

forum



# forum

Das Forschungsmagazin der Fachhochschule Konstanz

Architektur

Informatik

Technik

Wirtschaft

ISSN 1611-3748

Ausgabe 2003/2004



**Fachhochschule Konstanz**  
Hochschule für Technik,  
Wirtschaft und Gestaltung  
University of Applied Sciences



# 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 über 4.500 Mitarbeitern in fünf deutschen Städten erzielen wir einen Umsatz von ca. 1,7 Mrd. Euro.

Lust auf mehr NIROSTA®?

Bewerben Sie sich für unsere Studienförderung, Praktika, Projektarbeiten oder Diplomarbeiten.

## **ThyssenKrupp Nirosta GmbH**

Personalentwicklung

Julia Fahrni

Oberschlesienstr. 16, 47807 Krefeld

Tel. 02151/83-2841

## **ThyssenKrupp Nirosta**

Ein Unternehmen von ThyssenKrupp Stainless



ThyssenKrupp

## Technik

### Rasche Analyse der Lichtstärke 36 Verteilung [RALV]

von Prof. Dr. Bernd Jödicke,  
Dipl.-Ing. [FH] Falko Elsässer MSc  
und Dipl.-Ing. [FH] Martin Merkler

## Fachhochschule Konstanz

### Vorwort 5

von Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel

### Neues in Forschung und 6

Entwicklung an der  
Fachhochschule Konstanz

von Prof. Dr.-Ing. Horst Werkle

### Studiengänge an der 10

Fachhochschule Konstanz

### Experten der Fachhochschule 11

Konstanz - ein Auszug

## Architektur

### Über die Raumkonzeptionen bei 19 islamischen Moscheen

von Prof. Cengiz Dicleli

### Karl Bernhard 21

"Es muss das Künstlerische  
das Technische vollkommen  
durchdringen."

von Prof. Cengiz Dicleli

### Über die Unwirtlichkeit 25 und die Behaglichkeit tropischer Architekturformen

von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Lauber

## Informatik

### Eine Internet-Mitfahrzentrale als 30 Beispiel für die effiziente Realisierung von Webanwendungen aus Web-Komponenten

von Prof. Dr. Hans Albrecht Schmid  
und Bertram Dieterich

### Engineering Desktop 43

Anwendungen in der Tragwerk-  
planung auf der Grundlage  
der COM-Technologie

von Prof. Dr.-Ing. Horst Werkle  
und Prof. Dr. Hartmut Pleßke

### Simulation für Automatisierungs- 47 systeme

von Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Fromm  
und Dipl.-Ing. [BA]  
Christian Dillmann MSc

### Modellierung von Energie- 51 systemen:

Das Software-Werkzeug MODES  
von Prof. Dr.-Ing. Christian Schaffrin

### zafh.net 53

Das neue Forschungszentrum für  
Nachhaltige Energietechnik

von Prof. Dr.-Ing. Christian Schaffrin

### Zuverlässige elektrische 56 Energieversorgung:

Diagnose von Kabeln durch  
Teilentladungsmessung

von Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt,  
Dipl.-Ing. [FH] Dirk Blum  
und Dipl.-Ing. [FH] Thekla Wolf

### Simulation des Korrosions- 59 verhaltens von nichtrostenden Stählen in PKW-Abgasanlagen

von Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel,  
Dr. rer.nat. Norbert Arlt  
und Dipl.-Ing. [FH] Daniel Schiller

### Schnellschaltende Aktoren aus 65 Formgedächtnislegierungen

von Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel und  
Dipl.-Ing. [FH] Stefan Gläser MSc

### Motorgetriebenes Freizeit-Mobil 70 für Straße, Schnee und Wasser

von Prof. Dr.-Ing. Peter Kuchar

### Biodiesel und Sportschiffahrt in 72 der Euregio Bodensee

von Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner

## Wirtschaft

### Zum hochschulübergreifenden 78

Einsatz von telematisch gesteuerten  
Experimenten und multimedialen  
Übungen via Internet

von Prof. Anneliese Fearns

### Zur Wirkung korporativer 81

Werteprogramme - Empirische  
Ergebnisse einer Längsstudie

von Prof. Dr. habil. Josef Wieland  
und Dipl.-Betriebswirt [FH]  
Michael Fürst

## Fachhochschule Konstanz

### Projekte 89

### Vorschau 98

## Impressum

### Herausgeber:

Fachhochschule Konstanz - Hochschule für Technik,  
Wirtschaft und Gestaltung, Prorektor für Forschung &  
Entwicklung, Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel [v.i.S.d.LPrG.]  
www.fh-konstanz.de, @Fachhochschule Konstanz

### Redaktion:

Dipl.-Ing. [FH] Andreas Burger, Referent für Forschung  
& Entwicklung; Dipl.-Volksw. Sibylle Mühleisen

### Fotos:

Archiv, privat

### Anschrift:

fhk-forum, Fachhochschule Konstanz,  
Brauneggerstraße 55, D-78462 Konstanz,  
Tel. +49 [0]7531 206-325,  
Fax +49 [0]7531 206-436

### 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-78467 Konstanz  
gedruckte Auflage: 5.000 Exemplare  
ISSN 1619-9812, Ausgabe 2003/2004  
Internetausgabe: ISSN 1611-3748

ALTANA Pharma

# Innovation – Unsere Orientierung.

## **Bessere Therapien**

ALTANA Pharma ist eine internationale Firmengruppe, die sich auf die Forschung, Herstellung und den Vertrieb hochwirksamer Medikamente spezialisiert hat.

Einen neuen Wirkstoff zu finden, dauert oft Jahre. Bis daraus ein Medikament wird, nochmals. Und häufig ist der Erfolg vorab ungewiss. Trotzdem forschen wir für Sie und investieren rund 20 % unserer Erlöse in die Pharmaforschung, um Ärzten und Patienten auch in Zukunft mit neuen, wirksamen Arzneimitteln helfen zu können.

**ALTANA Pharma**  
Therapeutika, Imaging,  
Selbstmedikation (OTC)



ALTANA Pharma AG  
Konstanz

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

# Vorwort

von Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel, Prorektor für Forschung und Entwicklung

Forschung an Fachhochschulen gewinnt zunehmend an Bedeutung, sie stellt neben der Lehre und der Weiterbildung die dritte wesentliche Grundaufgabe der Fachhochschulen dar. Abgesehen von der Festlegung als Dienstaufgabe für die Fachhochschulen, zeigt sich weiterhin, dass die Qualität der Ausbildung ohne Forschungs- und Entwicklungstätigkeit in Frage gestellt ist. Im Wesentlichen ist es die Aktualität sowie die Praxisbezogenheit, aber auch die Wissenschaftlichkeit, die durch die Durchführung von Forschungsarbeiten an den Fachhochschulen gesichert wird.

An der Fachhochschule Konstanz werden eine Vielzahl von Projekten und Programmen in der angewandten Forschung, dem Technologietransfer und in der Weiterbildung durchgeführt. Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der Fachhochschule Konstanz sind durch die gleiche Vielfalt gekennzeichnet, die auch das Ausbildungsspektrum unserer Hochschule auszeichnet. Mit der vorliegenden neuen Ausgabe unseres Forschungsmagazins möchten wir Ihnen einen Überblick über die aktuellen Forschungsaktivitäten an unserer Hochschule bieten. Hierzu erhalten Sie eine Auswahl von Zwischen- oder Abschlussberichten aus laufenden Projekten, sowie einen Überblick über die an unserer Hochschule vorhandenen Kapazitäten. Die Auswahl an aktuellen Forschungsprojekten zeigt gleichzeitig die Bandbreite der öffentlichen und privaten Förderung von Forschungsprojekten an der Fachhochschule Konstanz: neben öffentlich geförderten Forschungsprojekten, die beispielsweise durch die Forschungsförderung des Landes Baden-Württemberg aber auch des Bundes oder der EU stattfindet, belegt insbesondere der erfolgreiche Schulterschluss der Hochschule mit der regionalen Wirtschaft in den drittmit-

telgeförderten Forschungsprogrammen, dass sich gerade die mittelständische Industrie mit der Bewältigung von Problemen der anwendungsorientierten Fragestellungen beschäftigt.

Die Forschung an der Fachhochschule Konstanz ist praxisnah, berufsqualifizierend und orientiert sich an konkreten Berufsfeldern und Problemen der Praxis. Neben den Vorgaben durch die gesetzlichen und wissenschaftspolitischen Rahmenbedingungen, hat die Hochschule selbst die notwendigen Bedingungen geschaffen, unter denen Forschung ausgeübt werden kann. Hier ist an erster Stelle das Institut für Angewandte Forschung zu nennen, unter dessen Dach die hier präsentierten Forschungsarbeiten überwiegend durchgeführt wurden.

Sie können versichert sein, dass an der Fachhochschule Konstanz auch in Zukunft alle Anstrengungen entfaltet werden, um eine noch bessere Nutzung und systematische Stärkung der Forschungspotentiale an dieser Hochschule zu erreichen. Es wird auch weiterhin die Entwicklung neuer Wege für die effektive Distribution und Nutzung des an der Hochschule vorhandenen Wissens, insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen, erprobt und durchgeführt werden. Hierzu ist insbesondere mit dem aktuellen Struktur- und Entwicklungsplan die Vorgehensweise für die Jahre 2002 bis 2006 festgeschrieben. Ein wesentliches Merkmal dieser Struktur- und Entwicklungsplanung ist die nachhaltige Stärkung der Forschung, die bis hin zur Einführung von forschungsbasierten Studienangeboten in der Form eines Master by Research gehen soll. Die Forschung an der Fachhochschule Konstanz dient der Stärkung unseres Profils, der Entwicklung der regionalen Industriestruktur, den Kooperationspartnern der Fachhochschule Kon-

stanz und – last but not least – unseren Studierenden. Informieren Sie sich in diesem Magazin über die Leistungsfähigkeit und das Forschungsprofil der Fachhochschule Konstanz; entdecken und nutzen Sie die Möglichkeiten, die wir Ihnen bieten.

# Neues in Forschung und Entwicklung an der Fachhochschule Konstanz

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

## Forschung und Entwicklung an der Fachhochschule Konstanz

Forschung und Entwicklung sind originäre Aufgaben einer Hochschule. Die Fachhochschule Konstanz zählt zu den im Bereich der Forschung besonders erfolgreichen Fachhochschulen in Baden-Württemberg. So steht sie etwa bei den Drittmittelumsätzen an dritter Stelle aller Fachhochschulen des Landes. Die gesamten Drittmiteleinnahmen der Fachhochschulen betragen 2002 12.456.000 Euro. Wesentliche Anteile der Forschungsförderung in Baden-Württemberg kommen aus Landes- und Bundesmitteln (Abb. 1) und mit zunehmendem Anteil auch aus EU-Mitteln. Der Industrieanteil ist bei einem Anteil von 12% noch ausbaufähig. Hier bestehen insbesondere im Hinblick auf das Profil der Fachhochschulforschung, die durch ihren Anwendungsbezug charakterisiert ist, vielfältige Möglichkeiten [1].

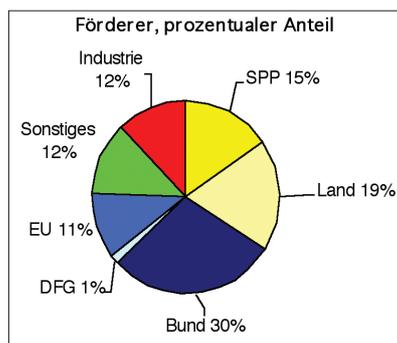


Abb. 1: Anteile der F&E-Umsätze der Fachhochschulen Baden-Württembergs nach [2]

Forschung und Entwicklung liegt in der Zuständigkeit des Prorektors Forschung. Die Durchführung von Projekten erfolgt organisatorisch im Institut für Angewandte Forschung. Daneben wird auch in den Fachbereichen Forschung in Form von Einzelprojekten durchgeführt.

## Institut für Angewandte Forschung [IAF]

Das IAF bildet das institutionelle Dach der Forschung an der Fachhochschule Konstanz. In ihm werden F&E-Projekte akquiriert und durchgeführt sowie organisatorische und konzeptionelle Fragen zu Themen der Forschung beraten und entschieden. Es besteht derzeit aus den Schwerpunkten

- Werkstoffe und Umwelt,
- Ingenieurinformatik/Angewandte Softwaretechnologien,
- Multifunktionale Kommunikation,
- Energiewandlung in Solarsystemen,
- Empirische Wirtschaftsforschung,
- Architektur und Gestaltung,
- Mechatronik.

Mitglieder des IAF können sowohl wissenschaftliche Institute sowie Professoren und Professorinnen sein, die hauptamtlich forschen. Derzeit hat das IAF 27 Mitglieder. Im Institut arbeiten ca. 20 wissenschaftliche Angestellte sowie einige Gastwissenschaftler und Stipendiaten. Die Drittmiteleinkünfte des IAF betragen im Jahr 2002 1.550.000 Euro [Abb. 2].

Das Jahr 2002 war durch eine Reihe organisatorischer Veränderungen gekennzeichnet. So wurde die Satzung des IAF novelliert [3]. Mit den erweiterten Aufgaben der Leitung ist nun der Wissenschaftliche Direktor betraut. Dieser vertritt das IAF. Ihm obliegen Entscheidungsbefugnisse in Haushalts-, Wirtschafts- und Personalangelegenheiten sowie die Sicherstellung guter wissenschaftlicher Praxis. Die Mitglieder des IAF bilden die Mitgliederversammlung, die über Fragen der Forschung und Entwicklung sowie des Technologietransfers entscheidet. Institutionelle Mitglieder wurden die bisher neben dem IAF bestehenden Forschungsinstitute der Fachhochschule, das Centrum für internationale Terminologie und angewandte Linguistik [CiTaL], sowie das Konstanz Institut für WerteManagement [KleM]. Die beiden Institute sind bei der Mitgliederversammlung mit jeweils einer eigenen Stimme vertreten. Eine wesentliche Unterstützung des operativen Geschäfts des IAF bildet das Forschungsreferat der Fachhochschule.

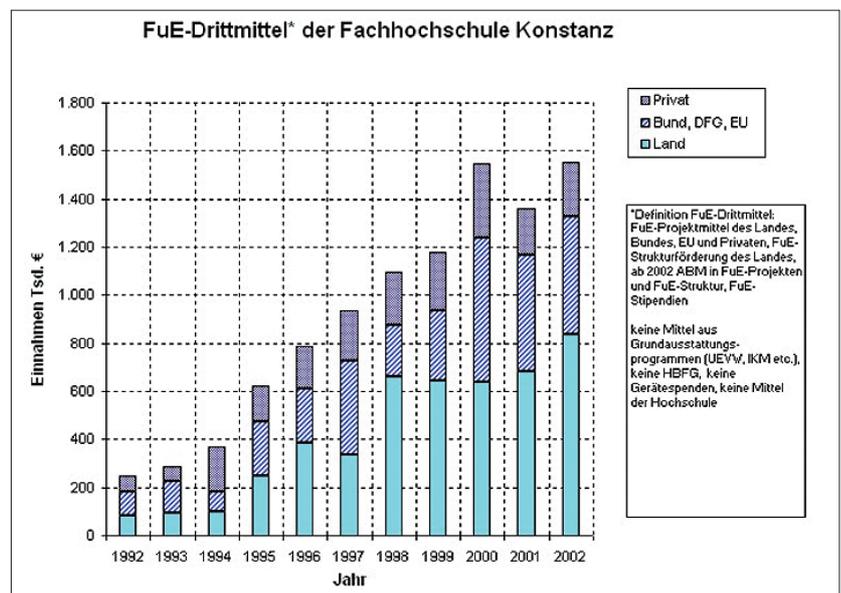


Abb. 2: F&E-Drittmittelumsätze der Fachhochschule Konstanz



Abb. 3: IAF-Logo

Neu ist auch das Erscheinungsbild des IAF. Als Identifikationselement wurde ein Logo für das IAF entworfen [Abb. 3]. Das IAF-Logo ist ein konstruiertes Ideogramm, das sich vom Punkt über Linien zu einem lesbaren Zeichen entwickelt. Die Entwicklung steht für den Forschungsprozess, bei dem die Ergebnisse immer deutlicher werden. Der Kommunikation über aktuelle Entwicklungen im IAF dienen der neu gestaltete Internetauftritt des IAF [<http://www.iaf.fh-konstanz.de>] sowie der neu angebrachte Schaukasten im Hauptgebäude der Fachhochschule. Die Veröffentlichung der Berichte des IAF als Schriftenreihe ist geplant.

Im Sommersemester 2003 werden vom IAF erstmalig sogenannte "Kleine Forschungsprojekte" vergeben. Diese dienen zur Finanzierung inhaltlich eng begrenzter, aber personalintensiver Forschungsaufgaben, die ohne eine Förderung nicht durchgeführt werden könnten. Ziel aus der Sicht des IAF ist es, mit begrenzten aber interessanten Fragestellungen der Forschung und Entwicklung das Forschungspotential des IAF deutlich zu machen und damit auch größere Forschungsprojekte zu initialisieren.

#### Forschung und Lehre

Die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung ist Teil des Auftrags der Fachhochschule. Das IAF trägt zu einem hohen Qualitätsstandard der Lehre bei, indem neueste Forschungsergebnisse in die Studieninhalte einfließen. Es steht Studierenden aber auch direkt für die Durchführung von Praktika zur Verfügung und bietet im Zusammenhang mit F&E-Projekten interessante und anspruchsvolle Diplom-, Bachelor- und Masterarbeiten an.

Im Hinblick auf die "Bologna-Erklärung" der europäischen Wissenschaftsminister werden zukünftig alle Studiengänge an der Fachhochschule Kon-

stanz auf das gestufte System der Bachelor- und Masterabschlüsse umgestellt. Während ein Bachelor-Studium stark anwendungsorientiert ist, sollen in den Masterstudiengängen vertieft die wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden eines Fachs vermittelt werden. Immer wieder wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, im Masterstudium wissenschaftlich-analytisches Denken zu fördern. So heißt es in der von der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder und von der Ständigen Konferenz der Innenminister und -senatoren der Länder verabschiedeten Vereinbarung über den "Zugang zu den Laufbahnen des höheren Dienstes durch Masterabschluss an Fachhochschulen" [4]:

"Das [Master-]Studium muss daher im Wesentlichen von folgenden Elementen und Kriterien geprägt sein:

- Vermittlung der Befähigung zu wissenschaftlicher Arbeit und Methodik dieses Faches,
- Vermittlung von theoretisch-analytischen Fähigkeiten,
- Herausbildung intellektueller und sozialer Kompetenzen durch
  - Vermittlung von abstraktem, analytischem, über den Einzelfall hinausgehendem und vernetztem Denken,
  - Vermittlung der Fähigkeit, sich schnell und methodisch in Neues, Unbekanntes einzuarbeiten,
  - Förderung von Selbstständigkeit, Offenheit, Pluralität,
  - Förderung von Kommunikationsfähigkeit."

Gerade diese Fähigkeiten werden durch Forschungsarbeiten gefördert. Die in diesem Sinne neu eingeführten und zukünftig noch einzuführenden Masterstudiengänge lassen die Forschung an Fachhochschulen als unabdingbar erscheinen. Hierbei sollten insbesondere Master-Studierende in Forschungsprojekte mit eingebunden werden.

#### Zukunftsplanung

Die Zukunftsplanung der Fachhochschule Konstanz wurde im Jahr 2002 erstmalig in einem Struktur- und Ent-

wicklungsplan für die Jahre 2002 bis 2006 dargestellt. Im Bereich der angewandten Forschung und Entwicklung werden weitreichende Ziele definiert. So wird eine Steigerung des Drittmitteleumsatzes um jährlich 10% angestrebt. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen die Forschungsinfrastruktur der Fachhochschule im Ausmaß des Wachstums ausgebaut und neue Anreizsysteme eingerichtet werden.

Mit großem hochschulpolitischem Gewicht hat sich der Wissenschaftsrat [WR] vor kurzem zur Entwicklung der Fachhochschulen geäußert [5]. Er hält "eine weitere Stärkung von anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung an Fachhochschulen für eine wesentliche Aufgabe der Hochschulpolitik". In diesem Sinne heißt es in [5]: "Attraktivität und Status des Professorenamtes an Fachhochschulen müssen ... nachhaltig erhöht werden. Hierzu können insbesondere gute Forschungsmöglichkeiten, eine flexible Reduzierung der Lehrbelastung und eine konkurrenzfähige Besoldung beitragen." Zur Verbesserung der Drittmittelfähigkeit spricht sich der Wissenschaftsrat dafür aus, den bislang gültigen engen Projektrahmen für anwendungsbezogene Forschung und Entwicklung in Richtung auf eine längerfristige Forschungsförderung auszudehnen und die Grundausrüstung an Fachhochschulen anzuheben. Hierzu hält der WR künftig vermehrt die Beschäftigung wissenschaftlicher Mitarbeiter mit mittelfristig angelegten Beschäftigungsverhältnissen für erforderlich. Diese sollen Aufgaben in der angewandten Forschung wahrnehmen und zusätzlich die Möglichkeit erhalten, über Lehraufträge Qualifikationen in der Lehre zu erwerben. Als Mitarbeiter sollen insbesondere Personen eingesetzt werden, die sich durch Teilnahme an Master- oder Promotionsprogrammen weiterqualifizieren. Als Ziel hält der WR eine Relation von drei Professoren zu einem Mitarbeiter für sinnvoll. Die Rolle und Eigenverantwortung der Hochschule in der Forschungsfinanzierung sollen gestärkt werden. Forschungsmittel sollen im Rahmen von bei der Hochschulleitung angesiedel-

ten Mittelpools für die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung profil- und leistungsbezogen durch die Hochschule selbst vergeben werden. Weiterhin empfiehlt der Wissenschaftsrat auch kontinuierlich angelegte Forschungsk Kooperationen, sogenannte Public Private Partnerships, von Fachhochschulen mit der Wirtschaft.

Auch in der derzeitigen Situation leerer öffentlicher Kassen gelten diese Gesichtspunkte der Zukunftsplanung der Hochschule. Es handelt sich um strukturelle Maßnahmen, deren Umsetzung zwar unter Umständen kurzzeitig aufgeschoben, nicht aber vernachlässigt werden darf, wenn eine nachhaltige Stärkung des Innovations- und Wirtschaftsstandortes Deutschland nicht gefährdet werden soll.

#### Literatur

- [1] Gümpel Paul, Andreas Burger, Forschung und Entwicklung an der Fachhochschule Konstanz, fhk-forum, Fachhochschule Konstanz, Ausgabe 2, 2002 [in: [http://www.forschung.fh-konstanz.de/inhalte/Projekte/Berichte/fb\\_fhk\\_forum\\_2002.pdf](http://www.forschung.fh-konstanz.de/inhalte/Projekte/Berichte/fb_fhk_forum_2002.pdf)]
- [2] Thum R., Rundbrief 02/03 der Koordinierungsstelle Forschung und Entwicklung für die Fachhochschulen Baden-Württembergs, Fachhochschule Mannheim, März 2003
- [3] Satzung über das "Institut für Angewandte Forschung" vom 19. Juli 2002, Fachhochschule Konstanz, 2002 [[http://www.iaf.fh-konstanz.de/inhalte/Satzung/Satzung\\_VBO\\_IAF\\_02-06-11.pdf](http://www.iaf.fh-konstanz.de/inhalte/Satzung/Satzung_VBO_IAF_02-06-11.pdf)]
- [4] Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Zugang zu den Laufbahnen des höheren Dienstes durch Masterabschluss an Fachhochschulen, 24.5.2002, <http://www.kmk.org/doc/publ/laufbahn.pdf>
- [5] Empfehlungen zur Entwicklung der Fachhochschulen, Wissenschaftsrat, Drs. 5102/02, Berlin, 2002 [<http://www.wissenschaftsrat.de/texte/5102-02.pdf>]

### Das IAF der Fachhochschule Konstanz als Kooperationspartner in der Industrieforschung

#### Auftragsforschung

Kleinere Forschungs- und Entwicklungsaufträge werden im Auftrag eines Unternehmens an der Fachhochschule durchgeführt. Beispiele sind Gutachten, Machbarkeitsstudien oder Materialuntersuchungen. Bei umfangreicheren Aufträgen wird ein Forschungs- und Entwicklungsvertrag zwischen der Hochschule und dem Unternehmen geschlossen.

#### Kooperationsvereinbarung

Wenn ein Unternehmen und die Hochschule eine langfristig angelegte Kooperation anstreben, die über mehrere Jahre dauert, wird eine Kooperationsvereinbarung abgeschlossen. Kooperationsvereinbarungen sind dann sinnvoll, wenn das konkret gewünschte Ergebnis noch nicht bekannt ist, wenn ein Unternehmen an der aktuellen technisch-wissenschaftlichen Entwicklung aktiv teilhaben will oder wenn Personal aus dem Unternehmen zeitweise in einem Labor der Hochschule mitarbeiten soll.

#### Forschungsauftrag mit öffentlichen Mitteln

Förderprogramme des Landes, des Bundes oder der Europäischen Gemeinschaft können im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsantrages eines Unternehmens mit der Hochschule genutzt werden. Diese Art der Finanzierung ist für risikoreiche Forschungsprojekte geeignet, die ein Unternehmen nicht selbst finanzieren kann oder die es wegen des Risikos ohne Förderung nicht durchführen würde. Eine Selbstbeteiligung der Unternehmen an den Gesamtkosten eines öffentlich geförderten Forschungsprojekts ist in der Regel erforderlich.

#### Kooperation in einem Forschungsprojekt der Hochschule

Forschungsprojekte mit eigenen Themenstellungen werden von Professoren und Professorinnen der Hochschule durchgeführt. Die Finanzierung erfolgt über Forschungsförde-

ungsprogramme öffentlicher und privater Institutionen. Die Einbindung von Unternehmen ist sowohl von den Förderinstitutionen wie auch von den Wissenschaftlern gewünscht und kann in unterschiedlicher Tiefe erfolgen.

#### Forschungsverbünde

Branchenübergreifende und internationale Verbünde zwischen einer Vielzahl von Unternehmen, Hochschulen und sonstigen Forschungseinrichtungen werden dann gebildet, wenn ein entsprechend umfangreiches Forschungsvorhaben bearbeitet werden soll. Sie werden über Mittel der Europäischen Union oder des Bundesministeriums für Bildung und Forschung finanziert. Forschungsverbünde innerhalb Baden-Württembergs können von der Landesstiftung gefördert werden.

#### Spenden

Unternehmen, Institutionen und Privatpersonen können Geld- und Materialspenden an die Hochschule richten. Spenden können zur freien Verfügung oder zweckgebunden gegeben werden. Mit zweckgebundenen Spenden können Unternehmen die Entwicklungsrichtung der Hochschule beeinflussen. Dies kann geschehen durch Geldspenden, Spende von Laborgeräten und die Einrichtung von Stiftungsprofessuren.

#### Kontakt

##### Prorektor für Forschung

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel  
Tel.: +49 [0]7531 206-112  
e-Mail: [guempel@fh-konstanz.de](mailto:guempel@fh-konstanz.de)

##### Wissenschaftlicher Direktor des IAF

Prof. Dr.-Ing. Horst Werkle  
Tel. +49 [0]7531 206-164  
e-Mail: [werkle@fh-konstanz.de](mailto:werkle@fh-konstanz.de)  
Website IAF: [www.iaf.fh-konstanz.de](http://www.iaf.fh-konstanz.de)

##### Zentralstelle Forschung, Weiterbildung und Öffentlichkeitsarbeit [ZFW]

Referat Forschung und Entwicklung  
Dipl.-Ing. [FH] Andreas Burger  
Tel.: +49 [0]7531 206-325  
Fax: +49 [0]7531 206-436  
e-mail: [burger@fh-konstanz.de](mailto:burger@fh-konstanz.de)  
Postfach 10 05 43  
D - 78405 Konstanz  
Website Forschung: [www.forschung.fh-konstanz.de](http://www.forschung.fh-konstanz.de)



## Ein günstiger Weg, Farbe aufs Papier zu bringen.

### Ein anderer.



Wenn Sie mit Ihren Geschäftsausdrucken den allerbesten Eindruck hinterlassen wollen, dann brauchen Sie Farbe. Erfreulicherweise entstehen bei den neuen HP Druckern der Business Inkjet 3000 Serie die niedrigsten Kosten pro Farbseite, die HP Ihnen jemals bieten konnte. Sie sind mit vier separaten, außergewöhnlich ergiebigen Tintenpatronen ausgestattet, sodass Sie immer nur die Farbe austauschen müssen, die gerade zu Ende ist – und sie verfügen über ein LCD-Display, das Sie blitzschnell darüber informiert, welche Tintenstände zur Neige gehen.

Jetzt ist Farbe nicht nur kosteneffizient, sondern Sie können sie auch in Ihrem gesamten Netzwerk nutzen. Mit einer Geschwindigkeit, die Sie von einem Laserdrucker erwarten würden. Also, packen Sie's an. Und heben Sie die Buntstifte für die Kinder auf.

#### HP Business Inkjet 3000 Serie

- Niedrigste Kosten pro Farbseite bei HP
- Laserdrucker-Geschwindigkeit\*\*: bis zu 8 S./Min. Farbe, 14 S./Min. s/w
- Fügt sich in Ihr Netzwerk ein wie ein HP LaserJet Drucker
- Bis zu 1.000 Blatt Standard-Input-Kapazität (dtn-Modell)

ab EUR 1.149,-\*

Weitere Informationen unter **018 05-70 50 40**  
(12 Cent pro Minute)

oder [www.hp.com/de/bij3000](http://www.hp.com/de/bij3000)



# Studienangebot

## Diplom-Studiengänge

- Angewandte Weltwirtschaftssprachen / Chinesisch
- Angewandte Weltwirtschaftssprachen / Indonesisch
- Architektur
- Bauingenieurwesen
- Betriebswirtschaftslehre
- Elektrotechnik und Informationstechnik
- Kommunikationsdesign
- Maschinenbau / Betriebs- und Fertigungstechnik
- Maschinenbau / Konstruktion und Entwicklung
- Maschinenbau / Verfahrenstechnik und Umwelttechnik
- Software-Engineering
- Technische Informatik
- Wirtschaftsinformatik

## Bachelor-Studiengänge

- Bauingenieurwesen
- Maschinenbau / Betriebs- und Fertigungstechnik
- Projekt-Ingenieur Elektro- und Informationstechnik
- Wirtschaftsingenieurwesen [Bau]
- Wirtschaftsingenieurwesen [Maschinenbau]

## Master-Studiengänge

- Architektur [Konstruktion und Management]
- Ingenieurbau [Konstruktion, Wasser und Verkehr]
- Business Information Technology
- Communication Systems Engineering
- Mechanical Engineering and International Sales Management
- Mechatronik
- Business Administration in Human Capital Management
- Business Administration in Accounting and Corporate Finance

## ► **Das NonPlusUltra...**

**AKO DIEHL**Controls

... **unter den Steuerungseinheiten ist unbestritten das menschliche Gehirn.**

Dieses geniale Wunderwerk der Natur ist Vorbild bei der Entwicklung unserer Steuerungssysteme.

Über 50 Jahre Erfahrung und Innovation haben AKO Diehl Controls zum Marktführer von Steuerungssystemen für die „Weiße Ware“ werden lassen.

Unsere „Gehirne“ steuern weltweit viele Millionen Waschmaschinen, Wäschetrockner und Geschirrspüler, Herde sowie Kühl- und Gefriergeräte.



