und Qualitätsveränderungen von Weizen (Drying Behaviour and Quality Changes of wheat)*. Dissertation Universität Hohenheim, 1986
- [7] Dufour, P.: *Control Engineering in Drying Technology: Review and Trends*. In: *Drying Technology*, Vol. 24 (7), 2006, p. 889-904
- [8] Mujumdar, A.S., Zhonghua, W.: *Thermal*

*Drying Technologies – Cost-Effective Innovation Aided by Mathematical Modeling Approach*. In: *Drying Technology*, Vol. 26 (1), 2008, p. 145-153

[9] Morris, N. J., Lohmann, I. W., O'Connor, R. T., Freeman, A. F. (1953). *Peanut Butter, IV. Determination of color of peanut butter by spectral reflectance method*. In: *Food Technology*, Vol. 7, 1953, p. 393-396

[10] Cornwell, C. J., Wrolstad, R. E.: *Causes of browning in pear juice concentrate during storage*. In: *Journal of Food Science*, Vol. 46 (2), 1981, p. 515-518

[11] Mayor, L., Sereno, A.M.: *Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review*. In: *Journal of Food Engineering*, Vol. 61 (1), 2004, p.373-386

[12] Lewicki, P.P.: *Effect of pre-drying treatment, drying and rehydration on plant tissue properties: A review*. In: *International Journal of Food Properties*, Vol. 1 (1), 1998, p. 1-22

[13] Kilic, K., Onal-Ulusoy, B. Yildirim, M., Boyaci, I. H.: *Scanner-based color measurement in L\*a\*b format with artificial neural networks (ANN)*. In: *European Food Research Technology*, Vol. 226, p.121-126

[14] Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Hawlader, M.N.A., Chou, S.K., Ho, J.C.: *Batch drying of banana pieces – effect on stepwise change in drying air temperature on drying kinetics and product colour*. In: *Food Research International*, Vol. 34 (8), 2001, p. 721-731

[15] Lengyel, A.: *The Change of Body Temperature during Convective Drying of Cube-Shaped Apple Pieces*. In: *Drying Technology*, Vol. 25 (7 & 8), 2007, p. 1275-1280

[16] Fito, P.J., Ortola, M.D., De los Reyes, R., Fito, P., De los Reyes, E.: *Control of citrus surface during drying by image analysis of infrared thermography*. In: *Journal of Food Engineering*, Vol. 61 (3), 2004, p. 287-290

[17] Christen, D.S.: *Praxiswissen der chemische Verfahrenstechnik (Practical Knowledge in Process Engineering)*. Springer Verlag, 2005

[18] Schönherr, R.M.: *Transportprozesse während der Trocknung makroporöser Haufwerke (Transport processes during drying of macroporous aggregate material)*. TU Karl-Marx-Stadt, Dissertation 1989

# STRATEGISCHE FÜHRUNGSSYSTEME UND DIE STEUERUNG VON EXPERTENNETZWERKEN – RELEVANZBASIERTES WISSENSMANAGEMENT ALS ANSATZ MIT ERFOLGREICHER UMSETZUNG

Guido Baltes, Martin Drees und Felix Rademacher



PROF. DR. GUIDO BALTES

Nach dem Studium der Luft- und Raumfahrttechnik (Dipl.-Ing.) und

der Betriebswirtschaftslehre (Dipl.-Kaufm.) Promotion an der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik der Universität der Bundeswehr München.

Nach acht Jahren internationaler Management-Praxis in leitender Funktion der Siemens AG seit 2006 Professor für Strategie, Management und Marketing an der HTWG Konstanz. Leitung des eArchitecture Labs Konstanz.

Arbeitsschwerpunkte: Führungs- und Managementsysteme für dynamische strategische Führung, d.h. strategische Führungsprozesse und -methoden sowie unterstützende Informations- und Kommunikationsplattformen, Steuerung inter- und intra-organisationaler Netzwerkorganisationen.



MARTIN DREES

Absolvent Wirtschaftsingenieur Maschinenbau HTWG Konstanz; Gründer

und geschäftsführender Gesellschafter COLIQUIO GmbH



FELIX RADEMACHER

Absolvent Wirtschaftsingenieur Maschinenbau HTWG Konstanz; Gründer

und geschäftsführender Gesellschafter COLIQUIO GmbH

Unternehmen stehen heute in einem zunehmend global ausgeprägten Wettbewerb. Zudem wird dieser Wettbewerb in vielen Industrien meist über die Fähigkeit zur Innovation entschieden. Das Ergebnis ist, dass von Unternehmen Agilität gefordert ist, die mit „klassischen“ Prinzipien hierarchischer Organisation und Führung nicht gewährleistet werden kann. Unternehmen stehen daher vor der Herausforderung, neue Formen strategischer Führung zu finden. Das vormals dominante Prinzip der Effizienz ist damit für die strategischen Führungssysteme nicht mehr ausreichend. Um in diesen hochdynamischen Wettbewerbsumfeldern, sogenannten „hypercompetitive markets“, einen nachhaltigen Wettbewerbserfolg zu erzielen, ist von Unternehmen vielmehr die Fähigkeit gefordert, den Wandel von Industrie und Markt organisationell nachzuvollziehen, besser zu antizipieren oder gar selber zu treiben. Nur die organisationelle Fähigkeit autonom zu (re-)agieren und organisationell unternehmerisches Handeln auszubilden, ermöglicht es dem Unternehmen, den stetigen Wandel im Zeit- und Innovationswettbewerb weniger als Bedrohung sondern als Chance begreifen und nutzen zu können. Strategische Führung, die zum Ziel hat, solche organisationellen Fähigkeiten auszubilden, reduziert fast zwangsläufig die Bedeutung der „klassischen“ Organisationsgrenzen: Insbesondere in innovationsdominierten Industrien ist zu beobachten, dass Organisationen und Individuen in glo-

balen Netzwerken arbeiten und für diese Netzwerke - z.B. im Sinne von Ecosystemen und Coopetition-Modellen - eigene Regeln virtueller Zusammenarbeit definiert werden. Bei den Individuen, d.h. den Know-how-Spezialisten oder „Experten“ ist weiter zu beobachten, dass diese mitunter weniger innerhalb der Grenzen einer klassischen Organisation, insbesondere der „eigenen“, produktiv werden, sondern vielmehr innerhalb von Experten-Communities. Die „Grenzen“ dieser virtuellen Organisationen sind dabei kaum physisch sondern eher wissensorientiert definiert, z.B. durch eine definierte Wissens-Domäne.

Daraus lassen sich Szenarien für eine zukünftig zunehmende Bedeutung virtueller Organisationen ableiten (s. Abb. 1). Diese Szenarien zeigen insbesondere die zunehmende Bedeutung professioneller Communities als virtuelle Aggregation von Spezialisten-Know-how. Heute zeigt die Open-Source-Softwareentwicklung eine konkrete Ausprägung solcher Experten-Netze. Die Konkurrenzfähigkeit der in solchen Netzen entwickelten Produkte, z.B. der Markterfolg des Internetbrowsers „Firefox“, zeigt exemplarisch die innovationsorientierten Wettbewerbsvorteile, die durch Wertschöpfung in geführten Experten-Netzen erzielt werden können, also Wettbewerbsvorteile durch gesteuerte Wertschöpfung auf der Basis von Experten-Wissen und -Know-how - letztlich „Wissensarbeit“.

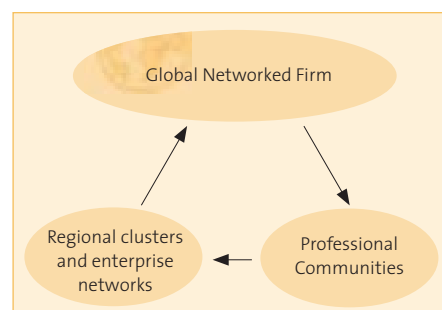


ABB. 1: SZENARIEN VIRTUELLER ORGANISATION NACH KATZY, LOEH & ZHANG (2004)

Es zeigt sich damit, dass zumindest im innovationsorientierten Wettbewerb die geeignete Organisation und Führung von Wissensarbeit strategische Bedeutung hat. Es ist daher eine wesentliche Herausforderung für die strategischen Führungssysteme von morgen, auf das virtuell organisierte Know-how und Wissen von Experten zurückgreifen, den Austausch mit und zwischen den Experten unterstützen und damit letztlich die Wissensarbeit von Experten „führen“, d.h. aktivieren, motivieren

und inhaltlich lenken zu können. Das Ziel dieser strategischen Führung von virtuellen Expertennetzen muss die Stärkung der Innovationskraft des Unternehmens durch zumindest die Nutzbarmachung des Experten-Wissens und besser innovationsorientierte Wertschöpfung im Sinne virtuell geführter Wissensarbeit sein.

Der vorliegende Artikel greift diese Forderungen auf, führt dazu kurz in konzeptionelle Grundlagen und Rahmenbedingungen ein und entwickelt darauf aufbauend eine Konzeption für relevanzbasiertes Wissensmanagement in Expertennetzwerken, die ganz wesentlich dem Paradigma des gleichberechtigten Austauschs zwischen den Akteuren folgt. Weiter werden Erkenntnisse und Erfahrung bezüglich Anwendbarkeit dieser Konzeption aufgezeigt. Basis dafür ist ein Feldtest durch konkrete Implementierung eines entsprechenden Experten-Netzwerkes im Konstanzer Labor für Führungssysteme (eArchitecture Lab).

**RELEVANZBASIERTES WISSENS-MANAGEMENT ALS ASPEKT STRATEGISCHER FÜHRUNGSSYSTEME - KONZEPTIONELLE GRUNDLAGEN UND MODELLE FÜR GEFÜHRTE WISSENSBILDUNG IN NETZWERKEN**

Konzeptionelle Basis für diese Arbeiten sind die „Dynamischen Fähigkeiten“, die auf dem Resource Based View basieren, der Unternehmen als eine Ansammlung, einen Pool von Ressourcen begreift und diesen nach innen gerichteten Fokus um eine geeignete Marktperspektive erweitert. Dynamische Fähigkeiten folgen dem konzeptionellen Verständnis des Resource Based View, indem sie den Prozess der (dynamischen) Rekonfiguration dieser Ressourcen betrachten. Sie werden definiert als die Fähigkeit, interne und externe Ressourcen zu integrieren, aufzubauen und neu zu konfigurieren. Aus dieser Neukonfiguration von - möglicherweise bestehen-

den - Ressourcen entstehen somit neue funktionale Kompetenzen, die es ermöglichen, dynamische Änderungen im Wettbewerbsumfeld zu antizipieren und die neu entstehenden Möglichkeiten zu nutzen. In diesem Rahmen widmet sich das Forschungsprogramm der Anwenderforschungsgruppe CoPS (Community of Practice for Strategic Management Architectures) an der HTWG Konstanz der (Weiter-)Entwicklung von Konzepten und Prozessen sowie unterstützender Systeme für dynamische strategische Führung.

Aus dieser Forschungsarbeit zu strategischen Führungssystemen ist erkennbar, dass eine fast technische Notwendigkeit für veränderte strategische Führungssysteme schon aus der Veränderung im Informationsfluss entsteht. Dynamik im Wettbewerbsumfeld bedeutet letztlich hohe Veränderungsrate oder häufige „Ereignisse“. Dies erzeugt Informationsflut, d.h. höhere Informationsdichte und -geschwindigkeit, der die nachfolgenden Entscheidungsabläufe gerecht werden müssen. Eine Anforderung an strategische Führungssysteme ist also die Verbesserung der Entscheidungsfähigkeit, die technisch durch Informationsverarbeitung, insbesondere relevanzbasierte Filterung, gelöst werden muss.

Für strategische Führungssysteme, die die Innovationskraft von Unternehmen durch Führung von Expertennetzen stärken sollen, besteht weiter die Anforderung

Experten-Wissen in Netzwerken führbar und nutzbar zu machen. Die Ressource „Wissen“ rückt damit unmittelbar in den Mittelpunkt. Im dargestellten konzeptionellen Rahmen können Gesichtspunkte der Generierung und des Austauschs von Wissen als Stärkung der strategischen Ressourcen-Basis verstanden werden.

Dabei wird im Hinblick auf Wissen als strategische Ressource einer Organisation zwischen explizitem (explicit knowledge) und implizitem (tacit knowledge) Wissen unterschieden. Der Begriff des impliziten Wissens bezieht sich auf Wissen, das aus Erfahrungen und Anwendungen gewonnen wird. Im Gegensatz zu explizitem Wissen treten beim Erfassen von implizitem Wissen keine Verständnis-, sondern vielmehr Formalisierungsprobleme auf. Explizites Wissen wird wissenschaftlich abgeleitet und kann formalisiert, codiert und kommuniziert werden.

Für das strategische Management der Ressource „Wissen“ werden meist Prozesse der Wissensbildung, des Speicherns und Abrufens von Wissen, des Transfers von Wissen und der Anwendung von Wissen betrachtet. Im Kontext von Organisationen wird in dem Zusammenhang intensiv diskutiert, wie nicht nur das explizite Wissen sondern auch das nur in den Köpfen von Individuen existierende, implizite Wissen nutzbar gemacht werden kann. In dem Zusammenhang werden verschiedene Modi der Wissensbildung unterschieden:

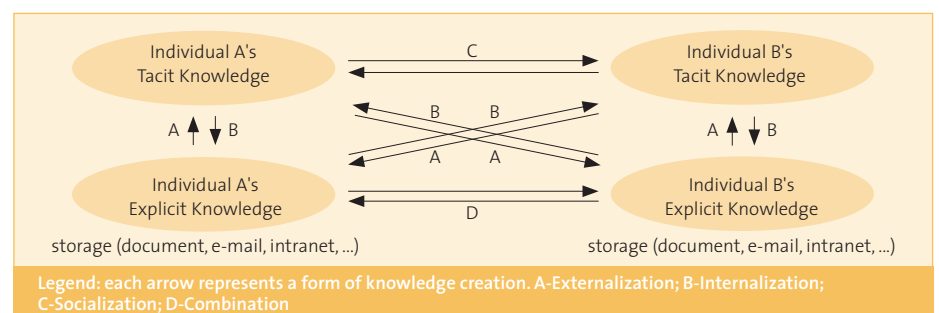


ABB. 2: KNOWLEDGE CREATION MODES (VGL. NONAKA UND KONNO (1998))

Von besonderer Bedeutung sind hier die Externalisierungs-(A)- und Internalisierungs-(B)-Prozesse. Externalisierung beschreibt die Umwandlung von implizitem zu explizitem Wissen und analog beschreibt Internalisierung oder Verinnerlichung den Prozess der Entstehung von neuem implizitem Wissen durch explizites Wissen. Sogenannte B/A-Räume, Räume, Systeme und Prozesse also, die B- und A-Prozesse der wechselseitigen und gemeinsamen Externalisierung und Verinnerlichung unterstützen, werden als wesentliches Grundelement für die Förderung von Wissensbildung angesehen.

Es ist in diesem Zusammenhang wichtig festzuhalten, dass es sich im Gegensatz zu Daten und Informationen bei „Wissen“ um „personalisierte“ Informationen handelt. Wissen kann in dem Sinne nicht außerhalb einer Person bestehen und wird maßgeblich von den Bedürfnissen und dem Wissensstand eines Individuums geprägt.

Für die strategische Führung von Experten-Netzen ist also erforderlich, im Sinne der vorgenannten B/A-Räume, Infrastrukturen bereitzustellen, die den wechselseitigen Austausch von Wissen zwischen Experten unterstützt. Dabei müssen diese Infrastrukturen befähigt sein, den Austausch personalisierter Information zu leisten, idealerweise Interaktion zu ermöglichen. Bestehendes explizites Wissen sollte als Träger oder auch Kanal für implizites Wissen dienen, beispielsweise dadurch, dass recherchierte wissenschaftliche Artikel durch Experten im Netzwerk kategorisiert, im Kontext des individuellen impliziten Wissens beschrieben und weiterempfohlen werden. Dabei sollte Interaktion so erfolgen, dass das explizit gemachte Wissen barrierefrei zugänglich und abrufbar, d.h. gespeichert wird. Die Barrierefreiheit ist in dem Kontext nicht nur für die Zugänglichkeit, sondern auch für die Bereitschaft Wissen zu teilen, zu beachten. Hier haben sich insbesondere in sogenannten „virtuellen so-

zialen Gemeinschaften“ Netzwerke auf der Basis von Peer-to-Peer-Ansätzen bewährt.

Als Peer-to-Peer-Netzwerke versteht man Gemeinschaften Gleichberechtigter (Peers), die sich gegenseitig Ressourcen in dezentraler Art und Weise, d.h. ohne Koordinator, zur Verfügung stellen. Insbesondere atomistische Peer-to-Peer-Netze sind dadurch gekennzeichnet, dass Nutzer als Anbieter und Nachfrager von Ressourcen agieren. Peers entscheiden autonom, welche dieser Rollen sie einnehmen und in welchem Umfang sie ihre Ressourcen zur Verfügung stellen. Der Aufbau der Ressourcennutzung und Kommunikation zwischen den Nutzern ist keiner zentralen Kontrollinstanz unterworfen. Peer-to-Peer-Netzwerke sind für die Ad-hoc-Vernetzung von Peers konzipiert, da sie intermittierende Konnektivität tolerieren, d.h. Peers müssen nicht dauerhaft mit dem Netzwerk verbunden sein.

Im Kontext von wissensbasierter Kollaboration bieten damit Peer-to-Peer-Netze insbesondere den Vorteil, dass implizites Wissen – d.h. Wissen, welches noch nicht oder nur unvollständig formalisiert wurde und/oder in den Anfängen seiner Entwicklung steht – ad hoc kommuniziert und in schnellen Feedbackzyklen, d.h. durch Feedback der Peers weiterentwickelt werden kann. Qualität wird damit durch „peer review“ gewährleistet („Linus' Law“) und kann zusätzlich durch Elemente einer Zugangskontrolle gesichert werden, die die Qualifikation bzw. Homogenität der Expertengruppe gewährleistet. Peer-to-Peer-Netzwerke überwinden damit insbesondere die Problematik der Latenz der Wissensbildung in hierarchischen Strukturen und eignen sich daher insbesondere für dynamische Arbeitsbereiche – mithin für die geforderte innovationsorientierte Wissensarbeit.

#### IMPLEMENTIERUNG EINES GEFÜHRTEN EXPERTEN-NETZWERKS IM eARCHITECTURE LAB – RAHMENBEDINGUNGEN UND AUSWAHL DER ZIELGRUPPE FÜR DIE UMSETZUNG

Der oben ausgeführten Konzeption folgend werden im eArchitecture Lab Konstanz Konzepte und Technologien wissensbasierter Kollaboration entwickelt. Entsprechend dem an der Action Research orientierten Living-Lab-Ansatz wurden bisher prototypisch entwickelte Ansätze mit Hilfe eines konkreten Systems implementiert, das für eine ausgesuchte Zielgruppe ein geführtes Experten-Netzwerk auf Basis von Peer-to-Peer-Ansätzen bereitstellt. Die Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Analyse der implementierten Lösung werden in einem weiteren Lernzyklus genutzt, um eine nächste Stufe von weiteren Konzepten und Technologien für strategische Führungssysteme zu entwickeln.

Im Labormaßstab, d.h. mit wenigen Nutzern, ist eine solche Netzwerk-Lösung nur begrenzt, allenfalls unter technologischen Aspekten und Kriterien der Usability zu evaluieren. Ein weitergehender, valider Test der implementierten Routinen und Prozesse ist jedoch nur im Feld mit einer ausreichenden Anzahl an Nutzern möglich. Daher stand zu Beginn des Projektes die Auswahl einer geeigneten Zielgruppe im Sinne von Experten im Mittelpunkt. Um den Feldtest nachhaltig ausführen zu können, musste diese Zielgruppe zumindest das Potential einer erfolgreichen Kommerzialisierung bieten, d.h. über die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Lösung nachhaltige Beobachtbarkeit des Verlaufs gewährleisten.

Daher wurden Kriterien für die Eignung von Expertengruppen definiert und verschiedene Branchenstrukturen auf diese Kriterien hin untersucht. Aus der zuvor erfolgten Labor-Evaluation und Fallstudien relevanter Anwendungsbeispiele wurden grundlegende Schlüsselcharakteristika

identifiziert, die eine Gruppe und ihr individuelles Branchenumfeld erfüllen sollten. Als Schlüsselkriterien in dem Sinne wurden definiert:

- Wissensintensität, d.h. Abhängigkeit der Arbeitsergebnisse (in der Branche) von Wissen im Sinne von Verfügbarkeit und Aktualität
- Homogenität, d.h. Vergleichbarkeit der Arbeitsbedingungen und Arbeitsergebnisse
- Lösungslücke, d.h. ein weitgehend etabliertes und akzeptiertes Netzwerk-Medium existiert nicht
- Prüfbarkeit des Status, d.h. Möglichkeit durch Zugangskontrolle fachliche Homogenität bei den Netzwerkmitgliedern herzustellen
- Ökonomischer Bedarf, d.h. ein auf individueller Basis bestehender Bedarf, durch individuelle Wissensbildung Effizienz- oder Effektivitätssteigerung zu erfahren

Regional auf Deutschland begrenzt wurden verschiedene Vergleichsanalysen durchgeführt. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Expertengruppe „Arzt“ in der Branche des Gesundheitswesens besonders geeignet sein könnte. Ausschlaggebend hierfür waren die hohen Anforderungen an das spezifische Fachwissen bezüglich Aktualität, Qualität und Zugänglichkeit und die bestehende Dynamik im Markt. Die Gruppe der Ärzte kann als institutionenübergreifende, d.h. organisationsübergreifende Expertengruppe identifiziert werden. Wissensbasierte Kollaboration in dieser Expertengruppe kann daher ein Instrument für eine kontinuierliche Qualitätsverbesserung in der Leistungserbringung bereitstellen. Für das Lösungsdesign der zu entwickelnden Plattform wurde die ausgewählte Expertengruppe der deutschen Ärzte weiter vor dem Hintergrund des Gesamtsystems des deutschen Gesundheitswesens untersucht. Dazu wurden die Branchenstruktur bezüglich der Stakeholder und deren informationsbezogene Abhängigkeit von-

einander analysiert. Zielstellung war, eine tragfähige Mehrwertkonzeption für die Expertengruppe und die ökonomisch motivierten, d.h. zahlungsbereiten, Stakeholder zu entwickeln. Dieses Ziel folgt aus der Notwendigkeit, die zu entwickelnde Lösung in das wirtschaftliche Gefüge des Marktes einzubetten, um die wirtschaftliche Existenz der Lösung und damit Bestandssicherheit und Beobachtbarkeit abzusichern.