**Diehl AKO Stiftung & Co. KG**  
 Pfannerstraße 75 · D-88239 Wangen im Allgäu  
 Tel. +49 (75 22) 73-0 · Fax +49 (75 22) 73-2 50  
 info@diehlako.de · www.diehlako.de

# Experten

Auszug aus den Expertenprofilen nach jeweils eigenen Angaben

## Architektur und Gestaltung

### Prof. Peter Andermatt

Lehrgebiete: Grundlagen der Gestaltung, freies Zeichnen, Illustration  
Forschungsgebiete: spezielle Illustrationsmethoden  
Spezielles Fachwissen: Corporate Design, Plakatgestaltung, Buchgestaltung  
Tel.: +49 [0]7531 50103

### Prof. Dr. 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@fh-konstanz.de

### Prof. Constantin Boytscheff

Lehrgebiete: Digitale Medien, Architekturdarstellung  
Forschungsgebiete: Einsatz des Computers für die Planung, Integration von Umweltgesichtspunkten in die Planungstools, Erforschung und Entwick-

lung 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@fh-konstanz.de

### Prof. Cengiz Dicleli

Lehrgebiete: Tragkonstruktionen  
Forschungsgebiete: Geschichte des Ingenieurbaus  
Spezielles Fachwissen: Tragwerksentwurf  
Tel.: +49 [0]7531 206-180  
e-Mail: dicleli@fh-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@fh-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@fh-konstanz.de

### Prof. Horst Teppert

Lehrgebiete: Entwerfen und Baukonstruktion  
Forschungsgebiete: Entwurfskonzepte für alle Gebäudetypologien, Konstruktion und Detail, Realisierung von Bauten  
Spezielles Fachwissen: Kommunale Bauten [Schulen, Rathäuser, Bürgerhäuser, Frei- und Hallenbäder, Kirchliche Bauten], Bauten für die Industrie [Verwaltungsbauten und gewerbliche Bauten]  
Tel.: +49 [0]7531 206-195  
e-Mail: teppert@fh-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 nicht lineare 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, Nicht lineare Berech-

nungen [Gesamtstabilität, Biegedrillknicken, Plattenbeulen], Transiente Einwirkungen  
Tel.: +49 [0]7531 206-217  
e-Mail: francke@fh-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 Bau-recht einschl. Genehmigungsverfah-

ren, Raumplanung, Hydraulik  
Tel.: +49 [0]7531 206-219  
e-Mail: hirschma@fh-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@fh-konstanz.de

## Bauingenieurwesen

**Prof. Dr. Klaus-Peter Meßmer**

Lehrgebiete: Technische Mechanik, Baustatik

Forschungsgebiete: Nichtlineare Berechnung von Platten- und Schalenträgerwerken

Spezielles Fachwissen: Nichtlineare Berechnung von Platten- und Schalenträgerwerken

Tel.: +49 [0]7531 206-207, -212

e-Mail: messmerk@fh-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

**Prof. Dieter Vormstein**

Lehrgebiete: Mathematik für Elektrotechniker, Wirtschaftsmathematik, Physik

Forschungsgebiete: Mathematik für Ausländer

Tel.: +49 [0]7531 206-356, -360

e-Mail: vormstein@fh-konstanz.de

**Prof. Dr. Horst Werkle**

Lehrgebiete: Baustatik und Baudynamik, Bauinformatik

Forschungsgebiete: Finite-Element-Methode, Bauinformatik [Ingenieur-Informatik]

Spezielles Fachwissen: Finite-Element-Berechnungen, Baudynamische Berechnungen, Softwareentwicklung/CAD

Tel.: +49 [0]7531 206-164

e-Mail: werkle@fh-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@fh-konstanz.de

**Prof. Eberhart Zoller**

Lehrgebiete: Baubetrieb, Bauvertragswesen, Kalkulation, Projektsteuerung

Forschungsgebiete: Schalungssysteme im Baubetrieb, Patent zur 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@fh-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@fh-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@fh-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@fh-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 Signalverarbeitungskomponenten von Funksystemen und von Radarsystemen

Tel.: +49 [0]7531 206-260

e-Mail: wkl@fh-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@fh-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@fh-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: Solarelektisch 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@fh-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@fh-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

e-Mail: gvoigt@fh-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@fh-konstanz.de

**Prof. Dr. Roland Weischedel**

Lehrgebiete: Regelungstechnik, Sensoren und Aktoren

Spezielles Fachwissen: Analyse, Identifikation und Simulation dynamischer Systeme, Fuzzy-Regelung

Tel.: +49 [0]7531 206-266

e-Mail: weischedel@fh-konstanz.de

**Prof. Dr. Werner Wolff**

Lehrgebiete: Grundlagen der Elektrotechnik, Übertragungstechnik, Datenübertragung, Optische Nachrichtensysteme

Tel.: +49 [0]7531 206-270

e-Mail: wolff@fh-konstanz.de

# Informatik

## Prof. Dr. Oliver Bittel

Lehrgebiete: Programmiertechnik, 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@fh-konstanz.de



## Prof. Dr. Heiko von Drachenfels

Lehrgebiete: Software-Entwicklung, Programmiertechnik [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@fh-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@fh-konstanz.de

## Prof. Dr. Michael Grütz

Lehrgebiete: Betriebliche Systemanalyse / Systemplanung, Betriebliche Systemforschung / Operations Research / Logistik, Informationssysteme öffentlicher Betriebe [Krankenhaus-Informationssysteme] basierend auf einem Plan-spiel, 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@fh-konstanz.de

## Prof. Dr. Klaus Hager

Lehrgebiete: Software-Entwicklung

Spezielles Fachwissen: Objektorientiertes Programmieren mit C++

Tel.: +49 [0]7531 206-150

e-Mail: hager@fh-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@fh-konstanz.de

## Prof. Dr. Eduard Klein

Lehrgebiete: Softwareentwicklung, objektorientierte Software, Internet-Software, C++/Java/PHP, Internet-Datenbanken

Forschungsgebiete: Visualisierung von Programmstrukturen, E-Learning  
Spezielles Fachwissen: Kommerzielle Softwareentwicklung, Data Warehousing, Business Intelligence

Tel.: +49 [0]7531 206-512

e-Mail: klein@fh-konstanz.de

## Prof. Dr. Ralf Leibscher

Lehrgebiete: Rechner- und Systemarchitektur, Betriebssysteme, Rechner-netze, 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@fh-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 [PPS]

Tel.: +49 [0]7531 206-509

e-Mail: martin@fh-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@fh-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@fh-konstanz.de

**Prof. Dr. Gert Voland**

Lehrgebiete: Digitaltechnik, Digitale Schaltungsentwicklung, Elektronik, ASIC -Designmethodik

Forschungsgebiete: Designmethodik digitaler, analoger und gemischter integrierter Schaltungen

Spezielles Fachwissen: Entwurf FPGA basierter Schaltungen, Entwurf integrierter Schaltungen, Simulationssoftware für digitale, analoge und gemischte Systeme; Hochsprachen basierte Design Flows; Co-Autor: Handbuch der Electronic Design Automation, Hanser, 2001

Tel.: +49 [0]7531 206-644

e-Mail: voland@fh-konstanz.de

**Prof. Dr.-Ing. Bernd Widmann**

Lehrgebiete: Kommunikationsnetze und Kommunikationsprotokolle, Nachrichtentechnik, Technikgrundlagen

Forschungsgebiete: Auslegung von Netzen [Network Engineering]

Spezielles Fachwissen: Entwicklung von Gateways und Routern für Multimedia-Kommunikation, Auslegung von Sprach- und Datennetzen, Netze für Internet-Access

Tel.: +49 [0]7531-206 647

e-Mail: bernd.widmann@fh-konstanz.de

## Maschinenbau

**Prof. Dr. Helmut Altmann**

Lehrgebiete: Kinematik, Kinetik, Schwingungslehre, Höhere Mechanik, FEM, Regelungstechnik

Forschungsgebiete: Auslegung von Regelkreisen für elektrische Antriebe, Simulation dynamischer Systeme

Spezielles Fachwissen: Flugregelung und Navigation, Trägheitssensorik, Auslegung von Regelkreisen, Simulationen

Tel.: +49 [0]7531 206-319

e-Mail: altmann@fh-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@fh-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@fh-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@fh-konstanz.de

**Prof. Dr. Klaus-Dieter Durst**

Lehrgebiete: Messtechnik, Sensorik, Fertigungsmesstechnik, Physik

Spezielles Fachwissen: Sensorteknik, 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@fh-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 206-112, -316

e-Mail: guempel@fh-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@fh-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@fh-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@fh-konstanz.de

**Prof. Dr. Christian Liess**

Lehrgebiete: Strömungslehre, Strömungsmaschinen [inkompressibel]

Forschungsgebiete: Strömungsprobleme [experimentell und CFD-Simulation], Nachlaufwirbel, Ventilatorentwicklung

Spezielles Fachwissen: Strömungsangeregte Schwingungen, Wasserturbinen, Pumpen, Radialventilatoren

Tel.: +49 [0]7531 206-229

e-Mail: liess@fh-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@fh-konstanz.de

**Prof. Dr. Peter Meißner**

Lehrgebiete: Mechanische Verfahrenstechnik, Strömungslehre, Thermodynamik, Industrielle Entstaubung, Partikelgrößenmesstechnik

Forschungsgebiete: Klassieren im Nass-Fließbett, Berechnung von Aero- und Hydrozyklonen, Sedimentation hochkonzentrierter Suspensionen

Spezielles Fachwissen: Abscheiden von Feststoffen aus Fluiden

Tel.: +49 [0]7531 206-576, -323

e-Mail: meissner@fh-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.naegle@fh-konstanz.de

**Prof. Dr. Dieter Schaal**

Lehrgebiete: Physik, Programmieretechnik

Spezielles Fachwissen: UNIX-Betriebssysteme

Tel.: +49 [0]7531 206-598, -452, -348

e-Mail: schaal@fh-konstanz.de

**Prof. Eberhard Schiller**

Lehrgebiete: Technische Mechanik, Statik, Methode der finiten Elemente

Spezielles Fachwissen: Statik, "Festigkeit", Methode der finiten Elemente

Tel.: +49 [0]7531 206-280

e-Mail: schiller@fh-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@fh-konstanz.de

**Prof. Dr. Dieter Schwechten**

Lehrgebiete: Konstruktionslehre, Apparatbau, CAD, Mechanik, Technisches Zeichnen

Spezielles Fachwissen: Feststoffverfahrenstechnik, insbes. Mahlen und Sichten; Herstellung, Veredelung und Analyse feiner und feinsten Partikel [trocken, nass]; Sortiertechnik und Aufbereitung, Recycling; Konstruktion verfahrenstechnischer Apparate, insbesondere Pharma und lebensmittelgerechtes Design; On-line-Partikelmess-technik zur Steuerung und Regelung von Mahl- und Sichtenanlagen; Probenahme [kontinuierlich / diskontinuierlich], auch pneumatisch zur On-line-Analyse

Tel.: +49 [0]7531 206-535

e-Mail: schwechten@fh-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@fh-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@fh-konstanz.de

**Prof. Dr. rer. pol. Jörg Beutel**

Lehrgebiete: Volkswirtschaftslehre [Mikroökonomie, Makroökonomie], Umweltwissenschaften [Environmental economics], Empirische Wirtschaftsforschung [DV-Anwendungen]

Forschungsgebiete: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung [National Accounts], Input-Output-Analyse [Input-Output-Analysis], Europäische Regionalpolitik [Structural Policies], Entwicklungsplanung [Development Planning]

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@fh-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@fh-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@fh-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@fh-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@fh-konstanz.de

**Prof. Christian Krekeler**

Lehrgebiete: Deutsch als Fremdsprache, Fachsprache der Wirtschaft für Studierende des Studienkollegs

Forschungsgebiete: Fremdsprachenunterricht, Computereinsatz im Fremdsprachenunterricht, Sprachtests

Spezielles Fachwissen: Lehrerfortbildungen in der Moderationsmethode

Tel.: +49 [0]7531 206-395

**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@fh-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@fh-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@fh-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@fh-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 [aktuelle Projekte: Werte in deutsch-russischen und deutsch-chinesischen Unternehmensbeziehungen]; Organisatorische Möglichkeiten der praktischen Implementierung und Entwicklung von WerteManagement in der Unternehmenskommunikation und im IntegritätsManagement [aktuelles Projekt: USA/Deutschland - Vergleich zum WerteManagement im Gesundheitsbereich]

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@fh-konstanz.de

# Architektur

## Über die Raumkonzeptionen bei islamischen Moscheen

von Prof. Cengiz Dicleli

Nach islamischen Vorschriften braucht der Gläubige zum Gebet nicht mehr als ein etwa 0,80 x 1,20 m großes Plätzchen, das auch ein Stück Erdboden sein kann. Dieser Platz wird für die verschiedenen Körperstellungen benötigt, die die Gläubigen beim Beten in einer bestimmten Abfolge einzunehmen haben. Für die vor jedem Gebet vorgeschriebene rituelle Waschung genügt statt Wasser zur Not auch etwas trockener sauberer Sand.

Die ersten Betstellen waren offene Plätze unterschiedlicher Größe, die an

einer Seite lediglich durch eine Wand [Kiblawand] begrenzt wurden. Diese Wand steht immer senkrecht zur Gebetsrichtung nach Mekka und wird in der Mitte durch eine Gebetsnische [Mihrab] markiert, die für den Vorbetter reserviert ist.

Eine solche Betstelle war wohl auch der Innenhof von Mohammeds Wohnhaus in Medina. Um seine Anhänger während des täglich sich fünf Mal wiederholenden Betrivals vor der Sonne zu schützen, ließ Mohammed ein flaches Dach aus Palmenzweigen bauen, das auf Stützen aus Palmenstämmen ruhte.

### Die arabische Stützenhalle

So mag die arabische Stützenmoschee entstanden sein, die durch den Siegeszug des Islam ihre Verbreitung in allen arabischen und afrikanischen Ländern, aber später auch in Anatolien und Andalusien erfuhr: So z.B. die Aksa-Moschee in Jerusalem [702] und die großen Moscheen in Damaskus [705], Kairuan [834] und Cordoba [706] sowie die El-Azhar Moschee in Kairo [973]. Auch in Anatolien entstanden zur Zeit der Seldschuken ab 1091 zahlreiche Stützenmoscheen; wie z.B. in Diyarbakir, Sivas, Van, Urfa, Divrig, Nigde und Afyon. Auch die ersten



### Cengiz Dicleli

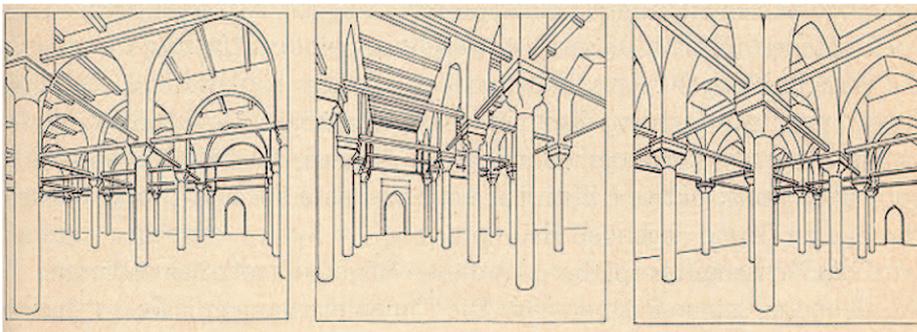
geboren in Istanbul, Studium des Bauingenieurwesens an der TU Berlin, von 1970 bis 1975 Mitarbeiter im Ingenieurbüro für Bauwesen Prof. Polonyi in Berlin, von 1975 bis 1986 wiss. Mitarbeiter an der Universität Dortmund an den Lehrstühlen für Tragkonstruktionen und Stahlbau. Seit 1986 Professor für Tragkonstruktionen an der Fachhochschule Konstanz im Fachbereich Architektur und Gestaltung, zahlreiche Veröffentlichungen und Vorträge zur Geschichte des Ingenieurbaus und zur Geschichte der Gestaltung von Ingenieurbauten sowie zur Geschichte der Architektur in der Türkei.

Osmanischen Moscheen in Bursa [1394] und Edirne [15. Jahrhundert] sind Pfeilermoscheen.

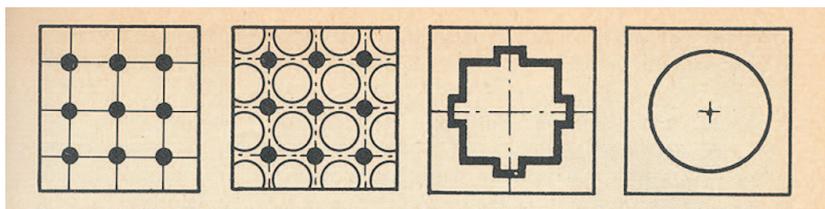
Bei diesem Typus bestehen die Stützen aus Holz, aus antiken Säulen oder aus Pfeilern mit Backsteinen. Die Holzbalckendecke ruht entweder direkt auf Stützen, oder sie wird durch gemauerte Bogenreihen gestützt, die sich parallel zur Kiblawand oder senkrecht dazu erstrecken. Der Raum scheint durch die unübersehbaren Stützenreihen seitlich unbegrenzt, der Boden ist die einzige erlebbare raumbegrenzende Fläche ohne jede Unterbrechung. Man betritt den Raum ohne Schuhe und hockt oder kauert unmittelbar auf dem Boden, der in der Regel mit Teppichen oder Matten belegt ist. Die große Anzahl der Stützenreihen [Kairuan 17, El-Azhar 19, Samarra 25] und die relativ geringe Bauhöhe vermitteln in allen



Arabische Stützenhalle: Grundriss der al-Azhar-Moschee in Kairo, 970  
1. Hof, 2. Säulensaal, 3. Alter Mihrab  
4. Erweiterung, 5. neuer Mihrab



Die Arkaden in der arabischen Stützenhalle. Links: Parallel zur Kiblawand. Mitte: Senkrecht zur Kiblawand. Rechts: Senkrecht aufeinanderstossende Bogenwände in beiden Richtungen



Schematische Darstellungen der Grundformen des islamischen Moscheenraumes. Von links nach rechts: Die arabische Stützenhalle. Die kleinasiatische Pfeilmoschee. Die persische Vier-Iwan-Hofmoschee. Die osmanische Zentralkuppelmoschee.

Richtungen eine große Weite und lassen keine räumliche Hierarchie und Richtung der Räume entstehen, wie es sich bei der christlichen Basilika sehr früh herauskristallisiert hat. Insofern hat die Stützenmoschee auch keinen definierten Mittelpunkt. Lediglich die Mihrabnische markiert die Richtung nach Mekka, wo sich das geistige Zentrum befindet.

#### Die Vier-Iwan-Hofmoschee

Unter der Herrschaft der Seldschuken entsteht in Persien gegen Ende des 11. Jahrhunderts ein neuer Moscheentypus. Im Gegensatz zur Stützenmoschee wird der Grundriss in Form eines nach vier gleichberechtigten Himmelsrichtungen weisenden Achsen-

kreuzes organisiert, wie man ihn bei der alten Freitagsmoschee von Isfahan [1072] vorfindet. Das geometrische Zentrum der Anlage bildet ein rechteckiger Innenhof, in dessen Mitte meistens ein Brunnen angeordnet ist. Jeweils in der Mitte seiner vier Seiten wird der Hof durch vier monumentale Portale begrenzt, hinter denen sich geschlossene Räume [Iwane] befinden. Diese Lösung lässt sich zurückführen sowohl auf die Anordnung der Räume in altpersischen Palästen als auch auf die Anlage des alttürkestanischen Wohnhauses mit einem mittleren Kuppelraum und zentralsymmetrisch angeordneten Seitenräumen. Auch die alt-seldschukischen Karawansereien in Persien weisen oft Höfe mit Seitengewölben auf. Der Mihrabraum ist überwölbt mit einer Kuppel, und die sonstigen Beträume haben eine ähnliche Konstruktion wie bei der arabischen Stützenmoschee. Eine Synthese zwischen den mehr additiv angeordneten Iwanen, dem Mihrabraum und den Beträumen wird nirgends gesucht.

#### Die Osmanische Kuppelmoschee

Der mit einer schlichten, meist halbkugelförmigen Kuppel überdeckte fast würfelförmige Zentralraum ist typisch für die frühen Osmanischen Moscheen. Dieser Typus tritt nach der Gründung des Osmanischen Reichs gegen Mitte des 14. Jahrhunderts in Nord-West-Anatolien auf. Hervorragende Beispiele sind die Yesil Camii [1391] in Iznik und die Üc Serefeli Camii in Edirne [1447]. Nach der Eroberung von Konstantinopel erreicht dieses Konzept im Werk des Hofbaumeisters Sinan im 16. Jahrhundert seinen Höhepunkt. Der Typus der sogenannten Doppelkuppelmoschee, der ebenfalls im 14.

Jahrhundert in Bursa entstand, wird nach dem 15. Jahrhundert nicht mehr weiter geführt.

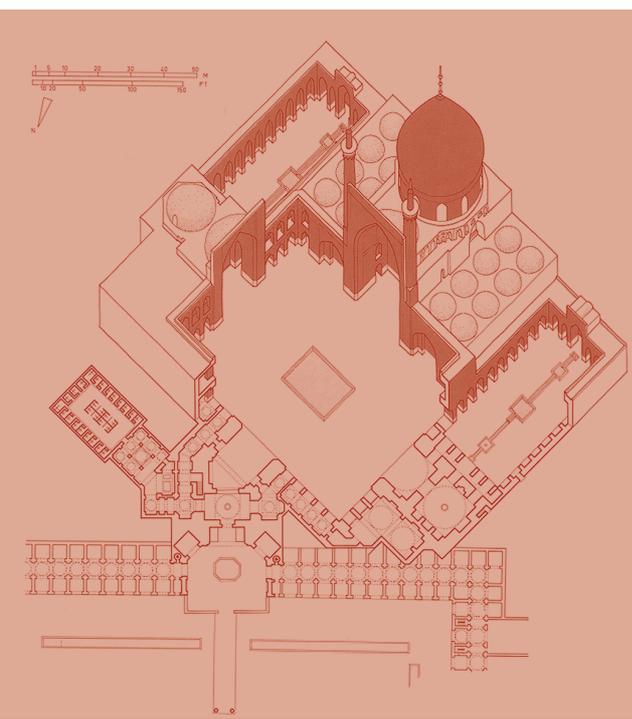
In Istanbul bekommt der Kuppelbau, wohl auch unter dem überwältigenden Eindruck der Hagia Sophia, die entscheidenden Impulse, die zu zahlreichen Variationen und Kombinationen der Zentralkuppel mit weiteren Halbkuppeln führt, wie z.B. bei den Meisterwerken von Sinan, den Moscheen Schechzade, Süleymaniye, Mihrimah und vielen mehr.

Erst in der Osmanischen Architektur wird der Innenraum der Moschee an allen Seiten konsequent mit Wänden begrenzt, die gleichzeitig die äußere Form des Bauwerks bestimmen. Der Innenraum wird somit auch von außen direkt erlebbar. Die bei der Einraummoschee so meisterhaft variierte Würfelraumform ist die ideale Interpretation der Welt und des Raumes mit seinen sechs "Dimensionen" oben, unten, vorn, hinten, rechts und links wie sie von manchen Koraninterpreten gedeutet wurde. Man bedenke, dass auch die Kaaba von den Muslimen zu einem Würfel umgebaut wurde.

Obwohl die drei Moscheentypen nacheinander entstanden sind, haben sie sich kaum gegenseitig beeinflusst und existierten Jahrhunderte lang nebeneinander. Die drei Raumkonzepte sind nicht voneinander ableitbar, sie sind vielmehr selbständige Entwicklungen ohne Übergänge. Dieser Vorgang ist für die christlich-abendländische Architekturgeschichte ungewohnt, bei der Stilentwicklungen doch eher eine gewisse Kausalität aufweisen.

#### Literatur

- Sauermost; H.J. u.a.; "Istanbuler Moscheen", München 1981  
 Serageldin, Ismail; "Architecture of the Contemporary Mosque", London 1996  
 Stierlin, Henri; "Architektur des Islam", Zürich 1979  
 Restle, Marcell; "Reclams Kunstführer: Istanbul, Bursa, Edirne, Iznik", Stuttgart 1976  
 Vogt-Göknil, Ulya; "Die Moschee", Zürich 1978  
 Vogt-Göknil, Ulya; "Osmanische Türkei", Fribourg 1965



Vier-Iwan-Hofmoschee: Axonometrie der Schah-Moschee in Isfahan, 1630.

# Architektur

## Karl Bernhard

### "Es muss das Künstlerische das Technische vollkommen durchdringen."

von Prof. Cengiz Dicleli

Karl Bernhard war einer der wichtigsten Baumeister in Berlin in den ersten Jahrzehnten des zwanzigsten Jahrhunderts. Er ist wie manch anderer Bauingenieur in Vergessenheit geraten, so dass er heute leider nur noch einigen wenigen Fachleuten bekannt ist, die sich speziell mit der Geschichte des Bauingenieurwesens beschäftigen. Bernhard hat sich insbesondere für die Selbstständigkeit der Ingenieure beim Entwurf und bei der Gestaltung von Industrie- und Ingenieurbauten eingesetzt.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts etablieren sich die Bauingenieure, insbesondere Stahlbauer, als diejenigen Fachleute, die die Brücken und die Bauten der Industrie immer mehr ohne die Beteiligung von Architekten errichten. Die Architekten kritisieren zu Recht, dass diese Bauten gestalterisch unbefriedigend sind, was nicht verwundert, weil die Bauingenieure ohne einschlägige Ausbildung in den entsprechenden Fächern aus den Hochschulen entlassen werden. In der sehr heftig geführten Auseinandersetzung, bei der sicher auch um die entsprechenden Marktanteile auf dem sich rasch expandierenden Gebiet des Brücken- und Industriebaus gerungen wird, werden neben liberalen Lösungen, die auf partnerschaftliche Zusammenarbeit beider Fachleute zielen, auch radikale Lösungen vorgeschlagen. Architekten und Kunsthistoriker favorisieren verständlicherweise den Architekten als führende Kraft, der sich des Bauingenieurs bloß als "Rechner" bedient. Einige Bauingenieure setzen sich leidenschaftlich für die Selbstständigkeit der Ingenieure auch bei der Gestaltung ihrer Bauten ein. Sie merken ganz deutlich, dass dieser Aspekt auf die Dauer entscheiden wird, wer auf dem Gebiet des Industriebaus das Sagen haben wird.

#### Die AEG-Turbinenhalle

Aus dieser Situation heraus kann man gut verstehen, dass 1909 die Fertigstellung der Turbinenhalle der AEG in Berlin-Moabit [Abb. 1,2] unter den Architekten und Kunsthistorikern<sup>1</sup> großes Aufsehen erregt. An diesem Bauwerk kristallisiert sich der Streit zwischen den Architekten und den Bauingenieuren um die Vorherrschaft bei der Planung von Industriebauten.

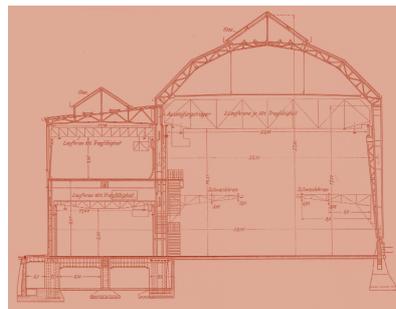


Abb. 1: Querschnitt der Turbinenhalle der AEG, Zeichnung von Bernhard, 1909

Aus: Karl Bernhard, "Der moderne Industriebau in technischer und ästhetischer Beziehung", Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Bd. 56, 1912, Nr. 29

Karl Bernhard, einer der führenden Berliner Stahlbauer, ist für die funktionelle Planung und für den Entwurf der Konstruktion der Turbinenhalle verantwortlich, während Peter Behrens mit der künstlerischen Leitung des Projektes betraut wird<sup>2,3</sup>. Obwohl Bernhard einen ganz wesentlichen Anteil an der



Abb. 2: Turbinenhalle der AEG in Berlin

Gestaltung und der Konstruktion der Halle hat, wird er bei den unmittelbar nach der Fertigstellung des Bauwerkes erscheinenden Veröffentlichungen nicht einmal genannt. Zu Recht verärgert, enttäuscht und auch ein wenig verbissen versucht er in zahlreichen Artikeln und Vorträgen die Fachöffentlichkeit über seine Sicht der Dinge aufzuklären<sup>4</sup>. Danach habe er die Halle "nach architektonischen Grundgedanken" von Peter Behrens "in ihrer bautechnischen Durchbildung entworfen<sup>5</sup>."

Bei diesen, aber auch bei den sonstigen Veröffentlichungen von Bernhard über seine Bauwerke, fällt es auf, dass er nicht nur die Belange des Tragwerkes, sondern auch alle Aspekte wie z.B. Entwurfsgesichtspunkte, Erschließung, Belichtung, Belüftung und Energieversorgung sehr ausführlich und kompetent beschreibt, woraus eindeutig geschlossen werden kann, dass er diese Leistungen, die heute von Architekten geplant und koordiniert werden, selber erbracht hat. In diesem Sinne ist er auch als Architekt tätig gewesen<sup>6</sup>.



Abb. 3: Die Lutherbrücke in Berlin-Moabit

#### Beruflicher Werdegang

Karl Bernhard wird in Goldberg, Mecklenburg, am 04.11.1859 geboren. An der Technischen Hochschule Hannover studiert er bei Lehrern wie Barkhausen, bekannt durch seine nach ihm benannten Behälter, und Heinrich Müller-Breslau, der damals noch in

Hannover lehrt. Danach geht er zunächst nach Frankfurt a. M. und arbeitet dort von 1885 bis 1887 bei der Eisenbahndirektion und kann beim Bau des dortigen Hauptbahnhofs mitwirken<sup>7</sup>.

1888 besteht er seine Prüfung zum Regierungsbaumeister mit Auszeichnung und gewinnt ein Reisestipendium, wodurch er eine Studienreise durch Europa unternehmen kann. 1889 wird er nach Berlin an die Bauverwaltung in das technische Büro des Stadtbaurates James Hobrecht berufen, wo er bei wichtigen Brückenbauten als Bauleiter mitwirkt. Darunter befinden sich auch Bogenbrücken aus Stahlbeton wie die Lutherbrücke [1892] [Abb. 3], die Moabiter Brücke [1894] und die Oberbaumbrücke [1894-96] [Abb. 4]. Insbesondere bei der Oberbaumbrücke muss sich der junge Ingenieur besonders bewähren, denn die Doppelbrücke für den Straßen- und Hochbahnverkehr muss bis zur Eröffnung der Gewerbeausstellung in Treptow am 01.05.1896 fertiggestellt sein, so dass an der Baustelle täglich 500 bis 600 Mann tätig sind<sup>8</sup>.



Abb. 4: Die Oberbaumbrücke in Berlin

Anschließend bietet ihm Müller-Breslau, der 1888 als Nachfolger von Emil Winkler dem Ruf an die TH-Charlottenburg gefolgt ist, eine Lehrtätigkeit als Privatdozent für Eisen- und Brückenbau an, die Bernhard bis 1930 wahrnimmt. Gerade hier setzt er sich, z.T. gegen den Widerstand seiner Kollegen, für eine künstlerische Ausbildung des Bauingenieurs ein. 1914 hält er darüber Vorträge in London und Buenos Aires. 1920 veröffentlicht er ein detailliertes Programm zur Ausbildung der Bauingenieure<sup>9</sup>.

Nach seiner Habilitation trennt sich Bernhard vom Staatsdienst und gründet, dem Beispiel von Müller-Breslau folgend, ein "Konstruktionsbüro für Statik und Bauingenieurwesen"<sup>10</sup>, wo er zeitweilig bis zu 30 Mitarbeiter beschäftigt. Als beratender Ingenieur schafft er eine kaum noch übersehbare Anzahl z.T. bedeutender Bauwerke im In- und Ausland, darunter auch in Mittel- und Südamerika. Bei seinen Bauten verantwortet er nicht nur die Statik und die konstruktive Durchführung, sondern oft den ganzen Entwurf und die Koordination von Folgewerken. Insbesondere auf dem Gebiet der beweglichen Brücken wird er ein international anerkannter Experte. Sein Lehrbuch "Eiserne Brücken"<sup>11</sup> ist eines der umfassendsten Werke über den Stahlbrückenbau einschließlich aller gestalterischen Fragen. In unzähligen Veröffentlichungen schildert er nicht nur seine eigenen Bauten, sondern er schreibt auch über andere Stahlbauten aller Art. In den amtlichen Katalogen der Weltausstellungen in Paris 1900 und St. Louis 1904 übernimmt er die Kapitel über das Ingenieurwesen.

### Bernhards Bauten

Bernhard wird von Müller-Breslau 1898 auch beim Bau des Kaiserstegs über die Spree bei Oberschöneweide hinzugezogen [Abb. 5], einer Eisenkonstruktion von insgesamt 175 m Spannweite mit drei Öffnungen. Diese Brücke ist eine der letzten Stahlbauten, bei der die Konstruktion, wenn auch zurückhaltend, mit Hilfe eines Architekten durch dekorativen Zierat in

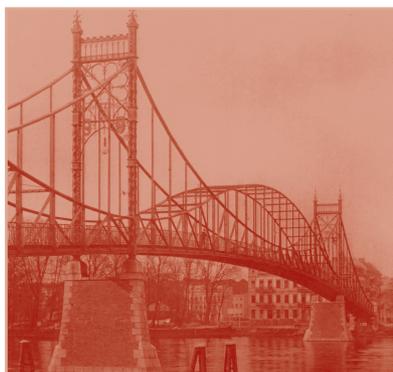


Abb. 5: Kaisersteg über die Spree bei Oberschöneweide in Berlin, Müller-Breslau mit Karl Bernhard, 1898

Form von geschmiedeten oder gegossenen Ornamenten "verschönert" wird. Bernhard setzt sich dafür ein, dass auch bei Eisenbauten "die Schönheit in der Sache selbst liegen" soll, nämlich "in den schönen Verhältnissen der Linienführung, der Flächenbildung, der Raumgestaltung"<sup>12</sup>. Er ist der Meinung, dass "heute ein weitgespannter Brückenträger [...] ein Bauteil" ist, "der neukünstlerischen Gesichtspunkten Rechnung tragen kann und tragen soll, selbst wenn er ohne Hilfe des Architekten gegliedert ist"<sup>13</sup>.



Abb. 6: Die Treskow-Brücke bei Oberschöneweide in Berlin, Karl Bernhard, 1903

Folgerichtig baut er fünf Jahre später in unmittelbarer Nähe zum Kaisersteg eine Straßenbrücke ganz ohne Beteiligung von Architekten [Abb. 6]. Bernhard vermerkt dazu: "Die von mir 1903 erbaute Treskow-Brücke in Oberschöneweide hat elf Jahre gestanden, bis sie im Jahrbuch des Werkbundes 1914 als neuzeitliches Kunstwerk anerkannt worden ist<sup>14</sup>, [...]. Ihre Zusammenhängende Linienführung ist neu und nur durch die Wechselwirkung von statischen und ästhetischen Gesichtspunkten zustande gekommen." "[...] ich wollte, angeregt auf der Weltausstellung 1900 durch die neueren Pariser Straßenbrücken, eine schöne und gefällige eiserne Brücke ohne Architekten entwerfen. Nur ganz beiläufig war an einzelnen Punkten eine Berechnung, fast könnte man sagen, eine Kopfrechnung erforderlich, um zu prüfen, ob die Höhe der Hauptträger [...] nicht zu schwere und plump aussehende Stäbe zur Folge haben würde. [...] Da glauben viele Nicht-Bauingenieure, man rechne sich nach bestimmten Formeln so eine Eisenkonstruktion aus, und die werde leicht hässlich. Nein, gerade an der künstlerischen Seite wird ein Eisenbauwerk so gut wie jedes andere mit ausgesprochenen künstlerischen Zwecken von



Abb. 7: Stubenrauchbrücke in Berlin-Oberschöneweide, Karl Bernhard, 1908



Abb. 8: Die Freybrücke über die Havel in Berlin, Karl Bernhard, 1910



Abb. 9: Gleitlager der Freybrücke

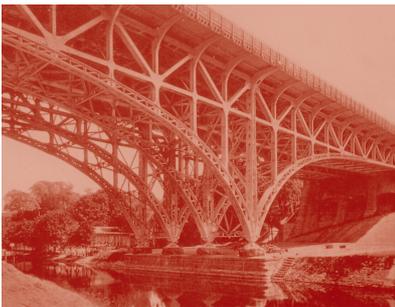


Abb. 10: Die Stößenseebrücke in Berlin, Karl Bernhard, 1909

den Entwurfsverfassern angepackt"<sup>16</sup>. Der von Bernhard für die Treskowbrücke entwickelte Fachwerkbogen mit Zugband und beiderseits anschließenden Fachwerkbalken, an dessen Obergurtebene die Fahrbahn angeordnet ist, findet auch in weiteren Brückenprojekten von ihm Verwendung. Nur in 500 m Entfernung von der Treskowbrücke entsteht 1908 die nach einem Teltower Landrat benann-



Abb. 11:  
Seidenweberei Michels & Cie in Potsdam, Karl Bernhard mit Muthesius, 1914  
Aus: "Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure", 1914

te Stubenrauchbrücke, Fachwerkbogen mit Zugband [Abb. 7], und 1910 wird die Havelbrücke [Freybrücke] entlang der Heerstraße fertig gestellt [Abb. 8, 9]. Für die in unmittelbarer Nähe der Freybrücke 1909 gebaute Stößenseebrücke [Abb. 10] wählt Bernhard ein anderes System. Der Entwurf wird aus mehreren Vorschlägen "von seiner Majestät dem Kaiser ausgewählt"<sup>17</sup>. Bernhard baut neben Behrens, mit dem er 1910 noch die Hochspannungsfabrik der AEG an der Brunnenstraße erstellt, auch mit anderen bedeutenden Architekten. 1914 stellt er mit Hermann Muthesius den Neubau der Seidenweberei Michels & Cie. in Nowawes bei Potsdam fertig [Abb. 11]. Über seine Mitarbeit mit Muthesius, der den Ingenieuren gegenüber eine liberalere Haltung als Behrens einnimmt, äußert er sich sehr positiv: "Dem Architekten und dem Ingenieur war unter gegenseitiger harmonischer Beeinflussung eine dankbare Gelegenheit geboten, der ganzen Anlage ein durchaus modernes Gepräge zu verleihen, ohne dass [...] einer dem andern nach irgend einer Richtung in der Raum- und Formbildung Zwang aufzunötigen brauchte"<sup>18</sup>. "Die harmonische Zusammenarbeit ist auch das Ergebnis einer klaren, kompetenzgerechten Arbeitsteilung zwischen Architekt und Ingenieur. Muthesius widmet sich vorwiegend der repräsentativen Eingangshalle, während Bernhard die "ingenieur- und fabriktechnische Lösung der Aufgabe in Entwurf und Bauleitung" übertragen wird.

### Seine Bedeutung

Seine Leistungen sind umso höher zu bewerten, weil es ihm gelungen ist, "ohne Staatsamt und ohne jeden Rückhalt eines bekannten Unternehmens als freiberuflich tätiger Ingenieur aus eigener Kraft sich einen solchen

Namen zu schaffen", eine Seltenheit für die damalige Zeit. Wenn man die heutige Terminologie für die Tätigkeit der Architekten und Bauingenieure auf Bernhard anwenden wollte, so müsste man ihn einen Baumeister für Ingenieur- und Industriebauten nennen. Er war mehr als ein Tragwerksplaner, weil er seine Bauten nicht nur bezüglich des Tragwerks, sondern ganzheitlich und das mit höchster Sachkompetenz bearbeitet hat. Er war sicher kein Künstler, sondern, wie er sich selber beschrieben hat, ein Ingenieur mit gutem Geschmack, der sich entwerferische und gestalterische Kompetenzen selber erarbeiten musste. Bernhard wollte auch keine Ingenieur-Architekten, wie sie von dem Berliner Professor W. Franz vorgeschlagen wurden, um "die Entfremdung zwischen Architekt und Bauingenieur wieder zu beheben"<sup>19</sup>. Er wollte, dass das Fach Entwerfen grundsätzlicher Bestandteil der Ausbildung der Bauingenieure wird. Folgerichtig setzte er sich auch für öffentliche Entwurfs-Wettbewerbe bei größeren und wichtigen Ingenieurbauten ein.

Bernhard wird 1925 von der damaligen TH Stuttgart zum Ehrendoktor ernannt. 1929 veröffentlicht "Der Bauingenieur" eine Festschrift anlässlich seines 70. Geburtstages, bei der er in höchsten Tönen gelobt wird. Nach seinem Ableben 1937 jedoch werden seine Verdienste in den einschlägigen Fachzeitschriften "wohl aus rassistischen Gründen mit keiner Zeile gewürdigt"<sup>20</sup>.

### Anmerkungen

- 1 Adolf Behne, Franz Mannheimer u.v.a.
- 2 Bernhard: "Der moderne Industriebau in technischer und ästhetischer Beziehung", in: Zeitschrift des Vereines der Deutschen Ingenieure, Nr. 29, 1912, Bd. 56, S.1230

3 Tilmann Buddensieg behauptet sogar, dass Karl Bernhard, den Auftrag hatte, das vorliegende Raum- und Baukonzept eines architektonischen Autodidakten [gemeint ist hier Behrens!] "nichts weiter als technisch zu verwirklichen". In: "Die nützlichen Künste", Berlin, 1981, S.64

4 Die Turbinenhalle wird heute i.d.R. überwiegend Peter Behrens zugeschrieben. Neuere Untersuchungen belegen, dass der Anteil von Karl Bernhard auch in gestalterischer Hinsicht viel größer war als z.B. auch von Tilmann Buddensieg dargestellt wird.

Quelle: Handakte Turbinenhalle der Siemens AG, Becker & Jacob, Koordination Wolfgang Schäche, Berlin, 1996. Die erneute Aufarbeitung dieses Aspektes bleibt weiteren Arbeiten vorbehalten.

5 Karl Bernhard, "Die neue Halle für die Turbinenfabrik der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin", in: Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 55, Nr. 39, 1911, S.1625 ff

6 Buddensieg, "Peter Behrens und die

AEG", 3. Aufl., Berlin, 1990, S. D307  
7 "Karl Bernhard zu seinem 70. Geburtstag", in: "Der Bauingenieur", 10/1929, S. 794/795

8 "Die Oberbaumbrücke-Restaurierung eines Baudenkmals", Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen, Berlin, 1995

9 Bernhard, "Eisenbaukunst", in: "Der Bauingenieur" 1920, Heft 1, S.19

10 Kürschners Deutscher Gelehrtenkalender 1931, Berlin und Leipzig

11 Bernhard, "Eiserne Brücken", hrsg. von der Deutschen Bauzeitung, Berlin 1911

12 Bernhard, a.a.O., S.15

13 Bernhard, a.a.O., S.16

14 Paul Bonatz schreibt über die Treskow-Brücke in der architektonischen Rundschau 1907 S.46: "Wie sieht hier die breitliegende, kaum aus dem Wasser herausragende Steinsockel sicher aus! Die ganze Brücke ist in Ihrem Mangel an Zutaten und ihrer schönen Linienführung eine Freude für das Auge. Sie ist einheitlich, wirkt als reiner Ingenieurbau und ist vollkom-

men. Für den, der mit den Augen diese Formen nachfühlt, ist eine derartige Eisenbrücke Zierde und Mittelpunkt im Landschaftsbild so gut wie eine alte Kirche."

15 Bernhard, ebd.

16 Bernhard, a.a.O., S. 17

17 Bauwerksakte 08032 VII bA 3, S.2

18 Bernhard, "Der Neubau der Seidenweberei Michels & Cie. In Nowawes bei Potsdam", in: Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, Band 58, Nr. 1, 1914

19 Franz, W.: "Ingenieurarchitekturen", in: Technik und Wirtschaft, Monatszeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, 3. Jahrg., Juni 1910, Heft 6.

20 Karl-Heinz Kurrer, in: "Von der Bauakademie zur Technischen Universität Berlin", Berlin, 2000, im Aufsatz "Die Berliner Schule der Baustatik", S.159. Kurrer zitiert hier Werner Lorenz, "200 Jahre eisernes Berlin", in: Stahlbau 66[1997], Heft 6

<



**LINNIG**  
Antriebstechnik

## Bei uns werden Ihnen keine Steine in den Weg gelegt, im Gegenteil ...

*Bewegung ist unser Erfolg. Dabei legen wir besonderen Wert auf höchste Präzision, solide Qualität und Konstruktion nach neuesten Erkenntnissen.*

*Unsere 100 Mitarbeiter beliefern heute weltweit 200 Kunden in 30 Ländern, über die Hälfte unseres Umsatzes erzielen wir im Inland.*

*Dank unserer innovativen Produkte erwarten wir aus heutiger Sicht eine weiterhin positive Geschäftsentwicklung.*

*Das schnelle und erfolgreiche Wachstum ist nur durch unsere Mitarbeiter möglich. Wir suchen engagierte junge Leute, Diplomand/innen, Praktikanten, Absolventen*

Ihr Ansprechpartner:  
Frau Krug

LINNIG  
Antriebstechnik GmbH  
Riedheimer Str. 5  
88677 Markdorf  
Tel. 07544 / 96 40  
Fax. 07544 / 62 18  
www.linnig.com

für die Entwicklung  
in den Bereichen  
Maschinenbau und Elektrotechnik  
Mechatronik

Wir sind gespannt auf Ihre Vorschläge und Themen Ihrer Diplomarbeiten !

# Architektur

## Über die Unwirtlichkeit und die Behaglichkeit tropischer Architekturformen

von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Lauber

Das Bauen in den Tropen bedeutet konstruktive und funktionale Auseinandersetzung mit extremen klimatischen Bedingungen.

Der Baumeister der Tropen muss gegen die Hitze, starke Sonneneinstrahlung, gegen hohe Luftfeuchtigkeit und orkanartige Regenfälle Bauweisen entwickeln, welche den Nutzern behagliche Räume bieten.

Die traditionelle anonyme Architektur der Tropen hat für diese besonderen klimatischen Bedingungen weltweit über lange Zeiträume hinweg intelligente Siedlungsformen und Bauformen, Raumfolgen und Baukonstruktionen entwickelt für das Wohnen, die Arbeit, die Kultur und die Religion ihrer agrarisch geprägten Gesellschaft.



*Traditionelle Straße in Kamerun, klar gegliedert durch die straßenraumbildenden Wohnbauten und den räumlichen Abschluss eines Gemeinschaftshauses*

Die Begegnung mit der europäischen Zivilisation durch die Kolonisation im 19. Jahrhundert führte zu einem Zusammenbruch der traditionellen Kultur im tropischen Klimaraum der sogenannten "Dritten Welt".

Erst mit den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Umwälzungen am Ende des neunzehnten Jahrhunderts als Folge des kolonialen Zeitalters, konnten viele baulichen Aufgaben nicht mehr länger mit den alten Konzepten gelöst werden, die ausschließlich durch traditionelle Architekturvorstellungen bestimmt waren.

Seit ihrer Unabhängigkeit sind in den jungen Ländern der Tropen in den vergangenen 50 Jahren wichtige Investitionen zur Verbesserung der Infrastrukturen im Verkehr, der Versorgung, des Städtebaus und Wohnungswesen, der öffentlichen Bauten für Bildung, Gemeinschaft, Verwaltung und Kultur getätigt worden.

Jedoch zeigen die Mehrzahl der Bauten nur ein geringes Bemühen, in der architektonischen und konstruktiven Konzeption auf die besonderen Bedingungen des tropischen Klimas einzugehen und Lösungen im ökologischen Sinne zu entwickeln.

Zu bemängeln ist bei vielen Beispielen eine unreflektierte Übernahme europäischer moderner Siedlungs- und Bauformen.

In der Folge wird die Unwirtlichkeit der neuen Städte und das Unbehagliche der neuen Bauten beklagt.

Vor allem in den Ballungsräumen der großen Städte der Dritten Welt zeigen vorwiegend die Verwaltungs- und



**Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Lauber**

*lehrt im Studiengang Architektur und Gestaltung der Fachhochschule Konstanz.*

*Spezialgebiet: Architektur der Tropen. Seine Forschungsarbeiten befassen sich mit traditioneller und deutscher Kolonialarchitektur in Westafrika sowie mit "klimagerechtem Bauen in der Dritten Welt".*



*Markt in Nord-Togo, Beispiel für die Unwirtlichkeit eines öden ungegliederten Stadt- raumes, ausgesetzt dem tropischen Klima ohne schützende Schattenzone*

Wohnbauten einen fragwürdigen Einsatz technischer Klimaanlage für die Kühlung, deren Energie mit einem Anteil von ca. 50% des Gesamtenergieverbrauches durch die Nutzung nicht erneuerbarer fossiler Brennstoffe gewonnen wird: weltweit verbraucht unsere heutige Gesellschaft jährlich, was Fossilien über einen Zeitraum von 1 Million Jahren produziert haben.

Dieser ökologische Aspekt einer nachhaltigen Architektur (sustainable architecture) ist nicht nur regional für die Dritte Welt der Tropen, sondern global in der Verantwortung für unsere Umwelt zu betrachten. Die internationale Umweltkonferenz "Rio + 10" in Johannesburg im Sommer 2002 hat im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung auch auf die Bedeutung des klimagerechten ökologischen Bauens hingewiesen.

Für die "normalen" Bauaufgaben des Wohnens, des Schulwesens, der Gesundheit, der Verwaltung und des Arbeitens sind angesichts der Bevölkerungsexplosion in den tropischen Ländern der Dritten Welt im Sinne einer neuen "anonymen Architektur" neue Konzepte zu entwickeln, welche unserer Sorge wegen einer globalen Umweltkatastrophe gerecht werden und für ihre Nutzer behagliche Räume schaffen, auch im hygienischen Sinne, da im heißen tropischen Klima die Klimaanlage häufig nicht genügend gewartet werden und deshalb die Anlagen verschmutzen mit nachfolgenden schweren Erkrankungen der Atemwege [SARS 2003].

In den nächsten Jahrzehnten werden sich die großen Bauaufgaben der sogenannten Ersten Welt in die tropischen Klimazonen der sogenannten Dritten Welt verlagern.

Von derzeit 6 Milliarden Menschen [im Jahre 2000] leben 5 Milliarden in der Dritten Welt, im Jahre 2020 laut UNESCO-Schätzung werden es 8 Milliarden sein.

Die Bevölkerungsexplosion in diesen jungen Staaten wird in Zukunft große Bauaufgaben für den Wohnungsbau, Verwaltung, Bildung und Kultur, Soziales und Gesundheit erfordern.



*Ein Hotelbau in Lome-Togo: vollklimatisiertes Glasgebäude mit hohem Kühlergieverbrauch durch Nichtbeachtung des tropischen Küstenklimas, Breitseiten geöffnet nach Osten und Westen mit extremer solarer Aufheizung*

Vor diesem Hintergrund der negativen Situation des "heutigen" Bauens in den Tropen könnte ein Rückgriff auf die tausend Jahre alten baulichen Erfahrungen der traditionellen anonymen Architektur der Tropen eine wesentliche und vorbildhafte Hilfestellung bieten. Ihre Bauten lassen den ursächlichen Sinn von Architektur erkennen: Obdach und Schutz zu schaffen und damit menschliches Umfeld von der natürlichen Umgebung zu trennen.

Die Bauten der anonymen Baumeister waren bestimmt durch den Standort, sein Klima und die dort vorhandenen Baustoffe mit ihrem Einfluß auf die Konstruktion, sowie durch die gesellschaftlichen Anforderungen und menschlichen Bedürfnisse. Dies ergab ihre zeitlose Gestaltqualität.

Wir erkennen in den Bauten der "anonymen Architektur" eine erstaunliche Menschlichkeit, die uns nachdenklich stimmen sollte. Straßen, die nicht nur Verkehrswüsten sind wie Schnellstraßen und öde Parkplätze, sondern Oasen mit Arkaden, Pergolen und mit Markisen überspannt.

Viele anonyme Bauten haben außerdem das vorweggenommen, was wir unserer baulichen Technologie zuschreiben: Vorfertigung, Standardisierung von Bauelementen, flexible und mobile Strukturen.

Das Wissen der anonymen Baumeister stellt eine noch unausgeschöpfte Quelle für die Architektur unserer industri-

ellen Gesellschaft dar, jenseits von ökonomischen und ästhetischen Problemen, nämlich die "Kunst zu leben". Dies gilt auch für die traditionelle anonyme Architektur der tropischen Klimaräume des Regenwaldes, der Savanne und der Wüste.

Die kreative Auseinandersetzung mit dem Standort, seinen klimatischen und topographischen Bedingungen, ist ein wesentlicher gemeinsamer Faktor dieser Architekturformen.



*Bauerngehöft in West-Afrika, die Anforderung des bergigen Standortes wird in intelligenter Anpassung aufgenommen und als standort-eigene architektonische Lösung in die natürliche Umgebung eingefügt*

Die Anforderungen des Ortes werden nicht, wie in vielen abendländischen Architekturbeispielen, durch die Gewalt der Technik "besiegt", sondern in intelligenter Anpassung aufgenommen, umgesetzt zu standort-eigenen Lösungen im Sinne einer Einfügung in die natürliche Umgebung, jedoch gestaltprägend und unverwechselbar. Es mag polemisch klingen, die traditionelle anonyme Architektur in den sogenannten unterentwickelten Ländern mit der Architektur in den industriellen Ländern der westlichen Welt

zu vergleichen. In der orthodoxen Architekturgeschichte gilt die Begeisterung dem individuellen Architekt, in der dritten Welt ist es die Arbeit der Gemeinschaft, hergestellt durch die spontane, ungezwungene und weiterführende Aktivität eines ganzen Volkes mit gemeinsamem Erbe und traditioneller Erfahrung.

"Die bewundernswerte Begabung, ihre Bauten in die natürliche Umgebung einzufügen. Anstatt die Natur zu erobern, untertan zu machen, wie wir es tun, begrüßen sie die Launen des Klimas und die Herausforderung der Topographie." [Rudofsky] Während wir flaches Baugebiet bevorzugen oder störende Hindernisse durch Bulldozer niedermachen lassen, suchen die anonymen Baumeister bevorzugt komplizierte Landschaftsformationen wie Machu Pichu, Mount Athos, die Dörfer der Dogon und andere Beispiele. Gründe dafür mögen im Wunsch nach Sicherheit liegen, mehr jedoch das Bedürfnis, die Grenzen einer Gemeinschaft zu definieren und einen Ort [Topos] zu schaffen. Vor allem sind jedoch die menschlichen Bedürfnisse einer traditionellen Gemeinschaft in den Siedlungsstrukturen und den Wohnformen berücksichtigt. Der



Stützpfeiler eines königlichen Wohnhauses im Bergland von Kamerun mit Darstellungen von Ereignissen aus dem Leben der Vorfahren



Tempel eines animistischen Priesters im Dogonland von Mali mit besonderer Ausprägung der Bauform und Ornamente, welche seiner Bedeutung in der traditionellen Gesellschaft entsprechen

Schutz der Privatheit und Intimität des Einzelnen in der Gemeinschaft der Familie und des Dorfes wird genauso beachtet wie die Formen des Zusammenlebens gemäß traditioneller Riten, Gebräuche und religiöser Verhaltensformen.

Die Beachtung dieser Bedürfnisse des Einzelnen und der Gemeinschaft sind hoch bewertet und finden beachtliche



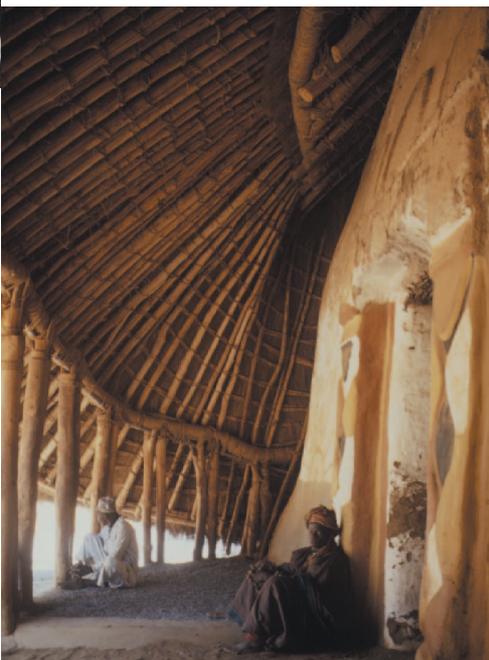
Geschnitztes Türschloss an einem traditionellen Dogonhaus, Symbolgehalt der künstlerischen Form für die animistische Verbundenheit mit den Ahnen der Familie

Ausdrucksformen im Stadtgefüge und in der Ausprägung der Bauformen, des Symbolgehaltes von Ornamenten und der künstlerischen Ausdrucksform der Kunstwerke [Skulpturen, Masken und Malereien].

Die ökonomische und ökologisch richtige Auseinandersetzung mit dem Problem der Konstruktion einer Siedlung und des Hauses wird durch die Ressourcen des Standorts bestimmt und die Bedingungen des Klimas.

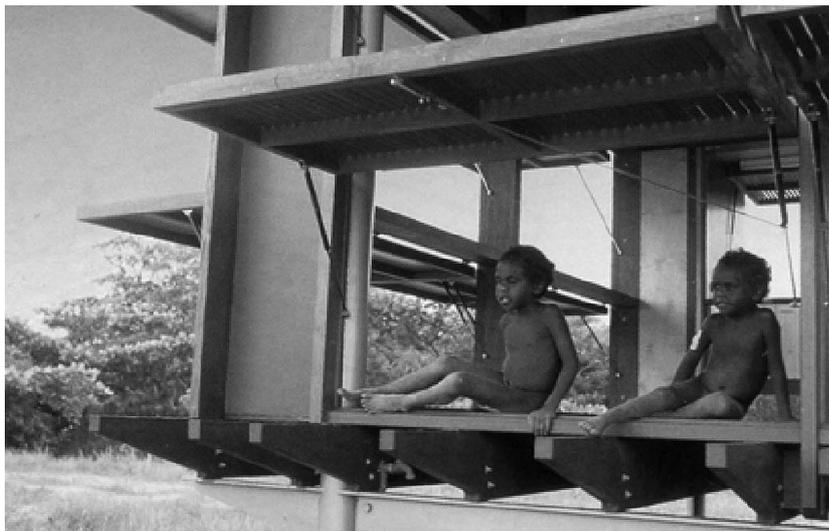


Eingang eines Königspalastes im Bergland von Kamerun mit geschnitzten Holzsäulen und bemalten Ahnenfiguren. Der Symbolgehalt der Ornamente entspricht der animistischen Religion der traditionellen Gesellschaft



Palast in Nord-Kamerun, "Obdach und Schutz als ursächlicher Sinn von Architektur..."

Im Gegensatz zu unserer westlichen Zivilisation werden die konstruktiven Möglichkeiten in Bescheidenheit erkannt und realisiert und nicht durch gewaltsame Materialtransporte die am Standort vorhandenen Baustoffangebote missachtet und das Standortklima durch einen ökologisch nicht vertretbaren Energieeinsatz, wie elektrische Klimaanlage oder andere technische Vorkehrungen verfälscht, im Sinne einer überforderten Behaglichkeit. Am Ende dieser Betrachtung drängt sich der Wunsch auf, dass sich in der Zukunft die jungen Architekten von den architektonischen Vorbildern der anonymen Baumeister anregen lassen, im Sinne einer neuen Kreativität, um auszubrechen aus festgefahrenen architektonischen Vorstellungen und eine neue menschenwürdige Architektur zu schaffen. <



Vorbildhaftes neues Wohnhaus im tropischen Klimaraum Australiens von Architekt Glenn Murcutt mit offener Raumkonzeption zur Durchlüftung und Schattenbildung. Das traditionelle Prinzip einer klimagerechten Bauweise wurde mit zeitgemässen Baustoffen wie Stahl, Sperrholzplatten und vorgefertigten Montageelementen umgesetzt

## Vermittlungsoffensive – auch für Ihren Betrieb

Freie Stellen optimal besetzen – unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beraten Sie gerne dabei. Stellenangebote können jetzt noch schneller bearbeitet werden.

Mit **AIS**, dem **Arbeitgeber-Informationen-Service**, können Sie Ihr Stellenangebot direkt per Internet abschicken, um bundesweit nach Bewerbern zu suchen.

**SIS**, der **Stellen-Informationen-Service**, ist die aktuelle Stellenbörse für Arbeitnehmer im Internet.

[www.arbeitsamt.de](http://www.arbeitsamt.de) – einfach anklicken.

### Arbeitsamt Konstanz

Stromeyersdorfstr. 1, 78467 Konstanz  
Tel. 01802/558844, Fax 07732/9406329  
E-Mail: [Konstanz.Stellen@arbeitsamt.de](mailto:Konstanz.Stellen@arbeitsamt.de)



**Bundesanstalt für Arbeit**

## Ihr E-Learning Partner

- Beratung
- Konzept
- System-Entwicklung
- Online Weiterbildung



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

**thinkhouse**)))  
....))

41239 Mönchengladbach  
Fon ++49 (0)2166-62198-11  
[wr@thinkhouse.de](mailto:wr@thinkhouse.de)

Technik zum Fahren.  
Auf höchstem Niveau und  
mit dem größten  
Vergnügen.

Faszinierende Mobilität  
durch Technik von ZF.

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



# Eine Internet-Mitfahrzentrale als Beispiel für die effiziente Realisierung von Webanwendungen aus Web-Komponenten

von Bertram Dieterich und Prof. Dr. Hans Albrecht Schmid



## **Bertram Dieterich**

Machte sein allgemeines Abitur am TG in Konstanz und begann anschließend ein Studium der Technischen Informatik an der Fachhochschule Konstanz. Derzeit fertigt er seine Diplomarbeit im Bereich von Internetanwendungen und Java-Servlets an.



## **Prof. Dr. Hans Albrecht Schmid**

war nach seinem Studium an der Universität Stuttgart, am Institut National Polytechnique de Grenoble und nach seiner Promotion mit einem Doktorandenstipendium der Studienstiftung des deutschen Volkes als Assistent an der Universität Karlsruhe, als Gastprofessor an der University of Toronto und als Forschungsgruppenleiter an der Universität Stuttgart tätig. Darauf war er zehn Jahre im IBM Entwicklungslabor Böblingen in verschiedenen leitenden technischen und Management-Positionen tätig, bevor er als Professor an die Fachhochschule Konstanz kam. Seine Forschungsschwerpunkte sind fortgeschrittene Softwaretechnologien in technischen und kommerziellen Anwendungsgebieten. Er hat eine größere Anzahl von Forschungsprojekten, darunter ein DFG-Projekt, durchgeführt und eine beträchtliche Anzahl international anerkannter Veröffentlichungen auf diesen Gebieten publiziert.

## **1. Einleitung**

Das Internet dient, sei es durch Privatpersonen oder Unternehmen genutzt, längst nicht mehr nur dem Abruf von Informationen, sondern es erlaubt auch die Abwicklung komplexer Geschäftsprozesse. Somit stellt es eine universelle Plattform für Dienstleistungen aller Art dar, wie z.B. Online-Shops wie Amazon [www.amazon.de] oder die in diesem Beitrag vorgestellte Mitfahrzentrale.

### **1.1 Moderne Web-Anwendungen mit Geschäftsprozessen**

Die Erstellung von modernen Web-Anwendungen, welche zur Realisierung von Geschäftsprozessen eingesetzt werden, ist aufgrund des komplexeren Verhaltens deutlich aufwändiger, teurer und fehleranfälliger als die von herkömmlichen Webanwendungen, die nur Webseiten zur Präsentation beinhalten. Denn bei der Navigation bewegt sich ein Benutzer durch eine Menge von Web-Seiten, die untereinander durch Links verbunden sind. Die Anwendung ist weitgehend zustandslos: der Zustand der Navigation wird nur durch die im Browser sichtbare Web-Seite bestimmt, die ein Benutzer durch Anklicken eines Link oder des Vor- bzw. Zurück-Buttons des Browser ändern kann. Im Gegensatz dazu haben Geschäftsprozesse einen eigenen Zustand; nur solche Zustandsübergänge sind möglich, die der Geschäftsprozess vorsieht.

Betrachtet und realisiert man Geschäfts- oder Suchprozesse als eine Form der Navigation, ergeben sich daraus erhebliche Schwierigkeiten und Fehlerquellen, wie in [Schmid/Rossi 2002] beschrieben.

### **1.2 Typische Aufgabenstellungen**

Bei der Entwicklung von modernen Web-Anwendungen trifft man immer wieder auf Aufgabenstellungen, die

von dem spezifischen Einsatzgebiet einer Web-Anwendung unabhängig sind, die also in einem Online-Shop ebenso wie in einer Mitfahrzentrale auftreten können. Es lassen sich folgende Kategorien von Aufgabenstellungen unterscheiden:

- Navigation: Über Navigation erhält ein Benutzer Zugang zu verschiedenen, zusammenhängenden Informationen aus einem Bereich, ohne sich in diesem Bereich auskennen zu müssen. Die Informationen werden auf Web-Seiten dargestellt. Links verweisen jeweils auf andere Seiten, deren Inhalte mit dem Inhalt der Ausgangsseite in Beziehung stehen; die Beschriftung des Links gibt die Art der Beziehung an. Seiten und Links bilden zusammen einen Navigationsraum, durch den der Benutzer navigiert, um die enthaltenen Informationen zu "entdecken".

- Suche: Mit Hilfe von Suchprozessen kann ein Benutzer schneller gewünschte Informationen finden, wenn er Vorkenntnisse über den Suchbereich hat. Ein Suchprozess bietet sinnvollerweise die Möglichkeit zur Iteration, so dass der Benutzer die Suchkriterien abhängig vom Ergebnis korrigieren kann. In einer Mitfahrzentrale kann ein Benutzer beispielsweise erst alle Fahrt-Angebote von Konstanz nach Berlin suchen und die Trefferliste dann, falls sie ihm zu lang ist, über Angabe von Datum und benötigten Plätzen weiter einschränken.

- Geschäftsprozesse: Bei Geschäftsprozessen müssen üblicherweise mehrere Teilschritte, die ihrerseits auch aus ganzen Unterprozessen bestehen können, in einer definierten, evtl. dynamischen wählbaren Reihenfolge bearbeitet werden. Beispiele für solche Prozesse sind der Bestell-Prozess in einem Online-Shop oder ein Login-Vorgang wie in der Mitfahrzentrale, bei dem sich registrierte Benutzer identifizieren und neue Besucher registrieren lassen können [siehe Abbildung 1.1].

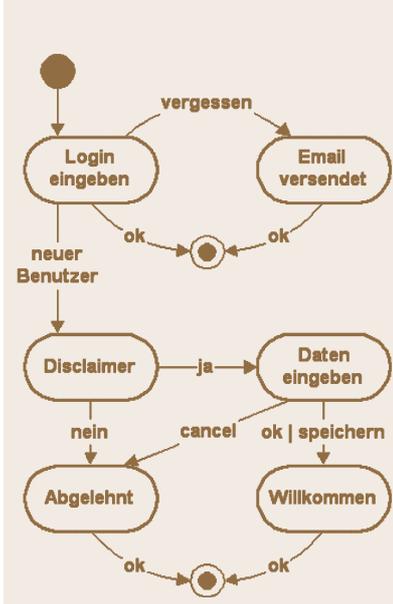


Abb. 1.1: Zustandsdiagramm für den Login-Prozess der Mitfahrzentrale

### 1.3 Die Erstellung moderner Web-Anwendungen mit Komponenten

Zur einfacheren, schnelleren und kostengünstigeren Erstellung von Web-Anwendungen entwickeln wir Software-Komponenten, welche wiederkehrende Aufgabenstellungen und die etablierten Lösungen dazu verkapseln. Diese können in einer Vielzahl von Anwendungen wiederverwendet werden, so dass sich damit eine beträchtliche Einsparung an Zeit und Aufwand für die Erstellung einer Web-Anwendung erreichen lässt.