**FELDTTEST DER IMPLEMENTIERTEN NETZWERK-PLATTFORM IN DER EXPERTENGRUPPE „ÄRZTE“ - STUDENTISCHE UNTERNEHMENSGRÜNDUNG COLIQUIO GMBH ALS „LEBENDES LABOR“**

Natürlich unterliegt der gewählte Bereich des medizinischen Informationsaustausches zahlreichen, sehr einzigartigen Restriktionen: Durch die ärztliche Schweigepflicht und die drohenden juristischen oder reputativen Konsequenzen bei Diskussion kritischer Behandlungsthemen

kommen auf ein Medium in diesem Fachbereich besonders hohe Anforderungen an Datensicherheit, Integrität und Vertrauenswürdigkeit zu. Gleichzeitig entstehen signifikante Risiken z.B. im Sinne von Haftungsfragen. Daher musste für die Implementierung der zu entwickelnden Plattform nicht nur eine technisch-inhaltliche sondern auch eine geeignete organisatorische Lösung gefunden werden.

Dies wurde in besonderer Weise von zwei Studenten des Studiengangs Wirtschaftsingenieurwesen an der HTWG Konstanz, Martin Drees und Felix Rademacher, im Rahmen Ihrer Abschlussarbeit im Sinne technologie-basierter Innovation als Umsetzung wissenschaftlicher Ergebnisse in die Anwendung unterstützt. Von den Studenten wurde für das entwickelte Konzept ein geeigneter organisatorischer Rahmen geschaffen, die für die Entwicklung und das initiale Marketing notwendige Finanzierung organisiert und letztlich ein eigenes „lebendes Labor“, die coliquio GmbH (COLIQUIO), gegründet. Es ist dabei beson-

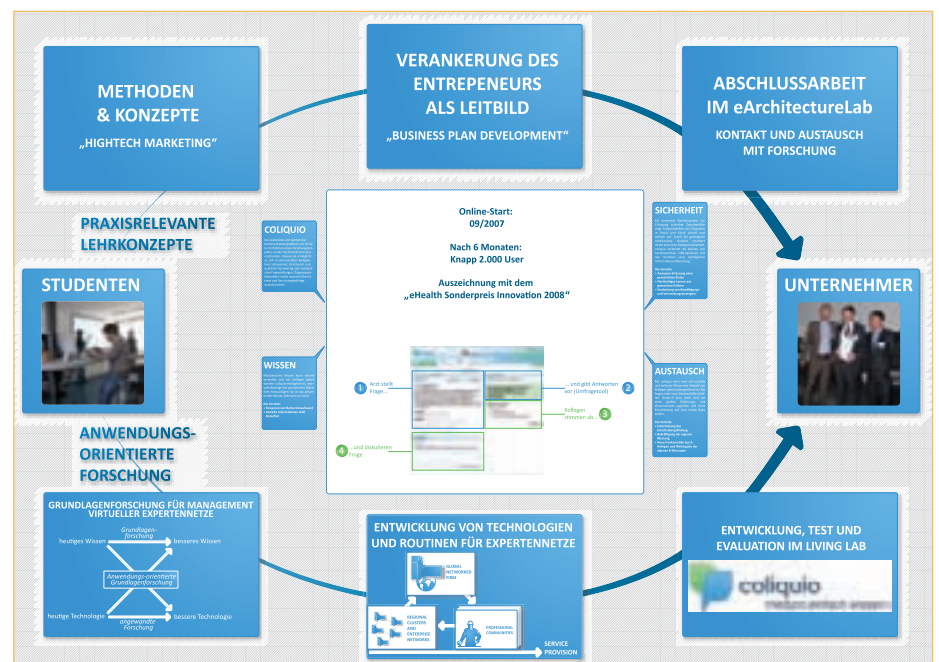


ABB. 3: STUDENTEN ALS UNTERNEHMER – COLIQUIO GMBH ALS „LIVING LAB“

ders hervorzuheben, dass die Studenten hierbei nicht nur die im Studium erlernten marktstrategischen Konzepte methodisch umgesetzt, sondern auch unternehmerisch aktiv geworden sind und heute als geschäftsführende Gesellschafter die coliquio GmbH führen (Abb. 3).

Technisch stellt COLIQUIO eine internetbasierte Anwendung bereit. Diese wird von Ärzten als geschlossenes und auf diese Expertengruppe beschränktes Forum zum relevanzbasierten, fachlichen Austausch genutzt. Gleichzeitig stellt die Plattform

Institutionen, wie z.B. Krankenhäusern, eine Qualitätsmanagementanwendung im Sinne eines Critical Incident Reporting Systems (CIRS) zur Verfügung.

Die in diesem Austauschprozess entweder im Sinne des Forums oder innerhalb einer Institution entstehenden Erkenntnisse, Erfahrungen, Diskussionen und Einschätzungen sind für alle Nutzer der Plattform einsehbar, kommentierbar und bewertbar. Jedem Nutzer wird dabei zunächst eine auf sein fachliches Profil und Interesse bezogene, relevante Auswahl aktueller Beiträge

angeboten. Somit werden die im Netzwerk entstehenden Erfahrungs- und Meinungsbilder nicht nur allen Beteiligten in der relevanten Expertengruppe zur Verfügung gestellt sondern diesen auch nach dem Prinzip größtmöglicher Einfachheit und geringsten Aufwand zur Verfügung gestellt.

COLIQUIO umfasst mehrere Module, die den multidirektionalen Wissens- und Erfahrungsaustausch auf unterschiedliche Art und Weise ermöglichen. Die Nutzung der Module wird den Anwendern durch die neutrale Position von COLIQUIO in Bezug auf die Stakeholder des Gesundheitswesens, die Betonung nutzerfreundlicher Technologien und die jedem Nutzer garantierte Anonymität unterstützt. Der vollständige Funktionsumfang ist auch im Rahmen geschlossener Benutzergruppen verfügbar. So können auch institutionelle, wissensorientierte Führungsprozesse abgebildet werden.

Im Kern stellt COLIQUIO eine Plattform für direkte persönliche, aber anonyme Interaktion in Form der Diskussion konkreter Fragestellungen zur Verfügung. Der Inhalt einer Fragestellung wird mittels Kurzbeschreibung, ausführlicher Problemstellung, vorgegebenen Antwortmöglichkeiten für eine Kurzumfrage sowie mittels Schlüsselwörtern und betreffenden Fachgebieten erfasst und in die Plattform eingestellt. Dort werden diese Beiträge kommentiert, in den Kurzumfragen wird ein quantifiziertes Meinungsbild erfasst und der Sachverhalt wird weiterführend diskutiert und weiterempfohlen.

Neben dem relevanzbasierten Diskurs ermöglicht COLIQUIO die Einbringung fachlicher Informationen, die nicht durch die direkte Interaktion auf der Plattform entstehen. Dabei handelt es sich konkret um die Möglichkeit, bereits in der Fachliteratur und Fachdatenbanken hinterlegtes Wissen in den Diskussions- und Lösungsfindungsprozess einzubinden. So kann z.B.



Abb. 4: MODULE UND RAHMENBEDINGUNGEN DER COLIQUIO PLATTFORM



Abb. 5: COLIQUIO ALS WERKZEUG ZUR RELEVANZBASIERTE WISSENSBILDUNG

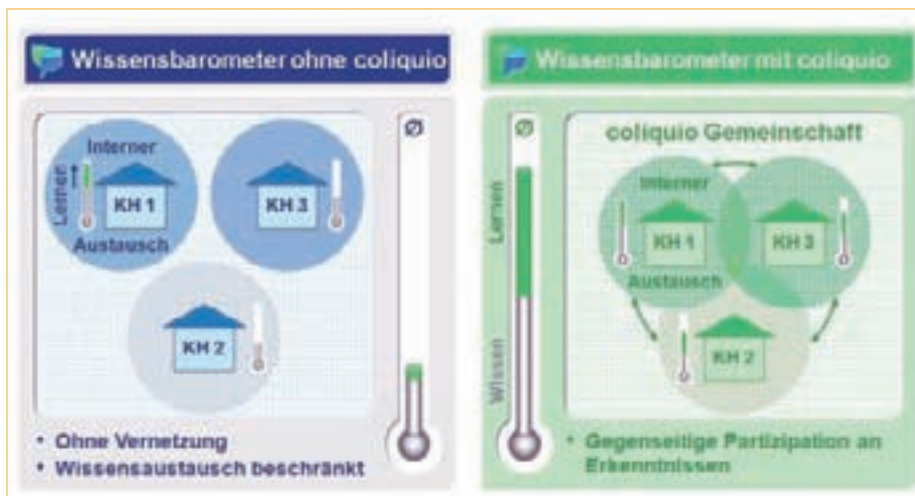


ABB. 6: INSTITUTIONEN-ÜBERGREIFENDE WISSENSBILDUNG IN COLIQUIO

Hintergrundwissen aus Fachliteraturdatenbanken (z.B. Pubmed) oder aus Fachdatenbanken industrieller Anbieter mit aktuell diskutierten Themen in Bezug gesetzt werden oder als Ausgangspunkt für neue Diskussionen dienen.

Die Nutzer der Plattform profitieren davon, dass alle Beiträge in der Plattform zusammengeführt werden, womit eine effiziente, institutionsübergreifende Wissensbildung erfolgt. Zudem werden Beiträge relevanzbasiert einander zugeordnet, so dass ein Nutzer nur den jeweils individuell relevanten Teil in fachlich sinnvoller Zuordnung präsentiert bekommt. Dieses Prinzip relevanzbasierten Wissensmanagements ist also wesentliches Kernmerkmal der Plattform, um einfache Wissensbildung mit geringstem Zeitaufwand zu ermöglichen.

**STAND DER IMPLEMENTIERUNG, ERSTE GEWONNENE ERFAHRUNGEN UND ERKENNTNISSE - AUSBLICK AUF WEITERE FORSCHUNGSARBEIT**

Der Feldtest im Sinne des Online-Starts der COLIQUIO-Plattform konnte im September 2007 erreicht werden. Nach 6 Monaten im Betrieb verzeichnet die Internet-Plattform

www.coliquio.de eine stetige Wachstumsrate mit einer aktuellen Nutzerzahl von deutlich über 2.000 Ärzten. Im gleichen Zeitraum sind etwa 1.200 Beiträge von Nutzern erstellt worden und diese wurden durch etwa 3.500 Kommentare und etwa 12.000 Abstimmungen ergänzt. Somit wurde das erste Ziel erreicht: Die Plattform hat eine Verbreitung erreicht, die eine valide Analyse der implementierten Konzeption ermöglicht.

Dazu wird die Nutzung der Plattform parallel zum operativen Betrieb im Sinne von Begleitforschung durch die Forschungsgruppe CoPS analysiert. Obwohl hier aufgrund der bisher kurzen Laufzeit nur einzelne Ergebnisse – z.B. aus Nutzerbefragungen und Analysen des Nutzerverhaltens – vorliegen, kann ganz grundsätzlich schon festgehalten werden, dass der konzeptionelle Ansatz und die zielgruppenspezifische Umsetzung positiv bestätigt wurden: COLIQUIO erhielt im Frühjahr 2008 den „Sonderpreis Innovation eHealth 2008“ aus den Händen von Staatsminister Eberhard Sinner, Leiter der bayrischen Staatskanzlei im Rahmen des eHealth Symposiums 2008. Bemerkenswert an dieser Auszeichnung ist insbesondere, dass COLIQUIO der einzige Preisträgerkandidat war, der nicht auf

branchenspezifischem Know-how basiert. Die entwickelte Konzeption für relevanzbasiertes Wissensmanagement scheint somit dahingehend bestätigt zu werden, dass nicht Spezifika einer Branchen- oder Wissensdomäne sondern vielmehr der branchenunabhängig entwickelte Ansatz zum Management von Expertennetzwerken zu Akzeptanz und Funktion beiträgt. Die implementierten Prozesse und Methoden scheinen dafür bestimmend zu sein. Damit zeigt die entwickelte Lösung die allgemeine Anwendbarkeit und das Potential für die Übertragung auf andere Wissensdomänen. Nicht zuletzt aufgrund dieses Innovationspotentials wurde die mit COLIQUIO verbundene Abschlussarbeit der Studenten Drees/Rademacher mit dem Tebo-Lista Innovationspreis 2008 ausgezeichnet.

Weiterhin scheint für die Akzeptanz nach den ersten Analysen die Verknüpfung von Wissensbildung mit konkreten Geschäftsprozessen zur Effizienz-/Effektivitätssteigerung wesentlich zu sein. Der hier bei COLIQUIO gewählte Ansatz, Funktionen eines CIRS Systems zu integrieren, ist in dem Sinne als branchenspezifische Lösung zu bewerten, die sich nicht auf andere Wissensdomänen übertragen lassen wird. Vielmehr sind bei der Übertragung in andere Bereiche, z.B. in Bereiche der betrieblichen Führung, Geschäftsprozesse zu identifizieren, die sich für eine solche Verknüpfung eignen.

Ein weiteres Ergebnis insbesondere der Nutzerinterviews ist, dass die Qualität der Schnittstelle, d.h. der Benutzeroberfläche, von wesentlicher Bedeutung ist. Dies bestätigt die Ausgangshypothese der Barrierefreiheit, die in der Entwicklungsphase von COLIQUIO zu einer starken Betonung von Usability Aspekten geführt hat. Diese Ansätze werden derzeit technologisch weiterentwickelt. U.a. soll die Integration von Spracherkennungssystemen der Erkenntnis Rechnung tragen, dass in der gewähl-

ten Zielgruppe als Schnittstelle weniger die Tastatur eines Computers als das Diktiergerät akzeptiert ist.

Aufgrund der bisherigen Ergebnisse kann festgehalten werden, dass für den eingangs geforderten Aspekt der Steuerung von Wissensarbeit in strategischen Führungssystemen ein vielversprechender und möglicherweise geeigneter Ansatz gefunden wurde. In einem nächsten Schritt wird nun diese Lösung zusammen mit den bisher in der begleitenden Analyse gefundenen Ergebnissen genutzt, um weitergehende Entwicklungen zu betreiben. Konkret wurde durch die Forschungsgruppe CoPS ein Nachfolgeprojekt initiiert, das die hier gezeigten Prinzipien relevanzbasierter Wissensmanagements um Methoden und Prozesse der virtuellen Kollaboration erweitert. Das Projekt ist dabei auf Anwendungsszenarien im Bereich des strategischen Managements fokussiert und wird dadurch weitere Erkenntnisse für die Umsetzung strategischer Führungssysteme liefern können. Der Erkenntnis folgend, dass die Nutzerschnittstelle eine hervorgehobene Bedeutung hat, wird dieses Projekt in einem interdisziplinären Ansatz durch wissenschaftliche Kompetenz und Ressourcen der Fakultät für Architektur und Gestaltung (Kommunikationsdesign) an der HTWG Konstanz unterstützt.

## BIBLIOGRAPHIE

- Appleyard, M.M. (1996). How does knowledge flow? Interfirm patterns in the semiconductor industry. *Strategic Management Journal*, 17, 137–154
- Argote, L., Ingram, P., Levine, J.M. and Moreland, R.L. (2000). Knowledge transfer in organizations: Learning from the experience of others. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82(1), 1–8
- Argyres, N.S. (1999). The impact of information technology on coordination. *Organization Science*, Vol. 10 No. 2, S. 162–180
- Bali, R.K., Feng, D.D., Burstein, F. and Dwivedi, A.N. (2005). Guest editorial– Introduction to the special issue on advances in clinical and health-care knowledge management. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 9(2), 157–161
- Baltes, G. (2000). Synergiemanagement in vernetzten Organisationen, Neubiberg, Univ. der Bundeswehr München, Hochschulschrift
- Baltes, G. (2007). Management Architectures for a dynamic world – Dynamische Fähigkeiten und die strategischen Führungssysteme der Zukunft, HTWG Forum (1/2007), S. 72–77
- Barney, J. (1996). The Resource-based Theory of the Firm. *Organization Science*, 7(5)
- Barney, J., Wright, M., Ketchen Jr., D.J. (2001). The resource-based view of the firm: ten years after 1991. *Journal of Management*, 27, S. 625–641
- Bassi, L. and McMurrer, D. (2005). Developing the measurement systems for managing in the knowledge era. *Organizational Dynamics*, 34(2), 185–196
- Baumard, P. and Starbuck, W.H. (2005). Learning from failures: Why it may not happen. *Long Range Planning*, 38(3), 281–298
- Becker, M.C. (2001). Managing dispersed knowledge: Organizational problems, managerial strategies, and their effectiveness. *Journal of Management Studies*, 38(7), 1037–1051
- Bergquist, M., Ljungberg, J. and Lundh-Snis, U. (2001). Practising peer review in organizations: A qualifier for knowledge dissemination and legitimization. *Journal of Information Technology*, 16(2), 99–112
- Beyer, G., Boessenkool, J., Johansson, A., Nielsson, P.I., van Oene, F. (2005). How Top Innovators Get Innovation Right: Results from Arthur D. Little's Third Innovation Excellence Survey, in Prism, No. 1 S. 81–95
- Brown, J.S. and Duguid, P. (1991). Organizational learning and communities-of-practice: Toward a unified view of working, learning, and innovating
- Chae, B., Paradise, D., Koch, H. and Huy, V.V. (2005). Exploring knowledge management using network theories: Questions, paradoxes and prospects. *Journal of Computer Information Systems*, 45(4), 62–74
- Chesbrough, H.W. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston MA: Harvard Business School Publishing
- Chiesa, V., Barbeschi, M. (1994). *Technology Strategy in Competition-based Competition*: in: Hamel G., Heene A.: *Competence Based Competition*, London, John Wiley and Sons Inc., S. 293–314
- Chou, S.-W. and Tsai, Y.-H. (2004). Knowledge creation: Individual and organizational perspectives. *Journal of Information Science*, 30(3), 205–214
- Daft, R.L. and Weick, K.E. (1984). Toward a model of organizations as interpretation systems. *Academy of Management Review*, 9(2), 284–295
- Damodaran, L. and Olphert, W. (2000). Barriers and facilitators to the use of knowledge management systems. *Behaviour and Information Technology*, 19(6), 405–413
- Davenport, E. (2002). Mundane knowledge management and microlevel organizational learning: An ethological approach. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 53(12), 1038–1046
- De Lusignan, S., Pritchard, K. and Chan, T. (2002). A knowledge-management model for clinical practice. *Journal of Postgraduate Medicine*, 48(4), 297–303
- Dissel, M.C., Katzy, B.R. (2004). Managing complex product innovations in dynamic environments; a case from the telecommunications equipment manufacturing industry, Paper presented at IAMOT 2004 - Washington, D.C., Hyatt Regency, Washington, DC, USA
- Dibrell, C.C., Miller, T.R. (2002). Organization design: the continuing influence of information technology. *Management Decision*, Vol. 40 No. 6, S. 620–627
- Drucker, P. (1999). Knowledge-worker productivity: The biggest challenge. *California Management Review*, 41(2), 79–94



- Dyer, W.G. and Wilkins, A.L. (1991). Better Stories, Not Better Constructs, to Generate Better Theory: A Rejoinder to Eisenhardt. *Academy of Management Review*, 16(3): 613-619
- Eisenhardt, K.M. (1989). Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review*, 14(4), S. 532-550
- Eisenhardt, K.M. and Martin, J.A. (2000). Dynamic Capabilities: What are they? *Strategic Management Journal*, 40, S. 368-403
- Elkjaer, B. (2003). Social learning theory: Learning participation in social processes. In M. Easterby-Smith and M. Lyles (Eds.), *Blackwell handbook of organizational learning & knowledge management* (pp. 38-53). Malden, MA: Blackwell
- Elliott, S., and O'Dell, C. (1999). Sharing knowledge & best practices: The hows and whys of tapping your organization's hidden reservoirs of knowledge. *Health Forum Journal*, 42(3), 34-37
- Gold, A.H., Malhotra, A. and Segars, A.H. (2001). Knowledge management: An organizational capabilities perspective. *Journal of Management Information Systems*, 18(1), 185-214
- Hall, H. (2001). Input-friendliness: Motivating knowledge sharing across intranets. *Journal of Information Science*, 27(3), 132-139
- Hislop, D. (2002b). Mission impossible? Communicating and sharing knowledge via information technology. *Journal of Information Technology*, 17, 165-177
- Hitt, L.M., Brynjolfsson E. (1997). Information technology and internal firm organization, *Journal of Management Information Systems*, Vol. 14 No. 2, S. 81-101
- Ilinitch, A. Y. et al. (1996). New Organizational Forms and Strategies for Managing in Hypercompetitive Environments, *Organization Science*, Vol. 7 No. 2, S. 211-220
- Inkpen, A.C., and Tsang, E.W. (2005). Social capital, networks and knowledge transfer. *Academy of Management Review*, 30(1), 146-165
- Kogut, B., Zander, U. (1992). Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology, *Organization Studies*, 3, S. 383-397
- Kogut, B., Zander, U. (1996). What do firms do? Coordination, identity and learning, *Organization Science*, 7: S. 502-518
- Lee, H. (2003). Knowledge management enablers, processes, and organizational performance: An integrative view and empirical examination. *Journal of Management Information Systems*, 7(1), 179-228
- Malhotra, Y. and Galletta, D. (2003, January). Role of commitment and motivation in knowledge management systems implementation: Theory, conceptualization, and measurement of antecedents of success. Paper presented at the 36th Hawaii International Conference on Systems Sciences, Big Island, HI
- McElroy, M. (2000a). Integrating complexity theory, knowledge management and organizational learning. *Journal of Knowledge Management*, 4(3), 195-203
- Mentzas, G., Apostolou, D., Young, R. and Abecker, A. (2001). Knowledge networking: A holistic solution for leveraging corporate knowledge. *Journal of Knowledge Management*, 5(1), 94-107
- Miles, R.E. and Snow, C.C. (1995). The new network firm, *Organizational Dynamics*, Vol. 23 No. 4, S. 5-18
- Miles, R. E., Miles, G., Snow C.C. (2005). *Collaborative Entrepreneurship*, Stanford Business Books, (Stanford: 2005)
- Nielsen, B.B. (2005). Strategic knowledge management research: Tracing the co-evolution of strategic management and knowledge management perspectives. *Competitiveness Review*, 15(1), 1-13
- Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organization Science*, 5(1), 14-37
- Nonaka, I., Konno, N. (1998). The concept of 'Ba': Building foundation for Knowledge Creation. *California Management Review* Vol 40, No.3 Spring 1998
- Rushmer, R., Kelly, D., Lough, M., Wilkinson, J.E. and Davies, H.T. (2004). Introducing the learning practice. I. The characteristics of learning organizations in primary care. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 10(3), 375-386
- Sambamburthy, V. et al. (2003). Shaping Agility through digital Options, *MIS Quarterly*, Vol. 27 No. 2, S. 237-263
- Stefanelli, M. (2004). Knowledge and process management in health care organizations. *Methods of Information in Medicine*, 43(5), 525-535
- Stenmark, D. (2000/2001). Leveraging tacit knowledge. *Journal of Management Information Systems*, 17(3), 9-24
- Stumptner, M. (1997). An overview of knowledgebased configuration, *AI Communications*, 10, S. 111-125
- Susman, G.I. and Evered, R.D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Re-search. *Administrative Science Quarterly*, 23: S. 582-603
- Swart, J. and Kinnie, N. (2003). Sharing knowledge in knowledge-intensive firms. *Human Resource Management Journal*, 13(2), 60-75
- Teece, D.J., Pisano, G.P. and Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7): S. 509-533
- Teece, D. J. (1998). Research Directions for Knowledge Management, *California Management Review*, 40(3), 289-292
- Travica, B. (1999). *New Organizational Designs: Information Aspects*, Ablex Publishing Company, Stamford, CT
- Tsoukas, H. and Mylonopoulos, N. (2004). Introduction: Knowledge construction and creation in organizations [Special issue]. *British Journal of Management*, 15, S1-S8
- von Krogh, G. (2003b). Understanding the problem of knowledge sharing. *International Journal of Information Technology & Management*, 2(3), 173-183
- Wernerfelt, B. (1984). A Resource-Based View of the Firm, *Strategic Management Journal*, (2), 171-181
- Zollo, M., S. G. Winter (2002). Deliberate Learning and the Evolution of Dynamic Capabilities, *Organization Science*, 13(3), 339-351

# TOTAL COST OF OWNERSHIP FÜR INVESTITIONSGÜTER

NACHHALTIGE WETTBEWERBSVORTEILE FÜR ANBIETER UND NUTZER VON MASCHINEN/ANLAGEN DURCH  
LEBENSZYKLUSKOSTENOPTIMIERUNG SCHAFFEN *Stefan Schweiger*



PROF. DR. STEFAN

SCHWEIGER ist seit 2003  
Professor für industrielle  
Projektplanung und

Prozessmanagement an der Fakultät für  
Wirtschafts- und Sozialwissenschaften  
der Hochschule Konstanz (HTWG). Zuvor  
war er über 10 Jahre als Management  
Consultant in verschiedenen internatio-  
nalen Beratungsunternehmen tätig.  
Er ist Referent und Autor zahlreicher Ver-  
öffentlichungen zu den Themenfeldern  
Servicemanagement, Supply Chain Ma-  
nagement, Strategie und Organisation.