Mit dem WACoF-Framework [Schmid Rossi 2001] [WACoF steht für Web Activity Component Framework] wurde die Möglichkeit geschaffen, Web-Anwendungen mittels feinkörniger Aktivitäts-Komponenten zu entwickeln: "BasicActivity"-Komponenten enthalten und verkapseln den Ablauf von elementaren Geschäftsvorfällen, während "ComposedActivity"-Komponenten mehrere Aktivitäten zu Geschäfts- bzw. Teilprozessen kombinieren [siehe Abbildung 1.2]. Dieses Framework wurde in der letzten Ausgabe vorgestellt [Schmid 2002]. Sein Einsatz führt zu einer beträchtlichen

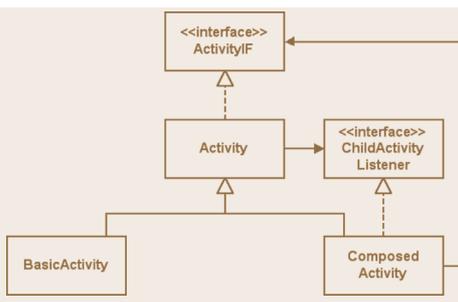


Abb. 1.2: Klassendiagramm für Basic- und ComposedActivity

Einsparung an Entwicklungszeit und -aufwand, wie ein Anwendungsbeispiel zeigt [Dieterich/Nädele/Pasquariello/Schmid 2002].

Um die Entwicklungszeit und den Entwicklungsaufwand bei der Erstellung von Web-Anwendungen noch weiter zu reduzieren, wurde, auf dem WACoF-Framework basierend, das WebCoF-Framework [WebCoF steht für Web Component Framework] mit grobkörnigen "Web-Komponenten" erstellt. Diese bilden das Thema unseres Beitrags; sie beinhalten und verkapseln die typischen Aufgabenstellungen, die wir im vorigen Abschnitt identifiziert haben.

Zunächst soll jedoch die Web-Anwendung "Mitfahrzentrale" vorgestellt werden, bevor wir auf die grobkörnigen Web-Komponenten eingehen und zeigen, wie wir damit die Mitfahrzentrale realisiert haben.

## 2. Die Mitfahrzentrale

### 2.1 Entstehung des Projekts

Die Online-Mitfahrzentrale wurde als Projektarbeit von Gabriel Nock, Matthias Harting und Thomas Wolfschläger während ihres 7. und 8. Semesters an der Fachhochschule Konstanz bei Prof. Schmid entworfen und realisiert. Im 7. Semester wurde nach einer Evaluierung existierender Mitfahrzentralen das Pflichtenheft erstellt. Unser besonderer Anspruch war es, den Benutzern unterschiedliche Such- und Auswahlmöglichkeiten anzubieten, so dass ein Benutzer, der genau weiß was er will, das entsprechende Angebot sehr schnell findet, aber auch ein Benutzer, der nur gerne eine Reise unternehmen würde, über entsprechende Fragen zum Ziel seiner Wünsche geführt wird. Im 7. Semester wurde auch die Einarbeitung in das WACoF-Framework [Schmid/Rossi/Falkenstein 2001] mit feinkörnigen Aktivitätskomponenten durchgeführt, bevor die Web-Anwendung im 8. Semester erstellt wurde.

### 2.2 Funktionen

Hier soll ein kurzer Überblick über die angebotenen Funktionen gegeben werden.

Die gespeicherten Mitfahr-Angebote können von jedermann über einen Webbrowser abgefragt werden. Bei Interesse wird der Kontakt zu dem Anbieter übermittelt. Um Mitfahrgelegenheiten anbieten zu können, muss sich ein Benutzer einmalig [online] registrieren. Registrierte Benutzer können nach einer Fahrt auch eine Wertung abgeben, die von jedermann eingesehen werden kann.

Die zentrale Funktion ist das Durchsuchen der Fahrt-Angebote. Es gibt viele verschiedene Möglichkeiten, nach einer passenden Mitfahrgelegenheit zu suchen, je nachdem, ob man schon genau weiß, was man will, oder vielleicht einfach nur ein bisschen stöbern möchte. Die zusätzliche Vermittlung von Auslandsreisen und ein Schwarzes Brett für Kontaktsuchen und Ausflugsvorschläge runden das Angebot ab.

Die Anwendung verfügt über eine Auswahlleiste, die ständig am oberen Rand der Web-Seiten zu sehen ist. Über sie können jederzeit die wichtigsten Funktionen erreicht werden:

- die drei geführten Suchen für Tages-, Auslands- und Urlaubsfahrten.
- eine filterbasierte Suche ["Stöbern"].
- das Schwarze Brett.
- die Anmeldung zum "privaten Bereich".

Hierüber können die den registrierten Benutzern vorbehaltenen Programmfunktionen aufgerufen und neue Benutzer registriert werden.

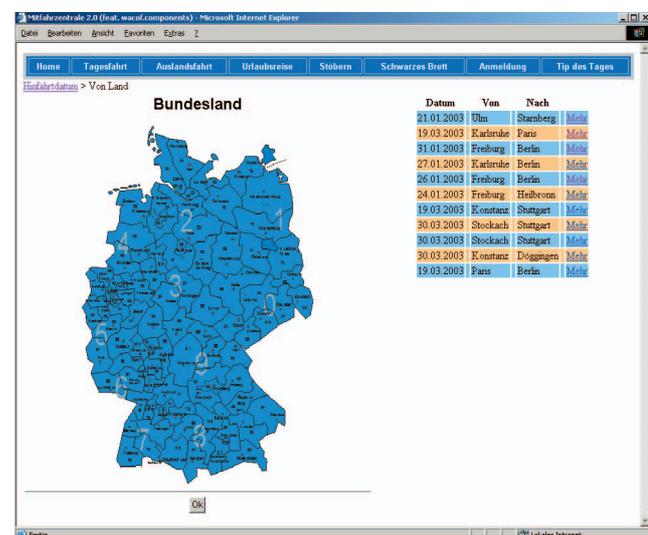


Abb. 2.1: Tagesfahrt-Suche mit eingeschränkter Trefferliste

### 2.2.1 Suchfunktionen

Die Suchen nach Tages-, Auslands- und Urlaubsfahrten sind sich in ihrem Aufbau stark ähnlich. Der Benutzer wird durch einen Prozess geführt, bei dem er nach und nach die Bedingungen für ihn interessierende Fahrt-Angebote nennt. Auf der linken Seite wird dabei die Auswahlmöglichkeit oder Maske für die Benutzereingabe angezeigt, auf der rechten Seite eine Liste mit allen bisher gefundenen Fahrten. Diese Liste schrumpft bei jeder weiteren Benutzereingabe.

Direkt oberhalb von Auswahl und Liste sind die bisherigen und das gerade geforderte Kriterium zu sehen. Die bereits angegebenen Kriterien sind als Links dargestellt, über die der Benutzer jederzeit zu der entsprechenden Eingabe zurückkehren kann. Abbildung 2.1 zeigt die Tagesfahrt-Suche, nachdem der gewünschte Zeitraum ausgewählt wurde und der Benutzer nun

aufgefordert ist, das Ausgangs-Bundesland auf der Karte zu wählen.

Der Benutzer kann eine der Fahrten aus dem Trefferindex wählen, auch ohne den Suchprozess bis zum Ende durchlaufen zu haben. Abbildung 2.2 zeigt diesen Fall wiederum anhand der Tagesfahrt-Suche. Links ist der Suchprozess zu sehen, der so jederzeit fortgesetzt werden kann. Der Index auf der rechten Seite ist aber durch eine Detailansicht der ausgewählten Fahrt "verdeckt". Von dort aus können die Bewertungen des Anbieters eingesehen oder Kontakt mit ihm aufgenommen werden. Außerdem kann der Benutzer mit den darunter liegenden Buttons in der Index-Liste vor und zurück blättern oder die Detailansicht wieder schließen.

Unter dem Hauptmenü-Punkt "Stöbern" erreicht man eine filterbasierte Suche. Hier kann der Benutzer einfach in eine Suchmaske die gewünschten Rahmendaten wie Ausgangsort, Ziel-

ort, Raucher ja/nein etc. eintragen und erhält eine Liste aller Angebote, die diesen Ansprüchen genügen. Er kann auch jederzeit zur Suchmaske zurückkehren und seine Angaben korrigieren.

### 2.2.2 Der "private" Bereich

Etlche Funktionen der Mitfahrzentrale sind nur registrierten Benutzern zugänglich, z.B. die Abgabe neuer Fahrt-Angebote, Einträge auf dem Schwarzen Brett oder die Bewertung anderer Benutzer. Diese Funktionen sind in einem Untermenü enthalten, das nur bei erfolgreichem Login sichtbar wird. Abbildung 2.3 zeigt das private Untermenü [links] bei der Änderung der Benutzerdaten [rechts].

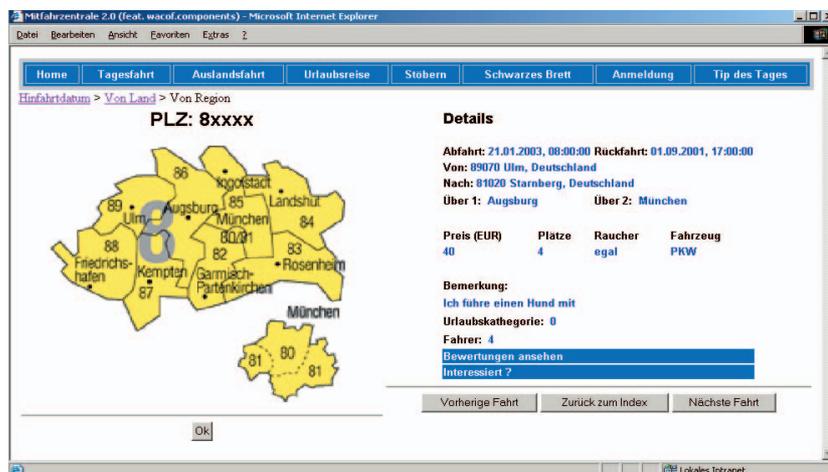


Abb. 2.2: Tagesfahrt-Prozess mit Detailansicht eines Angebots

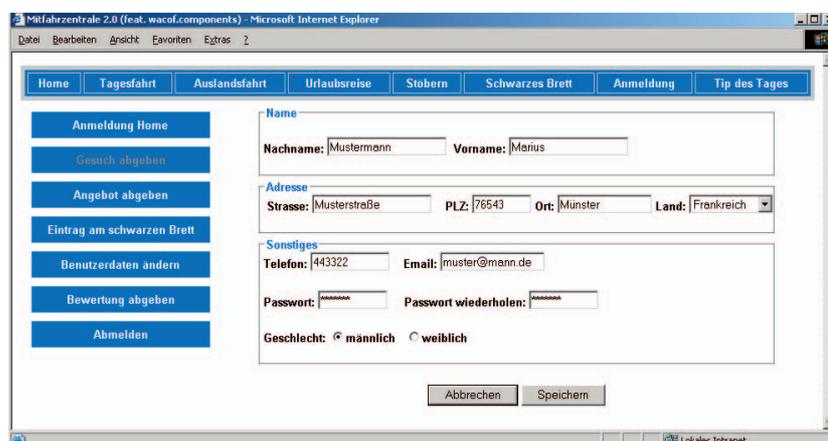


Abb. 2.3: Ändern der Benutzerdaten im privaten Bereich

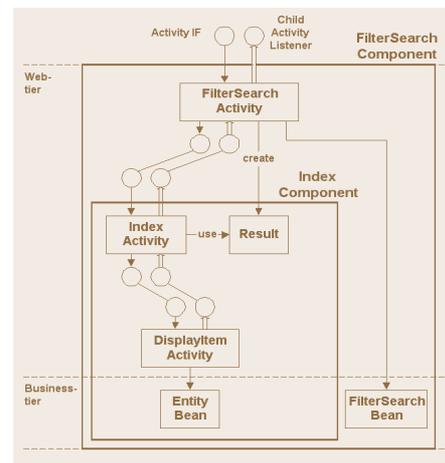


Abb. 3.1: Schematischer Aufbau der FilterSearch-Komponente

## 3. Web-Komponenten

Das WebCoF-Framework enthält grobkörnige "Web-Komponenten", die zum Teil vollständige Prozesse wie z.B. Suchprozesse mit den zugehörigen Abläufen und Geschäftsobjekten bzw. -komponenten umfassen. Daher lassen sie sich nicht durch eine einzige Aktivitätskomponente implementieren, sondern sie verkapseln intern mehrere feinkörnige Aktivitäts- und Geschäftskomponenten. Diese sind damit "nach außen hin" nicht sichtbar, weshalb sich ein Anwendungs-Entwickler auch nicht mit ihnen auseinander zu setzen braucht.

Die innere Struktur einer Web-Komponente wird in Abbildung 3.1 am Beispiel der FilterSearch-Komponente dar-

gestellt. Diese besteht aus einer FilterSearchActivity-, IndexActivity-, DisplayItemActivity- und einer EntityBean und FilterSearchBean-Komponente. Wird der FilterSearch-Komponente der Befehl gegeben, eine Suche durchzuführen [was gesucht werden soll, wird ihr zuvor einmalig durch Anpassungs- bzw. Customization-Parameter mitgeteilt], führt sie die ganze Suche durch und präsentiert auch die Ergebnisse, was sich über eine ganze Anzahl von Web-Seiten erstrecken kann.

### 3.1 Navigationskomponenten

Wird die Navigation innerhalb einer Web-Anwendung durchgeführt, so kann sie nicht direkt vom Webserver realisiert werden, da sie im Kontext der Anwendung stehen muss. Das heißt, es müssen auch während der Navigationschritte Bedienelemente wie etwa die Hauptauswahlleiste zur Verfügung stehen, und der benutzerspezifische Zustand der Anwendung, wie ihn z.B. der Inhalt des Einkaufswagens einer Webshop-Anwendung darstellt, darf nicht verloren gehen. Ein ähnliches Beispiel liefert die Suche von Mitfahrgelegenheiten. In dem erzeugten Trefferindex kann eine Fahrt ausgewählt und von dort zu Bewertung und anderen Angeboten des gleichen Fahrers navigiert werden. Diese Navigation steht dabei aber im Kontext der zuvor gestarteten Suche und des Index, weshalb gleichzeitig deren zusätzliche Optionen zur Verfügung stehen müssen, wie das Verfeinern der Suchkriterien oder die Auswahl eines anderen Punktes der Trefferliste [siehe beispielsweise Abbildung 2.2].

Für die Navigation wurden deshalb zwei unterschiedliche Web-Komponenten entwickelt, mit denen sich Bereiche statischer bzw. dynamischer Navigation einfach in Anwendungen integrieren lassen.

#### 3.1.1 Statische Navigation

Die StaticNavigation-Komponente erlaubt dem Benutzer die Navigation durch eine Menge von statisch hinterlegter und durch Hyperlinks verbundener Web-Seiten. Nach dem Anklicken eines Links lädt die Komponente die entsprechende Web-Seite.

#### 3.1.2 Dynamische Navigation

Die Web-Komponente für dynamische Navigation funktioniert im Prinzip gleich wie StaticNavigation. Allerdings erlaubt sie, die dargestellten Seiten mit JSPs [siehe [5]] aus den Geschäftsobjekten dynamisch zu generieren: jeder Hyperlink innerhalb des Navigationsraums enthält jetzt neben der Angabe der Ziel-Seite auch Parameter, über die ein oder mehrere Geschäftsobjekte identifiziert werden. Diese Objekte werden dann für die JSP, welche die Ziel-Seite generiert, verfügbar gemacht.

### 3.2 Die Suchkomponenten

In Suchprozessen wird anhand einschränkender Benutzereingaben eine Trefferliste ermittelt, über welche die

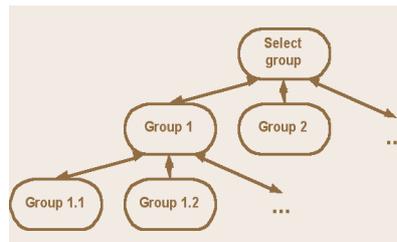


Abb. 3.2: Zustandsdiagramm einer taxonomischen Suche

gefundenen Objekte dann erreicht werden können. Welche Einschränkungen ein Benutzer angeben, und in welcher Art und Weise dies geschehen kann, kann sich von Suche zu Suche beträchtlich unterscheiden. Deshalb wurden drei verschiedene Suchkomponenten entwickelt:

#### 3.2.1 Taxonomische Suche

Bei der taxonomischen Suche wird die Menge der zu durchsuchenden Objekte in eine Hierarchie gegliedert: Auf der obersten Hierarchie-Ebene wird eine grobe Untergliederung aller Objekte in Gruppen vorgenommen [z.B. Bücher, CDs und Computerspiele in Amazon [www.amazon.de]]. Jede dieser Gruppen enthält Untergruppen, die eine feinere Aufteilung des jeweiligen Teilbereichs darstellen [z.B. Klassik/Pop/Rock etc. bei CDs] usw. Der Benutzer entscheidet sich zuerst für eine der Hauptgruppen. Dann wählt er diejenige Untergruppe, in die das

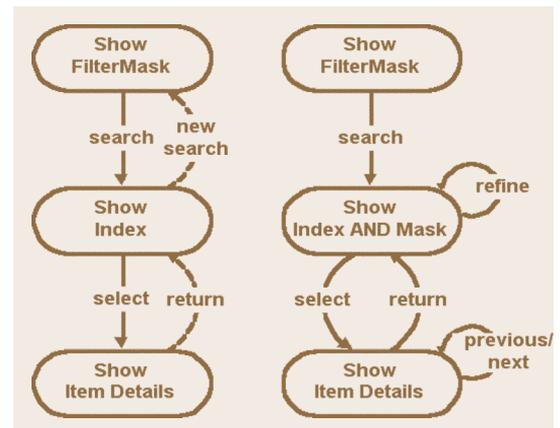


Abb. 3.3: Mögliche Zustandsdiagramme der filterbasierten Suche

gesuchte Objekt am besten passt, und grenzt so den zu durchsuchenden Bereich weiter ein. Diesen Vorgang wiederholt er so lange, bis er das gesuchte Objekt gefunden hat. Hat er einmal eine falsche Untergruppe gewählt, dann kann er jederzeit auf eine höhere Ebene der Hierarchie zurückkehren.

Die taxonomische Suche hat den Vorteil, dass der Benutzer nur grob zu wissen braucht, wonach er eigentlich sucht. An den jeweils zur Auswahl stehenden Untergruppen sieht er, wie er seine Kriterien sinnvoll weiter einschränken kann. In dieser Hinsicht ähnelt die taxonomische Suche der Navigation.

#### 3.2.2 Filterbasierte Suche

Bei der filterbasierten Suche gibt ein Benutzer in einer Suchmaske bestimmte Kriterien ein, beispielsweise den Namen der Zielstadt und die Menge der mitfahrenden Personen bei einer Suche nach Mitfahrgelegenheiten. Der resultierende Index enthält dann alle Objekte, die den Filter passieren. In dem eben genannten Beispiel wären das etwa alle Fahrt-Angebote, die in genau der genannten Stadt enden und bei denen mindestens so viele freie Plätze zur Verfügung stehen. Sie hat aufgrund der Bedingungen, welche die Objektattribute einhalten müssen, Ähnlichkeit mit der Abfrage bei einer Datenbank.

Es ist möglich, die angegebenen Suchkriterien nachträglich zu korrigieren, falls die Trefferliste nicht das gesuchte

oder unübersichtlich viele Objekte enthält. Über das Customizing und die JSPs der FilterSearch-Komponente können unterschiedliche Abläufe für den Suchprozess realisiert werden, wie Abbildung 3.3 zeigt.

Die filterbasierte Suche wird zweckmäßigerweise dann verwendet, wenn eine sehr große Menge von Objekten zu durchsuchen ist und der Benutzer bereits eine gewisse Vorstellung von den Eigenschaften der gesuchten Objekte hat. Sie ist gleichzeitig sehr flexibel, da die Kriterien in praktisch beliebiger Reihenfolge eingegeben oder auch ausgelassen werden können.

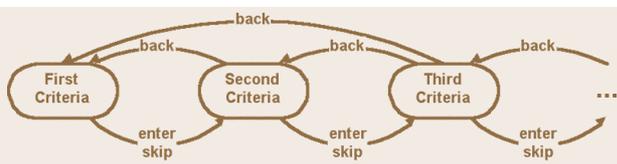


Abb. 3.4: Zustandsdiagramm für geführte Suche

3.2.3 Geführte Suche

Die geführte Suche [Guided Search] verbindet die Vorteile aus taxonomischer und filterbasierter Suche. Wie bei der taxonomischen Suche durchläuft der Benutzer eine Reihe von Schritten, in denen er seine Angaben über das gesuchte Objekt präzisiert. Ist das Ergebnis einmal unzureichend, kann der Schritt auch wieder zurückgenommen werden. Dadurch kann der Benutzer den Bestand der Objekte wieder ohne genaue Zielvorgaben "durchstöbern". Im Gegensatz zur taxonomischen Suche sind die in den einzelnen Schritten gemachten Einschränkungen aber voneinander unabhängig. Dadurch kann der Benutzer - wie bei der filterbasierten Suche - Kriterien einfach auslassen, falls er diese nicht einschränken kann oder will. Das Zustandsdiagramm ist in Abbildung 3.4 gegeben.

Die geführte Suche kommt in der Mitfahrzentrale z.B. bei der normalen Suche nach einer einmaligen Tagesfahrt zum Einsatz: der Benutzer wählt nacheinander das Zeitfenster für die Abfahrt, das Bundesland und den Ausgangsort, und schließlich Ziel-Bundesland und -Ort, wobei er die Angaben zu Zeitraum und Orten auch auslassen kann.

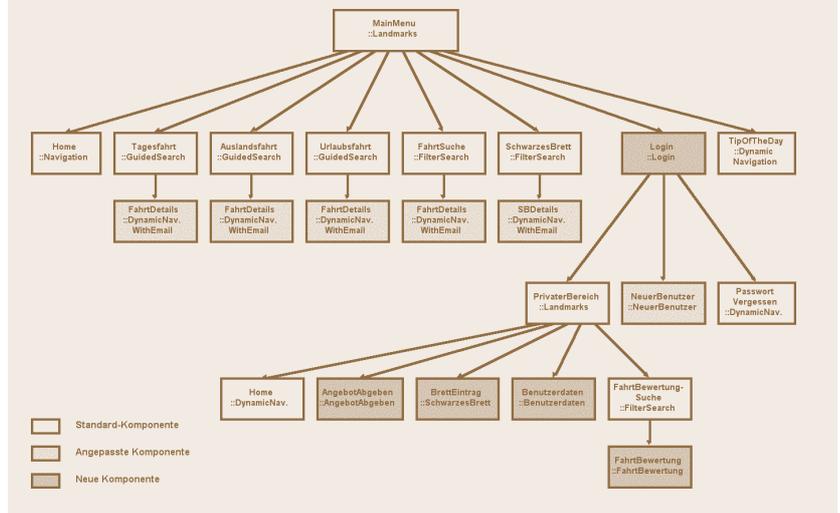


Abb. 4.1: Aufbau der Mitfahrzentrale aus Webkomponenten

4. Einsatz der Web-Komponenten

Um die aus dem Einsatz des WebCoF-Frameworks resultierenden Einsparungen genauer beurteilen zu können, haben wir die Mitfahrzentrale ein zweites Mal mit den neu entwickelten Web-Komponenten [nach-] gebaut. Dabei ergab sich der in Abbildung 4.1 dargestellte Baum von Komponenten. Die Färbung der Komponenten zeigt deren Wiederverwendbarkeit. Alle Bestandteile der Anwendung, für die direkt Web-Komponenten [wie Search oder Navigation] oder bereits bestehende Aktivitätskomponenten [Landmarks] eingesetzt werden konnten, sind weiß. Für die Anzeige der Fahrt-Details musste die DynamicNavigation-Komponente um die Fähigkeit erweitert werden, Emails zu versenden [ca. 50-100 Zeilen Code]. Für das Anlegen eines neuen Benutzers musste die Fähigkeit hinzugefügt werden, neue Benutzer-Einträge in der Datenbank zu erzeugen [ca. 50 Zeilen Code]. Die Vorkommen dieser beiden modifizierten Navigations-Komponenten sind hellgrau unterlegt. Die Komponenten, die extra für die Anwendung neu geschrieben wurden, sind dunkelgrau gefärbt.

Die Abbildung zeigt deutlich den hohen Wiederverwendungsgrad der Web-Komponenten. In zwei Fällen war es nötig, eine Standardkomponente abzuändern. Bei 5 der 6 neu erstellten Komponenten handelt es sich um Komponenten, die mit den für die Anwendungs-Domäne spezifischen Eigenschaften der Geschäftsobjekte arbeiten müssen [NeuerBenutzer, AngebotAbgeben, SchwarzesBrett, Benutzerdaten, FahrtBewertung]. Die neu erstellte Login-Komponente liefert - gleich den in Kapitel 3 vorgestellten

Komponenten - ein in vielen Web-Anwendungen benötigtes Standardverhalten. Nach der Entwicklung einer entsprechenden Web-Komponente würde ihre Implementierung entfallen. Insgesamt fielen nur etwa 5 Arbeitstage an [ohne Layout- und Grafikerstellung für die JSP Web-Seiten], um die Web-Anwendung "Mitfahrzentrale" mit den neuen Web-Komponenten nachzubauen. Dem stehen etwa 40 Arbeitstage gegenüber, welche die erste Projektgruppe im 8. Semester aufwendete. Die erreichbaren Zeit- und Aufwands-einsparungen sind also beträchtlich!

Dank

Unser Dank gilt dem Ministerium für Wissenschaft und Forschung Baden-Württemberg für die teilweise Unterstützung dieser Arbeit.

5. Referenzen

[1] Hans Albrecht Schmid, Gustavo Rossi: "Designing Business Processes in E-Commerce Applications". In E-Commerce and Web Technologies, Springer LNCS 2455, 2002  
 [2] Hans Albrecht Schmid, Gustavo Rossi and Florian Falkenstein: "Components for the Reuse of Activities in Web Applications". in: OOIS 2001, Springer, London, 2001  
 [3] Hans Albrecht Schmid: "Geschäftsprozesse in Web-Applikationen", FHK-Forum Ausgabe 2, 2002  
 [4] Bertram Dieterich, Marc Nädele, Michael Pasquariello, Hans Albrecht Schmid: "CRE@M, eine Web-Applikation für Customer Relation Management", FHK-Forum Ausgabe 2, 2002  
 [5] Sun: "JavaServer Pages™ - Dynamically generated Web content", <http://java.sun.com/products/jsp/>, Mar. 2003.

## Ihr innovativer Partner

TAKATA-PETRI ist eingebunden in einen weltweit operierenden Konzern mit ca. 18.000 Mitarbeitern und einem Umsatz von ca. 3,1 Mrd. Euro. Als zuverlässiger, kompetenter Partner der Automobilindustrie konzipieren, entwickeln und produzieren wir Insassenschutzsysteme und -komponenten.

Unser Produktportfolio umfasst Lenkräder, Airbags, Sicherheitsgurte, Innenraumverkleidungen, Kindersitze, Elektronik und Sensorik.

**Wir bieten Praktikanten und Diplomanden attraktive Möglichkeiten in folgenden Bereichen:**

- **Engineering**
- **Finance / Controlling**

Wenn Sie Interesse an studienbegleitenden Praktika und an praxisorientierten Diplomarbeiten haben, sprechen Sie uns bitte an:

Uwe Dierks  
Studentenbetreuung  
Telefon 0711/9532-5140  
uwe.dierks@eu.takata.com



TAKATA-PETRI (Ulm) GmbH

Personalabteilung - Lise-Meitner-Str. 3 - D-89081 Ulm

Der Arbeitgeber in Ihrer Region mit qualifizierten und interessanten Arbeitsplätzen.

Suchen Sie eine neue Herausforderung?

Auf unserer Homepage [www.mowag.ch](http://www.mowag.ch) finden Sie unsere aktuellsten Stellenausschreibungen.



MOWAG

MOWAG Motorwagenfabrik AG CH-Kreuzlingen/Schweiz  
Tel. ++41(0)71 677 55 00 Fax ++41(0)71 672 28 86  
[www.mowag.ch](http://www.mowag.ch) info@mowag.ch

**dunkermotoren**  
wir bewegen 'was

### Motoren und Getriebe aus Bonndorf — standardisiert, modular, flexibel

Der Name DUNKERMOTOREN ist ein Begriff in der Antriebstechnik. Ob in der Datentechnik oder im Maschinenbau, in der Optik oder der Medizintechnik, der Fördertechnik sowie im Bereich der Sonnenschutztechnik:

Überall sind DUNKERMOTOREN im Einsatz.

Als führender Anbieter im Bereich der Antriebstechnik stützt sich DUNKERMOTOREN auf die drei Segmente: Gleichstrommotoren, Wechsel- und Drehstrommotoren sowie Jalousie- und Stellantriebe.

innovative design

quality

**Wechsel- Drehstrommotoren  
Kollektor- und Elektronik-  
Gleichstrommotoren  
Getriebe- und Bremsmotoren  
Jalousie- und Stellantriebe**

motor & electronic

Alcatel SEL AG  
Dunkermotorenwerk · Allmendstraße 11  
D-79848 Bonndorf/Schwarzwald  
[www.dunkermotoren.de](http://www.dunkermotoren.de)  
info@dunkermotoren.de  
Telefon (07703) 930-0 · Fax -210/212

ALCATEL



# Technik

## Rasche Analyse der Lichtstärke-Verteilung [RALV]

von Prof. Dr. Bernd Jödicke, Dipl.-Ing. [FH] Falko Elsässer MSc, Dipl.-Ing. [FH] Martin Merkler



### Prof. Dr. Bernd Jödicke

Studium der Physik an der Universität Karlsruhe. Promotion im Forschungszentrum Karlsruhe und dem Institut für Höchsthochfrequenztechnik der Universität Karlsruhe. Abteilungsleiter Technik bei der ABB Infocom, Baden, Schweiz, Entwicklung, Fertigung und Vertrieb von Elektronen- und Mikrowellen-Röhren und UV-Lampen. Seit 1992 Professor an der Fachhochschule Konstanz mit den Lehrgebieten Physik und Lichttechnik.

### Martin Merkler

Lehre als Energieelektroniker, Betriebselektriker in der Lebensmittelindustrie, Studium der Elektrotechnik an der Fachhochschule Konstanz. Seit 1999 Geschäftsführer der Ökolux GmbH, Gesellschaft für Lichtenwendungen.

### Falko Elsässer

Studium Maschinenbau an der Fachhochschule Ravensburg-Weingarten, Studium Master Mechatronik an der Fachhochschule Konstanz. Seit 2002 bei der Mahle GmbH im Bereich Filtersysteme tätig.

### Zusammenfassung

Die an der Fachhochschule Konstanz entwickelte Methode RALV [rasche Analyse der Lichtstärkeverteilung] erlaubt eine schnelle Messung optischer Eigenschaften von Materialien und Leuchten. Es ist gelungen Messzeiten von bisher mehreren Stunden mit dem neuen Verfahren auf wenige Minuten zu reduzieren.

Beim RALV Verfahren wird eine Probe von einer gerichteten Lichtquelle [Laser] bestrahlt. Das gestreute Licht trifft auf einen Schirm. Auf dem Schirm entsteht eine Helligkeitsverteilung. Diese wird auf der Rückseite abfotografiert.

Aus den Geometriedaten der Anordnung und der gemessenen Helligkeitsverteilung lässt sich die Lichtstärkeverteilung und damit die Streucharakteristik errechnen.

Durch geeignete Wahl der Schirm-Materialien, eine gute Kamera-Auslegung sowie einer dafür entwickelten Software ist es im RALV-Projekt gelungen die Funktionsfähigkeit dieses Verfahrens nachzuweisen.

### Abstract

The project RALV [rapid analysis of the luminosity variation] proved it possible to measure parts of the reflection-distribution function in a very short time. Reduction in measuring time of several hours down to a few minutes has been achieved.

The material is illuminated by a laser. The scattered light results in a light pattern on a screen, which is photographed by a CCD camera.

The necessary components [light source, screen material, camera] were found and the software for calculating the distribution function has been developed.

### 1. Grundlagen / Einführung

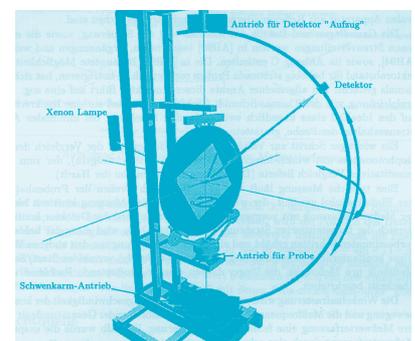
#### 1.1 Aufgabenstellung

Die Weiterentwicklung von Materialien hat in der Lichttechnik zu immer neuen Anwendungen und verbesserten Beleuchtungsanlagen geführt.