Produzierende Unternehmen müssen Anforderungen genügen, die in der Vergangenheit stetig gestiegen sind und auch zukünftig weiter steigen werden. Die Marktforderung nach individuellen Produkten bei gleichzeitig möglichst geringen Lieferzeiten und hoher Termineinhaltung ist nur mit flexiblen Wertschöpfungsprozessen zu erreichen. Darüber hinaus wird stabile Qualität auf hohem Niveau bei konkurrenzfähigen Kosten und hoher Auslastung gefordert. Diese Quadratur des Kreises erfordert die konsequente Ausschöpfung sämtlicher Kosten- und Leistungsreserven innerhalb und ausserhalb des eigenen Unternehmens.

Nutzer von Investitionsgütern fordern von ihren Maschinen-/Anlagen-Lieferanten Systemlösungen, bestehend aus Produkten und begleitenden Dienstleistungen. Hiermit geht eine mitunter erhebliche Verlagerung des unternehmerischen Risikos vom Abnehmer auf dessen Lieferanten einher. Insbesondere Premiumanbieter von Maschinen und Anlagen stecken in diesem hoch kompetitiven Marktumfeld nicht selten in einem Dilemma: Einerseits sind unternehmerisches Selbstverständnis und Marktpositionierung auf das Spitzensegment ausgerichtet, andererseits werden Vertragsverhandlungen abnehmerseitig oft preisgetrieben geführt. Diese für mittelständische Unternehmen potenziell existenzgefährdende Situation führt in nachfrageschwachen Zeiten regelmässig zum Shake-out von Marktteilnehmern. Eine Nutzenargumentation, die bei Premiumanbietern höhere Verkaufspreise rechtfertigen würde, lässt sich vielfach aufgrund fehlender Informationen nur qualitativ führen und erhält damit den Charakter einer „Glaubenswissenschaft“.

Vor diesem Hintergrund entwickeln sowohl Hersteller als auch Abnehmer von Maschinen und Anlagen Total Cost of Ownership Konzepte (TCO), welche Investitionsentscheidungen unter Beachtung von Gesamtlebenszykluskosten und –leistungen möglich machen. Mit TCO können un-

terschiedliche Prozess- und Investitionsalternativen miteinander verglichen werden mit dem Ziel, die insgesamt beste Lösung zu finden. Abnehmerseitig lassen sich Kosteneinsparungen in der Instandhaltung, Verbesserungen in der Prozesssicherheit und damit in der Qualität und kontinuierliche Prozessoptimierungen in der Produktion erreichen. Herstellerseitig bietet TCO die Möglichkeit, nachhaltige Wettbewerbsvorteile gegenüber Low-Cost-Anbietern zu generieren.

## PARADIGMENWECHSEL BEIM MASCHINEN-/ ANLAGENNUTZER

Um die Marktforderungen hinsichtlich Zeit-, Mengen- und Programmflexibilität zu erfüllen, werden Produktionsprozesse immer komplexer. Die Vernetzung der Supply Chain nimmt beständig zu. Mit steigender Komplexität der Prozesse wächst allerdings auch deren Fehleranfälligkeit. Neben den reinen Stillstandskosten sind im Falle einer instabilen Wertschöpfung insbesondere die Kosten und Qualitätsprobleme des Wiederanlaufs gravierende Nachteile. Fehler oder Stillstände der wertschöpfenden Prozesse müssen daher konsequent vermieden werden.

Ein umfassend verstandener TCO-Ansatz für Investitionsgüter bietet in diesem Kontext die Möglichkeit, Produktionskonzepte hinsichtlich deren Gesamtkosten und Zuverlässigkeit im Anlagenlebenszyklus zu bewerten.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Anschaffungskosten von Investitionsgütern traditionell eines der zentralen Auswahlkriterien im Beschaffungsprozess sind. Sie tragen allerdings oft nur mit 10-50% zu den gesamten Lebenszykluskosten bei. Bei Pumpen betragen die investitionsabhängigen Kosten oftmals sogar nur 5% der Lebenszykluskosten, die Energiekosten sind mit über 60% Kostenanteil demgegenüber von erheblich höherer Relevanz. Anschaffungspreise sind daher im unternehmen-



ABB. 1: LEBENSZYKLUSKOSTEN VON INVESTITIONSGÜTERN

sinthern Zielsystem gegenüber einer Gesamtkostenperspektive oft übergewichtet, was einer klassischen unternehmerischen Fehlsteuerung gleichkommt. Mittlerweile rückt jedoch zunehmend ins Bewusstsein, dass sich Investitionsgüter mitunter erheblich in ihren Folgekosten unterscheiden. Die Abbildung 1 zeigt, dass eine herkömmliche Investitionsplanung und -entscheidung oft nur die Spitze des Kosteneisbergs zeigt. Eine Reihe der relevanten Kostenpositionen wird bei dieser Betrachtung systematisch ausgeblendet, was zu signifikant falschen Entscheidungen führen kann.

Im Spannungsfeld von Investitionskosten, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Lebensdauer fordern Kunden der Investitionsgüterindustrie daher immer häufiger belastbare Aussagen zu Folgekosten und Qualitätskriterien für Maschinen und Anlagen. Sie tun dies nicht zuletzt deshalb, weil die Beeinflussbarkeit der Gesamt-Lebenszykluskosten in der Planungs- und Anschaffungsphase besonders hoch ist. Lediglich in späteren Umbauphasen ergeben sich weitere nennenswerte Möglichkeiten zur Prozesskostenbeeinflussung im Maschinen-/Anlagenlebenszyklus.

Gegenwärtig gibt es Produktionsunternehmen, die eigene TCO-Modelle am Markt positionieren und bei Überschreitung definierter Bestellvolumina - im Falle der Daimler AG 200 000 Euro - obligatorisch zur Anwendung bringen. Es ist damit zu rechnen, dass andere OEMs und Zulieferer nachziehen werden.

Beim Aufbau eines unternehmensindividuellen TCO-Systems ist es erforderlich, ein dem jeweiligen Anwendungsfall angepasstes System zu entwickeln, welches die produkt- und firmenspezifischen Anforderungen berücksichtigt. Dabei gilt normalerweise die 80:20-Regel, d.h., eine Abbildung sämtlicher Lebenszykluskosten ist erfahrungsgemäss aufgrund des überproportional ansteigenden Erhebungsaufwandes unzumutbar. Eine fundierte Investitionsentscheidung setzt lediglich die Kenntnis bzw. geeignete Abschätzung der im konkreten Fall relevanten Kostenpositionen voraus.

Die Vorteile von TCO spiegeln sich für den Maschinen-/Anlagenutzer in der Verbesserung zahlreicher Wertschöpfungs-Kennzahlen wider. Beispielhaft lassen sich Prozessqualität (Mean time between failures MTBF, Mean time to repair MTTR), Prozesszeiten (Stillstandshäufigkeit und -zeit), Prozesszuverlässigkeit (Liefertermineinhaltung), Kosten (Instandhaltung, Qualität) sowie Produktqualität (Ausschuss, Fehler-rate) anführen.

#### PARADIGMENWECHSEL AUF ANBIETERSEITE

Empirische Untersuchungen belegen, dass viele Maschinen-/Anlagenbauer die mit einem umfassenden produktbegleitenden Dienstleistungsangebot verbundenen Kundenbindungs-, Umsatz- und Ergebnis-potenziale nur unzureichend ausschöpfen. Vor diesem Hintergrund sowie auf Basis der bereits geschilderten Kundenforde-

rungen rücken TCO-Konzepte in den Fokus vieler Maschinen-/Anlagenanbieter. Für sie bietet sich die Möglichkeit, auf Basis des quantifizierten Nutzens ihrer Produkte höhere Preise zu realisieren. Darüber hinaus lassen sich im Zuge von TCO-Vereinbarungen zusätzliche Serviceleistungen wie Ersatzteillieferungen und Serviceverträge platzieren.

TCO ist in der Startphase für den Anbieter oft mit hohem Aufwand verbunden. Idealerweise ergibt sich jedoch für Premiumhersteller im Investitionsgütersektor eine quantitative Argumentationshilfe bei Aufbau und Pflege einer Kundenbeziehung.

Die konsequente Umsetzung von TCO bedeutet für die Konstruktion oft einen Paradigmenwechsel: „Am Anfang teurer, insgesamt kostengünstiger“. Dies betrifft z.B. die Dimensionierung/Auslegung von Komponenten, die Verwendung von in der Anschaffung teureren Bauteilen, die Betrachtung von Gesamtlebenszykluskosten oder die Zugänglichkeit / Austauschbarkeit von Komponenten. Als Beispiel lassen sich Linearführungen von Werkzeugmaschinen anführen. Die klassische Herstellkostenoptimierung hat praktisch bei allen Anbietern weltweit zu Konzepten geführt, die zwar niedrige Herstellkosten und Verkaufspreise ermöglichen, unter dem Aspekt der Folgekosten jedoch insgesamt deutlich ungünstiger sind im Vergleich zu robusteren, in der Anschaffung teureren Führungen.

Soll in einem Unternehmen der Investitionsgüterindustrie der TCO-Ansatz zur Anwendung kommen, stellt sich oft heraus, dass einige der für einen TCO-Vertrag erforderlichen Kostendaten bereits im Unternehmen vorhanden sind. Sie müssen jedoch vielfach noch strukturiert und systematisiert werden. Daten aus dem Maschinenbetrieb beim Kunden sowie Erlös- bzw. Nutzendaten liegen oftmals nicht bzw. unvollständig vor.

## LEBENSZYKLUSMODELLE IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

Der Branchenverband VDMA hat mit dem VDMA-Einheitsblatt 34160 auf die zunehmende Forderung nach Lebenszykluskonzepten reagiert und ein generisches Modell zur Prognose von Lebenszykluskosten (Life-Cycle-Costing LCC) geschaffen. Die Zielsetzung des Einheitsblatts liegt in der Vereinheitlichung von LCC-Berechnungen für Maschinen und Anlagen, um eine Vergleichbarkeit von Angeboten herzustellen. Dabei werden die Phasen Entstehung, Betrieb und Verwertung differenziert.

Abnehmerseitig findet das in der Daimler AG konzipierte Lebenszyklusmodell besondere Beachtung. Zur Optimierung der Prozesskosten in der Produktion hat Daimler als eines der ersten Unternehmen der Branche ein Maintenance-Total-Cost-of-Ownership-System (M-TCO) für Investitionsentscheidungen entwickelt, welches ab einem Beschaffungsvolumen von 200 000 Euro zwingend angewendet wird. Die ausschliessliche Basis für Vergabeentscheidungen sind nicht mehr die Anschaffungskosten sondern die Summe der Anschaffungs- und Instandhaltungs- sowie Ersatzteilkosten über einen in der Regel zehnjährigen Zeitraum.

Bezogen auf die jeweiligen Investitionskosten reicht der Anteil der über M-TCO erfassten Instandhaltungskosten in einem 10-Jahreszeitraum je nach Anlagengruppe von 3 bis deutlich über 100% und ist damit von erheblicher Prozesskostenrelevanz.

Das M-TCO-System sieht vor, dass Investitionsgüterlieferanten im Rahmen der Vertragsverhandlungen die geplanten und ungeplanten Instandhaltungskosten sowie die Ersatzteilkosten der ersten 10 Jahre des Nutzungszeitraumes inklusive der Ersatzteil- und Fehlerkosten verbindlich angeben. Im Falle einer Überschreitung zugesicherter Kostengrenzen ist der Anlagenhersteller grundsätzlich haftbar, wobei

die Kostenaufteilung zwischen Daimler und dem Lieferanten in einem mehrstufigen Eskalationsszenario definiert ist, welches das Risiko sowohl aus Anbieter- als auch aus Nutzersicht „abfedert“. Entgegen den vorherrschenden Gepflogenheiten, nach denen die Betriebsdaten beim Kunden für den Lieferanten eine „Black-Box“ darstellen, erhalten die Lieferanten umfassende M-TCO-Controllingdaten, die ihnen einen internen kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) ermöglichen. Ergänzend hierzu finden jährliche Abstimmungsgespräche mit dem Lieferanten statt.

Darüber hinaus gibt es zahlreiche weitere TCO- bzw. LCC-Ansätze, die bei übereinstimmender Grundidee unterschiedlich ausgeprägt sind. Wesentliche Differenzierungskriterien dieser Ansätze sind z.B. die Vertragslaufzeit, der jeweilige Vertragsgegenstand, das Controllingssystem, und die Maßnahmen bei Nicht-Einhaltung zugesagter Kennzahlen.

### CHANCEN UND RISIKEN VON TCO-VERTRÄGEN

Die Fokussierung auf die Gesamt-Lebenszykluskosten führt für Hersteller und Abnehmer von Investitionsgütern einerseits zu Aufwand- und Nutzenpositionen, andererseits auch zu Chancen und Risiken. Für den Abnehmer reduziert sich das Risiko kostspieliger Fehlentscheidungen im Rahmen von Investitionsvorhaben. Die Abbildung 2 zeigt beispielhaft, dass die Kosten in der Nutzungsphase diejenigen der Anfangs-Investition in einer Mehrjahresbetrachtung durchaus bereits nach wenigen Jahren übersteigen können.

Über eine TCO-Betrachtung können somit einerseits Gesamtkosten besser verglichen und geplant werden, andererseits lassen sich Kosten reduzieren und durch Outsourcing von Instandhaltungsleistungen variabilisieren. Ein weiterer Effekt besteht darin,

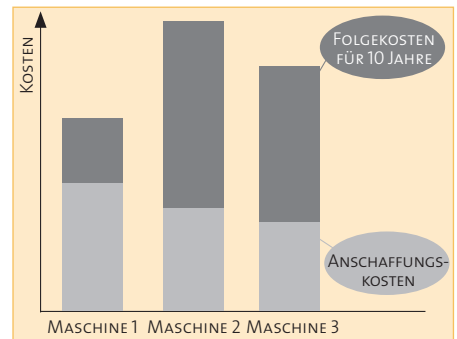


ABB. 2: ANSCHAFFUNGS- UND FOLGEGESTEN VON PRODUKTIONSEINRICHTUNGEN

dass die Anlagenverfügbarkeit und damit die Produktivität durch TCO steigt. Hieraus resultieren geringere Stillstandszeiten und –kosten und – was mitunter noch gravierender ist – geringere Qualitäts- und Zeitverluste sowie Kosten in der Wiederanlaufphase nach einem Anlagenstillstand. Über die Datentransparenz ist es sowohl dem Anlagennutzer als auch dem -anbieter möglich, einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu betreiben, der nicht im Sinne der klassischen Wertanalyse auf geringe Investitionskosten bzw. Anlagenverkaufspreise fokussiert ist sondern den Gesamtprozess betrachtet.

Dem Nutzen von TCO steht sowohl einmaliger Initialisierungs- als auch laufender Pflegeaufwand gegenüber. So muss der Anlagennutzer Betriebsdatentransparenz schaffen und verdichtete sowie detaillierte Controllingdaten auswerten und an den Lieferanten weiterleiten. Hierzu muss ein geeignetes Berichtssystem aufgebaut werden. Wesentliche Chancen und Risiken von TCO aus Anbieter- und Nutzersicht sind in der Abbildung 3 dargestellt.

### AUSBLICK

Gegenwärtig verhalten sich Investitionsgüterhersteller eher reaktiv und tun vielfach noch zu wenig, um die Lebenszyklusvorteile Ihrer Produkte aktiv zu vermarkten und dem Kunden quantitativ zu belegen,

	+	-
<b>Anbieter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marketinginstrument; Preisoptimierung</li> <li>• Argumentationshilfe beim Neumaschinen- und Dienstleistungsverkauf (Kostentransparenz)</li> <li>• Kontinuierlicher Dialog mit Abnehmer</li> <li>• Differenzierung im Wettbewerb</li> <li>• Kundenbindung</li> <li>• Erfüllung einer Grundbedingung</li> <li>• Grundlage für KVP, Identifizierung und Erschließung von Potenzialen hinsichtlich Kosten-Nutzen-Optimierung</li> <li>• Aufdeckung tatsächlicher Kostentreiber; Generierung von Erwartungswerten für Garantie- und Serviceleistungen</li> <li>• ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhebliches Risiko, wenn erforderliche Informationen (über Zuverlässigkeit, Instandhaltbarkeit, ...) fehlen</li> <li>• Keine Einflussmöglichkeit auf Betrieb</li> <li>• Offenlegung wettbewerbs sensitiver Daten</li> <li>• Mehraufwand bei Datenerfassung und -auswertung</li> <li>• Einseitige Nutzenverteilung (Malus, jedoch kein Bonus)</li> <li>• ...</li> </ul>
<b>Nutzer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserung der Investitionsentscheidung; Vermeidung kostspieliger Fehlentscheidungen</li> <li>• Bessere Vergleichbarkeit und Prognostizierbarkeit/ Planbarkeit von Gesamtkosten</li> <li>• Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit/Produktivität und Prozessstabilität, geringere Stillstandszeiten, längere Serviceintervalle</li> <li>• Kostenreduzierung und -variabilisierung</li> <li>• Grundlage für KVP</li> <li>• ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hersteller erhält Dateneinsicht</li> <li>• Geschwächte Position bei Neuinvestitionen</li> <li>• Mehraufwand bei Datenerfassung und -auswertung</li> <li>• Know-How-Verlust</li> <li>• Abhängigkeit vom Lieferanten</li> <li>• ...</li> </ul>

ABB. 3: TCO-KONZEPTE AUS ANBIETER- UND NUTZERSICHT

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Entwicklung einer TCO-Gesamtkonzeption (Masterplan)</b></li> <li>• <b>Ermittlung der externen und internen Anforderungen</b></li> <li>• <b>Analyse Wettbewerbsumfeld</b></li> <li>• <b>Erstellung Stärken-Schwächen-Profil und Ableitung von Handlungsbedarf</b></li> <li>• <b>Identifikation, Auswertung und Konsolidierung relevanter Datenquellen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Felddaten des Anbieters (z.B. BDE, Servicedaten)</li> <li>• Felddaten des Nutzers (Maschinentagebücher, Fehlerprotokolle, ...)</li> <li>• FMEA-Daten</li> <li>• Lebensdauerberechnungen</li> <li>• Komponentenhersteller-Angaben</li> <li>• Prüfstanddaten</li> <li>• ...</li> </ul> </li> <li>• <b>Ganzheitliche Abbildung der Maschinen mittels Maschinenstammbaum</b></li> <li>• <b>Ermittlung wesentlicher Kostentreiber</b></li> <li>• <b>Durchführung Risikoanalyse</b></li> </ul> <p><small>BDE Betriebsdatenerfassung FMEA Failure Mode and Effects Analysis</small></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Konzeption und Implementierung TCO-Managementsystem, Controlling</b></li> <li>• <b>Klärung der Auswirkungen auf andere Unternehmensbereiche</b></li> <li>• <b>Definition von TCO-Vorgaben, z.B. hinsichtlich</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitnahe Vorliegen von Kundendaten aus der Anwendung</li> <li>• Originärem Leistungsumfang der Maschine vs. Nachrüstung</li> <li>• Legitimation zum Austausch von Teilen</li> <li>• Verwendung von Original-Ersatzteilen/-Service</li> <li>• Generierung standardisierter Berichte</li> <li>• Ausgeglichener Bonus-Malus-Regelung</li> <li>• Klärung der rechtlichen Auswirkungen</li> <li>• ...</li> </ul> </li> <li>• <b>Klärung der Anforderungen an die IT-Unterstützung</b></li> <li>• <b>Erstellung eines (möglichst einfachen) Berechnungstools, welches die firmenspezifischen Belange optimal abbildet</b></li> <li>• <b>Abstimmung von Massnahmen zur Umsetzung</b></li> <li>• <b>Einleitung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses</b></li> </ul>
--	---

ABB. 4: HANDLUNGSFELDER ZUR EINFÜHRUNG VON TCO

obwohl gerade hierin ein zentrales Differenzierungskriterium im ansonsten eher anschaffungspreisfokussierten Markt liegt. Expertenbefragungen bestätigen jedoch die Prognose, dass grundsätzlich sowohl das Angebot von als auch die Nachfrage nach TCO-Verträgen zukünftig zunehmen werden. Die Veränderungsgeschwindigkeit, mit welcher dies geschehen wird, ist dabei unter anderem vom abnehmerseitigen Kräfteverhältnis zwischen Einkauf und Instandhaltung abhängig. Die Konzeption und Umsetzung von TCO gestaltet sich in diesem Kontext erfahrungsgemäß firmen- und produktindividuell unterschiedlich. Abbildung 4 gibt einen Überblick über die wesentlichen Handlungsfelder, die es bei der Realisierung von TCO zu bearbeiten gilt.