Derzeit kommen vermehrt Materialien auf den Markt, die Licht nicht mehr wie normale Spiegel reflektieren. Sie lenken Licht um, weiten es verschieden auf oder schicken es nur in einen ganz engen Raumbereich. Dadurch erlauben sie z.B. Tageslicht effizient in die dunklen Bereiche eines Raumes zu lenken oder Leuchten preiswert zu bauen, die besonders gut entblendet sind. Leider existieren aber keine Möglichkeiten solche Materialien mit vertretbarem Aufwand in der Planung zu simulieren und zwar aus zwei Gründen:

1. Die Materialien können nicht ausreichend schnell vermessen werden.
2. Solche Materialien können nicht vernünftig in den derzeit gängigen Planungs-Softwares parametrisiert werden.

Bislang werden solche Materialien mit sogenannten Goniometern vermessen. [Bsp. Bild des Goniometer am ISE, Frei-



burg [5]]. Dabei handelt es sich in der Regel um sehr präzise Messinstrumente, bei denen ein Lichtsensor auf einem Arm kugelförmig um die Probe geführt wird. Das von der Probe reflektierte Licht wird gemessen. Da es sich um eine mechanische Bewegung handelt,

sind die Messzeiten entsprechend lang, die Messwerte aber auch sehr genau. Für viele Anwendungen wird diese extreme Genauigkeit jedoch nicht benötigt.

An der Fachhochschule Konstanz ist es nun in Zusammenarbeit mit den Industriepartnern gelungen ein Verfahren auszuarbeiten, mit dem es möglich ist, komplexe Materialien schnell und lichttechnisch ausreichend genau zu vermessen.

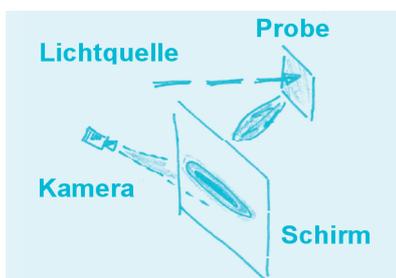
## 1.2 Theorie des Messverfahrens RALV

Die RALV-Methode beruht auf einer Kette von physikalischen Zusammenhängen, die im Folgenden beschrieben werden.

### 1.2.1 RALV Aufbau

Eine Lichtquelle sendet gerichtetes Licht unter vorgegebenen Einfallswinkeln auf die zu untersuchende Probe. Die Probe streut das Licht. Das gestreute Licht fällt auf einen Projektionschirm.

Die Lichtverteilung auf dem Schirm wird von einer Kamera aufgenommen.



### 1.2.2 Erwartete Information / Messwert

Die Messung soll die gemittelte Fernfeldverteilung der Streucharakteristik liefern. Das bedeutet, dass die Entfernung zwischen Schirm und dem Lichtpunktdurchmesser auf der Probe groß sein muss [Fernfeld].

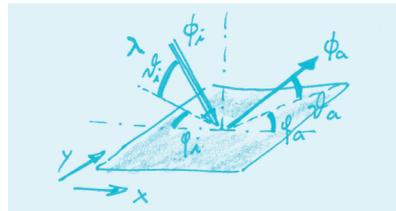
Gleichzeitig muss aber der Lichtpunkt ausreichend Fläche erfassen, um über die Struktur des Materials mitteln zu können.

### 1.2.3 Messkette Streuung Material

Der Laser sendet einen Lichtstrom  $\Phi$  auf das Material. Von diesem aus geht die Lichtstärke  $I$  in verschiedene Richtungen.

$$I = f(\Phi_i, \varphi_i, \vartheta_i, \varphi_a, \vartheta_a, x, y, \lambda)$$

Die Lichtstärke ist abhängig vom einfallenden Lichtstrom  $\Phi_i$ , den Einfallswinkeln  $\varphi_i, \vartheta_i$  den Ausfallswinkeln, der Wellenlänge des Lichts  $\lambda$  und dem Auftreffort  $x, y$ .



Folgende vereinfachende Annahmen werden zur Beschreibung von Materialien meist getroffen:

- Lichtstärke proportional zum einfallenden Lichtstrom [lineares Verhalten, keine starke Einschränkung].
- Separierbarkeit der Funktion der Wellenlänge  $\lambda = f(\Phi_i, \varphi_i, \vartheta_i, \varphi_a, \vartheta_a, x, y) \cdot g(\lambda)$ . Das bedeutet, dass die Farbe unabhängig vom Betrachtungswinkel ist. [Diese Näherung ist nicht gültig für dispersive Materialien. Spektralzerlegung kann mit solchen Modellen nicht erklärt werden].
- Materialbeschreibung im Fernfeld [Mittelung über  $x, y$ ] [Problematisch bei großstrukturierten Materialien, z.B. Lamellenbehänge].

Somit kann das Streuverhalten ausreichend beschrieben werden, wenn die relative Lichtstärke als Funktion der vier Winkel bekannt ist. Diese wird als BRDF [bidirectional-reflection-distribution-function] bezeichnet:

$$\frac{I}{\Phi_i} = BRDF(\varphi_i, \vartheta_i, \varphi_a, \vartheta_a) \cdot g(\lambda)$$

Die Bestimmung der BRDF ist die eigentliche Messaufgabe von RALV.

### Schirm

Die auf dem Schirm auftreffende Strahlung erzeugt eine Beleuchtungsstärke  $E$ . Diese ist abhängig von der Lichtstärke und der Position der Schirms. Es gilt:

$$E(x, y) = \frac{(\varphi_a, \vartheta_a)}{r^2} \cdot \cos \gamma$$

Aus der Geometrie des Aufbaus sind alle Werte berechenbar. Damit enthalten die Beleuchtungsstärke auf dem Schirm und die Lichtstärke der Probe exakt die identische Information.

Für einen **rein diffusen Schirm** kann die abgestrahlte Leuchtdichte  $L$  an jedem Punkt  $x, y$  auf dem Schirm aus der Beleuchtungsstärke  $E$  und dem Reflexionskoeffizienten  $\rho$  berechnet werden:

$$L(x, y) = \frac{\rho \cdot E(x, y)}{\pi}$$

Bei nicht-diffusen Schirmen ist die Leuchtdichte abhängig vom Betrachtungswinkel.

### Kamera

Mit einer Kamera wird die Lichtverteilung auf dem Schirm aufgenommen. Diese liefert ein Bild, das aus counts als Funktion der Spaltenindex  $m$  und Zeilenindex  $n$  besteht.

Die Kamera sollte bei gleicher Helligkeit die gleiche Anzahl von counts liefern, unabhängig von  $m$  und  $n$ .

Dann gilt:

$$\text{counts}(m, n) = \text{const} \cdot L(x, y)$$

Die Konstante ist abhängig von Kameratyp, Objektiv, Brennweite, Blende, Belichtungszeit und weiteren Parametern. Ein Zusammenhang zwischen den Kameragrößen  $m$  und  $n$  sowie den Schirmgrößen  $x$  und  $y$  kann aus den geometrischen Daten des Aufbaus gewonnen werden.

Ist die Empfindlichkeit der Kamera abhängig von  $m$  und  $n$  kann dies numerisch berücksichtigt werden.

### Software

Die Software verbindet die o.a. Komponenten zu einem wirkungsvollen Mess-System. Dabei kommen ihr folgende Aufgaben zu:

- Kamerabedienung [Belichtungszeit, gain]
- Kamerakorrekturen
- Aufnahme und Archivierung der

Kamerabilder

- Berechnung der BRDF aus Kamerabild und geometrischen Daten des Aufbaus.

## 2. Komponenten RALV

Der eigentliche RALV Aufbau besteht aus vier Hauptelementen

- Lichtquelle
- Probehaltung
- Projektionsschirm
- Kamera

sowie einer dazugehörigen Steuerungs- und Auswertesoftware. Die Komponenten werden im Folgenden beschrieben.

### 2.1.1 Lichtquelle

Die Anforderungen an die Lichtquelle lauten:

- Hohe Strahlparallelität
- Ausreichend Licht
- Lichtfleck-Größe muss Struktur des Materials überdecken

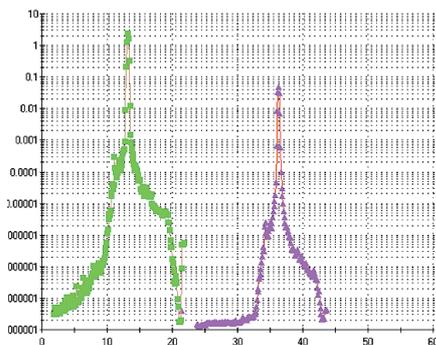
Versuche mit Parabol-Reflektoren führten zu keiner ausreichenden Strahlqualität. Deshalb werden ausschließlich Laser als Lichtquelle eingesetzt.

Gewählt wurden zwei Laser der Wellenlänge 532 nm.

- Laser 1: 1 mW unstabilisiert für Demo-Zwecke
- Laser 2: 50 mW, stabilisiert

Der Laser besitzt am Auftreffpunkt des Strahles auf die Probe einen Durchmesser von 3 mm. Damit ist bei kleinen Strukturen eine Mittelung gewährleistet. Bei größeren Strukturen des Materials muss die Aufweitungsoptik verwendet werden.

Links unten stehende Abbildung zeigt die Strahlcharakteristik des Lasers ohne Aufweitungsoptik. Sie wurde mit dem Goniometer bei einer Winkelauflösung



Laserstrahl-Charakteristik bei unterschiedlichen Einfallswinkeln

von  $0,1^\circ$  gemessen.

Deutlich ist zu erkennen, dass der Laser innerhalb einer Breite von  $0,6^\circ$  eine Intensität von 99% aufweist.

Damit ist er geeignet die gewünschten Strukturen aufzulösen. Ein feinerer Strahl würde keine Verbesserung der RALV Methode mit sich bringen.

### 2.1.2 Probehaltung

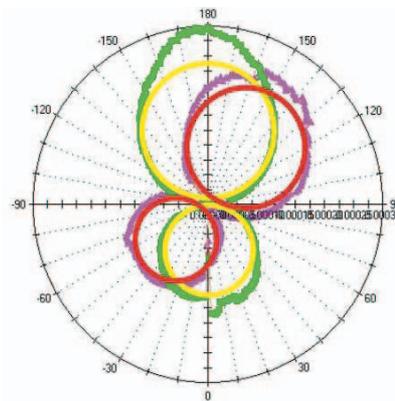
In diesem Projekt wurde die Probehaltung des ebenen Goniometers der Fachhochschule Konstanz verwendet. Sie erlaubt eine Positioniergenauigkeit von  $<0,1^\circ$  in allen drei Achsen.

Die Anforderung an eine Aufnahme der Probe ist aber bei der RALV Methode bei weitem nicht so kritisch wie die beim ebenen Goniometer. Deshalb kann für ein ortsfestes RALV Gerät eine wesentlich einfachere Probeaufnahme verwendet werden.

### 2.1.3 Schirm

Der Projektionsschirm hat die Aufgabe, das gestreute Licht aufzufangen und möglichst gleichmäßig abzugeben. Optimal wäre ein rein diffuses Material. Dann gilt eine einfache Beziehung zwischen der Beleuchtungsstärke auf dem Schirm und der Leuchtdichte. Dies würde in der LVK Darstellung zu kreisförmigen Verteilungen führen.

Messungen zeigen, dass das Schirm Material sehr gut diffus ist, sich also der theoretischen Kurve [Kreis] annähert, wenn die Projektionsfläche winklig zu Lichtquelle und Mess-Sensor steht.



Streucharakteristik des Schirms:  
grün: Schirm  $45^\circ$  horizontal gedreht,  
lila:  $45^\circ$  horizontal und  $45^\circ$  vertikal gedreht

## Übersprechen

Die Trennschärfe der Leinwand wurde mit Hilfe von Filtern getestet. Dazu wurden Graufilter unterschiedlicher Dichte auf der Vorderseite der Leinwand platziert und die Transmission mit der Kamera aufgenommen und ausgewertet.

Dabei zeigte sich, dass ein Übersprechen der einzelnen Kanäle sehr gering ist. Die Ortsauflösung des Systems Kamera-Leinwand ist besser als 5 mm, was einer Winkelauflösung von  $0,3^\circ$  entspricht.

### 2.1.4 Kamera

Kernstück des RALV Projektes sind die Auswertekameras. Sie sollen die Bilder lichttechnisch erfassen. Dazu sollte die Kamera folgende Anforderungen erfüllen

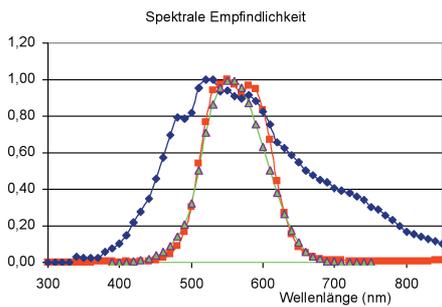
- $V(\lambda)$  angepasst sein. [Diese Anpassung sorgt dafür, dass die gemessenen Größen mit den Lichttechnischen DIN-Maßsystem übereinstimmen]
- Eindeutiger Zusammenhang zwischen Kameraparametern, counts und der Leuchtdichte
- Vom PC aus in allen Funktionen bedienbar sein.

Im Projekt wurden zwei unterschiedliche Kameras eingesetzt.



### $V(\lambda)$ Anpassung

Die  $V(\lambda)$  Anpassung wurde mit dem Monochromator der Uni Konstanz gemessen. Die spectral response stimmt gut mit der  $V(\lambda)$ -Kurve überein. Beide Kameras konnten durch die gleichen Filter korrigiert werden.



grün:  $V(\lambda)$ -Kurve, blau: Kamera ohne Filter, rot: Kamera mit Filter

### Linearität

Aus den Überlegungen der Optik besteht ein Zusammenhang zwischen den gemessenen counts, den Kamera-parametern und der Leuchtdichte  $L$ . In Versuchsreihen wurde dieser ermittelt zwischen:

- pixelwert, counts  $p$
- gain  $g$
- Belichtungszeit  $\tau$
- Blende  $B$
- Leuchtdichte  $L$

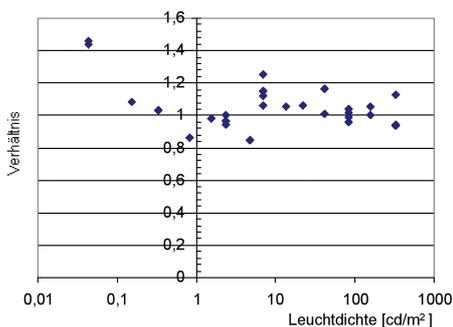
für eine feste Brennweite.

Bei der Kalibrierung wurde die bekannte Leuchtdichte einer U-Kugel [zwischen  $0,04 \text{ cd/m}^2$  und  $40 \text{ cd/m}^2$ ] mit der Kamera gemessen.

Trägt man das Verhältnis Messwert zu tatsächlichem Wert über der Leuchtdichte auf, so ist zu erkennen, dass die Leuchtdichte derzeit auf etwa 20% genau bestimmt werden kann.

### Dynamik

In o.a. Grafik ist zu erkennen, dass über einen Bereich von vier Größenordnungen die Kamera einsetzbar ist. Der tatsächliche Dynamik-Bereich geht deutlich darüber hinaus. Er konnte nur wegen der Begrenzung des Leuchtdichte-Normals auf  $300 \text{ cd/m}^2$  bisher noch nicht kalibriert werden.



### 2.1.5 Software

Die gesamte Software zur Bedienung und Auswertung der Messungen wurde selbst geschrieben, dazu wurden Kaufkomponenten mit eingebaut. Die gesamte entwickelte Software hat folgende Aufgaben:

- Ansteuerung und Bildaufnahme für beide verwendeten Kameras
- Berechnung der LVK Daten aus den Kameradaten und den geometrischen Koordinaten
- Darstellung der Ergebnisse.

### 3. Ergebnisse

Mit den oben aufgeführten und getesteten Komponenten wurde der RALV Aufbau umgesetzt.

Zu erkennen sind :

- Laser-Lichtquelle [rechts]
- 3-Achsen Probenhalter mit Probe
- Projektionsschirm [mit Lichtfleck]
- Aufnahme-Kamera.

Für breiter streuende Materialien kann der Schirm durch einen großen [2 m x 2 m] ersetzt werden.

Zu Vergleichszwecken wurden alle Messungen sowohl mit dem RALV-Aufbau durchgeführt, als auch zum Vergleich mit dem ebenen Goniometer bewertet.

#### 3.1 Probe einrichten

Beim Einrichten der Probe für das ebene Goniometer muss sehr viel Zeit aufgewendet werden, um das Material richtig auf die Messebene auszurichten. Insbesondere bei anisotropen Materialien kann dies bis zu einer Stunde dauern.

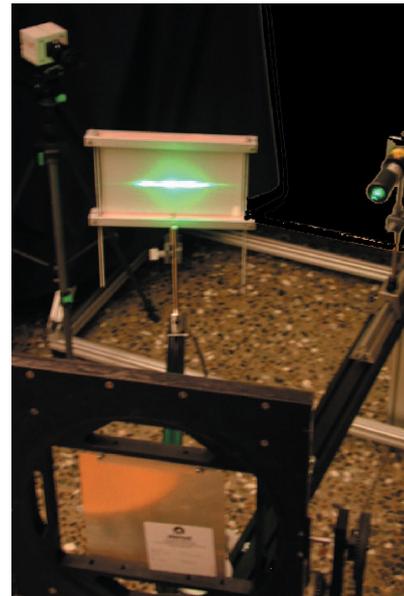
Bei der RALV Methode ist eine genaue Ausrichtung nicht nötig, da die Achsen später auf dem Kamera-Bild nachkorrigiert werden können.

#### 3.2 Messdynamik und Raumwinkel

Bei verschiedenen Proben wurden die Ergebnisse der Messungen von RALV und dem Goniometer verglichen. Im Folgenden seien auszugsweise verschiedene Beispiele genannt:

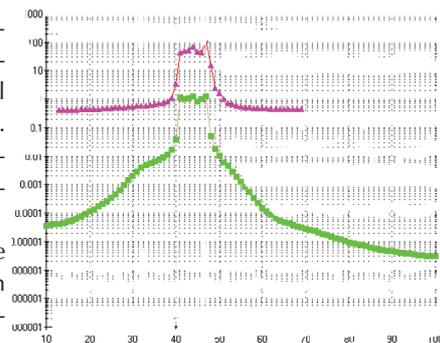
##### 3.2.1 Softgloss 845

Softgloss Materialien haben die Eigenschaft, Lichtstrahlen definiert aufzuweiten. Der Aufweitungswinkel soll scharf begrenzt sein, so dass außerhalb



dieses Bereichs kein Licht ankommt. Die Lichtverteilung wurde mit der RALV-Methode [blau] und dem Goniometer [grün] gemessen.

Man erkennt die gewünschte scharfe Kante der Verteilung, die dafür sorgt, dass kein blendendes Licht außerhalb des gewünschten Raumwinkels ankommt. Beide Messungen ergeben die gleiche Höhe und Breite der Verteilung. Der Unterschied besteht nur in dem überstrichenen Mess-Winkel-Bereich und der Dynamik der Messung.

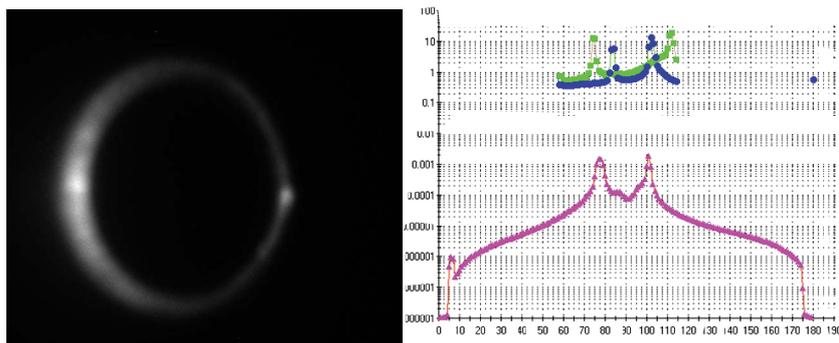


Streucharacteristik softgloss 845, lila: RALV; grün: Goniometer

##### 3.2.2 KAPILUX

Ein besonders interessantes Material zum Testen der Methode ist die transparente Wärmedämmung Kapilux.

Bei direktem Blick auf das beleuchtete Material wird ein leuchtender Ring sichtbar. Dieser ist sehr schön mit der RALV Methode mess- und bewertbar.



In der obenstehenden Abbildung ist dieser Ring in einer RALV Messung zu erkennen.

Aus dieser Aufnahme kann die Streucharakteristik in einer Ebene und mit der Messung mit dem ebenen Goniometer verglichen werden.

In der unten aufgeführten Grafik sind die RALV Messungen für unterschiedliche Einfallswinkel [grün und blau] im Vergleich zur Goniometer Messung [lila] gezeigt. Alle Messungen zeigen deutlich die Spitzen, die beim Schnitt durch den Ring auftauchen.

### 3.2.3 Leuchten

Auch engstrahlende Leuchten können mit der RALV Methode vermessen werden. Eine Lichtstärke-Verteilungs-Kurve [LVK, diese gibt an wie viel Licht in welche Richtung ausgesendet wird] kann sowohl für verschiedene Nahfelder als auch für das Fernfeld innerhalb weniger Minuten erstellt werden.

Untenstehende Grafiken zeigen die LVK einer Halogen-Reflektor-Lampe mit dem Goniometer [oben] und der RALV Methode [unten] gemessen.

Sie stimmen gut überein.

### 3.3 Messzeiten

Neben der Rüstzeit spielt die eigentliche Messzeit eine wichtige Rolle für die Bewertung des Zeitaufwandes. Für jede der o.a. aufgenommenen Goniometer

Streucharakteristik Kapilux5, grün und blau: RALV; lila: Goniometer

Messungen werden zwischen 5 Minuten [1° Auflösung] und 25 Minuten [0,1° Auflösung] benötigt.

Die RALV Messungen selbst benötigen nur wenige Sekunden. Die Zeit ist nötig für die Mehrfachbelichtung und die damit erreichbare bessere Dynamik der Messung.

### 3.4 Vorteile / Nachteile

Die Vor- und Nachteile der RALV Methode gegenüber der klassischen Goniometer-Messung ergeben sich aus den o.a. Ergebnissen:

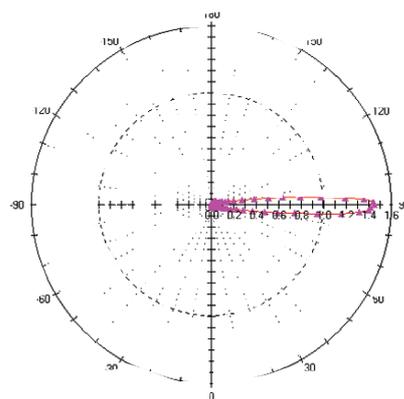
1) Bei angepasster Konstruktion des Probehalters sind Einrichtzeiten im Sekundenbereich denkbar.

Die RALV Methode eignet sich daher immer dort, wo schnelle Messungen erforderlich sind und eine geringere Messdynamik ausreicht. Zudem sollte das untersuchte Objekt das Licht in einen relativ engen Bereich abstrahlen. Geeignet für RALV sind:

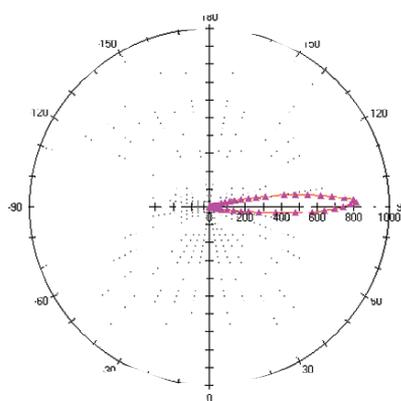
- Materialien mit starkem Glanz

- Engstrahlende Leuchten

2) Durch ein Überlagern mehrerer RALV Messungen [Verschieben des Schirms] kann der Raumwinkel vergrößert werden. Da es sich dabei jedoch um einen mechanischen Vorgang handelt wird die Messzeit ent-



LVK Halostar Lampe mit Goniometer



LVK Halostar Lampe mit RALV

sprechend verlängert. Deshalb wurde dieser Weg in der vorliegenden Arbeit nicht gegangen. Er ist aber kurzfristig umsetzbar.

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

Im Bereich gerichteter Materialien und Leuchten wird die RALV Methode eine schnelle Alternative zu den bestehenden Goniometer-Messungen sein. Aufgrund der kurzen Einrichtzeiten und der schnellen Messung werden die Kosten für die Vermessung eines Materials deutlich unter denen der Goniometermessung liegen.

	RALV	Ebenes Goniometer	4-pi Goniometer
Einrichtzeit	1-5 Minuten <sup>1)</sup>	bis 30 Minuten	bis 30 Minuten
Messzeit	1 Sekunde	5 bis 25 Minuten	bis 10 Stunden
Öffnungswinkel	ca. 60°	360°	360°
Raumwinkel/sr	10% von 4π <sup>2)</sup>	-	4π
Dynamik/Dekaden	ca. 3	bis 8	bis 8

Damit wird es erstmals möglich sein eine größere Anzahl von Materialien zu vermessen. Insbesondere die Untersuchung von Fertigungseinflüssen auf die optische Qualität sind hiermit quantitativ besser und schneller bewertbar.

Als nächster Schritt müssen diese Messdaten in geeigneten Kennzahlen zusammengefasst werden. Diese müssen anschließend in die Planungssoftware eingebaut werden. Am sinnvollsten wäre es die Material-Kennzahlen in Datenbanken abzulegen, ähnlich den derzeit verwendeten Leuchtdatenbanken in Dialux oder Relux.

## 5. Literatur

[1] DIN 5036 Teil 3, "Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien", November 1979

[2] Messung der gerichteten Reflexion an Oberflächen", Firmeninformation Dr. Lange, Düsseldorf

[3] DIN 67530, "Reflektometer als Hilfsmittel zur Glanzbeurteilung an ebenen Anstrichen und Kunststoffoberflächen"

[4] Apian-Bennewitz, P., "Messung und Modellierung von lichtstreuenden Materialien zur Computer-Simulation von Tageslichtbeleuchtung", Dissertation, Freiburg 1995

[5] <http://www.ise.fhg.de/radiance/goniophotometer/intro.html>

[6] DIN 5032 Teil 4, "Lichtmessung, Messung an Leuchten"

[7] Andersen, Michel, Roecker, Scartezzini, "Measurement of bi-directional photometric properties of advanced glazing based on digital imaging techniques" LESO-PB, EPFL Lausanne 1999, Tagungsbeitrag CISBAT 99

[8] Scartezzini, Compagnon, Roecker, Michel, "Measurement of bi-directional photometric properties of advanced glazing based on digital imaging techniques" Lighting Res. Technol. 29[4].S. 197-205, GB 1997

[9] Stefanov, E., "V( $\lambda$ )-Anpassung eines bildauflösenden Lichtempfängers", Dissertation TU Illmenau, 1995

[10] Schüßler, J., "CCD-Video-Technik und Bildverarbeitung in der Photometrie", S. 216-233, Tagungsband Licht 92, Saarbrücken 1992

[11] Riemann, Schmidt, Poschmann, "Zur Bestimmung der Lichtstärkeverteilung von Leuchten innerhalb der photometrischen Grenzentfernung..." S. 201-209, Tagungsband Licht 92, Saarbrücken 1992

[12] Eiselt, S., "Aufbau einer rechnergesteuerten Anlage zur Messung von Beleuchtungsstärken im Leuchten-Nahfeldbereich2" Diplomarbeit, Universität Karlsruhe LTI, 1995

[13] Nemrawa, A., "Auswirkung nahfeldphotometrischer Leuchtenmessung auf die Beleuchtungsplanung" Diplomarbeit, Universität Karlsruhe LTI, 1997

## 5.1 Beteiligte Partner

### Siteco

Beleuchtungstechnik GmbH  
83301 Traunreut

Die Siteco Beleuchtungstechnik GmbH ist ein bedeutender Hersteller von Leuchten und Tageslichttechnik in Deutschland und in Europa mit ca. 1000 Mitarbeitern.

### Alcan Singen GmbH

78221 Singen

Die Alcan Singen GmbH ist Hersteller von Halbzeugen zur Herstellung von Reflektormaterialien für die lichttechnische Industrie.

### Alanod

Aluminiumveredelung GmbH&Co  
58256 Ennepetal

Die Fa. Alanod ist einer der derzeit führenden Veredelungsbetriebe von Materialien zur Herstellung von Reflektoren.

### Gigahertz Optik GmbH

82178 Puchheim

Die Fa. Gigahertz ist Hersteller von lichttechnischer Messtechnik. <

**www.hoerbiger.com**  
High Technology for Global Markets

Die HOERBIGER Firmengruppe konzentriert sich auf zukunftsorientierte und wachsende Nischenmärkte in den Geschäftsfeldern Kompressortechnik, Automatisierungstechnik und Antriebstechnik. Höchste technische Kompetenz, innovative Produkte sowie kosten- und prozessoptimierte Systemlösungen begründen unsere Spitzenstellung am Markt.

KONTAKT:  
Eva-Sabine Heisel  
Pürschlingstrasse 4 · 86971 Peiting  
Tel. 08861-2560-2970  
bewerbung@hoerbiger.de

Aktuelle Stellen, Diplomarbeiten und Praktika unter [www.hoerbiger.com](http://www.hoerbiger.com)

**HOERBIGER**  
FIRMENGRUPPE

# Bodycote



## Alles aus einer Hand

In der Central European Group bietet Bodycote eine Vielzahl von Dienstleistungen in den Bereichen:

■ Wärmebehandlung und Fügechnik

■ Heiß-Isostatisch Pressen

■ Materialprüfung

■ Beschichtung



Das Bodycote Netzwerk der Central European Group setzt sich aus 38 Betrieben zusammen, die in Deutschland, den Niederlanden, der Schweiz, Österreich, Liechtenstein, Tschechien und Ungarn rund 1.200 Mitarbeiter beschäftigen. Weltweit koordiniert die Zentrale in Macclesfield/England 245 Standorte in 20 Ländern.



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

Im Bereich Heiß-Isostatisches Pressen kommt das Densak®-Verfahren zum Einsatz. Tribologische Schichten und Comp Cote® 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: +49-7163-103-201  
E-Mail: [info@bodycote.de](mailto:info@bodycote.de)

<http://ceg.bodycote.com>

# Engineering Desktop Anwendungen in der Tragwerksplanung auf der Grundlage der COM-Technologie

von Prof. Dr. Horst Werkle und Prof. Dr. Hartmut Pleßke

## 1. Einführung

Computer heißt Rechner und prozedural durchzuführende Rechenaufgaben waren lange Zeit die originäre Aufgabe dieses Gerätes. Im Bereich der Baustatik, aus dem Konrad Zuse vor etwa 80 Jahren seine Motivation zur Entwicklung des ersten Computers bezog, ist heute eine Fülle von Programmen für die typischen Aufgaben der Tragwerksplanung mit einem fest vorgegebenen Rechenablauf verfügbar. Wie aber sieht es aus, wenn nicht standardisierbare Aufgaben zu bearbeiten sind? Dies können etwa neuartige Nachweise oder Voruntersuchungen sein, die neben der Rechenfunktionalität das Erstellen von Text und Skizzen erfordern. Hierfür bietet sich Office-Software und für statische Nachweise insbesondere Tabellenkalkulationsprogramme und Computeralgebra-Systeme an. In der Praxis ist das Arbeiten mit diesen allgemeinen Tools allerdings häufig ineffizient, wenn spezielle Module für die Tragwerksplanung fehlen.

Im Rahmen des aus dem Programm BMBF-aFuE geförderten F&E-Projektes EDATRA [Engineering Desktop Anwendungen in der Tragwerksplanung] wurden derartige Module auf der Grundlage eines Frameworks für die Tragwerksplanung entwickelt [WER02]. Das Framework umfasst die für die Tragwerksplanung erforderlichen komplexen Funktionalitäten und kann mit Hilfe der Komponententechnologie von unterschiedlichen Anwendungen genutzt werden. Ziel dieser Entwicklung ist eine Engineering Desktop Umgebung auf dem Computer, bei der nichtstandardisierbare Untersuchungen in der Tragwerksplanung ebenso einfach, aber effizienter, sicherer und besser dokumentiert werden können als mit Bleistift und Papier.

## 2. Framework für die Tragwerksplanung

### 2.1 Softwarekonzept

Das Softwarekonzept von EDATRA folgt dem modernen Trend in der Softwareentwicklung nach verteilten Systemen. Es besteht einerseits darin, das Framework mit seinen unterschiedlichen statischen Berechnungsmethoden, Nachweisen und Bemessungsaufgaben für die derzeit am stärksten verbreiteten Office-Anwendungen und die gängigen Computeralgebra-Systeme nutzbar zu machen und andererseits darin, es darüber hinaus für ein möglichst breites Spektrum von Statiksoftware dienbar zu halten. Die dafür verwendeten Elemente sollten sowohl plattform- wie auch programmiersprachenunabhängig gestaltet sein.

Wie die Erfahrungen in der Softwareentwicklung der letzten Jahre zeigen, reicht es keinesfalls aus, die Software eines derart konzipierten Frameworks in einer objektorientierten Programmiersprache zu implementieren. Dem bis dato unerfüllten Traum der Softwareentwicklung als ein Zusammensetzen geeigneter Software-Bausteine [Komponenten] kommt heute die Komponententechnologie bereits recht nahe. Sie zielt auf eine Trennung von Anwendungslogik und programmtechnischen Details, die unabhängig voneinander entwickelt werden können. Als Hilfsmittel dienen so genannte Komponentenmodelle, die sich auf Unterstützung komponentenbasierter Softwaresysteme konzentrieren und umfassenden Service bieten, welcher die Entwicklung und Ausführung der Komponenten vereinfacht. Unter einer Komponente versteht man ein Stück Software in binärer Form, das eine kohärente Funktionalität bietet, die mittels einer oder mehrerer standardisierter Schnittstellen [Interfaces] beschrieben wird, um mit anderen Komponenten zusammenzuarbeiten.



### Prof. Dr. Horst Werkle

ist Wissenschaftlicher Direktor des Instituts für Angewandte Forschung der Fachhochschule Konstanz. Er lehrt seit 1989 Baustatik und Bauinformatik im Fachbereich Bauingenieurwesen. Seine fachlichen Interessen liegen insbesondere im Bereich der Anwendung der Finite-Element-Methode in der Baustatik und Baudynamik sowie der Softwareentwicklung mit modernen Softwaretechnologien. Ein weiterer Tätigkeitsschwerpunkt sind Online-Wörterbücher und Terminologiedatenbanken für den Konstruktiven Ingenieurbau.

### Prof. Dr. Hartmut Pleßke

ist seit 1993 Professor für Mathematik und Wirtschaftsmathematik im Fachbereich Informatik der Fachhochschule Konstanz. Vor seiner Berufung an die Fachhochschule Konstanz war er mehrere Jahre bei KPMG Schweiz als Management Consultant im IT-Bereich tätig. Sein derzeitiger Arbeitsschwerpunkt liegt in der mathematischen Modellierung komplexer betriebswirtschaftlicher Prozesse für effiziente Softwareentwicklungen.

Das Komponentenmodell formuliert den strukturellen Rahmen mit entsprechender Infrastruktur für die Entwicklung und Ausführung der Komponenten [GRU00].

Momentan sind für Middleware-Produkte [Komponentenmodelle] vor allem die Marktanbieter CORBA, COM/DCOM, Enterprise Java Beans und das .NET – Framework zu nennen. Für EDATRA bot sich das *Component Object Model [COM]* aus dem Hause Microsoft vor allem deshalb an, weil im Bauwesen derzeit das Betriebssystem MS-Windows in der Tragwerksplanung am weitesten verbreitet ist und die Software von EDATRA ebenfalls unter MS-Windows entwickelt wurde. COM besteht aus einer Reihe von Systemdateien, die auf einer unteren Ebene von MS-Windows interagieren und legt fest, auf welche Weise die binären Softwaremodule zusammenwirken. Es spezifiziert zudem die Regeln, wie die COM-Komponenten erstellt werden, damit sie dem vorgegebenen binären Format entsprechen, fordert für deren Implementierung jedoch keine bestimmte Programmiersprache.

Ein zu COM alternatives Komponentenmodell ist die *Common Request Broker Architecture [CORBA]*, worunter man aber kein reines Produkt, sondern ausschließlich eine Client-/Server Architektur versteht, die sogenannte *Object Management Architecture [OMA]*. Sie stellt durch das Objektmodell und das Referenzmodell die beiden Säulen zur Verfügung, auf denen CORBA aufbaut [HOF01]. Die große Leistungsfähigkeit von CORBA kommt insbesondere bei der Entwicklung und Integration komplexer verteilter objektorientierter Anwendungen in heterogenen Umgebungen zum Tragen.

Obwohl sich die zur Beschreibung der Schnittstellen dienende *Microsoft Interface Definition Language [MIDL]* stark an C++ anlehnt, wurde die Komponentenbibliothek des EDATRA-Frameworks in Java implementiert. Die Vorteile von Java gegenüber C++ liegen vor allem in der Plattformunabhängig-

keit, der automatischen Feldgrenzen-Überwachung, der Modularisierung durch Pakete, dem Typecast und der Thread-Synchronisation. Zudem gehören bei Java umfangreiche Klassenbibliotheken zur Sprache, die Einbettung in Web-Seiten ist bequem über *Applets* möglich und die Sicherheit zur Laufzeit ist größer als bei C++.

## 2.2 Funktionalität des Frameworks

Das Framework soll die für typische Aufgaben der Tragwerksplanung erforderlichen Funktionalitäten zur Verfügung stellen. Diese umfassen die Bereiche der Baustatik, des Stahlbetonbaus, des Stahlbaus und Holzbaus, des Mauerwerksbaus, der Geotechnik und der Bauphysik. Dabei sollten die im Framework implementierten Klassen mit einer möglichst großen Allgemeinheit ausgestattet sein. So ist die Klasse für Durchlaufträger beispielsweise für Berechnungen nach Theorie II-ter Ordnung und elastische Bettung ausgelegt. Sie kann damit auch für Stützenberechnungen oder zur Ermittlung der Schnittgrößen elastisch gebetteter Träger angewandt werden.

Einen Überblick über die Funktionalität der implementierten Klassen des Frameworks gibt Tabelle 1. Darüber hinaus ist eine Erweiterung durch andere Funktionalitäten, etwa aus dem Bereich des Mauerwerksbaus, der Bauphysik und der Geotechnik sinnvoll.

## 2.3 Komponentenbibliothek

Das EDATRA-Framework wurde vollständig objektorientiert in Java entwickelt. Es besteht aus mehreren Klassenbibliotheken für die unterschiedlichen Bereiche der Tragwerksplanung. Aus diesen werden COM-DLL's erstellt und diese dann in die Registry von Windows eingetragen. Der Zugriff auf eine COM-DLL erfolgt über eigens definierte COM-Klassen und deren Methoden.

Die Umsetzung des Frameworks sei am Beispiel des Durchlaufträgers skizzenhaft erläutert. Die COM-Klasse für den Durchlaufträger ist *DLTV2*. Das statische System wird mit set-Methoden beschrieben, die Ergebnisse mit get-Methoden übergeben. Hierdurch wird die Client-Programmierung sehr flexibel und leicht handhabbar. Die statische Berechnung erfolgt in der *berechnen*-Methode von *DLTV2*. Sie beruht auf dem Übertragungsmatrixverfahren der Baustatik. Der Zustandsvektor  $Z$  wird in Abhängigkeit von den Anfangsunbekannten aufgestellt und durch sukzessive Anwendung der Beziehung

$$\underline{Z}_{i+1} = \underline{A}_i \cdot \underline{Z}_i + \underline{L}_i$$

über die Abschnitte und Zwischenpunkte eines Trägerfeldes übertragen. Die implementierten Übertragungsmatrizen nach [RUB93] ent-

Bereich	Aufgabe
Statik	Durchlaufträger / Stütze / Elastisch gebetteter Balken
	Fachwerk 2D
	Rahmen 2D
	Platten (Rechteckplatte)
Stahlbetonbau	Biegebemessung ( $\omega$ -Verfahren, $k_d$ -Verfahren)
	Schubbemessung (Bügel, schräge Stäbe)
Stahlbau	Spannungsnachweise / Bemessung / zulässige Schnittgrößen
	Biegeknicke / Biegedrillknicke
	Profiltabellen
Holzbau	Spannungsnachweise / Bemessung / zulässige Schnittgrößen
	Stabilitätsnachweise

Tabelle 1: Funktionalität des Frameworks

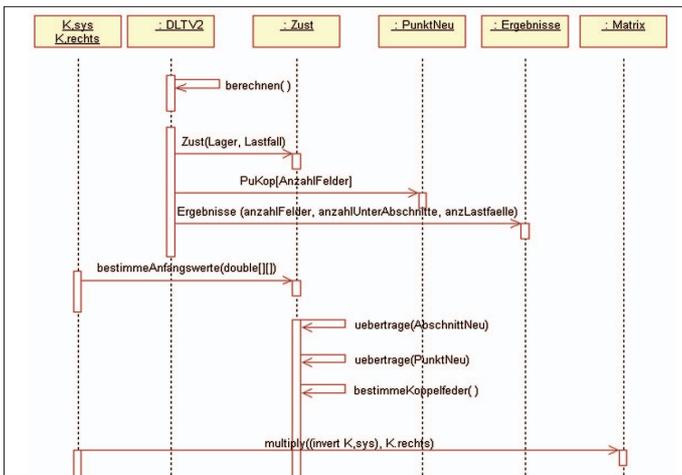


Abb. 1: Sequenzdiagramm der Methode berechnen der Klasse DLTV2

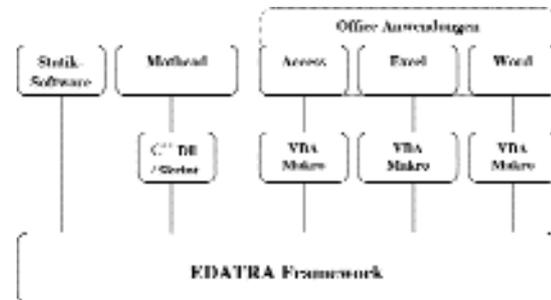


Abb. 2: Framework für die Tragwerkplanung

halten auch die Einflüsse der Theorie II-ter Ordnung und einer elastischen Bettung. Am Ende des Feldes wird aus der Übertragungsmatrix eine Steifigkeitsmatrix [Koppelfeder] erstellt, die beim nachfolgenden Feld berücksichtigt wird. Grundlage des Rechenprozesses ist die Klasse ZUST der Zustandsvektoren. Durch sukzessive Anwendung der Methoden *Aufstellen*, *Koppelfeder\_anschliessen*, *uebertrage\_über\_Abschnitt*, *uebertragen\_über\_Punkt* und *bestimme Koppelfeder* der Klasse ZUST wird das Übertragungsverfahren im objektorientierten Entwurf abgebildet. Abbildung 1 erläutert den Ablauf anhand eines Sequenzdiagramms in UML-Notation.

### 3. Anwendungsprogrammierung

Die im Framework implementierten COM-Klassen können als Server von unterschiedlichen Programmen genutzt werden. Für Engineering Desktop Anwendungen sind Office- und CA-Software geeignet. Bei EDATRA wurden MS-Excel und das Programm Mathcad der Firma MathSoft verwendet. Ein Überblick über das Konzept von EDATRA gibt Abbildung 2. Die Client-Software greift über ihre Programmierschnittstelle auf die COM-DLL des Frameworks zu. Bei den MS-Office-Produkten handelt es sich hierbei um die Programmiersprache VBA [Visual Basic for Applications], bei Mathcad ist der Weg über eine Funktionsprogrammierung mit C++ oder mit

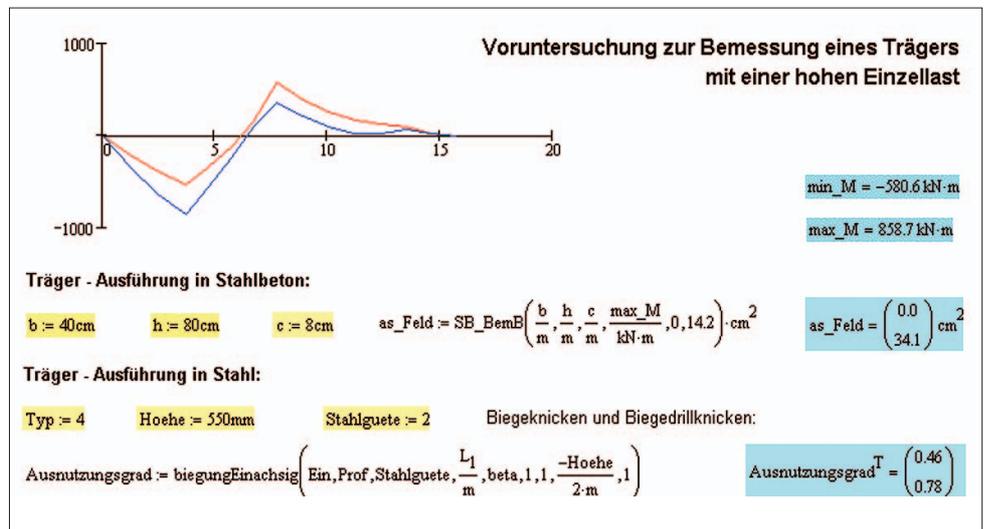


Abb. 3: Anwendung des EDATRA-Frameworks bei Funktionen in Mathcad

**Numerisches Experiment zur Verifikation der Dischinger-Formel**

System:	Feld 1:	Feld 2:
Länge L [m]	6	5
Steifigkeit EI [kN m²]	8000	8000
Last q [kN/m]	0	2
Normalkraft N [kN]	300	100

**Verzweigungslastfaktor  $N_R/N$**   
 Lastfaktor der Normalkräfte: 3,30  
 Durchbiegung  $w_0$  [m]: 76,77  
 Normalkräfte N [kN]: 990 330

**Stützmoment  $M_0$**   
 Theorie II-ter Ordnung: -32,19 [kNm]  
 Theorie I-ter Ordnung: -25,00 [kNm]

**Dischinger-Formel**  
 $M_0$  nach Dischinger-Formel: -35,87 [kNm]  
 $M_{Dischinger}/M_{II}$ : 1,11

**Dischinger-Formel**  
 Vergrößerungsfaktor der Schnittgrößen nach Theorie II-ter Ordnung

$$S^{II} = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{R1}}} \cdot S^I$$

$S^I$  Schnittgröße nach Theorie I-ter Ordnung  
 $S^{II}$  Schnittgröße nach Theorie II-ter Ordnung  
 $N_R/N$  Verzweigungslastfaktor

Literatur:  
 Petersen, Statik und Stabilität der Baukonstruktionen, Vieweg, 1992, Seite 168

Prof. Dr.-Ing. Horst Werkle    Fachhochschule Konstanz    Vorlesung Nichtlineare Baustatik I    SS 2003

Abb. 4: Anwendung des EDATRA-Frameworks bei einem Teachtool in Excel

einer Skriptingsprache [VBScript und JScript] möglich. Die Client- Programmierung mit VBA und VBScript bzw. JScript ist vergleichsweise einfach und kann durchaus auch von einem erfahrenen Anwender durchgeführt werden. Darüber hinaus lässt sich das EDATRA-Framework auch für eigenständige Programme nutzen. Neben den Anwendungen in MS-Excel und Mathcad wurden als Pilotprojekte eine Anwendung in MS-Access, eine eigenständige Anwendung in VB [Visual Basic] sowie eine Internetanbindung des Frameworks für Stabwerke entwickelt.

#### 4. Engineering Desktop Anwendungen des Frameworks

##### 4.1 Entwurfsstatik

Im frühen Stadium der Tragwerksplanung oder bei der überschlägigen Prüfung von Computerberechnungen wird heute durchaus noch "Papier und Bleistift" dem Computer als Werkzeug in der Praxis vorgezogen. Werkzeuge wie Mathcad können aber die Arbeit wesentlich vereinfachen und beschleunigen, insbesondere, wenn geeignete Tools für die Tragwerksplanung zur Verfügung stehen [WER03].

Abbildung 3 zeigt den Ausschnitt einer Anwendung in Mathcad. Im Rahmen einer statischen Voruntersuchung wurden die Momentengrenzlinien mit den EDATRA-Funktionen des Durchlaufträgers bestimmt. Die an der Stelle des maximalen Moments erforderliche Bewehrung wird mit der Funktion *SB\_BemB* [Stahlbeton\_Bemessung Bie-

gung] ermittelt. Alternativ kann ein Stahlprofil für Biegeknicken und Biegedrillknicken untersucht werden.

##### 4.2 Teachware

Mit Hilfe geeigneter Teachware können statische Zusammenhänge den Studierenden im Sinne eines numerischen Experiments lebendig und anschaulich vermittelt werden. Das EDATRA-Framework unterstützt die Entwicklung von Teachware wesentlich. Abbildung 4 zeigt ein Beispiel in Excel, bei dem zunächst die Knicklast einer Stütze bestimmt und damit der Einfluss nach Theorie II-ter Ordnung mit Hilfe der Näherungsformel von Dischinger ermittelt wird. Zum Vergleich wird auch eine exakte Berechnung nach Theorie II-ter Ordnung durchgeführt. Für alle statischen Berechnungen wird das EDATRA-Framework genutzt.

#### 5. Zusammenfassung und Ausblick

Frameworks für die Tragwerksplanung stellen ein effizientes Werkzeug zur Entwicklung unterschiedlichster Anwendungssoftware dar. Die Nutzeroberfläche kann nicht nur aus Berechnungssoftware wie Excel und Mathcad bestehen, auch die Entwicklung von Tragwerkseditoren [BIT00] oder internetbasierender Software ist beispielsweise damit möglich. Ein Ziel könnte die Standardisierung von Klassen und Methoden in der Tragwerksplanung sein, um damit eine Wiederverwendbarkeit von Anwendungssoftware auch bei einem Wechsel des Frameworks sicherzustellen.

#### Literatur

- [BIT00] Bittrich D., Verbunddokumente als Nutzeroberfläche von Software für die Tragwerksplanung, IKM 2000, Bauhaus Universität Weimar 2000
- [GRU00] Gruhn, V, Komponentenmodelle, Addison-Wesley 2000
- [HOF01] Hofmann, J., Jobst, F., Schabenberger R., Programmieren mit COM und CORBA, Hanser 2001
- [RUB93] Rubin H., Baustatik ebener Stabwerke, Stahlbau Handbuch Band 1 Teil A, 3. Aufl., 1993, Stahlbau Verlags GmbH, Köln
- [WER02] Werkle H., Pleßke H., ED\_TRA Engineering Desktop Anwendungen für die Tragwerksplanung, F&E-Bericht, Institut für Angewandte Forschung, Fachhochschule Konstanz, 2002
- [WER03] Werkle H., R. Avak, Mathcad in der Tragwerksplanung, Vieweg, Wiesbaden 2003



STORZ MEDICAL

## High Tech- Medizintechnik vom Bodensee

Weltweit arbeiten unsere Geräte im klinischen Einsatz. Unsere Stosswellentechnologie findet in verschiedenen medizinischen Bereichen ihre Anwendung. Die bekannteste Anwendung ist wohl die Zertrümmerung von Nierensteinen, ganz ohne chirurgischen Eingriff ...

## Unsere Stärke: Die Stosswelle

STORZ MEDICAL AG • UNTERSEESTRASSE 47 • CH-8280 KREUZLINGEN • SCHWEIZ  
TEL: +41/(0)71 677 45 45 • FAX: +41/(0)71 677 45 05 • INFO@STORZMEDICAL.COM • WWW.STORZMEDICAL.COM

# Technik

## Simulation für Automatisierungssysteme

von Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Fromm und Dipl.-Ing. [BA] Christian Dillmann MSc

### 1. Bedeutung der Simulation

Automatisierungssysteme werden in verschiedenen Branchen und technischen Prozessen eingesetzt, z.B. in der Verfahrenstechnik, bei der Energieerzeugung und -übertragung oder in der industriellen Fertigung. Speicherprogrammierbare Steuerungen [SPS] und die Automatisierung in der elektrischen Energietechnik bilden die Schwerpunkte im Labor für Automatisierungstechnik der Fachhochschule Konstanz.

Umfang und Komplexität der Automatisierungsaufgaben wachsen ständig und stellen immer höhere Qualitätsanforderungen an die Automatisierungssysteme. Deren korrekte Funktion wird bestimmt durch die Software und Hardware des Automatisierungssystems im Zusammenwirken mit dem technischen Prozess.

Die Simulation des Gesamtsystems oder einzelner Systemkomponenten ist in vielen Fällen hilfreich oder sogar absolut notwendig:

- Das stationäre und vor allem das dynamische Verhalten des Systems kann bei allen wesentlichen Betriebs- und Fehlerfällen untersucht werden. Eine praktische Erprobung der Automatisierungssysteme in Fehlerfällen im technischen Prozess ist aus Sicherheits- und Kostengründen häufig überhaupt nicht möglich.
- Der frühe Einsatz von Simulationen ermöglicht eine erhebliche Verkürzung von Entwicklungs-, Projektierungs- und Inbetriebnahmezeiten. Die Simulation ist bereits möglich, bevor alle Systemkomponenten real vorhanden sind. Es ist ausreichend, wenn die Funktionalität der fehlenden Systemkomponenten spezifiziert werden kann.

Sobald einzelne reale Systemkomponenten mit der Simulation zusammenwirken ["Hardware-in-the-Loop"], muss die Simulation in Echtzeit durch-

geführt werden, d.h. sie darf weder schneller noch langsamer als die reale Zeit ablaufen. Heutige Standardrechner liefern die für die Echtzeitsimulation schneller Prozesse nötige Rechenleistung.

Während bisher häufig auf die jeweiligen Einsatzgebiete zugeschnittene Simulationswerkzeuge zum Einsatz kamen, wird hier das vielseitige Standardwerkzeug Matlab/Simulink verwendet. Es ist heute für breit gefächerte Anwendungen in Industrie und Hochschulen weit verbreitet und hat eine hohe Kundenakzeptanz gewonnen.

### 2. Simulation für speicherprogrammierbare Steuerungen

#### 2.1 Anforderungen

Speicherprogrammierbare Steuerungen [SPS] werden heute sowohl für umfangreiche Steuerungs- als auch für Regelungsaufgaben eingesetzt. Je leistungsfähiger diese werden, desto mehr steigen auch Umfang und Komplexität der zu erstellenden Anwenderprogramme. Für deren Entwicklung und Prüfung wie auch zur Qualitätssicherung werden projektbegleitende Prüfmethode immer wichtiger.

Um ein SPS-Anwenderprogramm in einer "Hardware-in-the-Loop"-Umgebung testen zu können müssen die realen Sensor- und Aktorwerte mittels PC simuliert und mit der SPS ausgetauscht werden. Abbildung 1 zeigt, wie der technische Prozess als Modell in einem PC nachgebildet wird. Damit kann die reale Steuerung in einer virtuellen Umgebung getestet werden kann.

Als SPS wird hier die weit verbreitete SIEMENS S7-300 eingesetzt, welche mit der Software STEP7 programmiert und projiziert wird. Der Datenaustausch findet über den PROFIBUS [Process Fieldbus] statt. Für das Hardware-in-the-Loop-System ist die SPS



**Prof. Dr. Wilhelm Fromm**

vertritt als Professor der Fachhochschule Konstanz das Lehrgebiet Automatisierungstechnik mit Schwerpunkt in der elektrischen Energietechnik. Er leitet das Labor für Automatisierungstechnik im Fachbereich Elektrotechnik und Informatik.



**Dipl.-Ing. [BA] Christian Dillmann MSc**

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Labor für Automatisierungstechnik.

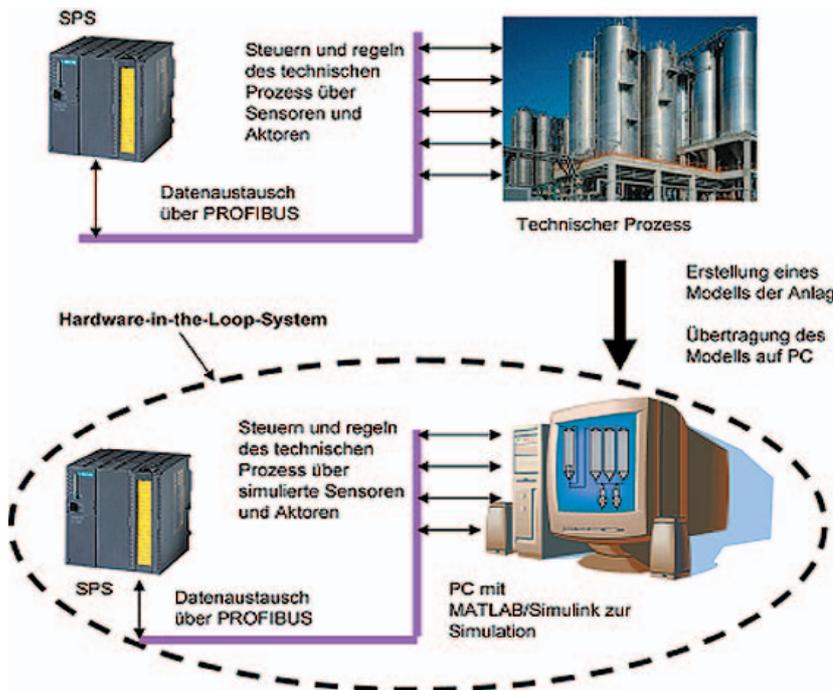


Abb. 1: Hardware-in-the-Loop-Anlagenmodellierung für eine SPS

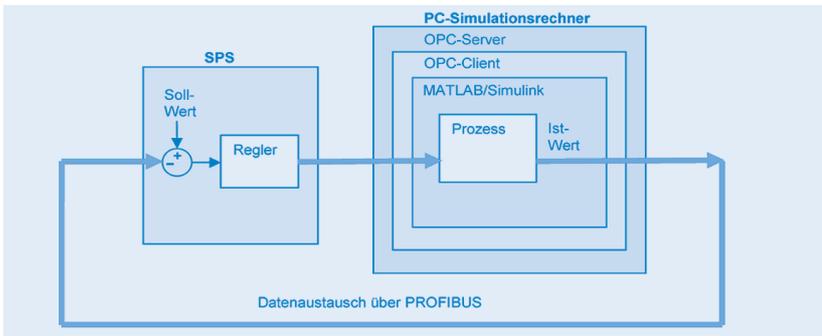


Abb. 2: Test eines SPS-Reglers

mit dem Simulations-PC über PROFIBUS verbunden.

Der Datenaustausch zwischen Automatisierungsgeräten und Software-Applikationen erfolgt mit der in der Automatisierungstechnik gängigen OPC-Technik. OPC [OLE for Process Control] basiert auf Microsoft-Standardchnittstellen zum Datenaustausch und einem Client-Server-Prinzip: Der OPC-Server verfügt über die aktuellen Daten der SPS, und mit dem OPC-Client werden diese Daten über eine komfortable Benutzerschnittstelle in eine Software-Applikation integriert. Zur benutzerfreundlichen und sicheren Steuerung des Clients mit Simulink wurde eine Bibliothek mit neuen Bau-

steinen erstellt. Für wenig zeitkritische Anwendungen wurde ein Softwarebaustein entwickelt, der Simulink auch ohne die relativ teuren Zusatzkomponenten echtzeitfähig macht.

### 2.2 SPS-Regler als Anwendungsbeispiel

Abbildung 2 zeigt ein Anwendungsbeispiel zur Prüfung eines Reglers, der auf einer SPS programmiert wurde. Der technische Prozess wird auf dem Simulationsrechner mit Matlab/Simulink nachgebildet. Der berechnete Ist-Wert wird über die OPC-Schnittstelle und den PROFIBUS zur SPS übertragen. Dort wird die Regeldifferenz gebildet und dem eigentlichen Regler überge-



Abb. 3: Hardware-in-the-Loop-Testsystem mit SPS und Simulationsrechner

ben. Die daraus berechnete Stellgröße wird an den Prozess bzw. eine Stell-einrichtung weitergesendet. Ein wesentlicher Vorteil dieses Systems ist, dass die SPS mit STEP7 normal projiziert und programmiert werden kann, jedoch zur Simulation lediglich aus der Stromversorgung und der CPU-Baugruppe bestehen kann. Projektier-te Peripheriebaugruppen müssen nicht vorhanden sein. Die Simulation kann auch auf einem Laptop ablaufen. Einzige Hardwarevoraussetzung für den Simulationsrechner ist eine PC-Karte für den PROFIBUS-Anschluss. Wie in Abbildung 3 zu erkennen ist, kommt das komplette System mit sehr wenig Platz aus.

### 2.3 Einsatz und Erfahrungen

Erste Tests des Simulationssystems in Zusammenarbeit mit einem Industriepartner waren ein voller Erfolg: Zunächst wurde das Modell einer existierenden Klimaanlage entworfen und zusammen mit dem dazugehörigen, bestehenden SPS-Programm getestet. Neben der Grundfunktionalität konnten dabei auch kritische Anlagenzustände verifiziert werden.

Das System ist nicht auf die reine Simulation beschränkt. Es kann auch zur Überwachung und Datenaufzeichnung in der realen Anlage genutzt werden, indem man den Laptop an das dort vorhandene Profibusnetz ankop-pelt. Die Anlage muss dafür weder abgeschaltet werden, noch müssen die Steuerungen oder das PROFIBUS-Netz umkonfiguriert werden. Fehler-meldungen wegen etwaiger falscher

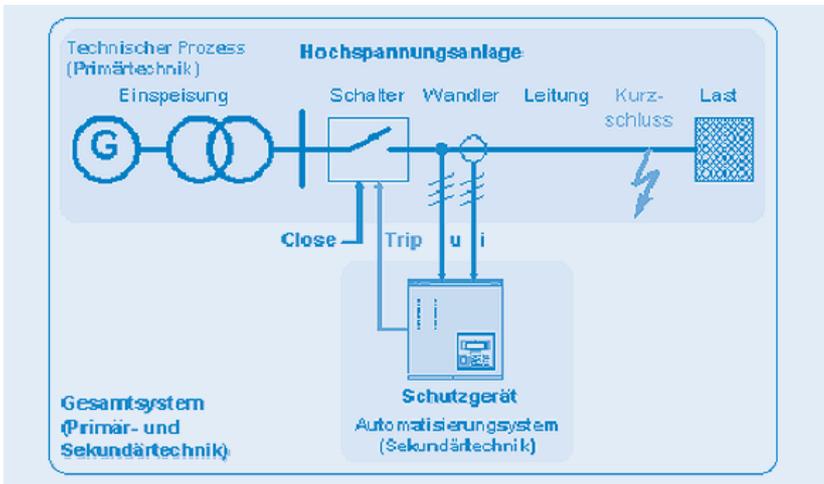


Abb. 4: Hochspannungsanlage mit Leitungsschutz

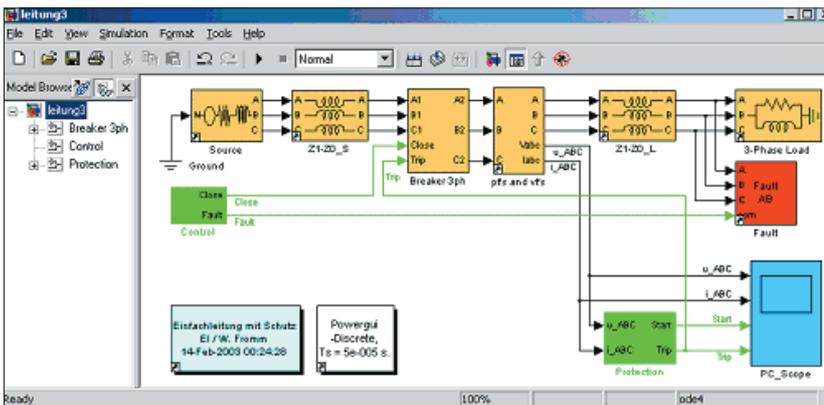


Abb. 5: Modell einer Hochspannungsleitung mit Leitungsschutz

Projektierung treten nicht auf. Somit können interessierende Prozessdaten jederzeit rückwirkungsfrei ausgelesen und komfortabel ausgewertet werden. Somit war ein Vergleich der Simulationsergebnisse mit denen der realen Anlage möglich. Es zeigte sich eine sehr gute Übereinstimmung, was sowohl die Genauigkeit des Modells als auch für die Leistungsfähigkeit des Datenaustausches belegt.

### 3. Simulation für Schutz- und Stationsleittechnik

#### 3.1 Typische Aufgabenstellungen

In der elektrischen Energieversorgung werden Simulationen eingesetzt für Systemstudien und Störungsanalysen sowie bei der Hardware- und Softwareentwicklung für Schutz- und Steuergeräte. Auch Ausbildung, Schulung und Beratung sind wichtige Anwendungsgebiete.

Im Vergleich zu bisher eingesetzten Netzmodellen soll die Simulation mit einem rechnergesteuerten Echtzeit-Netzmodell wesentlich flexibler, benutzerfreundlicher und kostengünstiger werden. Dabei sollen neben der

eigentlichen Hochspannungsanlage auch die Schutz- und Steuergeräte in die Simulation einbezogen werden können.

Als Beispiel wird in Abbildung 4 der Kurzschlusschutz einer Hochspannungsleitung betrachtet.