Es ist zu erwarten, dass sich der beschriebene Paradigmenwechsel weg von Investitionsentscheidungen auf Basis der Anschaffungskosten hin zu einer Lebenszyklus-Prozesskostenbetrachtung in Zukunft deutlich ausweiten wird. Damit führt TCO - konsequent umgesetzt - zu einer Neudefinition der Geschäftsmodelle sowohl von Investitionsgüter-Anbietern als auch von deren Kunden.

#### LITERATUR

Albrecht, V., Ausgangslage, Hintergründe und Motivation zu TCO – TCO als Lösungsansatz, EUROFORUM-Workshop „Total Cost of Ownership“, Mainz, 2007

Dervisopoulos, M., u.a., Life Cycle Costing im Maschinen- und Anlagenbau, Industrie Management 22, 2006

Fleischer, J., u.a., Life-Cycle-Performance in der Produktionstechnik, VDI-Z 10, 2004

Noske, H., Billig kann teuer sein! TCO im Einkauf und in der Entwicklung von Investitionsgütern, ZWF Jahrg. 102 (2007) 5

VDMA, VDMA-Einheitsblatt 34160 „Prognosemodell für die Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen, Frankfurt, 2006



*PROF. DR. LEO SCHUBERT*  
BWL-Studienschwerpunkte an der Universität Augsburg: Marketing und

Unternehmensforschung.

1985: Promotion über Methoden der Datenanalyse

bis 1991: CEO-Stabstelle einer Großbank  
seit 1991: Professor für Marketing an der HTWG Konstanz

Forschungsaufenthalte und Kurzzeitdozenturen in Mittelamerika.

Forschungsschwerpunkte:

Marktforschung (insb. Kapitalmarkt- und Zufriedenheitsforschung)

**KEY-WORDS:** Clusteranalyse, Bootstrap, Resampling, Analyse von Beziehungen, Netzwerk Analyse, Inferenz Statistik, Gender Forschung

### 1 EINFÜHRUNG

Menschen sind in ein Geflecht unterschiedlicher Beziehungen eingebettet. Dabei reicht der Begriff Beziehung von relativ unverbindlicher „Bekanntheit“ bis zum obligatorischen „Ehe-Verhältnis“ oder zur „Mafiazugehörigkeit“. Die aus Beziehungen geflochtenen informellen Netzwerke werden zunehmend kommerziell genutzt. So hoffen Unternehmen mittels sog. „Viral Marketing“ bzw. „Recommendation Marketing“ Werbebotschaften über das Internet bzw. mittels Kunden' effizienter verbreiten zu können. Falls Beziehungen einen messbaren Effekt erzielen sollen, so müssen all die Paare, die eine spezifische Beziehung unterhalten bzgl. des Effekts ähnlicher sein als nicht durch diese Art Beziehung verbundene Paare. Dieser Effekt kann sich z.B. auf Wissen, Einstellung gegenüber einer Marke, Vermögen oder „Verhaltensweisen“ beziehen. Dabei kann die Ähnlichkeit Ursache oder Wirkung der Beziehung sein. Bei Mitgliedern des Fanclubs einer Marke ist die Ähnlichkeit hinsichtlich der Einstellung gegenüber der Marke mehr Ursache für die Beziehung „Fanclub“. Teilt eine Frau einer Kollegin positive Erfahrungen mit einer Marke mit, so wird die Ähnlichkeit in der Einstellung mehr Wirkung der kollegialen Beziehung sein.

Die Frage, ob die „Ähnlichkeit“ Ursache oder Wirkung einer Beziehung ist, kann nicht mit statistischen Verfahren bewiesen werden, sondern bedarf zu ihrer Beantwortung Theorien die eine Abhängigkeit erklären. Dies bedeutet, dass die „Ursache-Wirkung-Frage“ je nach Anwendung gedeutet werden muss. Notwendige aber eben nicht hinreichende Voraussetzung zur Beurteilung des Effekts von Beziehungen wird im Folgenden in der Form eines statisti-

*1 Im Rahmen des sog. „Customer Engagements“ werden in den USA Kundenagenturen wie die BZZ-Agentur (60 000 Mitglieder) oder Tremor von Procter&Gamble (280 000 Mitglieder) gegründet. Die Mitglieder erhalten neue Produkte zum Testen mit dem Ziel, diese im Freundes- und Bekanntenkreis zu empfehlen (vgl. z.B. Grauel R.: Mitarbeiter des Monats: der Kunde, brand eins 9/04).*

schen Tests vorgestellt. Nach einer einleitenden Diskussion der Erfassung der Beziehungseffekte durch Distanzen und der Abgrenzung zur Clusteranalyse wird ein verteilungsfreies Verfahren zum Test des Effekts von Beziehungen eingesetzt, das sog. „Resampling“. Als Anwendung des Tests wird die Nachbarschaftsbeziehung während einer Mathematik-Klausur hinsichtlich ihres Noten-Effektes analysiert. Dabei wird die Frage beantwortet, aus welcher Position während einer Klausur am besten Notenrelevant „kommuniziert“ werden kann. Ferner wird das Verhältnis der Geschlechter in diesem Kontext untersucht. Die Ergebnisse stützen Aussagen der Gender Forschung.

### 2 ABGRENZUNG ZUR CLUSTERANALYSE

Die Clusteranalyse ist die datenanalytische Disziplin, die Ähnlichkeiten bzw. Unähnlichkeiten zwischen zwei Objekten (z.B. Personen) durch Distanzen erfasst. Die Distanzen werden dabei hinsichtlich verschiedener Merkmale gemessen und aggregiert. Ziel der Clusteranalyse ist die Bildung von „Objekt-Clustern“ und zwar so, dass die Mitglieder eines Clusters möglichst kleine Distanzen untereinander haben. Abgesehen von Clustern mit sog. „Fuzzy-Sets“ werden die Cluster exhaustiv, d.h. Überschneidungsfrei gebildet.

Die zum Clustern verwendeten Distanzen werden i.d.R. durch eine sog. Distanzmatrix dargestellt. Diese hat entsprechend der Anzahl der Objekte  $n$  Zeilen und Spalten und ist symmetrisch. Die Abbildung 1a zeigt zu  $n = 13$  Objekten die Distanz-Zellen zu 3 Clustern. Die Mitglieder dieser Cluster sind die Objekte 1 bis 6, 7 bis 9 und 10 bis 13. Die betroffenen Zellen in der Matrix wurden schattiert. Bei einer exhaustiven Zerlegung der Objektmenge können die Zeilen und Spalten stets so angeordnet werden, dass die Zellen eines Clusters ein schattiertes Quadrat über der Diagonalen bilden wie in Abbildung 1a. In diesem Falle kann die Ähn-

lichkeit der Objekte in einem Cluster durch die Merkmalsvarianz der in ihr enthaltenen Objekte erfasst werden.

Um Beziehungsnetzwerke bzw. deren Effekt auf ein abhängiges Merkmal zu untersuchen, müssen andere Distanzstrukturen berücksichtigt werden. Die Abbildung 1b zeigt das Beispiel einer zusammenhängende Kette von Beziehungen: Objekt 1 hat eine Beziehung zu 2 und 2 wiederum zu 3 etc. Dabei ist es im Vergleich zur Clusteranalyse nicht erforderlich, dass die Beziehungen transitiv sind. Transitiv ist eine Beziehung, wenn aus einer Bekanntschaft von 1 und 2 sowie von 2 und 3 folgen muss, dass auch 1 und 3 bekannt sind. Ferner wird bei der Untersuchung keine zusammenhängende Kette an Beziehungen vorausgesetzt.

Während die Clusteranalyse erst die Cluster bildet und dann die Qualität dieser anhand von Distanzen zwischen den Objekten in den jeweiligen Clustern bestimmt, wird bei der folgenden Analyse eine Menge von Beziehungen vorgegeben. Zu dieser Menge werden an dem abhängigen Merkmal die Distanzen erfasst. Sie geben Aufschluss darüber, ob die in der Menge enthaltenen Beziehungen ähnlicher oder unähnlicher im Vergleich zu den aus der Menge ausgeschlossenen Zellen ohne Beziehungen sind. Die Qualitätsbeurteilung von Beziehungs-

clustern wird also wie bei der Clusteranalyse vorgenommen und könnte durch den Einbezug mehrerer abhängiger Merkmale als Verallgemeinerung betrachtet werden.

Im Folgenden besteht ein Netzwerk oder Beziehungscluster  $R$  aus einer Teilmenge aller möglichen Beziehungen  $r(i,j)$  ( $i, j = 1, \dots, n$  mit  $i \neq j$ ) zwischen  $n$  Objekten. Falls zwei Objekte eine Beziehung unterhalten ist  $r(i,j) = 1$  und sonst gilt  $r(i,j) = 0$ . In der Abbildung 1 sind die Zellen mit  $r(i,j) = 1$  schattiert.

Anhand der abhängigen Variable  $x \in \mathbb{R}^n$  werden die Ähnlichkeiten bzw. Distanzen eines Beziehungsclusters bestimmt. Dazu wird die quadrierte Distanz

$$d(i,j)^2 = (x_i - x_j)^2 \quad (1)$$

zwischen zwei Objekten ( $i, j$ ) berechnet.

Die Summe der quadrierten Distanzen über alle Objektpaare ( $i, j$ ) kann auch mit dem Faktor  $1/2n^2$  zur Bestimmung der Varianz dienen:

$$s^2 = \frac{1}{2n^2} \sum_{i,j} d(i,j)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

Der Beweis der Gleichung (2) ist im Anhang A enthalten. Da die Distanzen symmetrisch sind, genügt es, nur die Objektpaare mit  $i < j$  bzw. nur die obere Dreiecksmatrix in die Berechnung einzubeziehen:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2 \quad (3)$$

Für die Bestimmung der Ähnlichkeit eines Beziehungsclusters  $R$  müssen die Summen in (2) bzw. (3) auf  $(i,j) \in R$  beschränkt werden. Durch die Darstellung der Varianz anhand von Distanzen kann diese nicht nur zu Objektclustern, sondern auch zu Beziehungsclustern errechnet werden.

### 3 ZWEI SIGNIFIKANZTESTS

Wenn eine stochastische Variable  $X$  standardisiert und normiert ist, so ist die Summe  $(x_i - \bar{x})^2$  über alle  $n$  Objekte Chi-Quadrat verteilt mit  $n-1$  Freiheitsgraden<sup>2</sup> und mit der Gleichung (3) liegt diese Verteilung auch bei der Summe aller quadrierten Distanzen ( $i, j = 1, \dots, n$ ) vor. Voraussetzung dafür ist zudem die Unabhängigkeit der Realisierungen  $x_i$  ( $i=1, \dots, n$ ). Diese Eigenschaft kann für eine Summe von quadrierten Distanzen nicht mehr garantiert werden, falls diese aus einem beliebigen Cluster  $R$  stammen. Einzelne Distanzen  $d(i,j)$  können von anderen abhängig sein.

Deshalb kann die Chi-Quadrat-Verteilung zum Test des Einflusses von Beziehungen hier nicht verwendet werden. Um in derartigen Fällen Signifikanztests durchführen zu können wurden sog. „Resampling“-Methoden entwickelt, wie das „Jackknife“ oder das „Bootstrapping“<sup>3</sup>. Das Vorgehen ist ähnlich wie bei der Monte-Carlo Simulation jedoch mit dem Unterschied, dass die Monte-Carlo Simulation von vorgegebenen Verteilungen ausgeht, während die Resampling Methoden gerade die Verteilungen aus der Stichprobe bzw. den empirischen Daten zu generieren versuchen. Während beim „Bootstrapping“ bzw. „Jackknife“ insbesondere bei kleinen Datenmengen das Schätzen von Konfidenzintervallen im Vordergrund steht, wird im folgenden Test nur der sog.  $\alpha$  Fehler ermittelt. Dies ist die Wahrscheinlichkeit eine angenommene Hypothese ungerechtfertigt abzulehnen.



Abb. 1a: DISTANZ BEZIEHUNGEN VON CLUSTERN

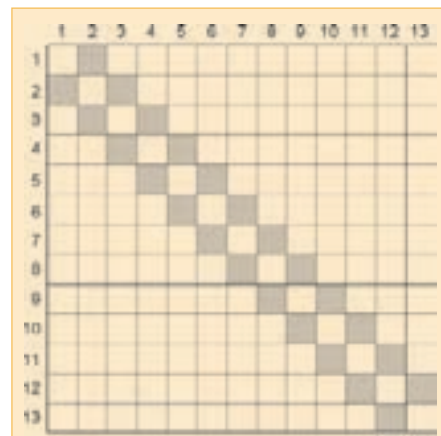


Abb. 1b: DISTANZ BEZIEHUNGEN VON NETZWERKEN

Für ein Beziehungscluster  $R$  sei die Summe der quadrierten Distanzen

$$V_R = \sum_{i < j} d(i, j)^2 \quad (4)$$

Die Menge  $R$  enthält  $n_R$  Beziehungen, deren Einfluss auf die unabhängige Variable  $x$  getestet werden soll. Da die Verteilung von  $V_R$  mit  $n_R$  Beziehungen unbekannt ist, wer-



Abb. 2a: MENGE  $R$  MIT  $n_R=5$  BEZIEHUNGEN

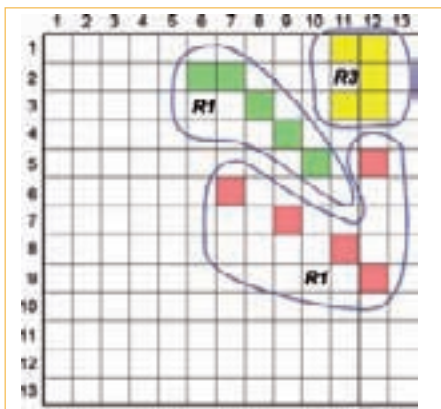


Abb. 2b: 3 ZUFÄLLIG AUSGEWÄHLTE MENGEN ZU  $n_R=5$

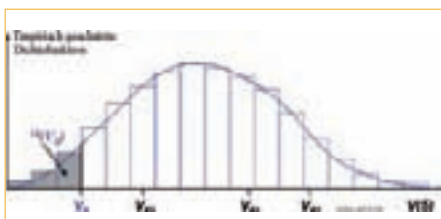


Abb. 2c: EMPIRISCHE VERTEILUNG DER SUMME DER DISTANZQUADRATE ZU  $n_R=5$  BEZIEHUNGEN

den aus den insgesamt  $\frac{n(n-1)}{2}$  möglichen Beziehungen viele Cluster vom Umfang  $n_R$  zufällig ausgewählt. Zu diesen sei die Summe der quadrierten Distanzen

$$V(n_R) = \sum_{i < j} d(i, j)^2 \quad \text{with } i < j. \quad (5)$$

Die Gesamtheit der Summen  $V(n_R)$  ergibt mit den jeweiligen relativen Häufigkeiten die empirische Verteilung. Diese Verteilung ermöglicht die Approximation des  $\alpha$  Fehlers, indem die relative Häufigkeit bestimmt wird, mit der  $V(n_R) \leq V_R$  ist.

In der Abbildung 2a wird das Resampling zu einer Menge  $R$  mit  $n_R=5$  Beziehungen veranschaulicht. Abbildung 2b zeigt die drei zufällig ausgewählten Mengen  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$ . Zu den Mengen werden nach (4) die Summe  $V_R$  und nach (5) die Summen  $V(5)$  berechnet, die in der Abbildung 2c mit  $V_{R_1}$ ,  $V_{R_2}$  bzw.  $V_{R_3}$  bezeichnet wurden. Bei entsprechender Anzahl zufällig gewählter Mengen resultiert eine Verteilung wie in Abbildung 2c. Der Fehler  $\alpha$  wurde, da er sich auf den Fraktilwert  $V_R$  bezieht, als Funktion  $\alpha(V_R)$  desselben dargestellt.

Die Testfunktion  $V_R$  dient dazu, die folgende Hypothese  $H_0$  bzgl. des Einflusses der Beziehung  $R$  zu überprüfen:

$$H_0: V_R = V(n_R),$$

$$H_1: V_R < V(n_R).$$

$V(n_R)$  in Fettdruck repräsentiert den Erwartungswert einer Summe von  $n_R$  quadrierten Distanzen der Distanzmatrix. Die Hypothese  $H_0$  zu verwerfen bedeutet, dass der Testfunktionswert der Menge  $R$  stark von  $V(n_R)$  abweicht. Dieser Wert wird nicht explizit berechnet. Die Abweichung wird anhand des  $\alpha$  Fehlers bzw. dem Signifikanzniveau  $\alpha$  beurteilt. Wird  $H_0$  abgelehnt und damit die Gegenhypothese  $H_1$  angenommen, so kann von einem signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable  $x$  ausgegangen werden.

In einem zweiten Test wird der Einfluss von zwei Beziehungsmengen  $R$  and  $R^*$  auf die abhängige Variable  $x$  verglichen. Aufgrund der nicht stets erfüllten Voraussetzung für die Chi-Quadrat Verteilung kann hier auch nicht von der für den Vergleich von Objektcluster relevanten  $F(n, m)$  Verteilung<sup>4</sup> ausgegangen werden. Deshalb wurde die relevante Verteilung ebenfalls mittels „Resampling“ approximiert.

Der Wert  $V_R^*$  der zweiten Menge ergibt sich analog zu  $V_R$  mittels Gleichung (4). Als Testfunktionswert wird

$$V_{R,R^*} = \frac{V_R}{V_{R^*}} \quad (6)$$

verwendet. Die zufällig ausgewählten Mengen  $R$  und  $R^*$  besitzen den Wert  $V(n_R, n_{R^*})$ , der analog zu (5) bestimmt wird. Auch hier wird der Erwartungswert der Verteilung der Werte  $V(n_R, n_{R^*})$  in den Hypothesen mit Fettdruck dargestellt:

$$H_0: V_{R,R^*} = V(n_R, n_{R^*}),$$

$$H_1: V_{R,R^*} < V(n_R, n_{R^*}).$$

Wird die Hypothese  $H_0$  verworfen, so ist bei diesem Test der Einfluss der Menge  $R$  auf die abhängige Variable  $x$  signifikant stärker als der der Menge  $R^*$ .

#### 4 ANWENDUNGSBEISPIEL KLAUSUR

An der Hochschule Konstanz nahmen im Wintersemester 2006/2007 genau 46 Studenten an einer Mathematik- und Statistiklausur teil. Die in der Klausur erzielte Bewertung ist im Test die abhängige Variable  $x$ . Das Ziel des Tests war, den Einfluss der nachbarschaftlichen Beziehung auf die erzielten Punkte zu untersuchen und nicht das Aufspüren einzelner Studenten mit illegalem Kommunikationsverhalten. Diese Aussage kann ein einzelner statis-



tischer Test nicht erbringen. Stattdessen wird durch den Test auf Schwachpunkte hinsichtlich der Sitzanordnung oder der Eignung von Klausurräumen hingewiesen. Nehmen unterschiedliche Teilnehmergruppen an der Klausur teil, so kann auch deren Kommunikationsverhalten analysiert werden. Diesbezüglich wurde im Test z.T. nach männlichen und weiblichen Studenten differenziert analysiert.

Der Prüfungsraum wird im Anhang in der Abbildung B dargestellt. Die Studenten konnten ihre Sitzplätze frei wählen, mussten jedoch zwischen zwei besetzten Reihen mindestens eine Reihe frei lassen. Auch innerhalb einer Reihe musste mindestens ein Platz zwischen 2 Studenten frei bleiben. In der Abbildung B sind die Namen der Studenten abgekürzt worden. Die Initialen der Studentinnen wurden kursiv dargestellt. Der Boden des Raumes steigt von vorne nach hinten um insgesamt ca. 1.50 m an. Für die Untersuchung wurden mehrere Beziehungen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Punkteergebnisse untersucht (Tab.1). Die Mitglieder der Menge  $R_{1,2}$  sitzen in der selben Reihe mit einem Abstand von 1-2

Sitzen. Diese Menge wurde zusätzlich in die Untermengen  $R_W$ ,  $R_M$ , and  $R_{WM}$  unterteilt. Dabei enthält die Untermenge  $R_W$  bzw.  $R_M$  nur Beziehungen zwischen Frauen bzw. Männern. Die Menge  $R_{WM}$  enthält nur heterogene Nachbarpaare. Das Cluster  $R_R$  umfasst Beziehungen, die zwischen zwei Reihen bestehen. Diese Menge wurde in drei Untermengen unterteilt, je nachdem ob der hinten sitzende Student links ( $R_l$ ), direkt dahinter ( $R_d$ ) oder rechts ( $R_r$ ) vor dem Vordermann bzw. der Vorderfrau sitzt. Die beiden Mengen  $R_f$  und  $R_b$  sind wiederum Aufteilungen der Menge  $R_{1,2}$ . Die Untermenge  $R_f$  beinhaltet alle Beziehungen in den ersten 5 besetzten Reihen, während  $R_b$  die restlichen Beziehungen in den hinteren Reihen umfasst.

Das Signifikanzniveau wurde über die oben angesprochene Resampling-Methode bestimmt<sup>5</sup>. Aus Gründen der Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit etablierten Verteilungen wurden der abhängige Vektor  $x$  zentriert und standardisiert auf eine Varianz von 0.5.

Um den  $\alpha$ -Fehler zu bestimmen wurden zu jedem Test 10000 Fälle mittels Resampling generiert. Bei einer Anzahl  $n=46$  Teilnehmer ergibt sich eine maximale Anzahl von  $46 \cdot 45 / 2 = 1035$  mögliche Beziehungen. Beim Test z.B. zur Menge  $R_{MW}$  die nur  $n_{R_{MW}} = 5$  Beziehungen enthielt, wurden aus den 1035 jeweils 10000 mal 5 Beziehungen zufällig ausgewählt. Insgesamt stehen für diese Auswahl mit  $n_{R_{MW}} = 5$  insgesamt  $\binom{1035}{5} = 9\,802\,081\,893\,582$  Beziehungsmengen zur Verfügung. Für jede dieser 10000 Mengen wurde der Wert  $V(n_R)$  gemäß Formel (5) bestimmt. Der Testfunktionswert der Menge  $R_{WM}$  ist  $V_{R_{WM}} = 5.6634$  (vgl. Tabelle 2 links). Die Anzahl der Fälle, in denen  $V(n_R) \leq V_{R_{WM}}$  war, ist  $n_\alpha = 6366$ . Diese Anzahl wurde verwendet, um den  $\alpha$ -Fehler beim Test der Beziehungsmenge  $R=R_{WM}$  mittels

$$\alpha(P_{R_{WM}}) = \frac{n_\alpha}{10000} = 0.6366$$

zu schätzen.

Beim zweiten Test, der zwei Mengen vergleicht, wurde das Resampling sowohl für die Menge  $R$  sowie die Menge  $R^*$  vorgenommen. Der  $\alpha$ -Fehler wurde analog bestimmt nachdem mit der Funktion (6) der Testfunktionswert  $V_{R,R^*}$  berechnet wurde. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3 auf der linken Seite enthalten.

Die Berechnung des Testfunktionswertes  $V_{R,R^*}$  würde bei Verwendung der Ergebnisse aus Tabelle 2 zu ähnlichen Resultaten führen. Der Vergleich des Einflusses der beiden Mengen  $R_{Rl}$  mit  $R_{Rr}$  im Wintersemester 2006/2007 ergab den Wert  $V_{R_{Rl},R_{Rr}} = 0.5538$  (vgl. Tabelle 3 links), während die Verwendung der Werte aus Tabelle 2 einen Testfunktionswert von  $V_{R_{Rl},R_{Rr}} = (15.4500/20) / (25.9650/19) = 0.5653$  ergeben würde.

Der Test des Einflusses von Beziehungen wurde im Sommersemester 2007 wiederholt. In diesem Semester nahmen  $n = 49$  Studenten an der Klausur teil. Die Testergebnisse aus dem Sommersemester befin-

R	BESCHREIBUNG DER BEZIEHUNG $(i, j) \in R$	BEISPIEL IN ABB. B
$R_{1,2}$	Student $i$ ist in der selben Reihe wie $j$ , mit 1-2 Freisitzen dazwischen	
$R_W$	Student $i$ und $j$ sind Frauen, mit 1-2 Freisitzen dazwischen	Studentinnen S.C. und G.P. in Reihe 11
$R_M$	Student $i$ und $j$ sind Männer, mit 1-2 Freisitzen dazwischen	Student Sch.O. und E.T. in Reihe 13
$R_{WM}$	Student $i$ ist weiblich und $j$ männlich, mit 1-2 Freisitzen dazwischen	Studentin Sch.Sa. und Student S.B. in Reihe 13
$R_f$	Student $i$ und $j$ aus den ersten 5 besetzten Reihen, mit 1-2 Freisitzen dazwischen	Studenten P.S. und Gä.P. in Reihe 3
$R_b$	Student $i$ und $j$ aus den letzten 5 besetzten Reihen, mit 1-2 Freisitzen dazwischen	Studenten T.A. und S.M. in Reihe 17
$R_R$	Student $i$ ist zwei Reihen hinter $j$ , direkt oder auf der linken oder rechten Seite,	
$R_{Rd}$	Student $i$ ist zwei Reihen direkt hinter $j$	Studenten F.C. in Reihe 7 und F.T. in Reihe 9
$R_{Rl}$	Student $i$ ist zwei Reihen hinter $j$ auf der linken Seite	Studenten St.S. in Reihe 11 und S.B. in Reihe 13
$R_{Rr}$	Student $i$ ist zwei Reihen hinter $j$ auf der rechten Seite	Studentinnen St.S. in Reihe 11 und Sch.Sa. in Reihe 13

TAB. 1: BEZIEHUNGSMENGEN

den sich auf der rechten Seite der Tabellen 2 und 3.

In der Tabelle 2 wurden zehn unterschiedliche Beziehungsmengen - wie die oben erwähnte Menge  $R_{WM}$  - auf ihren Einfluss auf die erzielten Bewertungspunkte analysiert. Die angegebene Anzahl  $n_R$  der Elemente in jeder Menge kann auch in der Abbildung B im Anhang anhand der Positionen der einzelnen StudentInnen überprüft werden. Der Testfunktionswert  $V_R$  und der jeweilige  $\alpha$ -Fehler  $\alpha(V_R)$  wurden mit dem oben beschriebenen Verfahren ermittelt. Einige der zehn Beziehungsmengen der Tabelle 2 werden in der Tabelle 3 paarweise mit dem zweiten Test geprüft. In diesem

Falle bedeuten kleine  $\alpha$ -Fehler  $\alpha(V_{R,R^*})$ , dass die Kommunikation in der Beziehungsmenge R besser als in  $R^*$  funktionierte. Der Testfunktionswert  $V_{R,R^*}$  wurde mit der Formel (6) bestimmt.

Die Diskussion der Ergebnisse wird mit den beiden Mengen  $R_b$  und  $R_f$  begonnen. Die Hypothese, dass in den hinteren Reihen besser kommuniziert werden kann, wird zwar im Wintersemester bestätigt (Tabelle 2:  $\alpha = 0.0301$  bzw. Tabelle 3:  $\alpha = 0.0386$ ), nicht jedoch im Sommersemester. Die Ergebnisse zeigen keine generelle Lastigkeit der vorderen oder hinteren Reihen, sondern lassen eine starke Semesterabhängigkeit vermuten.

Die Beziehung  $R_{1,2}$  besitzt einen kleinen, aber nicht signifikant kleinen  $\alpha$  Fehler. Diese Beziehung wurde differenziert je nach Geschlecht der beiden Studenten, die die Beziehung unterhielten. Die Menge der weiblichen Beziehungen  $R_w$  zeigte hoch signifikante (WS:  $\alpha = 0.0058$ ) und fast signifikante Resultate (SS:  $\alpha = 0.1169$ ). Die Ergebnisse der männlichen Beziehungen waren hier stets nicht signifikant. Der Test mit zwei Mengen R und  $R^*$  lässt erkennen, dass Frauen nur im Wintersemester signifikant besser kommunizierten als Männer (Tabelle 3:  $\alpha = 0.0075$ ). Einige Tests in anderen Klausuren zeigten, dass männliche Studenten nicht stets weniger effizient kommunizieren als weibliche. Jedoch wurde beobachtet, dass die intergeschlechtliche Kommunikation immer ohne jegliche Signifikanz war, wie die Resultate der Tabelle 2 mit  $\alpha(R_{WM}) = 0.6366$  im WS und  $\alpha(R_{WM}) = 0.7892$  im SS zeigten. Vergleicht man die Kommunikation zwischen Frauen mit der intergeschlechtlichen mittels des zweiten Tests, kann man erkennen, dass Frauen signifikant besser untereinander als mit dem anderen Geschlecht kommunizieren. In Tabelle 3 besitzt der Testfunktionswert  $V(R_w, R_{WM})$  ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 0.0069$  im Wintersemester bzw.  $\alpha = 0.0766$  im Sommersemester.

Die Beziehungsmenge  $R_R$  mit Studenten aus unterschiedlichen Sitzreihen wurde in die Untermengen  $R_{Rl}$ ,  $R_{Rd}$  und  $R_{Rr}$  unterteilt. Um gut zu kommunizieren ist nicht generell die hinten liegende Position entscheidend. Vergleicht man die Möglichkeiten der linken mit der rechten Position, so zeigt sich, dass von links signifikant besser kommuniziert werden kann als von rechts. Der  $\alpha$ -Fehler im Wintersemester ist 0.0712 bzw. 0.1158 im Sommersemester (vgl. Tabelle 3). Der Kommunikationsvorteil der linken Seite wurde auch in anderen Tests bestätigt. Eine Begründung dafür ist sicherlich die dominante rechte Hand. Ungefähr 90% benutzen diese beim Schreiben während auf der linken Seite das Blickfeld des Hintermanns bzw. der -frau frei bleibt. In beiden

R	WS-2006/2007			SS-2007		
	$n_R$	$V_R$	$\alpha(V_R)$	R	$V_R$	$\alpha(V_R)$
$R_{1,2}$	20	15.5615	0.1977	32	28.1170	0.2878
$R_w$	7	0.11551	<b>0.0058</b>	14	8.8102	0.1169
$R_M$	8	0.87430	0.6137	8	6.0243	0.3021
$R_{WM}$	5	0.56634	0.6366	10	13.2825	0.7892
$R_R$	45	48.6889	0.6455	52	38.0679	0.0377
$R_{Rd}$	6	0.72739	0.6854	6	6.7709	0.6452
$R_{Rl}$	20	15.4500	0.1945	22	11.4545	0.0180
$R_{Rr}$	19	25.9650	0.8742	24	19.8425	0.2451
$R_b$	10	0.39980	<b>0.0301</b>	23	22.6271	0.4720
$R_f$	10	11.5635	0.6630	9	5.4899	0.1668

TAB. 2: ERGEBNISSE DES SIGNIFIKANZ TESTS FÜR DIE BEZIEHUNGSMENGE R

R; R*	WS-2006/2007			SS-2007		
	$n_R; n_{R^*}$	$V_{R,R^*}$	$\alpha(V_{R,R^*})$	$n_R; n_{R^*}$	$V_{R,R^*}$	$\alpha(V_{R,R^*})$
$R_w; R_M$	7; 8	0.1510	<b>0.0075</b>	14; 8	0.8357	0.3669
$R_w; R_{WM}$	7; 5	0.1457	<b>0.0069</b>	14; 10	0.4738	<b>0.0766</b>
$R_M; R_{WM}$	8; 5	0.9649	0.4624	8; 10	0.5669	0.1896
$R_{Rl}; R_{Rr}$	20; 19	0.5538	<b>0.0712</b>	22; 24	0.6297	<b>0.1158</b>
$R_{Rl}; R_{Rd}$	20; 6	0.6372	0.1891	22; 6	0.4614	<b>0.0686</b>
$R_{Rr}; R_{Rd}$	19; 6	1.1272	0.5463	24; 6	0.7326	0.2591
$R_b; R_f$	10; 10	0.3457	<b>0.0386</b>	23; 9	1.6128	0.7940

TAB. 3: ERGEBNISSE DES SIGNIFIKANZ TESTS ZU ZWEI BEZIEHUNGSMENGEN R und R\*

6 Vgl. Maccoby E. M., (2000), S. 293ff  
 7 Hierzu kann statt des Tests ein entsprechendes deskriptives Maß konstruiert werden, das um z.B. Investitionsrisiken korrigierte Renditen verwendet.

Tests blieb die Schreibseitigkeit der StudentInnen unberücksichtigt. Es ist zu vermuten, dass sich durch Beachtung dieses Kriteriums die Signifikanz der Ergebnisse verstärken würde.

In jeder Reihe der Tabelle 2 und 3 sind zu einer Beziehungsmenge  $R$  zwei Tests dargestellt. Falls der  $\alpha$ -Fehler klein aber nicht signifikant klein ist, kann auch eine Folge von  $m$  Tests Aufschluss über die Kommunikationsqualität in dieser Beziehungsmenge geben. In Tabelle 2 hat die Beziehung  $R_{1,2}$  einem kleinen aber nicht signifikant kleinen  $\alpha$ -Wert. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Testfunktionswert  $V_{R_{1,2}}$  zweimal zufällig unter dem 50%-Fraktilwert bzw. dem Median liegt ist  $0.50^2 = 0.25$ . Die Wahrscheinlichkeit zweimal unter dem 30%-Fraktilwert zu liegen, wie im Beispiel der Beziehung  $R_{1,2}$  ( $\alpha = 0.1977$  bzw.  $0.2878$ ) ist nur  $0.30^2 = 0.09$ . Dieser  $\alpha$ -Fehler zu einer Hypothese  $H_0$  für eine Folge von zwei Klausuren ist wiederum so niedrig, dass ein Einfluss der Beziehungsmenge  $R_{1,2}$  angenommen werden sollte. Es ist deshalb empfehlenswert, auch Sequenzen von Klausuren mit nicht signifikanten Einzelergebnissen zu überprüfen.

Die Verwendung der Bezeichnung "gute Kommunikation" bei einem hohen Signifikanzniveau  $\alpha$  lässt offen, wann die Kommunikation stattfand – bei Übungen vor oder illegal während der Klausur. Falls die Teilnehmer einer Lerngruppe auch in der Klausur Sitzplätze nebeneinander einnehmen, so kann das hohe Signifikanzniveau auch durch einen ähnlichen Wissensstand zustande gekommen sein. Insbesondere im Falle der Beziehungsmenge  $R_{1,2}$  und der entsprechenden Untermengen sollte deshalb die allgemeine Interpretation der Kommunikation verwendet werden.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Anwendung des Tests zum Einfluss von Beziehungen in einer Klausur zeigte einige signifikante Resultate. Die erste

Beobachtung war, dass Frauen wohl besser mit Frauen als mit Männern kommunizieren können. Die Analyse scheint die bekannten Probleme der intergeschlechtlichen Kommunikation<sup>6</sup> zu bestätigen. Dies ist insofern ein überraschendes Ergebnis, da die Inhalte der Klausur (Mathematik und Statistik) vermutlich nicht zu den bevorzugten Gesprächsthemen des weiblichen Geschlechts zählen. Ferner konnte im Test nicht belegt werden, dass Männer untereinander immer weniger effizient im Vergleich zu Frauen kommunizieren. Die zweite Erkenntnis bezieht sich auf die Kommunikation von Studenten aus einer rückwärtigen Sitzreihe. Die Position hinten links bietet offensichtlich bessere Kommunikationsmöglichkeiten im Vergleich zu der Position direkt dahinter bzw. hinten rechts. Das dritte beobachtete Resultat war, dass die gewählte nahe Sitzposition in einer Reihe zwar gute aber nicht signifikant bessere Kommunikation bedeutet. Werden aber in einer Sequenz von Tests stets mittelmäßig kleine  $\alpha$ -Werte registriert, so kann die gesamte Sequenz auf einen signifikanten Einfluss durch Kommunikation hinweisen. Während die Ergebnisse zum Einfluss der Kommunikation aus der Sitzposition hinten links kaum Deutungsvarianten zulässt, kann die Kommunikation mit dem Sitznachbar auch vor der Klausur, also in Übungen, stattgefunden haben.

Der vorgestellte Test könnte auch in anderen Bereichen angewendet werden, obgleich sich i.d.R. die Datenerfassung nicht so einfach gestaltet wie beim obigen Beispiel. Ein Anwendungsbereich könnte das einleitend erwähnte „Recommendation Marketing“ sein. Dieser Ansatz nutzt die Beziehungen der Kunden um Informationen über ein Produkt zu verbreiten bzw. Einstellungen zu beeinflussen. Falls das Empfehlungsmarketing glaubhaft bleiben soll, muss es auch den Kauf von minderwertigen Produkten verhindern. Deshalb ist die Erfassung von Umsätzen nur eine bedingte Aussage zur Wirksamkeit von Empfehlungsmarketing. Wenn jedoch von

zwei Personen die Einstellungen bzgl. Sympathie oder Wert einer Marke ähnlicher sind, falls sie eine Beziehung unterhalten, funktioniert Empfehlungsmarketing. Ein weiteres Beispiel könnten Geschäftsbeziehungen und deren Auswirkungen auf die Rendite darstellen. Wird in einer Volkswirtschaft mit schlecht funktionierendem Wettbewerb die Marktmacht missbraucht, so werden Geschäftspartner stark unterschiedliche Gewinnmargen oder Umsatzrenditen erzielen. Andernfalls müssten diese Unterschiede geringer ausfallen<sup>7</sup>. Dabei wäre nicht die Unternehmensgröße im Fokus, sondern das Ausnutzen derselben. Auch in diesem Beispiel könnte der Test neue Einsichten bieten.

## 6 QUELLEN

- [1] Bamberg, G., Baur, F., (1996): Statistik, Oldenbourg, München
- [2] Efron, B., (1979): Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife, The Annals of Statistics 7 (1), S. 1–26
- [3] Efron, B., (1982): The jackknife, the bootstrap, and other resampling plans, Society of Industrial and Applied Mathematics CBMS-NSF Monographs
- [4] Maccoby, E. E., (2000): Psychologie der Geschlechter, Klett-Cotta, Stuttgart
- [5] Renyi, A., (1962): Wahrscheinlichkeitsrechnung, Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin

## ANHANG A

Beweis der Gleichung (2):

$$s^2 = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n d(i, j)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (i - \bar{x})^2$$

Die Summe von quadrierten Distanzen kann durch  $x_i$  und  $x_j$  ausgedrückt werden:

$$\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n d(i, j)^2 = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_j)^2 =$$

$$= \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 2x_i x_j + x_j^2)$$

Teilt man die Summanden des letzten Terms in drei separate Summen

$$\frac{1}{2n} \left( n \sum_{i=1}^n x_i^2 - 2 \sum_{i=1}^n (x_i + x_1 + \dots + x_{i-1}) x_i + n \sum_{i=1}^n x_i^2 \right)$$

Wird das Produkt in  $2n$  ausgeklammert, resultiert der Verschiebungssatz<sup>8</sup> der Varianzformel:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

und substituiert die Summe  $(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$  durch  $n\bar{x}$ , ergibt sich Gleichung

$$\frac{1}{2n} \left( 2n \sum_{i=1}^n x_i^2 - 2 \sum_{i=1}^n n \bar{x} x_i \right) =$$

[Ende des Beweises]

$$= \frac{1}{2n} \left( 2n \sum_{i=1}^n x_i^2 - 2n \bar{x} \sum_{i=1}^n x_i \right)$$

19		Sch.Se.								Constance University of Applied Sciences					B.G.											
18																										
17		PS.				H.P.				Aula		M.F.			T.A.		S.M.									
16																										
15		N.C.				P.St.					K.C.				N.E.			H.N.								
14																										
13		Sch.O.			E.T.						LG.				K.N.		Sch.Sa.		S.B.							
12																										
11		G.P.				S.C.					B.S.				H.F.			St.S.								
10																										
9		M.C.									ZA.				FT.			G.B.								R.N.
8																										
7																										
6																										
5																										
4																										
3																										
2																										
1																										

door

board

door

ANHANG B: POSITIONEN WÄHREND DER KLAUSUR IM WINTER SEMESTER 2006/2007



Fördergesellschaft der Hochschule Konstanz e.V.

## // In Kontakt bleiben // Netzwerke bilden // Studierende fördern

Die Fördergesellschaft der Hochschule Konstanz unterstützt mit Beiträgen und Spenden die Arbeit der Hochschule in Lehre und Forschung. Immer unter der Maßgabe Lernerfolge zu ermöglichen, Absolventen den Weg in den Beruf zu bahnen, Kontakte zu pflegen und ein starkes Netzwerk von Partnern zu schaffen.

Damit ist die Fördergesellschaft ein gutes Forum für alle, die ihre Beziehung zur HTWG auf sicheren Boden stellen wollen.



### Jahresbeiträge

Studierende ab 5 Euro  
Einzelmitglieder ab 30 Euro  
Firmen und Fachverbände ab 100 Euro

### Geschäftsstelle

Hochschule Konstanz (HTWG)  
Herr Lars Hüning  
Brauneggerstraße 55, 78462 Konstanz

Tel. + 49 7531 206 432  
Fax + 49 7531 206 87 432  
lars.huening@htwg-konstanz.de



## Nachwuchsingenieure (m/w)

### Raus aus der Hochschule ... ... und dann zu Hohner Maschinenbau.

Denn seit 75 Jahren ist Hohner ein Begriff für Innovation in der Druckweiterverarbeitung. Drahtheftköpfe, Drahtheftmaschinen und Sammelhefter von Hohner werden in Druckereien in mehr als 100 Ländern erfolgreich eingesetzt.

Tragen auch Sie in Zukunft zu unserem Erfolg bei. Eine Anstellung bei Hohner bietet die allerbeste Startbasis für einen erfolgreichen Weg in Ihre berufliche Zukunft. Lernen Sie modernste Technik zu beherrschen und erleben Sie, was es heißt, in einem zukunftsorientierten Unternehmen zu arbeiten. Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung.

Hohner Maschinenbau GmbH  
Personalabteilung  
Gänsäcker 19, D-78532 Tuttlingen  
Telefon 0 74 62 / 94 68-0  
www.hohner-postpress.com

**hohner**   
perfection in postpress

## Für beste Verbindungen zueinander.



Besuchen Sie Brugg Cables im Internet. Dort finden Sie Informationen zu Themen von A wie aktuelle Stellenangebote bis Z wie Zubehör für Telekommunikations-, Industrie- und Energiekabel.  
Tel. +41 (0)56 460 33 33,  
Fax +41 (0)56 460 35 36,  
E-Mail: info@brugg.com,  
http://www.brugg.com.

**BRUGG**  **CABLES**  
Well connected.

### ARCHITEKTUR UND GESTALTUNG

#### FORSCHUNGEN ZUR NEUEREN ARCHITEKTURGESCHICHTE

Unter dem Aspekt einer zunehmenden Bedeutung des Bauens im Kräftefeld historischer Bausubstanz für den Architekten von heute, auch aber unter dem Aspekt eines erweiterbaren Spektrums der Architektentätigkeit nach Abschluß des Studiums, werden im Rahmen des Projektes die Grundlagen des architektonischen Wirkens in der Gegenwart untersucht, die aus den verschiedenen Architekturwegen, insbesondere des späten 19. und des 20. Jahrhunderts, hier bis in die fünfziger Jahre hinein, herausgefiltert werden sollen. Diese Forschungen zur Entstehung der modernen Architektur sollen die Notwendigkeit einer engen Verknüpfung verschiedener Disziplinen, etwa die der Bauingenieure, der Denkmalpfleger, der Historiker und der Architekten aufzeigen sowie die Unabdingbarkeit der vertieften Kenntnis neuerer Architekturgeschichte zur Gestaltung einer aktuellen und doch über dem Fluß des Modischen stehenden Architektur, zur Ausbildung einer eigenen, genuinen Formsprache.

Prof. Dr.-Ing. Immo Boyken  
Tel.: +49 (0)7531 206-199  
e-Mail: boyken@htwg-konstanz.de

#### ARCHIV FÜR ARCHITEKTUR- UND BAUINGENIEURWESEN

An der HTWG Konstanz ist ein Archiv für Architektur- und Bauingenieurwesen eingerichtet worden, in dem schwerpunktmäßig - aber nicht ausschließlich - aus der Region Bodensee Materialien zum gegenwärtigen und vergangenen Architektur- und Bauingenieurgeschehen zusammengetragen, bewahrt, dokumentiert und wissenschaftlich aufgearbeitet werden. Das Archiv steht allen an Lehre und Bauforschung Interessierten offen. Seine Aufgabe ist, durch die Ausrichtung auf eine überschaubare Region grössere Flexibilität, Überschaubarkeit und Effektivität zu erreichen sowie die Gemeinsamkeiten der Disziplinen Architektur und Bauingenieurwesen sichtbar werden zu lassen. Der gegenwärtige Bestand - Materialien zur deutschen expressionistischen Architektur, zur 'Stuttgarter Schule' um Paul Bonatz und Paul Schmitthenner, zur Architektur der ersten Jahre nach 1945, zu Eisen- bzw. Stahlbrückenkonstruktionen, eine umfangreiche Gross-Diapositiv-Sammlung mit Originalaufnahmen vorwiegend zur Architektur der zwanziger Jahre sowie Möbel von Egon Eiermann - beruht auf Legaten von privater Hand. Zusammenhängende Plankonvolute führender Architekten liegen vor.