#### 3.2 Modellbildung

Anlagen der elektrischen Energieversorgung werden mit Matlab/Simulink unter Einsatz des Moduls SimPowerSystems komfortabel grafisch modelliert. Zur Einbindung von Schutz-, Steuer- und Messfunktionen steht dem Anwender die gesamte Palette der Matlab-Bibliotheken zur Verfügung. Das Beispiel in Abbildung 5 zeigt das Modell der Hochspannungsleitung einschliesslich vollständigem Leitungsschutz. Die in der obersten Ebene sichtbaren Blöcke verbergen dabei teilweise die vom Anwender definierten Detailfunktionen.

Weitere Anwendungen wie Generatorschutz oder Sammelschienen-Umschaltautomatik für den Kraftwerks-Eigenbedarf zeigen, dass die verfügbaren Bibliothekselemente ausreichen, um alle wesentlichen Einrichtungen

der elektrischen Energieversorgung zu modellieren.

#### 3.3 Simulationsergebnisse

Nach der Modellbildung liefern die Simulationen alle gewünschten Modellgrößen im gewählten Zeitbereich. Die Ergebnisse können bereits während der Simulation grafisch dargestellt und dabei auch gespeichert werden. Damit werden zusätzliche Auswertungen nach Abschluss von Simulationsläufen möglich. Abbildung 6 zeigt die dreiphasigen Spannungs- und Stromverläufe für das Leitungsschutz-Beispiel mit einer Auslösung durch das Schutzgerät.

Soll im Gegensatz zum gezeigten Beispiel die Reaktion eines realen Schutzgeräts einbezogen werden, ist eine Echtzeitsimulation erforderlich.

Dabei liefert der Echtzeit-Simulationsrechner über analoge Ausgänge die berechneten Spannungen und Ströme an das Schutzgerät, und dessen Auslösebefehl wird über eine Digitaleingabe im Simulationsrechner weiterverarbeitet.

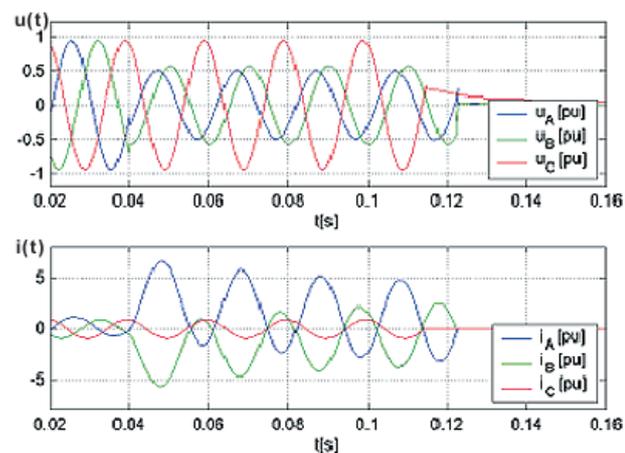


Abb. 6: Spannungen und Ströme beim Leitungskurzschluss

Auch für die Echtzeitsimulation werden Standardkomponenten eingesetzt wie in Abbildung 7 dargestellt.

Die Leitungsschutz-Simulationsergebnisse wurden mit der "Hardware-in-the-Loop"-Messung bestätigt. Schutz- und Steuersysteme können auch bei komplexen Anordnungen mit verschiedenen Netztopologien, elektrischen Maschinen, Stromwandlersättigung usw. geprüft werden. In allen Fäl-



Abb. 7: Komponenten bei der Echtzeitsimulation für eine Schutzrichtung

len wurden genügend kleine Zeitschrittweiten von weniger als 50 Mikrosekunden erreicht. Bei den aktuellen Forschungsarbeiten werden die vielfältigen Möglichkeiten vertieft untersucht. Technische Grenzen sind dabei noch kaum feststellbar. Herausfordernd ist auch der optimale Werkzeugeinsatz, zum Beispiel im Hinblick auf effiziente Arbeitsweise oder auf die Hardware-Komponentenauswahl.

#### 4. Schlussfolgerungen

Mit den vorgestellten Simulationswerkzeugen können technische Prozesse aus unterschiedlichen Branchen mit den zugehörigen Automatisierungssystemen realitätsnah simuliert und geprüft werden. Dabei ist insbesondere die Möglichkeit zur Echtzeitsimulation unter Einbezug realer Automatisierungsgeräte nützlich. Typische Einsatzgebiete sind SPS-Programme für komplexe Regelungen sowie Schutz- und Steuergeräte der elektrischen Energieversorgung.

Die Simulationstechnik wird sowohl in der studentischen Ausbildung wie auch in der angewandten Forschung und Entwicklung eingesetzt. Der Einsatz des Standardwerkzeugs Matlab/Simulink bringt dabei wesentliche Vorteile: Für den Anwender sind eine schnelle Einarbeitung sowie breite Einsatzmöglichkeiten des erworbenen Knowhows Gewinn bringend. Aus der Sicht der Technik bestechen hohe Leistungsfähigkeit, Flexibilität, Offenheit und Zukunftssicherheit. <

# GROZ-BECKERT®

Nur wer Neues wagt,  
bewegt morgen die Welt.

**Studenten sind willkommen!**

Unser Unternehmen bietet ständig Stellen für Vorpraktika, das 1. und 2. Praxissemester und attraktive Themen für anspruchsvolle Diplomarbeiten an.

Auch Auslandspraktika sind möglich, vor allem in produktionsorientierten Studiengängen.

Folgende Studienrichtungen sind für uns besonders interessant:

- **Feinwerktechnik**
- **Maschinenbau**
- **Mechatronik**
- **Elektrotechnik**
- **Technische Informatik**
- **Wirtschaftsinformatik**
- **Textiltechnik**
- **Betriebswirtschaft**

Unser Angebot für Jungingenieure:

- **Attraktives Management-Trainee für eine Auslandstätigkeit**

**MEET THE**  
Spirit of Innovation

**Haben Sie noch Fragen?**

Sind Sie interessiert? – Reden Sie mit uns, bewerben Sie sich unter der Kennziffer „A 50“, unser Personalwesen steht Ihnen gerne als Ansprechpartner zur Verfügung. Groz-Beckert KG, Postfach 10 02 49, 72423 Albstadt, Telefon: 0 74 31 / 10 24 56, e-mail: kontakt@groz-beckert.de, internet: www.groz-beckert.de

# Technik

## Modellierung von Energiesystemen: Das Software-Werkzeug MODES

von Prof. Dr.-Ing. Christian Schaffrin

### 1. Einleitung und Aufgabenstellung

Die Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und die Schonung fossiler Energieresourcen werden in den kommenden Jahren zu erhöhter Energieeinsparung und vermehrter Nutzung erneuerbarer Energieträger führen. Mangelnde Kooperation zwischen Architekt und Ingenieur für Gebäudetechnik in frühen Planungsphasen führt häufig zu schwerwiegenden Fehlentscheidungen. Daher ist eine integrierte Optimierung der Energieversorgung schon im frühen Planungsstadium notwendig. Infolge zeitlicher Schwankungen stehen die erneuerbaren Energieträger nicht mit konstanter Leistung zur Verfügung [Zeitprofil des Energieangebots]. Dem steht ein Zeitprofil der Energienachfrage gegenüber. Durch Energiespeicherung und geschickte Kombinationen verschiedener Energieträger [z.B. Nutzung passiver Energiegewinnung in Gebäuden, Wind,

Photovoltaik, Biomasse, BHKW, etc.] sowie durch Steuerung / Regelung der Energiewandler [Energiemanagement] kann eine sichere Energieversorgung erreicht werden.

Abhängigkeiten entstehen auch durch die Kraft-Wärme-Kopplung. Wärmeenergiebedarf und Strombedarf für Beleuchtung lassen sich durch Maßnahmen und die passive Nutzung solarer Strahlung erheblich beeinflussen. Daher läßt sich für eine nachhaltige Energieplanung elektrische und thermische Energieversorgung nicht trennen. Eine integrierte Energiebetrachtung, die auch aktive [Ingenieur] und passive [Architekt] Nutzung im Verbund betrachtet, ist gefordert.

In Energieversorgungssystemen [Wärme- und Elektroenergie] muss unabdingbar das reale Zufallsverhalten der Abnehmerbelastungen und der Erzeugerleistungen sowie der zugehörigen Energiemengen - vor allem bei Anwen-



**Prof. Dr.-Ing. Christian Schaffrin**

1963 - 1965 Studium Elektrotechnik, RWTH Aachen, 1965 - 1966 Studium Southampton University, UK 1966 - 1970 Studium Nachrichtentechnik, TU Karlsruhe, Dipl.-Ing., 1970 - 1975 Promotion [elektrische Werkstoffe], TU Karlsruhe, Dr.-Ing., 1975 - 1983 Entwicklungszentrum Kfz-Elektrik und Elektronik, Robert Bosch GmbH, seit 1983 Professor Fachhochschule Konstanz: Elektr. Werkstoffe, Elektr. Messtechnik, Leiter des Forschungsschwerpunkts "Energieumwandlung in Solarsystemen" [IAF/EWIS]

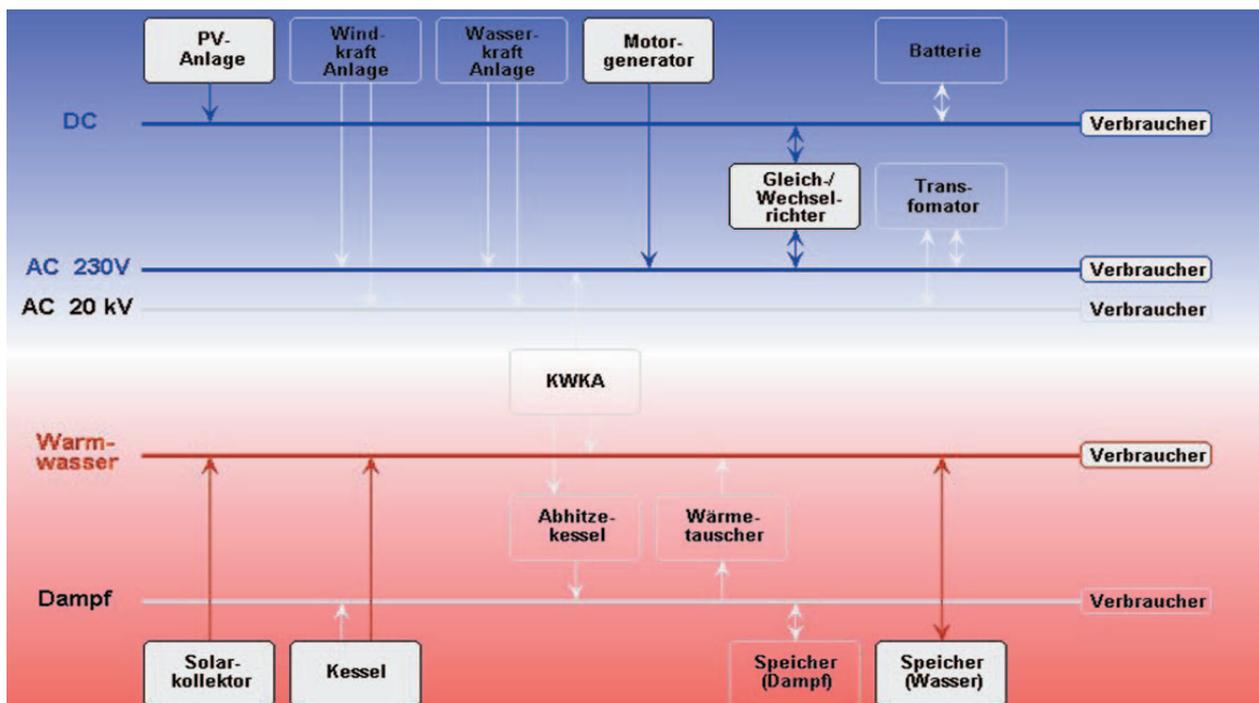


Abb. 1: Blockschalbild MODES

dung regenerativer Energien - durch geeignete Modelle und Simulationsverfahren bei Planung und Betrieb berücksichtigt werden.

Während der Entwurfs- / Planungsarbeiten wie auch bei Betrieb / Nutzung der Energieanlagen müssen betriebs- und energiewirtschaftliche Simulationen zur Bewertung von Varianten unter Berücksichtigung vieler Einflussvariablen integrierte Arbeitsbestandteile sein.

Derartige Lösungen müssen optimiert sein im Sinne

- minimaler per-annum-Kosten,
- maximaler Ressourcenschonung,
- minimalem Primärenergieeinsatz,
- minimaler Umweltbelastung.

Alle zum Einsatz kommenden Verfahren müssen dem Umstand Rechnung tragen, dass eine Vielzahl von Eingabe-

größen und Informationen mit erheblichen Unschärfen behaftet sind.

Bei einer großen Anzahl von Eingabevariablen versagen die bekannten Verfahren zur Sensitivitätsanalyse.

Mit Hilfe der Stochastik und der Theorie unscharfer Mengen können die bestehenden Informationsunschärfen berücksichtigt werden. Die Resultate werden mit quantifizierten Auftretswahrscheinlichkeiten ermittelt.

## 2. Ziele

Für die Planung der Gebäudeenergieversorgung wird ein Hilfsmittel in Form eines CAE-Werkzeuges benötigt, das

- elektrische und thermische Energie in eine gemeinsame Betrachtung einbezieht,
- alle herkömmlichen und erneuer-

baren Energieträger wie auch Energiespeicher beinhaltet, - sowohl für vorhandene Energieverteilungsnetze, wie auch für Versorgunginseln einsetzbar ist, - den Nutzen von Energiesparmaßnahmen quantifizieren kann [Energieeinsparung, Kosten]. Im einzelnen besitzt MODES folgende Eigenschaften:

- Modellierung aller wärme- und / oder stromliefernden Kraftwerke,
- Nutzung aller Technologien zur Energiespeicherung,
- Energiewirtschaftliche Modellierung von beliebig konfigurierten Energiesystemen unter Berücksichtigung von bestehenden Unschärfen der Eingabeinformationen,
- Statische, dynamische, deterministische und stochastische Modellierung von Energiesystemen,
- Parametergenerierung für Entwurf integrierter und intelligenter Leitsysteme für beliebig konfigurierte Energiesysteme,
- definierte Schnittstellen zu Datenbanken und fremden Programmen,
- Komponentenbibliothek.

## 3. Methodik

Die technische Modellbildung erfolgt mit MATLAB/Simulink. Die Bedieneroberfläche und das Framework wurde mit MS Visual-C++ erstellt.

Für ein zu untersuchendes Projekt werden Varianten angelegt, die sich durch die Modalauswahl und / oder deren Parameter unterscheiden.

Eine hochdimensionale Monte-Carlo-Simulation ermöglicht die Behandlung von Unschärfen der Eingabe- und Ergebnisparameter. Durch Vergleich von Auftretswahrscheinlichkeiten für gewünschte Kriterien kann eine optimale Variante ausgewählt werden. Dadurch wird eine objektive Entscheidung mit quantifizierten Risiken ermöglicht.

Wahrscheinlichkeiten für erwünschte Ereignisse					
Variante	Merkmale	P {Investkosten = Minimum }	P {Barwert = Maximum }	P {Überschußkapital = Maximum }	P {break even point = Minimum }
1.1	BHKW 1x400kW + 2x200kW	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1.2	BHKW 2x400kW	0,0000	0,0012	0,0000	0,0000
1.3	BHKW 4x200kW	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1.4	BHKW 3x200kW + 2x100kW	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1.5	BHKW 1x400kW + 1x200kW + 4x100kW	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	Fremdbetreiber	1,0000	0,9988	0,9569	1,0000
3	Einspeisung in Erdgasnetz	0,0000	0,0000	0,0431	0,0000

Abb. 2: Wahrscheinlichkeit für erwünschte Ereignisse  
[Quelle: thermotec GmbH]

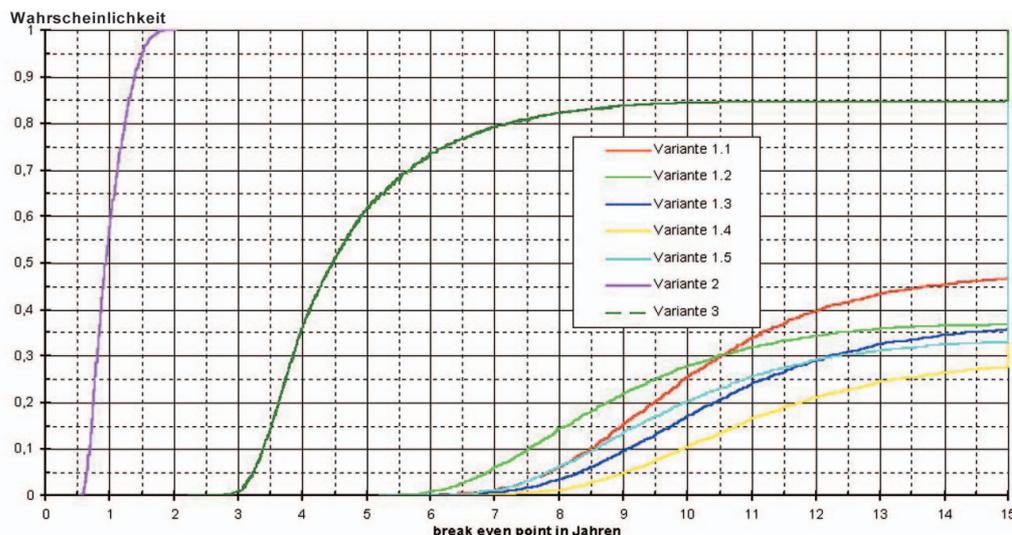


Abb. 3: Beispiel für MC-simierte Verteilungen der Break-even-points  
[Quelle: thermotec GmbH]

# zafh.net: Das neue Forschungszentrum für Nachhaltige Energietechnik

von Prof. Dr.-Ing. Christian Schaffrin

## Einleitung

Um die Mittel für die Angewandte Forschung stärker zu bündeln, hatte das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg im Jahr 2001 drei Zentren für Angewandte Forschung an Fachhochschulen [ZAFH] ausgeschrieben. Unter den ausgewählten und genehmigten Bewerbungen ist der Vorschlag des Arbeitskreises für Nachhaltige Energiewirtschaft [AK NEW], der die Nachhaltige Energietechnik zum Thema hat, in der Kurzbezeichnung: zafh.net.

## Aufgabe

Da etwa die Hälfte des allgemeinen Energiebedarfs für die Versorgung von Gebäuden benötigt wird, ist eine der wichtigsten Aufgaben der kommenden Jahre bzw. Jahrzehnte, integrierte Energiekonzepte für Gebäude und Regionen zu entwickeln. Es gilt, wirtschaftliche und energieeffiziente Lösungen zu finden und diese anwendungsgerecht bereitzustellen. Forschung und Entwicklung in diesem neuen Forschungsfeld ist das zentrale Ziel des neuen Forschungsverbundes zafh.net.

## Struktur

Der Forschungsbedarf lässt sich in die in Abbildung 2 dargestellten Felder untergliedern. Hier wird die geforderte umfassende Kompetenz deutlich, die durch die Fachqualifikationen der Gründungsmitglieder aus fünf Fachhochschulen eingebracht wird. Demnach wird die Struktur des zafh.net hochschulübergreifend, interdisziplinär und durch die Einbeziehung von EU-Forschungsprogrammen international ausgerichtet. Das zafh.net forscht anwendungsorientiert an neuen Technologien der ganzjährigen Solarenergienutzung zum Kühlen, Heizen und der Stromerzeugung sowie an integrier-

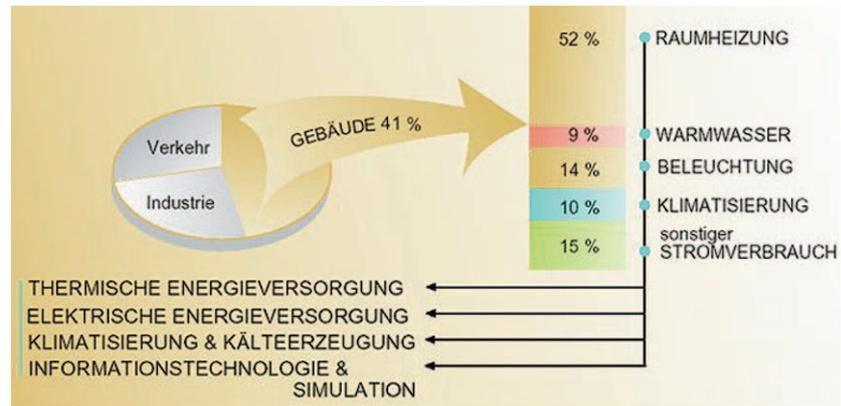


Abb. 1: Energiebedarf von Gebäuden



Abb. 2: Stand der Technik und Forschungsbedarf

ten Energiemanagement- und Informationssystemen im Gebäude. Für die Öffentlichkeitsarbeit und die Koordination der Forschungsarbeiten wurde eine an der Fachhochschule Stuttgart angesiedelte Geschäftsstelle mit einem wissenschaftlichen Geschäftsführer geschaffen. In Abbildung 2 sind die Forschungsthemen stichwortartig zusammengefasst.

Die Gründungsmitglieder und ihre Kompetenzen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

## Ziele

Schwerpunkt der Tätigkeit ist die ganzheitliche Betrachtung aller benötigten Energiearten und der zugehörigen Gewerke in Gebäuden, angefangen

Fachhochschule	Mitglieder	Kompetenzen
Biberach	Prof. Dr. Martin Becker	Gebäudeautomation und -regelung, Bauteilkühlung, Geothermie, Solares Bauen
Konstanz	Prof. Dr. Christian Schaffrin	Integrale Systemsimulation, Modellierung von Energiesystemen, neue Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung
Offenburg	Prof. Elmar Bollin	Solarthermische Großanlagen, kommunales Energiemanagement, Gebäudeinforationssysteme
Reutlingen	Prof. Wolfgang Frühauf	Adaptive Fuzzyregelung, Regelungs- und Steuerungskonzepte für optimalen Energieeinsatz
Stuttgart	Prof. Dr. Ursula Eicker	Solares Kühlen, Niedrig- und Passivgebäude, Gebäude- und Strömungssimulation

Tabelle 1

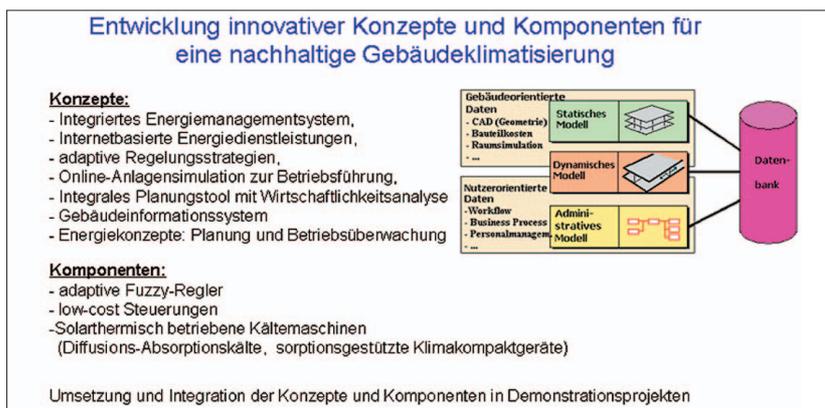


Abb. 3: Ziele des zaifh.net

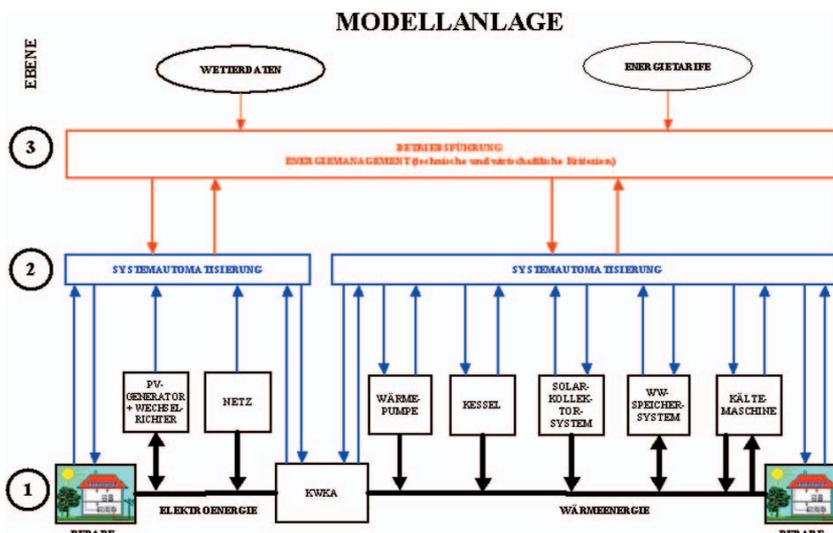


Abb. 4: Energie- und Informationsflüsse in der Modellanlage

vom Entwurf durch den Architekten über Heizung, Klimatisierung, Beleuchtung und Stromversorgung bis hin zum optimierten Energiemanagement- und Informationssystem [Gebäudeleittechnik]. Die Tätigkeit zielt daher auf die Entwicklung innovativer Konzepte, ganzheitlicher Planungswerkzeuge und einzelner Komponenten, wie in Abbildung 3 gezeigt.

**Arbeitsprogramm**

Für die ersten drei Jahre wurde das folgende skizzierte Arbeitsprogramm festgelegt, das in fünf Pakete gegliedert ist: Arbeitspaket 1: Entwicklung eines Gesamtkonzepts für die nachhaltige Gebäudeklimatisierung und Informationstechnologie, Spezifizierung der Testanlage im Technik der Fachhochschule Biberach.

Arbeitspaket 2: Alle Teilprojekte der einzelnen Partner in der Systemtechnik, Gebäudeinformation, Regelung und Simulation werden konzeptionell entwickelt und dokumentiert. Die gebäudetechnischen Anforderungen sowie die Lösungskonzepte für ein ganzjährig wirksames Niedrigenergiekonzept werden in einer Studie am Ende des ersten Jahres zusammengefasst. Diese enthält die energetischen Anforderungen für Alt- und Neubauten [getrennt für Wohnungs- und Verwaltungsbau] unter deutschen sowie südeuropäischen Klimaverhältnissen, außerdem werden Strategien für die ganzjährige Energiebedarfsdeckung dokumentiert.

Arbeitspaket 3: Während der ersten beiden Jahre werden konkrete Entwicklungsarbeiten von Softwarelösungen und Komponenten durchgeführt:

- Die Fachhochschule Konstanz entwickelt Software zur technischen Modellierung aller benötigten Komponenten zur Wärme-, Kälte- und Stromversorgung sowie zur betriebswirtschaftlichen Beschreibung des Versorgungssystems unter Berücksichtigung von Unschärfen für die Eingabe- und Ergebnisparameter.

- Die Fachhochschule Reutlingen entwickelt für das Paket Regelungstechnik und Energiemanagement energieeffiziente und ressourcenschonende Strategien, Komponenten und Systeme unter Einsatz regenerativer Energieträger mit ihrem u.U. zeitlich schwankenden Angebot. Die Innovation liegt hierbei in der Entwicklung "intelligenter" Regelungsstrategien basierend auf Fuzzy-, Neuro- und genetischen Algorithmen.

- Die Fachhochschule Stuttgart führt federführend die Entwicklung von Komponenten zur solarthermischen Kühlung durch. Diese enthält den Aufbau eines neuen Prototyps, eine genaue Analyse von Temperaturschwankungen und Drücken, um ein stabiles Betriebs- und Anfahrverhalten zu erzielen, die Entwicklung von Messverfahren für die sehr geringen Volumenströme der Lösung und des Gaskreislaufs, so dass eine Diffusions-Absorptionskältemaschine mit 2,5 kW Kälteleistung als Prototyp zur Verfügung steht.

- Die Fachhochschule Offenburg beschäftigt sich mit der Abwärmenutzung von Brennstoffzellen, BHKWs und der Biomassennutzung. Für eine optimale Betriebsführung wird ein integriertes Gebäudemanagement- und Informationssystem auf der Basis der DDC-Technik entwickelt und mit dem Internet gekoppelt, so dass die Realisierung neuer Energiedienstleistungen ermöglicht wird.

- Die Fachhochschule Biberach bereitet die Systemintegration aller Technologien für die technische Erprobung und Demonstration im eigenen Technikum Gebäudeklimatik vor.

Die Arbeiten werden zunächst an dem Modellsystem nach Abb. 4 ausgerichtet, das jedoch nach den Anforderungen, die von externen Projektpartnern an das zafh.net herangetragen werden, ergänzt und abgeändert werden kann. Hierbei kommt der gesamten Regeltechnik, die in den drei hierarchischen Ebenen [1]Feldebene, [2]Automatisierungsebene und [3]Leitebene geglie-

dert ist, eine besondere Bedeutung zu. Vor allem ist bei der Entwicklung der Simulationswerkzeuge auf Kompatibilität bei der Kopplung der verschiedenen Softwarekomponenten zu achten.

### Ausblick

Spätestens für das dritte Jahr ist geplant, die entwickelten Energiekonzepte möglichst umfassend in einem realen Bauprojekt umzusetzen und wissenschaftlich zu begleiten. Dazu gehören in der Planungsphase eine umfassende Systemsimulation, die daraus resultierende energetische und wirtschaftliche Optimierung von Komponentenauswahl, Dimensionierung, Regelungs- und Betriebsführungsstrategie sowie die messtechnische Begleitung und Analyse nach Bauabschluss.

Nach den drei Förderjahren soll sich das zafh.net durch akquirierte Projekte selbst tragen. Das zafh.net soll sich demnach zu der zentralen Forschungsinstitution des Landes Baden-

Württemberg in der angewandten Gebäudeenergieforschung entwickeln. Die Bearbeitung von komplexen Großprojekten auf Gebäude-, Stadt- und Regionalplanungsebene soll sowohl in deutschen und europäischen Forschungsvorhaben wie auch als Dienstleistung für Kommunen, Wohnungsbaugesellschaften, Projektentwickler u. a. erfolgen. Dafür müssen im zafh.net Kompetenzen vorhanden sein, die von Simulationswerkzeugen [von Einzelobjekten bis zu Geoinformationssystemen] bis hin zur Ausführungsplanung reichen.

### Dank

Für ihre Unterstützung möchte ich Frau Prof. Dr. Ursula Eicker und Herrn Dr. Jürgen Schumacher meinen herzlichen Dank aussprechen.

Kontakt: schaffrin@zafh.net  
Information: <http://www.zafh.net> <

## Wissen – Können – Motivation

### Stärken zeigen

Als Unternehmen der renommierten Roos & Kübler-Gruppe stehen wir für Erfahrung und Qualität im innovativen Werkzeug- und Formenbau sowie in der modernen Kunststoff- und Stanztechnik.

600 motivierte Mitarbeiter, die Basis für den Erfolg der Roos & Kübler-Gruppe, sind gerne tätig, um unseren Anspruch an zufriedene Kunden und eine positive Zukunft zu festigen: Durch individuelle Leistungsstärke im effizienten, dennoch menschlichen Miteinander.

Wir suchen für verschiedene Aufgaben in der Entwicklung und Konstruktion, im 3D-CAD/CAM Bereich und in der Qualitätssicherung

### junge Ingenieurinnen/Ingenieure.

In unserer Firmengruppe erwarten Sie hochinteressante Aufgaben, die Sie in enger Zusammenarbeit mit unseren Kunden mit einem hohen Maß an Eigenverantwortlichkeit bearbeiten.

Wir bieten moderne Arbeitsplätze und eine hervorragende technische Ausstattung. Gerne stellen wir Ihnen unsere Unternehmen in einem persönlichen Gespräch vor.

Weitere Informationen finden Sie unter [www.roos-kuebler.de](http://www.roos-kuebler.de)



LEFO Formenbau GmbH, Am Hermannsberg 1-5 · D-78333 Stockach  
Tel.: (0 77 71) 8 79 89 - 0 · Fax: (0 77 71) 8 79 89 - 50, eMail: [lefo@lefo-formenbau.de](mailto:lefo@lefo-formenbau.de)

# Zuverlässige elektrische Energieversorgung Diagnose von Kabeln durch Teilentladungsmessung

von Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt, Dipl.-Ing. [FH] Dirk Blum und Dipl.-Ing. [FH] Thekla Wolf



## Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt

Promotion über Hochspannungsleistungsschalter an der RWTH Aachen. Technischer Leiter bei Haefely Trench AG, Basel bis 1998, danach Vertriebsleiter HIGHVOLT Prüftechnik, Dresden. Seit 1999 Professor an der Fachhochschule Konstanz. Arbeitsgebiete: Hochspannungstechnik, EMV, Energieübertragung.

## Dipl.-Ing. [FH] Dirk Blum

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

## Dipl.-Ing. [FH] Thekla Wolf

Wissenschaftliche Mitarbeiterin



Abb. 1: Kabel der elektrischen Energieversorgung

großer Teil der installierten Kabel in naher Zukunft auszutauschen. Um diese Investitionen verschieben zu können ist eine Abschätzung der Restlebensdauer notwendig.