Prof. Dr.-Ing. Immo Boyken  
Tel.: +49 (0)7531 206-199  
e-Mail: boyken@htwg-konstanz.de

### JÜDISCHE JUGEND IN DEUTSCHLAND

Seit 2005 arbeiteten neun Studenten und drei Professoren der Hochschule Konstanz im Studiengang Kommunikationsdesign an dem Ausstellungs-, Publikations- und Dokumentarfilmprojekt »Jüdische Jugend heute in Deutschland«. Anliegen ist, einen bedeutenden, aber weithin unbekanntem Aspekt deutscher Gegenwart darzulegen. Wichtiger Bestandteil der Arbeit sind Begegnungen und Gespräche mit jungen Juden in Deutschland. Diese Gespräche bilden die Grundlage für die Ausstellung und den Dokumentarfilm. Das Stichwort »Begegnung« ist zentral für das gesamte Projekt. Zusätzlich wurden Fakten zur Situation jüdischer Jugendlicher im besonderen und der Juden in Deutschland im allgemeinen recherchiert und aufbereitet. Auch aktuelle Entwicklungen, wie die Zuwanderung osteuropäischer Juden, wurden dabei in den Blick genommen. Im Dezember 2005 konnten die im Rahmen des Projekts entstandenen Fotografien und Interviews im »Deutschen Haus« der New York University präsentiert werden, 2006 in der »Galerie im Turm« in Konstanz, im »Deutsch-Amerikanischen Institut Heidelberg«, gegen Ende des Jahres 2006 im Jüdischen Museum Berlin und 2007 im Jüdischen Museum Frankfurt. 2008 ist die Ausstellung im »Beit Daniel - Center for the Progressive Judaism« in Tel Aviv und im »Jüdischen Museum Franken« in Fürth. Webadresse des Projektes: <http://juedischejugendheute.ag.htwg-konstanz.de>

Prof. Dr. phil. Volker Friedrich  
Tel.: +49 (0)7531 206-659  
e-Mail: fried@htwg-konstanz.de

### KONZEPTION UND REALISIERUNG DES VISUELLEN ERSCHEINUNGSBILDS DER JUBILÄUMSFEIER EINER DRUCKEREI

Im Sommersemester 2007 entwickelten und realisierten 14 Studierende des 6ten Semesters Kommunikationsdesign der HTWG Konstanz, betreut von den Professoren Brian Switzer und Valentin Wormbs sowie dem technisch-künstlerischen Mitarbeiter Phillip Finkbeiner das visuelle Erscheinungsbild der 50-Jahre-Feier der Druckerei Ladegast, einem Spezialisten für Pharmaverpackungen in Reichenau Waldsiedlung. Ausgehend von einem Thornton-Wilder-Zitat »Nur dem Anschein nach ist die Zeit ein Fluß. Sie ist eher eine grenzenlose Landschaft, und was sich bewegt, ist das Auge des Betrachters.« wurden ca. 3500 qm Produktionsfläche in eine Landschaft aus Faltschachteln verwandelt. Im Foyer wurden die 160 wichtigsten Geschäftspartner aus der Pharmabranche von leichten, freitragend installierten, gebogenen Vorhängen aus Schachtelstanzlingen empfangen und auf die Reise durch die Produktionshallen geschickt. Auf dem Weg zum Festsaal in die leergeräumte 10m hohe und 1000 qm große Papierlagerhalle befanden sich ein Kino-Iglu aus Kartons von 6 m Höhe, in dem ein eigens angefertigter Animations-Imagefilm auf drei parallelen

Projektionsflächen zu sehen war, und ein 10m langer Museumstunnel mit beleuchteten Schachtelvitruinen, die die wichtigsten Produkte zeigten. In der Festhalle erwartete die Gäste eine je nach Tageszeit wechselnd farbig beleuchtete Landschaft aus 4000 weissen Verpackungskartons, die wiederverwendbar zu Bäumen, Horizontlinien und Stehtischen ineinander gesteckt waren. In der Mitte der Halle befand sich eine abgehängte Himmelsfläche aus 2000 ebenfalls weissen Schachteln, die zum einen die 1,8 Tonnen schwere Licht- und Tontechnik vor den Blicken verbarg und zum anderen als Projektionsfläche für ein angenehmes, indirektes Licht während der Vorträge und beim Festessen sorgte. Im Anschluss an den Festakt hatten die Gäste Gelegenheit sich vor Ort in den angrenzenden Produktionshallen anhand eines Leitsystems aus großformatigen Infotafeln mit blauen, nummerierten Headlineboxen ein Bild von den 14 wichtigsten Produktionsschritten bei der Herstellung von Faltschachteln zu machen. Ergänzend konnten diese technischen Informationen in einem ungewöhnlich gestalteten und aufwändig illustrierten Booklet gemeinsam mit der ähnlich gestalteten Menukarte mit nach Hause genommen werden. Weitere ca. 10.000 kleine, farbige Schachteln wurden zu zwei jeweils 7m breiten Pixelbildern zusammengefügt, die in Bezug zur Vorführung der hauseigenen Softwareprodukte standen.

Prof. Valentin Wormbs  
Tel.: +49 (0)7531 3659271  
e-Mail: wormbs@htwg-konstanz.de

#### **ENTWICKLUNG EINES TOURISTISCHEN LEIT- UND ORIENTIERUNGSSYSTEMS**

Es wurde ein touristisches Leit- und Orientierungssystem für alle Verkehrsteilnehmer, aber vordringlich Pkws, insbesondere eine Wegeleitsystematik und entsprechende Visualisierungen für die Gemeinde Reichenau entwickelt.

Prof. Brian Switzer  
Tel.: +49 (0)7531 3659273  
e-Mail: switzer@htwg-konstanz.de

#### **BAUINGENIEURWESEN**

##### **AUFBAU EINES DIGITALEN PRODUKTENTSTEHUNGSPROZESSES IN DER PROZESSKETTE PLANUNG, PRODUKTION, HANDEL UND VERKAUF VON KÜCHENMÖBELN – OPTIMAR**

Optimar soll schrittweise durch immersive Virtual Reality die gesamte Prozesskette von der Planung, Konstruktion, Produktion, Handel und den Verkauf ermöglichen. Optimar ist der Aufbau eines digitalen Produktentstehungsprozesses, der nicht nur eine innovative Produktentwicklung sondern die prozessorientierte

Entwicklung, Funktionalität, Kostenreduktion bis hin zum Kundenservice beinhaltet. Gelöst werden soll die Frage, wie aus dem Planungs- und Herstellungsprozess stammende 3D-Daten in der virtuellen Realität nicht nur betrachtet sondern auch verändert werden können. Die VR-Technologie in einer immersiven Umgebung (IVR) wird als neues 3D-Medium eingesetzt. Durch eine intuitive und interaktive Arbeitsweise wird der Benutzer frühzeitig sein Handeln überprüfen und gravierende Fehler in der Planung und der übrigen Prozesskette vermeiden.

Prof. Constantin Boytscheff  
Tel.: +49 (0)7531 206- 619  
e-Mail: boyt@htwg-konstanz.de

#### **FLEXIBLE RAUMZELLE IN KOMPOSITBAUWEISE**

Ausgehend vom vorhandenen und prognostizierten steigenden Bedarf an preiswerten, weitgehend vorgefertigten kleinen Wohneinheiten wird eine Raumzelle entwickelt, deren Anwendungsbereich vom Einzimmerappartement, über Geschoss/Maisonette-Wohnungen, Einfamilienhäuser bis hin zu Bürobauten reicht. Die einzelnen Raumzellen sind als vollständig entkoppelte Module, sowohl horizontal als auch vertikal, addierbar. Es sollen bis maximal sechs Geschosse realisiert werden und sowohl autarke Einzelzellen, als auch offene Raumstrukturen über mehrere Zellen und Geschosse hinweg möglich sein. Auf der Basis theoretischer und wissenschaftlicher Analysen sowie experimenteller Untersuchungen gemeinsam mit der HTWG Konstanz entwickelt die Carl Platz GmbH&Co KG eine neue Kompositbauweise. Innovative Kerne werden neben einer ganzen Reihe von Neuentwicklungen besonders ein neuartiges Stahlbetonteil für Decken und Böden sein, sowie eine neu zu entwickelnde Klebetechnik.

Prof. Dr. Wolfgang Francke  
Tel.: +49 (0)7531 206-217  
e-Mail: francke@htwg-konstanz.de

#### **SELF-PURIFICATION OF SEWERAGE SYSTEMS CAUSED BY VARIATION OF RUNOFF CHARACTERISTICS BY DISCHARGE BRAKES WITH FLUSHING DEVICE**

In combined water sewers sedimentation occurs during dry water flow that causes obstructions of flow. This leads to great transport of high loads into the receiving waters and the sewer treatment plant. At present the sewerage systems have to be cleaned in regular intervals. The existing discharge brake will be remodelled and used instead of these time-consuming and expensive methods. The effects of the discharge brake on sediments in sewage systems have to be analysed but it is expected that it will reduce the amount of sediments on the sewer. Additionally the discharge brake enables the precautionary cleaning of the sewers disregarding

the occurrence of high precipitation. One or several pilot-plants will be developed. The planned research will be implemented at these experimental plants in the laboratory. Brakes arranged in form of a cascade of brakes helps to evaluate the current flow conditions. It has to be analyzed if the existing flow conditions avoid sediments or if intermittent flush wave has to be. If experimental models bring successful results the new technique will be computersimulated (hydraulic and load simulations) and tested in existing sewage systems. If necessary it is possible to change construction details of the brakes at this stage. In a next step practical tests in cities and communities will be carried out which demonstrate the brakes advantages in general use.

Prof. Dr. Werner Lutz  
Tel.: +49 (0)7531 206-218  
e-Mail: wlutz@htwg-konstanz.de

#### **BÜRO-EFFIZIENZ**

Im Projekt wird untersucht, welchen Einfluss bauphysikalische Parameter (Schall, Licht, Wärme, Luftfeuchtigkeit etc.) auf die Arbeitsleistung der Nutzer von Büros haben. Dabei wird die Wechselwirkung der bauphysikalischen Einflussparameter, Arbeitsabläufe und Arbeitsorganisation untersucht.

Prof. Dr. Bernd Jödicke  
Tel.: +49 (0)7531 206-245  
e-Mail: joedicke@htwg-konstanz.de

#### **SPEZIELLE UNTERSUCHUNGEN AN BAUPRODUKTEN**

In diesem Arbeitsbereich sind Prüfaufträge an Bauprodukten zusammengefasst, die nicht im Rahmen der von der Bauaufsicht geforderten Güteüberwachung, sondern im Auftrag im Zusammenhang mit speziellen Baumaßnahmen oder mit der Entwicklung neuer Bauprodukte durchgeführt werden. Beispiele hierfür sind Spezialprüfungen an Styroporblöcken, die bei Dammschüttungen im Straßenbau verwendet werden, Spezialprüfungen an glasfaserverstärkten Betonelementen, an Schalungsankern, Verwahrkästen (Abschalelemente mit Anschlussbewehrung), neu entwickelten Estrichen, Festigkeitsprüfungen an Gewebesclaulaufen, die im Auftrag der Hersteller auf bestimmte Eigenschaften und Eignungen hin untersucht werden sollen. Da es sich hier oft nicht um Standardprüfungen handelt, für die es Prüfnormen gibt, müssen nicht selten geeignete Prüfverfahren entwickelt werden.

Prof. Franz Zahn PhD  
Tel.: +49 (0)7531 206-216  
e-Mail: zahn@htwg-konstanz.de

#### **BADEN-WÜRTTEMBERG & SHANGHAI – PORTAL FÜR WISSENSCHAFT UND WIRTSCHAFT**

Das Centrum für internationale Terminologie und angewandte Linguistik (CiTaL) der HTWG Konstanz wurde von der Landesregierung Baden-Württemberg (MWK und Wirtschaftsministerium) beauftragt, das mit der Shanghai-Regierung vereinbarte F&E-Projekt „Internetportal Baden-Württemberg und Shanghai für Wissenschaft und Wirtschaft“ durchzuführen. Für die Region Shanghai wurde die Zusammenarbeit mit der Shanghai Jiaotong Universität (SJTU) eingerichtet. Auf dem Portal werden Plattformen bereitgestellt für die baden-württembergischen Hochschulen und Forschungsinstitute, sowie für Wirtschaftsorganisationen und Unternehmen. Die Web-Auftritte werden in drei Sprachen – Deutsch, Chinesisch, Englisch – präsentiert. Das Portal dient auch für Serviceangebote und aktuelle Nachrichten. Im Rahmen des Hochschulmarketings soll das BW/Shanghai-Portal den Zugang zu Bildungs- und Forschungsdatenbanken für beide Regionen ermöglichen. Durch die Erstellung von Referenz-Datenbanken in beiden Regionen wird ein multilinguales Suchsystem entwickelt. Eine Erweiterung des Suchsystems für den Wirtschaftsbereich ist vorgesehen. Als Expertenbereich wird eine Human Resources – Datenbank für beide Regionen eingerichtet. Dieses F&E-Projekt soll das Marketing und die Kooperation unter Verwendung modernster Kommunikationstechnologie im Bildungs-, Wissenschafts- und Wirtschaftsbereich unterstützen und fördern.

Prof. Dr. Wolfgang Thomassen  
Tel.: +49 (0)7531 983620  
e-Mail: cital@htwg-konstanz.de  
<http://www.bw-shanghai.de/>

#### **ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK**

##### **BRENNSTOFFZELLENSCHIFF MIT DREHSTROMANTRIEB**

Ein Schiff mit optimiertem Rumpf wird mit Brennstoffzelle (BZ), H<sub>2</sub>-Speicher, PV-Generator und Batterie ausgerüstet. Die Ergänzung der PV durch den regelbaren Energiewandler BZ benötigt eine optimierte Betriebsführung (Energiemanagement) und gestattet damit eine 100%ig sichere Energieversorgung. Eine Funkverbindung zu einem Server an Land erlaubt die Beobachtung und die Beeinflussung der Anlage sowie die Kopplung mit dem Internet. Forschungsthemen umfassen unter anderem: Untersuchung und Anpassung der BZ-Technologie an Wasserfahrzeuge, Optimierung des Energiemanagements („predictive control“), Funkanbindung, Langzeiterprobung, Vergleich mit Landfahrzeugen. Ergänzend wird hierbei das Planungswerkzeug MODES zur technischen und wirtschaftlichen Simulation integrierter Energiesysteme (Strom und Wärme) eingesetzt.



Prof. Dr.-Ing. Christian Schaffrin  
Tel.: +49 (0)7531 206-248  
e-Mail: iaf-ewis@htwg-konstanz.de

#### **SIMULATION**

Validierung und Weiterentwicklung eines Simulationstools zur Prozeßverbesserung.

Prof. Dr. Thomas Birkhölzer  
Tel.: +49 (0)7531 206 239  
e-Mail: birkh@htwg-konstanz.de

#### **HOCHEFFIZIENTE ELEKTRISCHE ENERGIEUMWANDLUNG**

Ziel des Projektes ist die Entwicklung von Verfahren zur Gestaltung hocheffizienter Drosselspulen.

Dr. Alexander Kirjuchin  
Tel.: +49 (0)7531 206-236  
e-Mail: kirjuch@htwg-konstanz.de

#### **HOCHSPANNUNGSPRÜFUNGEN AN SYSTEMEN UND KOMPONENTEN DER ELEKTRISCHEN ENERGIETECHNIK**

Das Projekt befasst sich mit der Ermittlung von Durchschlagsspannungen bei Wechselspannung und Blitzstoßspannung sowie Anwendung zerstörungsfreier Diagnostik.

Prof. Dr. Gunter Voigt  
Tel.: +49 (0)7531 206-112  
e-Mail: gvoigt@htwg-konstanz.de

#### **TEILENTLADUNGSMESSUNG AN MITTELSPANNUNGSKABELN**

An kurzen Kabelstücken als Prüflinge mit serienmäßigen Endverschlüssen bzw. Muffen werden Teilentladungsmessungen bei 0,1 Hz und 50 Hz an realen Fehlern verglichen. Gemessen wird die TE Einsetzspannung, TE Pegel und Phasenverteilung sowie TE Aussetzspannung an ungestörten Kabeln sowie an Prüflingen mit künstlichen Fehlstellen.

Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt  
Tel.: +49 (0)7531 206-510  
e-Mail: gvoigt@htwg-konstanz.de

#### **SOFT-LANDING REGELUNG SCHNELL SCHALTENDER AKTUATOREN**

Schnell schaltende Aktuatoren, z. B. ausgeführt als hydraulische Ventile mit typischen Schaltzeiten kleiner als 2 Millisekunden, erschließen neue Anwendungen im Bereich der hydraulischen Antriebstechnik. Verwendung finden sie zum Beispiel in digital gesteuerten hydraulischen Konvertern oder in der Turbinentechnik, zur Erzeugung geregelter Einspritzverläufe um Resonanzen zu

unterdrücken. Ein weiteres Einsatzfeld schnell schaltender Aktuatoren ist der Automobilbereich, wo für neue Brennverfahren zur Emissionsminderung und Kraftstoffersparnis, flexible Ventilöffnungszeiten mit Hilfe nockenwellenlos gesteuerter Einlass- und Auslassventile erforderlich sind. Aus antriebstechnischer Sicht gibt es im wesentlichen zwei Schwierigkeiten beim Betreiben derartiger Aktuatoren: Die erforderliche, sehr hohe Beschleunigung des Ventilkolbens kann bei elektromagnetischen Aktuatoren nur durch Betreiben des Solenoids mit hohen Spannungen, üblicherweise größer als 100 Volt und entsprechend hohen Strömen erreicht werden, was mit hohen Impulsen elektrischer Leistung, üblicherweise mehrerer Kilowatt über wenige Millisekunden verbunden ist. Eine weitere gravierende Schwierigkeit besteht in der Handhabung der hohen erforderlichen Ventilkolbengeschwindigkeit, welche beim Aufprall des Kolbens auf den Ventilsitz eine entsprechend hohe Kraftwirkung ausübt. Dies führt sowohl zu erheblicher Materialbeanspruchung als auch zu erhöhten, teils unakzeptablen Geräuschemissionen. Diese Problematik ist bis heute nicht zufriedenstellend gelöst und eine Reihe von industriellen Anwendern derartiger Aktuatoren, z.B. aus dem Automobil- und Turbinenbereich, können die Potenziale ihrer Produkte mangels verfügbarer kommerzieller Lösungen im Aktuatoren Bereich nicht in vollem, ansonsten technisch möglichen Umfang ausschöpfen. Um diesen Problemen zu begegnen werden im wesentlichen zwei Ziele verfolgt: (1) Die sensorlose Ermittlung der Kolbenposition und Geschwindigkeit soll unter expliziter Ausnutzung des Dual-Spulen Konzeptes mit Hilfe einer neu zu entwickelnden Beobachterstrategie ermöglicht werden. (2) Für die kontrollierte Bewegung des Stößels soll mit Hilfe des Beobachters eine Trajektorien Folgeregelung entworfen werden, die es ermöglicht, insbesondere die Aufprallgeschwindigkeit des Kolbens signifikant zu vermindern.

Prof. Dr. Johannes Reuter  
Tel.: +49 (0)7531 206 266  
e-Mail: jreuter@htwg-konstanz.de

#### **INFORMATIK**

##### **MIKROFON-DIVERSITÄTSVERFAHREN ZUR VERBESSERUNG DER SPRACHERKENNUNG IN SPRACHBEDIENSYSTEMEN**

Bei der automatischen Spracherkennung werden unter akustisch günstigen Bedingungen bereits hervorragende Erkennungsraten erzielt. Umweltgeräusche wie Fahrgeräusche im Auto oder Windgeräusche im Freien beeinträchtigen die Erkennungsleistung allerdings erheblich. Daher werden in Sprachbediensystemen für das Kfz oder für tragbare Computer Geräuschunterdrückungsverfahren eingesetzt. Solche Verfahren werden auch in Telefonfreisprecheinrichtungen und Hörgeräten benötigt. Im Bereich der tragbaren

Computer werden üblicherweise Geräuschunterdrückungsverfahren verwendet, die mit nur einem Mikrofon auskommen. Diese einkanaligen Verfahren können jedoch instationäre Störungen, z.B. durch andere Sprecher, die die Erkennungsleistung besonders beeinträchtigen, nicht wirkungsvoll unterdrücken. Im Automobil sind Mikrofonarrays mit zwei bis vier Arrays im Einsatz. Solche Beamformer-Anordnungen sind jedoch für den Einsatz mit tragbaren Geräten oder Headsets ungeeignet. Aber auch beim Einsatz im PKW stellen Beamformer noch keine optimale Lösung zur Geräuschreduktion dar. So ist zum Beispiel die erzielbare Störgeräuschunterdrückung stark von der Sitzposition und damit von der Sprechergröße abhängig. Selbst adaptive Mikrofonarrays sind in ihrer Leistungsfähigkeit eingeschränkt, weil das Array in der Regel konzentriert an einer Position eingebaut ist, die wiederum nicht für alle Sitzpositionen optimal ist. Störungen aus der Richtung des Nutzsymbols, z.B. durch Insassen auf der Rückbank, können mit einer üblichen Array-Anordnung nicht unterdrückt werden. Ziel des Forschungsprojektes ist es den Einfluss von Umweltgeräuschen auf Freisprecheinrichtungen und auf die Spracherkennung zu reduzieren. Hierbei steht die Anwendung in eingebetteten Systemen im Vordergrund. Insbesondere soll die Geräuschunterdrückung in Sprachbediensystemen und in Freisprecheinrichtungen im Auto und in tragbaren Computern zum Einsatz kommen. Das entsprechende Geräuschunterdrückungsverfahren muss sich daher durch eine geringe Komplexität auszeichnen. Dennoch muss es in sehr unterschiedlichen Geräuschkulissen einsetzbar sein. Als Lösung wird ein Mikrofon-Diversitätsverfahren untersucht. Dabei werden mindestens zwei Mikrofone so positioniert, dass sie möglichst unterschiedliche Störungen erfahren. So kann zum Beispiel beim Einsatz eines Headsets ein Mikrofon auf jeder Kopfseite positioniert werden. Das Signal für die Spracherkennung wird durch geeignete Kombination der Mikrofon-signale gewonnen. Die Kombination wird im Frequenzbereich durchgeführt. Falls ein Frequenz-Zeit-Punkt eines der Mikrofon-signale stärker gestört ist als der des anderen, wird der bessere Kanal ausgewählt. Sind beide Kanäle ähnlich stark gestört, wird die Information beider Kanäle benutzt, um eine optimale Geräuschunterdrückung zu erreichen.

Prof. Dr. Jürgen Freudenberger  
Tel.: +49 (0)7531 206-647  
e-Mail: jfreuden@htwg-konstanz.de

#### DETEKTION VON STEGANOGRAPHIE IN BILDERN MIT STATISTISCHEN METHODEN

Steganographie ist die Kunst der verborgenen Speicherung oder Übermittlung von Informationen. In Sicherheitskreisen wird vermutet, dass sich sowohl terroristische Organisationen als auch die organisierte Kriminalität dieser Technologie bedienen, um über harmlos erscheinende digitale Bilder unentdeckt zu kommuni-

zieren, oder in Bildern kritische Informationen unauffällig zu speichern. Die Sicherheitsbehörden stehen hier vor einem Problem, denn die heute verfügbaren Verfahren zur Detektion von Steganographie können in Bildern nur die Spuren einer Reihe von älteren Steganographieprogrammen entdecken. Allgemeinere Systeme zur Detektion von Bildmanipulationen mit unbekanntem Steganographieprogrammen (universale Steganalysatoren) wurden bereits in der Literatur beschrieben, sind aber im Vergleich noch relativ unempfindlich. Aus Sicht der Ermittler in den Sicherheitsbehörden kommt erschwerend hinzu, dass für beide Ansätze nur Verfahren bekannt sind, deren Anwendung tiefgehende Spezialkenntnisse in Bildverarbeitung und Statistik erfordern. Die Ziele des Projekts sind (1) die Entwicklung von neuen, wirkungsvolleren Methoden zur Detektion von steganographischen Manipulationen an Bildern, insbesondere solchen Detektionsverfahren, bei denen die Methode der steganographischen Manipulation nicht im Voraus bekannt sein muss; (2) Bereitstellung eines einfach zu bedienenden Programmpakets, mit dem Ermittlungsbeamte steganographische Manipulationen an Bildern erkennen können. Zur Detektion von Steganographie ohne vorherige Kenntnis der Art der Manipulation muss Vorwissen über die statistischen Eigenschaften von unmanipulierten Bildern bereitgestellt werden. Dies geschieht durch statistische Bildmodelle, bei denen aus einer großen Datenbank von unmanipulierten Bildern bestimmte statistische Parameter extrahiert werden, anhand derer sich die typischen Eigenschaften von unmanipulierten Bildern beschreiben lassen. Wird nun eine signifikante Abweichung in diesen Parametern registriert, so liegt der Verdacht auf eine steganographische Manipulation vor. Mit einem kürzlich entwickelten Ansatz des Antragsstellers sind nun neuartige Bildmodelle mit einer kontrollierbaren Nichtlinearität möglich, die eine erheblich größere Aussagekraft besitzen. Diese Modelle sollen an großen Bilddatenbanken trainiert und im Vergleich mit anderen Modellansätzen evaluiert werden. Die Umsetzung in ein direkt einsetzbares System erfordert zusätzlich die Entwicklung von effizienten Verfahren zur Merkmalsextraktion und Klassifikation.

Prof. Dr. Matthias Franz  
Tel.: +49 (0)7531 206-633  
e-Mail: mfranz@htwg-konstanz.de

#### KONVEXE UNTERE SCHRANKENFUNKTIONEN UND IHRE ANWENDUNG IN DER GLOBALEN OPTIMIERUNG

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung neuer konvexer unterer Schrankenfunktionen für Polynome in mehreren Variablen. Diese basieren auf der Entwicklung eines Polynoms in Bernstein-Polynome und werden im Rahmen vorhandener Branch-und-Bound-Verfahren eingesetzt werden um restringierte globale Optimierungsprobleme zu lösen im Fall, dass die funktionalen Zu-

sammenhänge durch Polynome beschrieben werden.

Die mit Hilfe dieser Schrankenfunktionen erhaltenen Ersatzprobleme sind konvex. Schranken für den Approximationsfehler sowie die Frage der Konvergenz der Folge der Näherungslösungen, die das Verfahren liefert, sind weitere Punkte des Arbeitsprogramms. Die Anwendung dieser unteren Schrankenfunktionen wird mittels Taylor-Entwicklung auf beliebige, hinreichend oft differenzierbare Funktionen erweitert werden. Ferner werden alle während der Rechnung auftretenden Rundungsfehler unter Kontrolle gebracht werden, so dass die erhaltenen Schranken auch wirklich garantiert werden können. Die entwickelten Schrankenfunktionen werden in Kombination mit Methoden des interval constraint solving auf das Problem der Parametermenschätzung angewendet. Sie werden ferner eingesetzt werden, um die Lösungen von nichtlinearen Gleichungssystemen einzuschließen.

URL des Projektes: <http://www-home.htwg-konstanz.de/~garloff/>

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff

Tel.: +49 (0)7531 206-597, -627

e-Mail: [garloff@htwg-konstanz.de](mailto:garloff@htwg-konstanz.de)

#### **BERECHNUNGSVERFAHREN MIT VERIFIKATION FÜR FESTIGKEITS- UND STABILITÄTSUNTERSUCHUNGEN VON STABWERKEN**

Im Projekt sollen die folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

1. Risikostudien an vorhandenen Bauwerken: Bei der nachträglichen Tragwerksuntersuchung von Bauwerken sind Materialparameter und geometrische Werte nur in gewissen Schwankungsbereichen bekannt. Mit Hilfe der Intervallrechnung können diese Bereiche in der Rechnung berücksichtigt werden. Die so erhaltenen Ergebnisintervalle vermitteln dem Ingenieur eine klare Vorstellung von Tragverhalten und den vorhandenen Sicherheitsreserven.
2. Qualitätssicherung der numerischen Ergebnisse durch konsequente Erfassung von Rundungs- und Diskretisierungsfehlern bei Anwendung der Finite-Element-Methode: In der Regel geht man davon aus, dass die Rundungsfehler sich nur unwesentlich auf die Ergebnisse der Berechnungen auswirken. Das Gleiche gilt für den Diskretisierungsfehler, mit der die näherungsweise Darstellung von Steifigkeitsmatrizen von Stäben nach der Theorie II-ter Ordnung behaftet ist. Allerdings können die Rundungsfehler, insbesondere bei schlecht konditionierten linearen Gleichungssystemen, wie sie infolge großer Steifigkeitsunterschiede im System auftreten können, zu signifikanten Fehlern führen. Häufig ist auch bei sehr unterschiedlichen Größenverhältnissen die Wirkung des Diskretisierungsfehlers nicht vernachlässigbar. Mit Hilfe der Intervallrechnung sollen nicht nur die Rundungs- sondern auch die Diskretisierungsfehler unter Kontrolle gebracht und damit die Berechnungsergebnisse auch wirklich garantiert werden. Letztendlich wird damit das Risiko von Bauschäden oder gar eines Versagens des Tragwerks verringert.

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff, Prof. Dr. Horst Werkle

Tel.: +49 (0)7531 206-627

e-Mail: [garloff@htwg-konstanz.de](mailto:garloff@htwg-konstanz.de), [werkle@htwg-konstanz.de](mailto:werkle@htwg-konstanz.de)

#### **MASCHINENBAU**

##### **DEMONSTRATION EINER HOCHGENAUEN OPTISCHEN ABSTANDS- UND WINKELMETROLOGIE ZUR DRALLFREIEN LAGEREGLUNG VON SATELLITEN**

In Zusammenarbeit mit der Firma EADS Astrium GmbH, Friedrichshafen, zweier KMU für Software und Elektronik, sowie der Humboldt-Universität zu Berlin und dem Albert-Einstein-Institut Hannover wird ein Forschungsprojekt im Bereich der wissenschaftlichen Raumfahrt durchgeführt. Zukünftige wissenschaftliche Missionen, wie der Gravitationswellendetektor LISA1, sind auf störfreie Satellitenumgebung angewiesen. Beschleunigungsstörungen werden mit sogenannten inertialen Sensoren – frei fliegenden Prüfmassen – gemessen und der Satellit danach in der Lage drallfrei durch Schubantriebe gestellt. Derzeitige Sensoren basieren auf kapazitiven Messungen, welche ihre fundamentalen Grenzen hinsichtlich der Messauflösung erreicht haben. Für zukünftige Missionen ist jedoch eine weitere Steigerung nötig, die mit kapazitiver Messung nicht erreichbar ist. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines neuartigen, kompakten Messsystems, welches den hohen Anforderungen der LISA-Mission gerecht wird. Die Methode der Laserinterferometrie soll zu diesem Zweck untersucht werden und zum Einsatz kommen. Ein laserbasiertes, optisches Messsystem für die höchstgenaue und berührungslose Abstands- und Winkelmetrologie von Prüfmassen inertialer Sensoren zur drallfreien Lageregelung von wissenschaftlichen Satelliten soll entwickelt und getestet werden

Prof. Dr. Claus Braxmaier

Tel.: +49 (0)7531 206-348

e-Mail: [braxmaier@htwg-konstanz.de](mailto:braxmaier@htwg-konstanz.de)

##### **OPTISCHE 3-D-MESS- UND DIGITALISIERUNGSSYSTEME FÜR DEN EINSATZ IM MASCHINENBAU**

Haupt Einsatzgebiet der optischen 3D-Messtechnik und Digitalisierung (Topometrie) an und von Objekten ist die Ist-Zustandsprüfung geometrischer Merkmale, v.a. zur Qualitätssicherung (QS). Beispiele im Maschinenbau sind die großflächige berührungslose Überprüfung von Topografien (z.B. in der Automobilindustrie) oder in der Fertigungsmesstechnik die Digitalisierung von Freiformflächen. Ziel ist dabei der Vergleich der digitalisierten Ist-Daten mit den dazugehörigen CAD-Daten. Darüber hinaus sind Systeme wünschenswert, welche zusätzlich in real-time arbeiten. Mit der Zahl der Anwendungen und der Komplexität der Objektgeomet-

rien steigen auch die Anforderungen an das Messsystem. Hauptanforderungen an 3D-Systeme sind neben erreichbarer Auflösung, großflächige Erfassung, mechanische Stabilität, Robustheit, Störunanfälligkeit (v.a. beim Einsatz im Fertigungsprozess) und kurze Zeiten zur Verarbeitung der generierten Bilder. Die herkömmliche Technik kommerziell erhältlicher Streifenprojektionsmesssysteme reicht dazu oft nicht mehr aus und muss entweder weiterentwickelt oder durch neue Ansätze substituiert werden. In Kooperation mit dem führenden Hersteller von 3D-Scannern, der Firma Breuckmann GmbH, der Humboldt-Universität zu Berlin und weiteren Unternehmen wird ein parallel arbeitender Lösungsansatz, im Speziellen die Optimierung bestehender Projected-Fringe-Technik-Systeme, sowie die Untersuchung von Methoden zur Echtzeiterfassung verfolgt.

Prof. Dr. Claus Braxmaier  
Tel.: +49 (0)7531 206-348  
e-Mail: braxmaier@htwg-konstanz.de

#### **ITeCHSALES - ENTWICKLUNG EINER GESAMTLÖSUNG ZUM EINSATZ VON SALES KONFIGURATOREN IN MITTELSTÄNDISCHEN UNTERNEHMEN**

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind der Motor der Investition und bieten in Europa ca. 65 Millionen Menschen Arbeit. Um so mehr müssen gerade dieser Art von Unternehmen neue Wege hinsichtlich ihrer Expansion geöffnet und so die Schaffung neuer Arbeitsplätze unterstützt werden. Das Ziel des Projektes ist es, die Expansionsfähigkeit von KMU durch neue, effizientere Vertriebswege zu stärken. Dies wird erreicht durch die Entwicklung einer Gesamtlösung, d.h. einer Methode zum Einsatz von Sales Konfiguratoren bei KMU. Für die Methode sind dabei eine angepasste Softwareversion eines Sales Konfigurators und Referenzmodelle für Produktmodellierung sowie optimierte Vertriebsprozesse zu entwickeln. Ein „Sales Konfigurator“ wird dabei verstanden als ein, mit dem Vertrieb entwickeltes kunden- und anwendungsorientiertes Modell relevanter Produkte, abgebildet in einer „Vertriebssoftware“, die es dem Vertrieb erlaubt, direkt beim Kunden - ohne detailliertes technisches Wissen - Anforderungen zu erfassen und daraus auf Basis einer passenden Produktkonfiguration Angebote zu erstellen.

Durch diese Methode könnte für den Mittelstand organisches Wachstum mit weniger Finanzierungs- /Zeitaufwand, höhere vertriebliche Reaktionsfähigkeit (vor allem schnellere und breitere Einführung von Produktinnovationen) und Risiko-Reduzierung bei vertrieblicher Expansion ins Ausland erreicht werden. Das wissenschaftliche Ziel des Projektes ist es, ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse zum Bau von Vertriebskonfiguratoren für den Mittelstand durch Übertragung von Erfahrungen/Technologien aus Einzelfällen in der Großindustrie zu gewinnen und darauf basie-

rend einen empirisch fundierten Beitrag zur Weiterentwicklung des konzeptionellen Rahmens der dynamischen Fähigkeiten („Dynamic Capabilities“) zu leisten. In diesem Sinne strebt das Projekt einen fokussierten wissenschaftliche Beitrag zum besseren Verständnis von Koordinationsmechanismen an der Schnittstelle zwischen Marketing und Vertrieb auf der einen und den technischen Bereichen von Forschung, Entwicklung und Arbeitsplanung auf der anderen Seite an.

Prof. Dr. Guido Baltés  
Tel.: +49 (0)7531 206-310  
e-Mail: baltés@htwg-konstanz.de

#### **COMMUNITY OF PRACTICE FOR STRATEGIC MANAGEMENT ARCHITECTURES**

Die Community of Practice for Strategic Management Architectures hat zum Ziel das Verständnis sowie Methoden und Systeme für dynamisches strategisches Management und Führung substantiell und anwendungsorientiert weiterzuentwickeln. Als geschäfts- und anwendungsorientierte Plattform wird CoPS durch Experten und Organisationen aus Industrie und Wissenschaft finanziell und aktiv unterstützt. CoPS folgt der Zielsetzung die Forschungsergebnisse in der Community der „strategic manager“ zu verbreiten und so eine aktive Austauschplattform für diese zu werden. Zu diesem Zwecke wird die Projektarbeit von CoPS durch die regelmäßige Dialogveranstaltung „Strategic Management Perspectives“ ergänzt.

Prof. Dr. Guido Baltés  
Tel.: +49 (0)7531 206-310  
e-Mail: baltés@htwg-konstanz.de

#### **AUTOMATISCHE GENERIERUNG VON MATHEMATISCHEN MODELLEN IN DER ANTRIEBSTECHNIK, HYPAS**

Verfahren und Software zur rechnergestützten, automatischen Generierung mathematischer Modelle, Analyse und Synthese der hydraulischen und pneumatischen Elemente, Antriebsanlagen und deren komplianten, mechanischen Strukturen.

Prof. Dr. Florin Ionescu  
Tel.: +49 (0)7531 206-289 / -320  
e-Mail: ionescu@htwg-konstanz.de

#### **STABICOR - EINFLUSS ERHÖHTER EINSATZTEMPERATUREN AUF DIE VERSCHLEISS UND KORROSIONSEIGENSCHAFTEN VON RANDGESCHICHTETEN AUSTENITISCHEN STÄHLEN**

Im Forschungsprojekt soll eine werkstoffkundliche Lösung für Bauteile aus nichtrostendem Stahl mit hochfester, verschleiß- und korrosionsbeständiger Oberfläche bei erhöhten Temperaturen gefunden werden. Maschinenbauteile und Anlagenkomponenten

aus den unterschiedlichsten Bereichen sind im betrieblichen Einsatz häufig gleichzeitig einer hohen Korrosions- und Verschleißbeanspruchung ausgesetzt, welche die Lebensdauer der Teile vorzeitig begrenzt. Durch diese Begrenzung der Lebensdauer entstehen enorme privat- und volkswirtschaftliche Verluste und es werden Ressourcen unnötigerweise verbraucht. Daher sind große Anstrengungen zur Entwicklung von Technologien zur Reduzierung des Verschleißangriffes erforderlich, ohne dass dabei die Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe leidet. Die oft verwendete Beschichtung von Werkstoffoberflächen kann bei höheren Temperaturen durchaus kritisch sein, da man schlussendlich einen Verbundkörper aus zwei Werkstoffen mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften herstellt und es damit zu Haftungsproblemen kommen kann. Nichtrostende Stähle stellen für sehr viele Einsatzgebiete insgesamt eine sehr gute und nachhaltige Lösung dar und finden aufgrund ihrer guten Korrosionsbeständigkeit ein breites Einsatzgebiet. Ausgehend von der Nachhaltigkeit des Einsatzes von nichtrostenden Stählen werden diese vermehrt in neuen Anwendungsgebieten wie z.B. in der Automobilindustrie und im allgemeinen Maschinenbau eingesetzt; so stieg beispielsweise die Produktion von Niro Stahl weltweit um 16,8 % in 2006 und erreicht damit einen Anteil von mehr als 25% der gesamten Stahlproduktion. Der guten korrosiven Beständigkeit gegen eine Vielzahl von Chemikalien steht eine nur geringe Verschleißbeständigkeit gegenüber, da diese hochkorrosionsbeständigen austenitischen, ferritischen und/oder Duplexstähle aufgrund des fehlenden Umwandlungsverhaltens nicht härtbar sind. Die mechanischen Eigenschaften der austenitischen nichtrostenden Stähle sind daher gekennzeichnet durch eine nur sehr geringe Härte und Verschleißbeständigkeit unter abrasiven und adhäsiven Beanspruchungsbedingungen sowie eine hohe Neigung zum Kaltverschweißen. Die Härtbarkeit mittels konventioneller thermisch-chemischer Diffusionsverfahren ist eingeschränkt, da durch die Bildung von hochchromhaltigen Ausscheidungen wie Chromnitriden und/oder Chromcarbiden, eine Chromverarmung in der Matrix der randnahen Zone folgt und die Korrosionsbeständigkeit schwächt oder sogar eliminiert. Neue Prozesse in der Wärmebehandlung zielen darauf ab eine Steigerung der Härte und Verbesserung der Verschleißbeständigkeit zu erzielen ohne Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit zu nehmen. Durch Diffusion von Kohlenstoff und/oder Stickstoff kommt es zur Härtesteigerung durch interstitielle Zwangseinlagerung der Fremdatome in der Matrix verbunden mit der Ausbildung von Druckeigenspannungen. Diese Verfahren kommen bisher bei moderaten Anwendungstemperaturen kommerziell zum Einsatz und bieten die Lösung für eine Vielzahl von Anwendungen vornehmlich in der Lebensmitteltechnik und der chemischen Industrie, also Bereichen wo es zu chemisch-tribologischen Anforderungen bei Raumtemperatur kommt. Einer Erweiterung des Einsatzgebietes auf höhere Temperaturen steht die Unkenntnis der thermischen

Stabilität dieser gehärteten Zone entgegen. Es ist auch nicht bekannt ob, bzw. wie sich die Kombination von Grundwerkstoffzusammensetzung und Oberflächenhärtungsverfahren auf die thermische Stabilität der gehärteten Zone auswirkt. Hier soll mit dem Vorhaben eine Klärung herbeigeführt werden, wobei hier auch die neuen, an strategisch kritischen Legierungselementen wie Nickel und Molybdän ärmeren nichtrostenden Stähle in die Untersuchungen mit einbezogen werden sollen.

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel  
Tel.: +49 (0)7531 206-316  
e-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### SCHADENSFALLANALYSEN UND WERKSTOFFTECHNIK

Neben Schadensfallanalysen an metallischen Bauteilen werden Dienstleistungen auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung und Beratungsleistungen in werkstoffkundlichen Fragen erbracht. Daneben werden Problemstellungen der metallverarbeitenden Industrie in Forschungsaufträgen bearbeitet. Speziell für die stahlverarbeitende Industrie kann auf ein breites Erfahrungspotential zurückgegriffen werden. Es können Korrosionsuntersuchungen und Versuche zum tribologischen Verhalten von Werkstoffen durchgeführt werden.

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel  
Tel.: +49 (0)7531 206-316  
e-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### FORMGEDÄCHTNIS-MARKNAGEL ZUR KNOCHENVERLÄNGERUNG

Knochendefekte können beispielsweise durch einen Tumor oder Unfall entstehen. Während der chirurgischen Behandlung dient der Marknagel zur Stabilisierung und ermöglicht bei geeigneter Gestaltung die körpereigene Neubildung von Knochenmaterial. Gegenstand des Projektes ist die Entwicklung eines aktiven Marknagels mit einem Antrieb durch Formgedächtnislegierungen (FGL) zur Knochenverlängerung und Defektüberbrückung entsprechend der Methode nach Betz und Baumgart.

Nach der Knochendurchtrennung wird der Marknagel in die Markhöhle des Röhrenknochens eingeführt und an den beiden Knochenfragmenten fixiert. Durch Hochfrequenz-Energieeinkopplung erfolgt die Erwärmung des Formgedächtniselementes und bewirkt anschließend die Knochenverlängerung. Die Operationswunde wird nach der Implantation wieder vollständig geschlossen, so dass das Infektionsrisiko minimal bleibt. Beim Auseinanderwandern der Knochenfragmente - ca. 1 mm pro Tag - wird Knochenmaterial nachgebildet, welches später die hervorragenden mechanischen Eigenschaften eines Röhrenknochens besitzt. Derzeit im klinischen Einsatz befindliche Marknägel besitzen gegenüber allen bisherigen Lösungen entscheidende Vorteile; jedoch sind ih-

nen sowohl hinsichtlich der Miniaturisierung und Anpassung an die anatomische Gestalt des Röhrenknochens als auch aufgrund der hohen Ausfallwahrscheinlichkeit (kompliziert ausgestaltetes Planetenrollengetriebe mit vielen bewegten Teilen) empfindliche Grenzen gesetzt. Das sehr einfache mechanische Prinzip und die Kompaktheit des Formgedächtnismarknagels ist daher besonders vorteilhaft für Anwendungen am Unterschenkel sowie an der oberen Extremität und hat den zusätzlichen Vorteil der Kostenersparnis und der erhöhten Betriebssicherheit.

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel  
Tel.: +49 (0)7531 206-316  
e-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### **SCHNELLSCHALTENDE AKTOREN FÜR ADAPTIVE SICHERHEITSSYSTEME IM KRAFTFAHRZEUGBAU**

Gegenstand des Projektes ist die werkstoffkundliche Entwicklung eines adaptiven Sicherheitssystems mit Formgedächtnislegierungen zum Einsatz in Kraftfahrzeugen. Durch die spontane Umwandlung der FGL beim Überschreiten einer kritischen Temperatur können sehr schnell und funktions sicher Linearbewegungen ausgeführt werden. Das Problem der Langzeitstabilität des Formgedächtniseffektes soll in diesem Forschungsvorhaben betrachtet werden. Hierzu werden Auslagerungsversuche sowohl die Auswirkungen von Ausscheidungen als auch die metallkundlichen Hintergründe für die Entstehung der Ausscheidungen betrachtet. Durch die Kenntnis der ablaufenden Vorgänge sollte es möglich sein, Legierungen einzusetzen, die die erforderliche Langzeitstabilität aufweisen. In einem weiteren Projektschritt werden Schnell erwärmungssysteme entwickelt und erprobt, die es ermöglichen, mit den vorhandenen Bordstromnetzen eine schnellstmögliche und sichere Erwärmung der FGL-Elemente zu gewährleisten.

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel  
Tel.: +49 (0)7531 206-316  
e-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### **PRÜFSTANDSENTWICKLUNG UND OPTIMIERUNG DER TRIBOLOGISCHEN EIGENSCHAFTEN BEI MAGNETISCHEN KURZHUBIGEN LINEARANTRIEBEN**

Der Einsatz von kurzhubigen magnetischen Linearantrieben wird auch in Zukunft ständig zunehmen. Deshalb ist es notwendig durch innovative Weiterentwicklung und Optimierung der Produkte die Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer zu steigern und somit die globale Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens weiter zu entwickeln. Gegenstand dieses Forschungsvorhabens ist die Untersuchung von Materialpaarungen und Schichtsystemen auf deren individuelles Reibungs- und Verschleißverhalten. Dazu soll ein Prüfstand entwickelt werden, mit dessen Hilfe es möglich

ist, das tribologische System von kurzhubigen, magnetischen Linearantrieben möglichst einfach abzubilden. In einem weiteren Projektschritt soll der bestehende Prüfstand so erweitert werden, dass das zu untersuchende tribologische System eines kurzhubigen, magnetischen Linearantriebs möglichst realistisch abgebildet werden kann.

Während des Forschungsprojektes sollen unterschiedliche Materialpaarungen und Schichtsysteme in den einzelnen Entwicklungsstufen des Prüfstandes auf dessen Reibungs- und Verschleißverhalten untersucht werden. Die daraus gewonnenen Ergebnisse sollen verwendet werden, um die Reibung in den untersuchten Systemen zu minimieren und somit die Produktqualität zu verbessern.

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel  
Tel.: +49 (0)7531 206-316, -579  
e-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### **KORRAGO - KORROSIONSV ERHALTEN VON METALLISCHEN OBERFLÄCHEN BEI ABGASBEANSPRUCHUNG**

Entwicklung einer geeigneten Prüfmethode für die Bestimmung des Korrosionsverhaltens von metallischen Oberflächen bei einer simulierten Abgasbeanspruchung.

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel  
Tel.: +49 (0)7531 206-316  
e-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### **FORMULA-STUDENT-RENNWAGEN**

Ziel des Projektes ist die Konstruktion und der Bau eines Rennwagens nach einer Ausschreibung der „Society of Automotive Engineering“ und dem Reglement der „Formula Student“. Das Bodensee-Racing-Team baut einen Monocoque-Rennwagen mit Duplex-Stahlrahmen und GFK-Chassis.

Prof. Dr. Peter Kuchar  
Tel.: +49 (0)7531 206-321  
e-Mail: kuchar@htwg-konstanz.de  
<http://www.brt-konstanz.de>

#### **ANLAGEN- UND VERFAHRENTWICKLUNG ZUR SCHONENDEN UND ENERGIEEFFIZIENTEN PRODUKTION GETROCKNETER, BIOLOGISCHER GÜTER**

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur Trocknung empfindlicher biologischer Güter. Dieses, vor allem für die Herstellung von Trockenfrüchten einsetzbare Verfahren, soll im Gegensatz zum Stand der Technik, erstmals die Temperatur des Trocknungsgutes als Führungsgröße nutzen und somit so effizient als möglich bei geringstmöglichen Qualitätsveränderungen wäh-



## Die Villa am See

Konzentrierte Arbeitsatmosphäre in traumhafter Umgebung direkt am Ufer des Bodensees:  
Diese einzigartige Kombination bietet das Seminar- und Tagungszentrum „Villa Rheinburg“ in Konstanz.

Fünf Argumente, die für das Seminar- und Tagungszentrum „Villa Rheinburg“ sprechen:

- Einmaliges historisches Ambiente
- Moderne Infrastruktur
- Attraktive Incentives und Outdoorprogramme als Ergänzung zu Ihrer Veranstaltung
- Professionelle Beratung durch erfahrenes Team
- Konstanz - die reizvolle Landschaft an Bodensee und Rhein - im Dreiländereck Deutschland, Österreich und Schweiz

Sie sind herzlich eingeladen, sich selbst ein Bild von der besonderen Atmosphäre unseres Seminar- und Tagungszentrums zu machen. Nach einem Rundgang durch Haus und Garten können wir bei einer Tasse „Rheinburger Kaffee“ Ihre Wünsche und Vorstellungen besprechen und konkret ein Angebot für Ihre Veranstaltung ausarbeiten.

## in traumhafter Umgebung

Das Seminar- und Tagungszentrum „Villa Rheinburg“ vereint unter seinem Dach die beiden Institute für wissenschaftliche Weiterbildung an der HTWG Konstanz – Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung: die TAK – Technische Akademie Konstanz gGmbH und die LCBS – Lake Constance Business School GmbH.



Seminar- und Tagungszentrum  
„Villa Rheinburg“  
Reichenauer Strasse 1  
78467 Konstanz  
[www.villa-rheinburg.de](http://www.villa-rheinburg.de)

Leiterin Seminar- und Tagungszentrum „Villa Rheinburg“  
Susanne Schneiders MBA  
Tel. +49 (0)7531 / 206 144  
Fax +49 (0)7531 / 206 87 144  
[schneiders@htwg-konstanz.de](mailto:schneiders@htwg-konstanz.de)

rend des Trocknungsprozesses arbeiten. Dadurch sollen sowohl Nachhaltigkeitseffekte durch die effizientere Energieausnutzung als auch signifikante Qualitätsverbesserungen erzielt werden.

Prof. Dr. Werner Hofacker  
Tel.: +49 (0)7531 206- 593  
e-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

#### **ENERGIEKETTE BRENNSTOFFZELLE**

Eine Energiewandlungskette Photovoltaikanlage - Elektrolyseur – Wasserstoffverdichter, Wasserstoffspeicher – Brennstoffzelle nebst einer Überströmeinrichtung zu einem brennstoffzellengetriebenem Boot wird ausgelegt, installiert und behördlich abgenommen.

Prof. Dr.-Ing. Udo Schelling  
Tel.: +49 (0)1531 206-304  
e-Mail: schell@htwg-konstanz.de

#### **LABORUNTERSUCHUNGEN ZUR KRAFTSTOFFQUALITÄT AN EINEM RAPSÖL-BHKW**

In Kooperation mit der Firma Sener-Tec GmbH, dem Technologie- und Förderzentrum Straubing sowie dem Lehrstuhl für Technologie Biogener Rohstoffe der TU München wird der Einfluss verschiedener Rapsölkraftstoffkomponenten auf das Betriebs- und Emissionsverhalten eines Rapsöl-Blockheizkraftwerkes (BHKW) untersucht. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf den durch Kraftstoffkomponenten verursachten Ablagerungen an innermotorischen Bauteilen und Abgasnachbehandlungskomponenten (Rußfilter).

Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner  
Tel.: +49 (0)7531 206-307  
e-Mail: schreiner@htwg-konstanz.de

#### **ONLINE-ERKENNUNG VON MOTORSCHÄDLICHER ABLAGERUNGSBILDUNG**

Ein Problem von Rapsöl ist, dass es bei schlechter Qualität zu Ablagerungen in Verbrennungsmotoren und nachfolgend zu Schäden am Motor führen kann. Durch die vom DIN UA 632.2 unter Federführung des TFZ in Straubing entwickelte DIN-Vornorm 51605 wurde ein wichtiger Schritt unternommen, um die physikalisch-chemischen Eigenschaften von Rapsöl-Kraftstoffen so festzulegen, dass Schäden ausgeschlossen werden können. Diese Grenzwerte der Vornorm müssen jedoch noch durch umfangreiche motorische Untersuchungen untermauert werden, um insbesondere den Einfluss bestimmter Elementgehalte von Rapsöl besser kennen zu lernen.

Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner  
Tel.: +49 (0) 7531 206- 307  
e-Mail: schreiner@htwg-konstanz.de

#### **VERFAHREN ZUM MONITORING DER BIOLOGISCHEN BELASTUNG IN DER TIERHALTUNG**

Es wird ein neuartiges Verfahren zum Monitoring biologischer Belastungen in der Tierhaltung entwickelt. Der Lösungsansatz basiert auf der Erfassung von biologischen, pyrogenen (fieberinduzierenden) Schadstoffen in der Stallluft bei ausgewählten Nutztierarten (Schwerpunkt: Schweine, Hühner). Ziel ist es, erstmals ein geeignetes Messverfahren für die Tierhaltung bereitzustellen und somit eine Verbesserung und Überwachung der Lebensbedingungen von Tieren in der Massentierhaltung zu ermöglichen.

Prof. Dr. Dieter Schwechten  
Tel.: +49 (0) 7531 206-535  
e-Mail: schwecht@htwg-konstanz.de

#### **WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN**

##### **PRODUCTIVITY IN THE EUROPEAN UNION: A COMPARATIVE INDUSTRY APPROACH (EU KLEMS)**

This project aims to create a database on measures of economic growth, productivity, employment creation, capital formation and technological change at the industry level for all European Union member states from 1970 onwards. This work will provide an important input to policy evaluation, in particular for the assessment of the goals concerning competitiveness and economic growth potential as established by the Lisbon and Barcelona summit goals. The database should facilitate the sustainable production of high quality statistics using the methodologies of national accounts and input-output analysis. The input measures will include various categories of capital, labour, energy, material and service inputs. Productivity measures will be developed, in particular with growth accounting techniques. Several measures on knowledge creation will also be constructed. Substantial methodological and data research on these measures will be carried out to improve international comparability. There will be ample attention for the development of a flexible database structure, and for the progressive implementation of the database in official statistics over the course of the project. The database will be used for analytical and policy-related purposes, in particular by studying the relationship between skill formation, technological progress and innovation on the one hand, and productivity, on the other. To facilitate this type of analysis a link will also be sought with existing micro (firm level) databases. The balance in academic, statistical and policy input in this project is realised by the participation of 15 organisations from across the EU, representing a mix of academic institutions and national economic policy research institutes and with the support from various statistical offices and the OECD.



Prof. Dr. Jörg Beutel  
Tel.: +49 (0)7531 206-251  
e-Mail: beutel@htwg-konstanz.de

#### **WEB.MBA - ENTWICKLUNG VON FERNSTUDIENMODULEN FÜR DEUTSCH- UND ENGLISCHSPRACHIGE MBA-STUDIENGÄNGE**

Das Projekt wird internetgerecht didaktisierte Inhalte für Lehrveranstaltungen in drei MBA entwickeln und für den Einsatz auf einer virtuellen Lernplattform medialisieren. Für fünf Lehrveranstaltungen in den berufsbegleitenden Masterstudiengängen Internationales Management Asien, Human Capital Management und Accounting and Corporate Finance werden Inhalte entwickelt und auf einer virtuellen Lernplattform dargestellt. Diese mediale Vermittlungsform bietet den Teilnehmern der berufsbegleitenden Aufbaustudiengänge den Vorteil einer teilweisen zeitlichen und räumlichen Unabhängigkeit. Das vom baden-württembergischen Wissenschaftsministerium geförderte Projekt dauert von 2001 bis 2006. Zu den Inhalten zählen einerseits englischsprachige Veranstaltungen über „Interkulturelles Management“ und „Interkulturelles Marketing“, andererseits Kurse in Wirtschaftsentenglisch. Sie sollen die Internationalität der vermittelten Qualifizierung erhöhen. Es sollen extensive Online-Lehrveranstaltungen entstehen, deren Form die effektive und effiziente Vermittlung der Lerninhalte sowie Diskurs- und Feedbackmechanismen ermöglichen, die in den Präsenzphasen etablierte „Wissensgemeinschaft“ unterstützt und ergänzt, und ein Maximum an zeitlicher Flexibilität für die Teilnehmer gewährleistet. Dafür wird ein Konzept für eine Ressourcen-basierte Lernumgebung entwickelt, die eine Reihe von internetgerechten Vermittlungs- und Kommunikationsformen beinhaltet. Wesentlicher Bestandteil des Projekts ist die Erstellung von digitalisierten Lerninhalten zu den Lehrveranstaltungen in Form von Hypertext und die Entwicklung anderer Lernressourcen in medial angemessener Form, zum Beispiel Audio-Sequenzen mit Experteninterviews und Vortragsausschnitten, Graphiken, Animation und kommentierten Internet-Verknüpfungen zu anderen frei verfügbaren Wissensbeständen. Synchron und asynchrone Kommunikationswerkzeuge, etwa Audio-Konferenzen, Whiteboarding und Foren, werden in das didaktische Gesamtkonzept angemessen integriert. Plattform für die zu entwickelnde Lernumgebung ist die vom Projektleiter mitentwickelte Delta Intercultural Academy ([www.dialogin.com](http://www.dialogin.com)), eine virtuelle ‚knowledge and learning community‘ zum Thema ‚Interkulturelle Wirtschafts- und Managementkommunikation‘.

URL des Projektes: <http://www.fhk-mba.de>

Prof. Peter Franklin  
Tel.: +49 (0)7531 206-396  
e-Mail: franklin@htwg-konstanz.de

#### **WORKING WITH CANADA AND FRANCE: EFFEKTIVE INTERKULTURELLE MANAGEMENTKOMMUNIKATION UND -KOOPERATION**

Bei diesem Projekt handelt es sich um eine Untersuchung zur Managementkommunikation auf den höchsten Führungsebenen zwischen einem nordamerikanischen Konzern und einer deutschen Tochtergesellschaft und zwischen derselben deutschen Firma und einer französischen Schwestergesellschaft. Es werden Daten über die Sprache, Form, Medium, Funktion und Schwierigkeiten aus deutscher Sicht der erlebten Kommunikation erhoben und auf dieser Grundlage werden Konzepte zur Optimierung der Kommunikation und Kooperation entwickelt und in Form von Personal- und Organisationsentwicklungsmaßnahmen umgesetzt.

Prof. Peter Franklin  
Tel.: +49 (0)7531 206-396  
e-Mail: franklin@htwg-konstanz.de

#### **ENTWICKLUNG UND IMPLEMENTIERUNG VON PRÜFUNGEN DER VORKENNTNISSE AUSLÄNDISCHER STUDIENBEWERBER AN FACHHOCHSCHULEN BADEN-WÜRTTEMBERGS**

In enger Kooperation mit den Fachhochschulen Baden-Württembergs werden aussagekräftige Prüfungen der Vorkenntnisse entwickelt und erprobt. Die Prüfungen sollen vom Ausländerstudienkolleg der Fachhochschulen in Baden-Württemberg an der Fachhochschule Konstanz durchgeführt werden. Das Projekt umfasst die Entwicklung der Prüfungen und des Informationsmaterials für die Studienbewerber, die Implementierung an den Fachhochschulen in Baden-Württemberg sowie die Entwicklung eines Kurscurriculums.

Prof. Christian Krekeler  
Tel.: +49 (0)7531 206-395  
e-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

#### **UNTERSUCHUNG DER EIGNUNG VON STAKEHOLDER-MANAGEMENT UND NETZWERKGOVERNANCE ZUR REDUZIERUNG INSTITUTIONELLER DEFIZITE DER GLOBALISIERUNG (CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY - CSR)**

Gegenstand der Forschungsinitiative ist die Frage, welchen Beitrag Organisationen der Wirtschaft bei der Lösung gesellschaftlicher Aufgaben, die auf der Schnittstelle von Politik und Wirtschaft angesiedelt sind, leisten können und sollen. Diese Diskussion wird heute in Europa unter dem Stichwort „Corporate Social Responsibility“ (CSR) geführt. Dabei wird insbesondere die Rolle der Unternehmen in interorganisationalen Netzwerken thematisiert. Ziel des Forschungsvorhabens ist es zu untersuchen, inwieweit und in welcher Hinsicht das neue Phänomen der Netzwerk-governance eine sachlich geeignete und moralisch glaubwürdige Organisationsform ist, das institutionelle Defizit der Globalisierung zu füllen.

Prof. Dr. habil. Josef Wieland  
Tel.: +49 (0)7531 206-404  
e-Mail: wieland@htwg-konstanz.de

#### **ERARBEITUNG EINES INTERNATIONALEN ISO-STANDARDS SOCIAL RESPONSIBILITY**

Im Projekt wird ein ISO-Standard erarbeitet, der es allen Arten von Organisationen in allen Ländern der Welt möglich machen soll, Prozesse der Wahrnehmung sozialer und ökologischer Verantwortung in den jeweiligen Gesellschaften zu implementieren und zu leben.

Prof. Dr. habil. Josef Wieland  
Tel.: +49 (0)7531 206-404  
e-Mail: wieland@htwg-konstanz.de  
www.kiem.htwg-konstanz.de

#### **WISSENSGOVERNANCE UND INNOVATIONSMANAGEMENT**

Innovationen bei Produkten und Dienstleistungen basieren in der Regel primär aus wissensbasierten und wissensgesteuerten Transaktionen. Die Aktivierung dieser Wissensressourcen kann nur mittels geeigneter wertesensibler Governancestrukturen gelingen, da anderenfalls die impliziten Wissensbestände beim individuellen Akteur als dem Eigentümer des Wissens verbleiben und in Innovationsprozessen einer Ökonomisierung nicht zugänglich gemacht werden können. Beschreibung bzw. Entwicklung eines Innovationsmanagements und eines Wissensmanagements, die mittels governanceethischer Steuerung die Attrahierung und Aktivierung individueller und organisationaler impliziter Wissensbestände zur Generierung innovativer Güter und Dienstleistungen prozessieren können. Dabei werden folgende Fragestellungen untersucht: Auf welchen ökonomischen und organisationstheoretischen Annahmen kann ein moralsensitives Wissens- und Innovationsmanagement basieren; In welcher Weise kann die bisher enggeführte Diskussion über das Wissens- und Innovationsmanagement eines Unternehmens einer governanceethischen Steuerung zugänglich gemacht werden, so dass die Aktivierung des wettbewerbsnotwendigen Wissens gelingen kann und global marktfähige innovative Güter und Dienstleistungstransaktionen entstehen; Was ist unter dem Begriff der Organisationskultur zu verstehen, wie wirkt dieser in Organisationen hinein und über die Grenzen der Organisation hinaus, so dass die Attrahierung und Aktivierung des notwendigen Wissens für innovative Prozesse ermöglicht wird; Wie kann ein solches Wissens- und Innovationsmanagement-Konzept in diesem Zusammenhang als ein anwendbares Instrumentarium bzw. als organisationale Anreiz- und Steuerungskultur für die Unternehmenspraxis aussehen?

Webadresse des Projektes: <http://www.kiem.htwg-konstanz.de>

Prof. Dr. habil. Josef Wieland  
Tel.: +49 (0)7531 206-404  
e-Mail: wieland@htwg-konstanz.de

#### **DIE KULTURELLE GOVERNANCE VON INNOVATIONSNETZWERKEN**

Das vorrangige Ziel des Forschungsvorhabens besteht darin, die bislang enggeführte Diskussion über die individuelle und organisationale Kognitionsforschung, die Bildung von erfolgreichen Innovationsnetzwerken und die dazu erforderlichen organisationalen und kulturellen Governanceformen zusammenzuführen und zu integrieren. Innovationen sind in modernen Gesellschaften immer weniger ein Produkt einzelner Individuen oder Organisationen, sondern vielmehr ein Produkt organisierter Kooperation von Individuen und Organisationen in Netzwerken. Im Rahmen des Forschungsprojektes sollen, basierend auf der theoretischen und empirischen Analyse der Mechanismen struktureller Kopplung von Kognition und Innovation in einer von kultureller Diversivität gekennzeichneten Umwelt, effiziente Formen kultureller Governance kollaborativer Partnerschaften in Netzwerken erarbeitet werden.

Webadresse des Projektes: <http://www.kiem.htwg-konstanz.de>

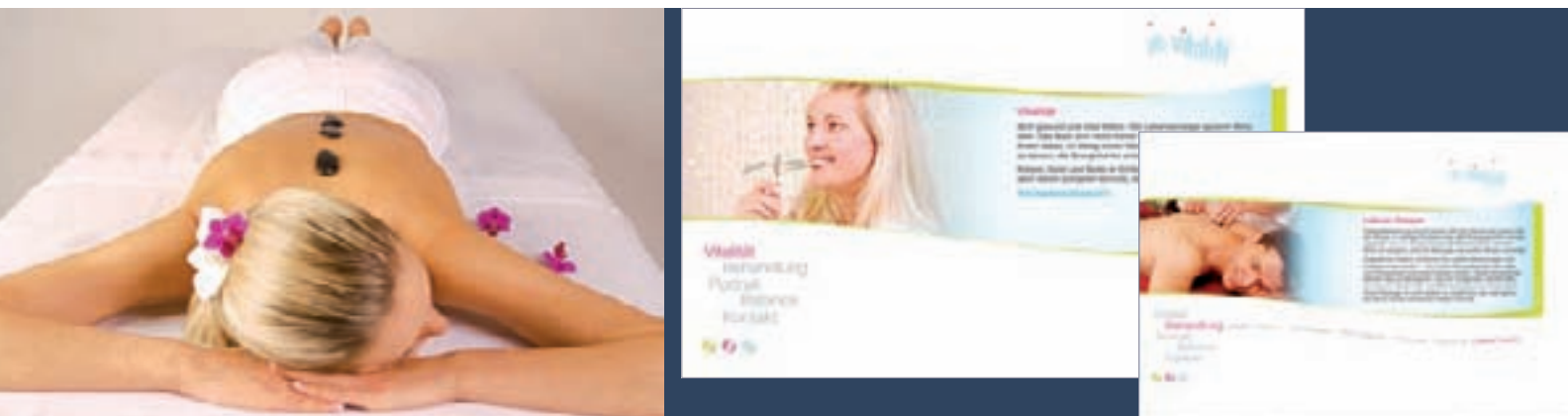
Prof. Dr. habil. Josef Wieland  
Tel.: +49 (0)7531 206-404  
e-Mail: wieland@htwg-konstanz.de



Corporate Identity: b+p baurealisation ag Zürich



Kultur Evolution: Städtische Wessenberg-Galerie Konstanz



Screen Show: InVitality Naturheilpraxis Volkertshausen



ZF sollte drin sein.  
Denn mit unserer innovativen  
Antriebs- und Fahrwerktechnik  
fahren Sie spürbar besser.



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

An moderne Autos werden ständig höhere Anforderungen gestellt. Unsere Ingenieure nehmen die Herausforderung an. ZF entwickelt neue Produkte, die allen Ansprüchen gerecht werden: 6-Gang-Automatgetriebe, manuelle und automatisierte 6-Gang-Schaltgetriebe, Doppelkupplungsgetriebe, variable Dämpfungssysteme wie CDC®, Aktive Wankstabilisierung ARS, Fahrwerkkomponenten und komplette Achssysteme und Lenksysteme wie Servotronic®, Servoletric® und Aktivlenkung.

Antriebs- und Fahrwerktechnik