Abb. 2: Altersstruktur der Mittelspannungskabel in Deutschland [1]

Kabel werden zur Übertragung und Verteilung elektrischer Energie in unterschiedlichsten Spannungsebenen eingesetzt. Die Verteilung im Innerstädtischen Bereich vor der Transformation auf die Endverbraucherspannung erfolgt im Allgemeinen mit Nennspannungen von 10'000 V bzw. 20'000 V. Kabelnetze werden dabei für Betriebszeiten von 30 bis 40 Jahren ausgelegt. Abhängig von verwendeter Technologie, besonderen Umweltbedingungen oder mechanischen und elektrischen Beanspruchungen jedoch können bereits zu früheren Zeitpunkten Schädigungen bis zum Versagen der Isolation auftreten. [1]

Auf Grund der Altersstruktur der in Deutschland installierten Mittelspannungskabel und einer planmäßigen Betriebsdauer von 40 Jahren wären ein

Zur Abschätzung von Restlebensdauern und zur Ortung eventuell gefährdeter Stellen in einem Kabel wurden bisher im Wesentlichen so genannte Stehspannungsprüfungen durchgeführt. Hierbei wird eine Spannung an ein Kabelsystem angelegt, die deutlich über dem normalen Betriebsspannungsniveau liegt. Diese gegenüber der normalen Betriebsspannung um bis zu dreifach erhöhte Spannung soll in Fehlstellen zu einem elektrischen Durchschlag führen. Allerdings kann die Überbeanspruchung während der Stehspannungsprüfung auch zum Entstehen neuer Fehler führen. Damit würde durch die Prüfung eine Reduktion der Restlebensdauer bewirkt. Ziel einer sinnvollen Prüftechnologie muss eine möglichst gute Zustandsdiagnose ohne Gefährdung des Prüfobjektes sein.

Stehspannungsprüfungen werden zur Verringerung der kapazitiven Ladeleistung der zu prüfenden Kabel zum Teil mit deutlich niedrigeren Frequenzen der Prüfspannung durchgeführt als es der realen Beanspruchung im Betrieb entspricht. So gestaltete Anlagen sind leichter und kleiner als entsprechende 50 Hz Anlagen, was gerade im vor Ort Betrieb von Vorteil ist.

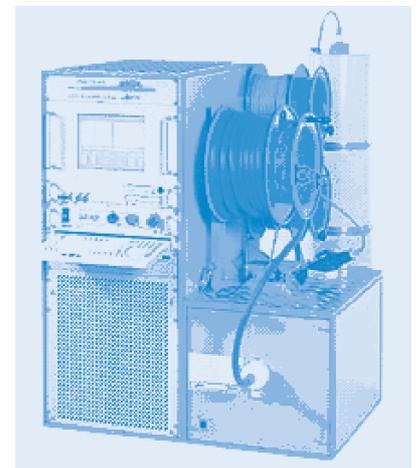


Abb. 3: VLF Prüfanlage

Typische Werte für die Frequenz der Prüfspannung liegen im Bereich von 0,1 Hz. Ergebnisse von Spannungsprüfungen an Modellkabeln mit 50 Hz [und nahe an 50 Hz liegenden Frequenzen] und 0,1 Hz [VLF: Very Low Frequency] zeigen bekannte Ergebnisse: Fehlerfreie Kabel weisen bei 0,1 Hz eine vergleichsweise zu 50 Hz deutlich höhere Durchschlagsspannung auf. Vorgeschädigte Kabel dagegen führen bei 0,1 Hz zu Durchschlagsspannungen unterhalb der Werte bei Prüfung mit 50 Hz.

Diese Ergebnisse werden von verschiedenen Autoren unterschiedlich beurteilt. [2, 4] Kritisiert wird v.a. der Unterschied der Durchschlagmechanismen bei den beiden unterschiedlichen Beanspruchungsarten. Von Vorteil ist bei VLF Prüfung sicher die niedrige Durchschlagsspannung an Fehl-

stellen gegenüber der hohen Durchschlagsspannung von ungeschädigten Prüflingen.

$$\frac{U_{d, \text{ ohne Schädigung, VLF}}}{U_{d, \text{ mit Schädigung, VLF}}} \approx 2$$

$$\frac{U_{d, \text{ ohne Schädigung, 50 Hz}}}{U_{d, \text{ mit Schädigung, 50 Hz}}} \approx 1,25$$

Damit können bei VLF Prüfungen Defekte durch Durchschlag detektiert werden ohne eine fehlerfreie Isolation zu gefährden. Bei Prüfung mit 50 Hz ist die Gefährdung von gesundem Material deutlich erhöht.

Bereits seit einigen Jahren wird an verlegten Kabeln eine Messung des Verlustfaktors  $\tan \delta$  durchgeführt. Mit dieser Messtechnik können globale Schädigungen wie zum Beispiel Alterung durch eindringende Feuchtigkeit [so genannte "water trees"] diagnostiziert werden. Diese Messungen werden im Allgemeinen bis maximal der zweifachen normalen Betriebsspannung durchgeführt.

Heute wird zusätzlich an verlegten Kabeln auch die so genannte Teilentladungsmessung durchgeführt, die bei nur mäßig erhöhten Spannungsbeanspruchungen Aussagen über einzelne Fehlstellen in der Isolation ermöglichen soll.

Sensitive Teilentladungsmessungen sind neben der bereits hinreichend erforschten Messung des  $\tan \delta$  das wesentliche Hilfsmittel zur Ermittlung des Alterungszustandes und der Abschätzung der Restlebensdauer eines Kabelsystems. [3] Insbesondere in [4] wird auf mangelnde Erfahrung der Teilentladungsmessung bei VLF-Prüfungen hingewiesen.

Teilentladungen sind elektrische Durchschläge an lokalen Fehlstellen. Diese Teilentladungen können langfristig zu einer Zerstörung der Gesamtisolation führen. Entladungen bis zu einem Pegel von wenigen pC [ $10^{-12}$  •As] sind im Labor nachweisbar, vor Ort sind Pegel bis zu einigen 10 pC zu ermitteln [s. Abb. 4].

Im Rahmen eines durch das BMBF und die Firma BAUR Prüf- und Messtechnik GmbH, geförderten Projektes wurden

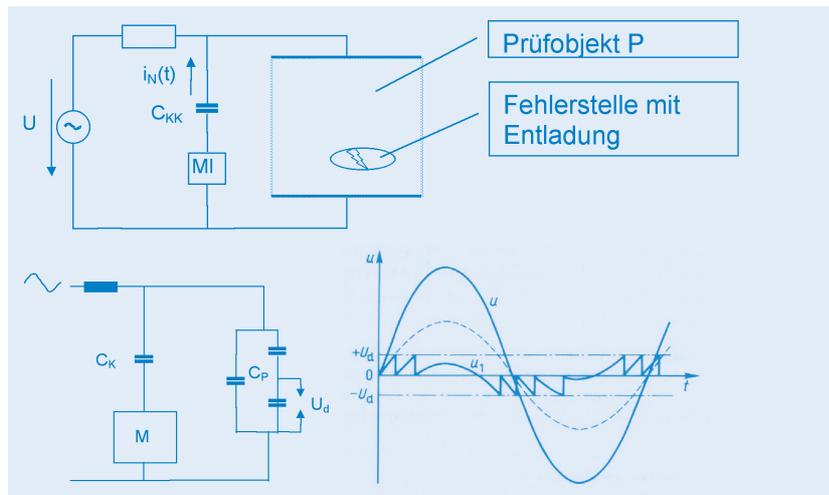


Abb. 4: Teilentladungsmessung

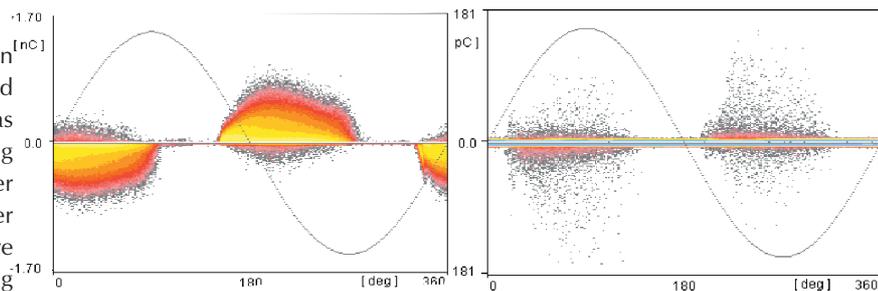
Messungen von Teilentladungen an betriebsgealterten Kabeln und zu Vergleichszwecken auch an neuen Kabeln und Modellanordnungen mit den unterschiedlichen Prüfspannungen durchgeführt.

Die Messungen wurden im Labor für Hochspannungstechnik der Fachhochschule Konstanz sowie an verlegten Kabeln der Stadtwerke Konstanz durchgeführt [s. Abb. 5].

Bei der Bewertung werden unterschiedliche statistische Verfahren angewendet. Hierbei kommen Aussagen über Einsatzspannung und Löschan-



Abb. 5: Teilentladungsmessung vor Ort



Kabel mit Gießharzendverschlüssen, aufgezeichnet mit digitaler TE Messung 24 kV, Messdauer 300s, 50 Hz

Kabel mit Gießharzendverschlüssen, aufgezeichnet mit digitaler TE Messung 24 kV, Messdauer 300s, 0,1 Hz

Abb. 6: Teilentladungsmuster für ein Kabel mit Gießharzendverschlüssen

PVC Kabel ( $U_0 = 12$ kV), Prüfendverschlüsse	50 Hz	0,1 Hz
Einsetzspannung	8,1 kV	11 kV
Löschanspannung	6,7 kV	8 kV
TE (max.) bei 24 kV	700 pC	150 pC
Te (mittl.) bei 24 kV	500 pC	20 pC

Tabelle: Charakteristische Werte eines Kabels mit Gießharzendverschlüssen

nung, Pegel der Teilentladungsimpulse sowie deren Häufigkeit und deren Phasenbezug zur Prüfspannung zur Anwendung. Weitere statistische Verfahren sind z.B. in [5] beschrieben, kommen bei Messungen mit 0,1 Hz zur Zeit aber nicht zum Einsatz.

Als Beispiel ist hier das Ergebnis einer Messreihe an einem ca. 30 Jahre alten Mittelspannungskabel mit Gießharz-Endverschlüssen bei Versuchen mit 50 Hz und 0,1 Hz aufgeführt. Die Messungen liefern zwar stark unterschiedliche Entladungspegel, die Bewertung der Gefährdung durch Teilentladungen wird jedoch ähnlich ausfallen.

Weitere Messungen an anderen Kabeln sowie an Modellanordnungen sind in [6, 7] beschrieben.

#### Ausblick

Die Vergleichbarkeit von Teilentladungsmessungen bei 50 Hz und 0,1 Hz wurde untersucht. Unterschiede wurden vor allem im erzielten Pegel der Teilentladungen beobachtet. Die

Lokalisierung von Fehlstellen vor Ort ist in weitergehenden Untersuchungen durchzuführen.

#### Literatur:

[1] Weck: Instandhaltung von Mittelspannungs-Verteilnetzen. Erfordernisse, Diagnoseverfahren, Instandhaltungsstrategien

Haefely Test Symposium, Stuttgart, 2000

[2] Gockenbach: Grundsätzliche Untersuchungen zu Prüfspannung kunststoffisolierter Kabel, Haefely Test Symposium, Stuttgart, 2000

[3] Plath, Herrmann, Polster: Inbetriebnahmeprüfungen der 400 kV VPE Kabelanlage der BEWAG Berlin, Elektrizitätswirtschaft, Jg. 98 [1999]

[4] Plath, Kalkner, Krage: Vergleich von Diagnosesystemen zur Beurteilung des Alterungszustandes PE/VPE- isolierter Mittelspannungskabel, Elektrizitätswirtschaft, Jg. 96 [1997]

[5] Gulski: Computer aided recognition of partial discharges using statistical tools, Thesis, TU Delft, 1991

[6] Voigt: Teilentladungsmessung bei unterschiedlichen Prüfspannungsfrequenzen, VDE-ETG Fachtagung Diagnostik elektrischer Betriebsmittel, Berlin, 2002

[7] Voigt, Mohaupt: Partial discharge measurements on service aged medium voltage cables at different frequencies. 6th International conference on Insulated Power Cables Jicable 03, Versailles, 2003



Database/Creative/ Prepress/ Print/ Logistic

**werk // zwei**  
Print + Medien Konstanz GmbH

SÜDKURIER Medienhaus  
Max-Stromeyer-Straße 180  
78467 Konstanz  
Telefon 0 75 31.999.1850  
Telefax 0 75 31.999.1836  
kontakt@werkzwei-konstanz.de

# Simulation des Korrosionsverhaltens von nichtrostenden Stählen in PKW-Abgasanlagen

von Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel, Dr. rer. nat. Norbert Arlt und Dipl.-Ing. [FH] Daniel Schiller

Pkw-Abgasanlagen sind komplexe Systeme und stellen aus korrosionschemischer Sicht hohe Anforderungen an die Werkstoffe. In PKW-Abgasanlagen wird daher eine breite Variation von verschiedenen nichtrostenden Stählen eingesetzt, um eine optimale Beständigkeit in den unterschiedlichen Beanspruchungszonen zu erreichen. Abbildung 1 zeigt die Bauteile des Abgassystems in einem modernen PKW.

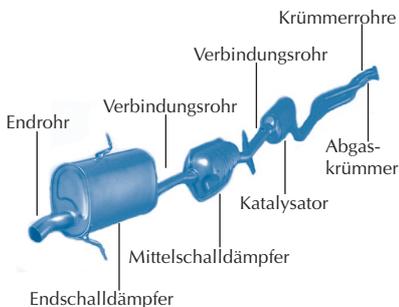


Abb. 1: Die Bauteile des Abgassystems

Bei einer beanspruchungsgerechten Werkstoffauswahl werden unterschiedliche Stähle für diese Komponenten eingesetzt [1-4].

Der vordere, heiße Bereich, von Abgasanlagen [Krümmerrohre, Katalysator] erfordert Stähle mit hoher Zunderbeständigkeit, Warm- und Zeitstandfestigkeit bei möglichst geringer Versprödungsneigung. Verschärfend kommen starke Schwingbeanspruchungen infolge von Vibrationen hinzu. Im heißen Bereich werden aus Gründen der hohen Zunderbeständigkeit oft ferritische Stähle eingesetzt. Ein weiterer Vorteil stellt der gegenüber den austenitischen Stählen niedrigere thermische Ausdehnungskoeffizient dar.

Im mittleren Bereich des Abgassystems [Mittelschalldämpfer, Verbindungsrohre] sind Temperatur- und Nasskorrosionsbeständigkeit gleichermaßen gefragt. Je nach Fahrbetrieb ist die Temperaturbelastung besonders hoch [Vollgas] oder es überwiegt die Korrosionsbeanspruchung [Kurzstreckenfahrten].

Im hinteren Bereich [Endschalldämpfer] tritt die Nasskorrosion in den Vordergrund. Im Systeminneren werden durch Kondensation der Verbrennungsgase unter Bildung von schwefeliger Säure, Schwefelsäure und geringer Mengen Salzsäure kritische Bedingungen geschaffen. Diese Kondensate in Verbindung mit einer Anreicherung von Chloridionen, z.T. sauren pH-Werten und Ablagerungen von elektrochemisch aktiven Rußpartikeln können zu einer erheblichen Nasskorrosionsbeanspruchung der Innenflächen führen. Dem gegenüber ist die korrosive Belastung der Außenseiten durch Witterungseinflüsse mit Einwirkung von Regenwasser, Straßenstaub, Schneematsch und Tausalz fast zu vernachlässigen.

Aufgrund der hohen Beständigkeitsanforderungen sind nichtrostende und hitzebeständige Stähle die dominierenden Werkstoffe für PKW-Abgasanlagen. Sie lassen sich außerdem gut verarbeiten und erlauben dünnwandige, gewichtssparende Konstruktionen. Ein weiterer Vorteil ist die Verfügbarkeit verschiedener Stahlsorten mit unterschiedlichen Legierungszusammensetzungen für differierende Anforderungsprofile [Abb. 2].

Auch nichtrostende Stähle sind in ihrer Korrosionsbeständigkeit begrenzt und in PKW-Abgasanlagen manchmal überfordert. Wie aus Schadensfalluntersuchungen bekannt, ist im hinteren, kondensatbelasteten Bereich primär mit einem Innenangriff nach dem Mechanismus chloridinduzierter Loch- und Spaltkorrosion zu rechnen. Dabei zeigen sich Lochfraßstellen, Angriffsmulden oder auch ein flächenmäßig begrenzter, narbiger Materialabtrag. Nichtrostende Stähle unterliegen auch in vielen anderen Anwendungsbereichen einer Loch- und Spaltkorrosionsbeanspruchung, die Beständigkeit verschiedener Stahlsorten hiergegen lässt sich dabei in der Regel anhand der



**Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel**

vertritt die Fachgebiete Werkstoffkunde, Werkstoffprüfung und Oberflächentechnik an der Fachhochschule Konstanz in Forschung und Lehre.

Er ist Prorektor für Forschung und Entwicklung.



**Dr. Norbert Arlt**

Studium der Chemie an der Universität Dortmund. Promotion dort auf dem Gebiet der Elektrochemie, seit 1986 im ThyssenKrupp-Konzern befasst mit Arbeiten zum Korrosionsverhalten nichtrostender Stähle, derzeit Leitung des Korrosions- und Metallographielabors bei ThyssenKrupp Nirosta in Düsseldorf. Projekte u.a. zum Korrosionsverhalten nichtrostender Stähle im Bauwesen, in Meerwasser, im Fahrzeugbau u.a..



**Dipl.-Ing. [FH] Daniel Schiller**

Beruflicher Werdegang: 1996 - 2000 Studium in biologischer Verfahrenstechnik an der Fachhochschule Furtwangen. 2001 Tätigkeit als Projektmitarbeiter an der Fachhochschule Konstanz, seit Mai 2002 Tätigkeit am WITg. Tätigkeits-schwerpunkt: Umweltbiotechnologie und mikrobiell induzierte Korrosionsvorgänge

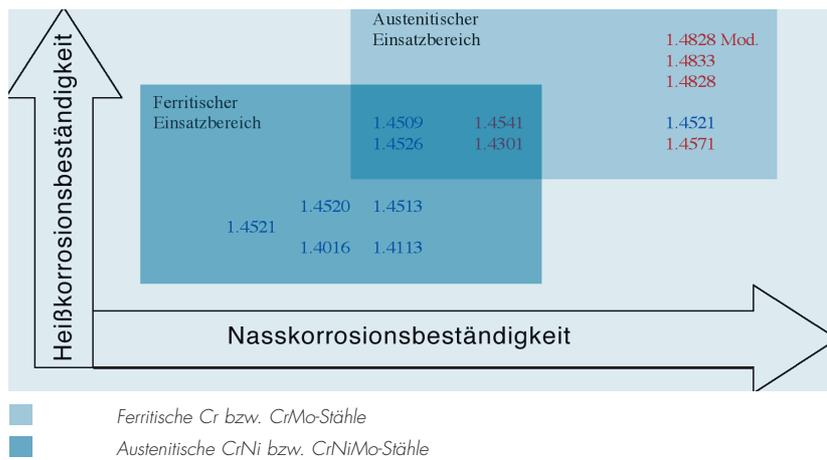


Abb. 2: Einordnung und Einsatzschwerpunkte wesentlicher nichtrostender und hitzebeständiger Stähle

Legierungszusammensetzung über den Wirksummenwert untereinander vergleichen [8]:

$$W = 1 \cdot \% Cr + 3,3 \cdot \% Mo + X \cdot \% N$$

W: Wirksummenwert, der Wirkfaktor des Legierungselementes X schwankt je nach Stahltyp zwischen 0 und 30 [ $0 \leq X \leq 30$ ].

Für die besonderen Verhältnisse in PKW-Abgasanlagen mit ihren häufigen Feucht-Trocken-Wechseln und ihren im Vergleich zur Gesamtlebensdauer nur kurzen Betriebszeiten ist dies aber fraglich. Hier ist nicht nur die Beständigkeit gegen das Auftreten von Korrosion, wie sie das Wirksummenkonzept beschreibt wichtig, sondern im Sinne langer Anlagenlebensdauern 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. In diesem Sinne sollte z.B. auch das Legierungselement Nickel günstig wirken, obwohl es in der Wirksummenberechnung unberücksichtigt bleibt. Um die Eignung verschiedener nichtrostender Stähle für einen Einsatz in Nassbereichen von PKW-Abgasanlagen zu vergleichen, sind Versuche nötig, die das besondere dieser Korrosionsbeanspruchung erfassen. Zu berücksichtigen sind

- Feucht-Trocken-Wechsel,

- die Einwirkung eines chloridionenhaltigen, sauren Mediums und
  - das Vorliegen von elektrochemisch aktivem Kohlenstoff [als Rußpartikel in den Anlagen auftretend].
- Ziel ist dabei, ein Werkstoffranking für solche Beanspruchungen zu erstellen. Anlagenspezifische Besonderheiten müssen unberücksichtigt bleiben. In der vorliegenden Arbeit wird ein Korrosionstest vorgeschlagen, mit dessen Hilfe ein Werkstoffvergleich für derartige Anwendungsfälle möglich sein sollte.

### Versuchsdurchführung

Für die Versuche werden aus Bandmaterial hergestellte, tiefgezogene Tiegel verwendet [Abb. 3]. In diese Tiegel wird eine Prüflösung [je 10 ml], entsprechend der in Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzung eingefüllt. Anschließend werden die befüllten Tiegel in einem Ofen bzw. in einer Kli-

makammer bei definierter Temperatur und Feuchte ausgelagert. Danach wird der Massenverlust der Probe gemessen und das optische Erscheinungsbild des Korrosionsanriffes beurteilt. Die Auslagerungsbedingungen und auch die Zusammensetzung der Prüflösung wurden variiert, um somit eine Optimierung dieses Prüfverfahrens zu erreichen. Die Einzelheiten zur Versuchsdurchführung sind, soweit dies notwendig erscheint, zusammen mit den Versuchsergebnissen dargestellt. Für die Untersuchungen wurden Proben aus den in Tabelle 2 genannten Werkstoffen eingesetzt.

### Versuche und Versuchsergebnisse

#### DRY-Kalotten Versuchsreihe

In einem Ofen wurde der in die Kalotten eingefüllte Elektrolyt verdampft und anschließend nachgefüllt. Nach 12 Durchläufen wurde die Probe gereinigt, auf Korrosionsangriff untersucht und gewogen. Der Versuchsaufbau ist schematisch in Abbildung 4 dargestellt.



Abb. 3: Ansichtsaufnahme einer tiefgezogenen Probe [Kalotte]

Chemikalie	Zugaben pro Flasche für 1 l Elektrolytlösung
Natriumacetat (0,2 M)	90 ml
Essigsäure (0,1 M)	410 ml
Natriumchlorid (NaCl)	1,649 g
Aktivkohle	500 ml
Entionisiertes Wasser	500 ml
HCl (1 M)	ca. 10 ml

Tabelle 1: Zusammensetzung des Elektrolyts

Stoff-Nr.	Kurzname	Chemische Zusammensetzung in % (Gewichtsprozess)									
		C max	Si max	Mn max	P max	S max	Cr	Mo	Ni	N	Sonstige
1.4301	X5 CrNi 18-10	≤0,07	1,00	2,00	a0,045	0,015	17,0-19,5	-	8,00-10,5	≤0,11	-
1.4376	X2 CrMnNi 18-7-3	≤0,10	1,00	6,00-9,00	0,045	0,015	17,0-19,5	-	3,50	0,30	-
1.4404	X2 CrNiMo 17-12-2	≤0,03	1,00	2,00	0,045	0,015	16,5-18,5	2,00-2,50	10,0-13,0	≤0,11	-
1.4509	X2 CrTiNb 18	≤0,30	1,00	1,00	0,040	0,015	17,5-18,5	-	-	-	Ti=0,10-0,60
1.4510	X3 CrTi 17	≤0,05	1,00	1,00	0,040	0,015	16,0-18,0	-	-	-	Ti=4x% (C+N) 0,15-0,8
1.4512	X2 CrTi 12	≤0,03	1,00	1,00	0,040	0,015	10,5-12,5	-	-	-	Ti=6x% (C+N) -0,65
1.4526	X3 CrMoCuTi 18-1	≤0,08	1,00	1,00	0,040	0,05	16,0-18,0	0,80-1,40	-	-	Nb=7x (C+N)+0,1≤1,00

Tabelle 2: Chemische Zusammensetzung der verwendeten Werkstoffe [Richtwerte]

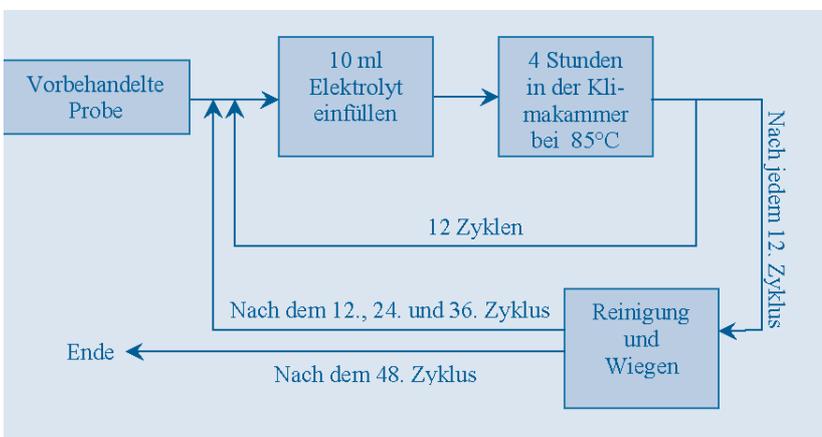


Abb. 4: Versuche an Kalotten mit forcierter Trocknung in einem Laborofen [DRY-Kalotten Versuche]

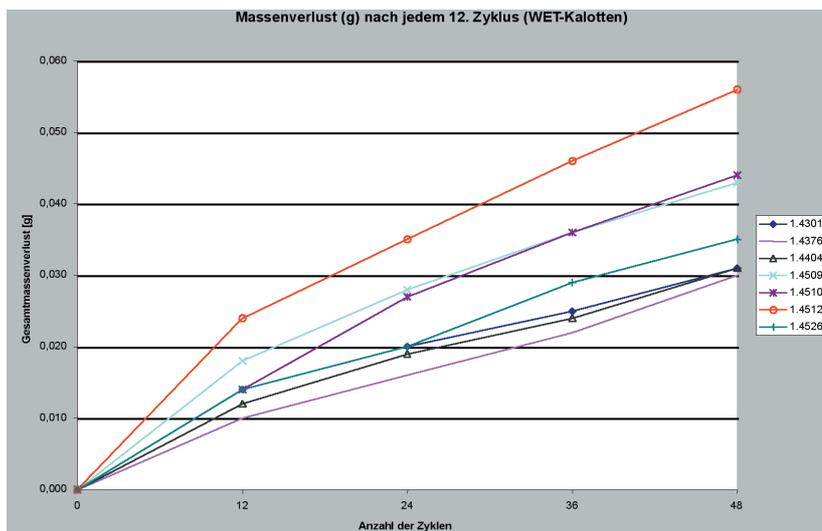


Abb. 5: Die Gesamtmasseverluste der ersten Versuchsreihe mit forcierter Trocknung

Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Abbildung 5 zusammengefasst. Es zeigt sich ein annähernd linearer Anstieg des Massenverlustes mit der Zahl der Versuchszyklen [Abb. 5]. Dabei entspricht das Angriffsbild mit Lochfraß und muldenförmiger örtlicher Korrosion dem von realen Schadensfällen an PKW-Abgasanlagen. Die Angriffintensität nimmt vom 1.4512 über den 1.4509 zum 1.4510 ab. Die höchste Beständigkeit erreichen die Güten 1.4526, 1.4376, 1.4301 und 1.4401 die sich in ihren Massenverlusten nicht signifikant unterscheiden. Diese fehlende Differenzierung zwischen den besser resistenten Güten widerspricht einerseits der eigenen Erwartungshaltung und gibt auf der anderen Seite auch die Ergebnisse einer früheren, an einer anderen Stelle durchgeführten, ähnlich gelagerten Untersuchung nicht wieder [5]. Eine derartige Versuchsdurchführung mit den hier vorliegenden Randbedingungen erscheint daher als Qualitätsprüfung für die Werkstoffe nicht geeignet zu sein.

#### WET-Kalotten Versuchsreihe

Abbildung 6 zeigt den Verlauf der WET-Kalotten Versuchsreihe. Zuerst wurden die Proben mit 10 ml Elektrolyt sechs Stunden in eine temperaturgeregelte Klimakammer bei Raumtemperatur [ca. 28°C] gelegt. Danach kamen sie vier Stunden lang bei 85°C in den Ofen wie bei den DRY-Kalotten Versuchen. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe, dargestellt in Abbildung 7, zeigen bereits nach den ersten 12 Zyklen höhere Massenverluste und auch optisch einen gegenüber den Versu-

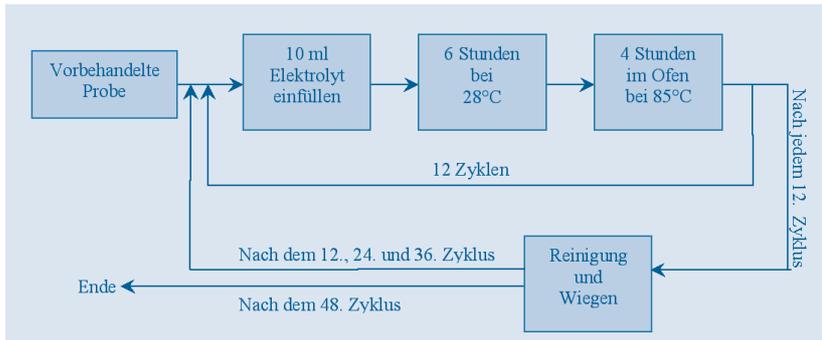


Abb. 6: Versuche an Kalotten mit verzögerter Trocknung in einem Laborofen [WET-Kalotten Versuche]

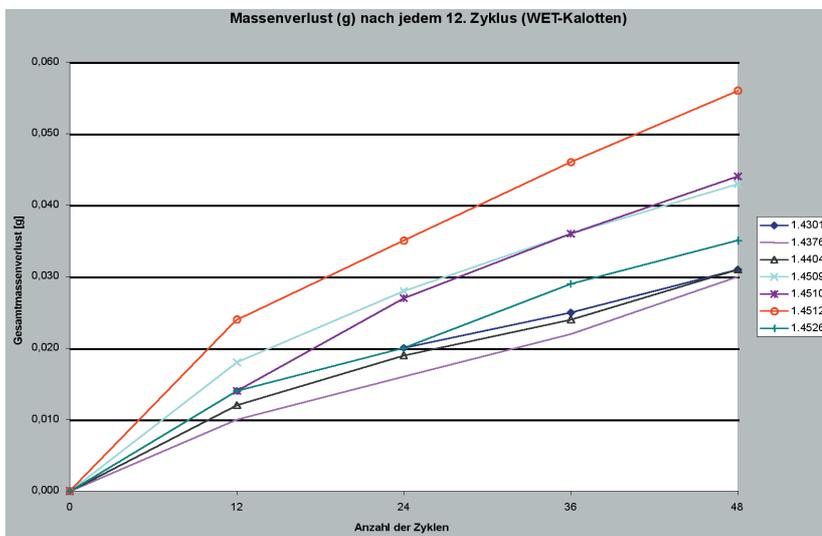


Abb. 7: Die Gesamtmassenverluste der ersten Versuchsreihe mit verzögerter Trocknung [WET-Kalotten]

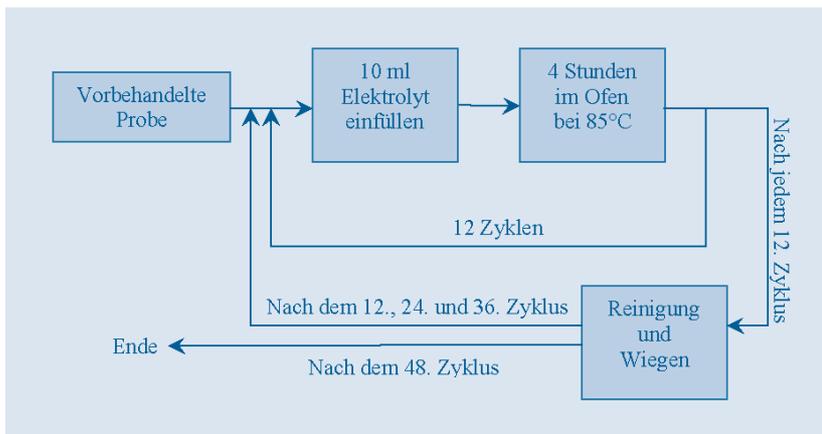


Abb. 9: Der Versuchsablauf für Klimakammerversuche



Abb. 8: Die Klimakammer

chen mit forciert er Ofentrocknung verstärkten Korrosionsangriff, liegen aber nach 48 Zyklen nicht mehr deutlich höher als bei den DRY-Versuchen. Insgesamt führt die zusätzliche Feuchtephase zu etwas stärkerem Angriff, aber nicht zu einem grundlegend anderen Verhalten. Auch hier lässt sich zwischen den höher beständigen Güten praktisch nicht differenzieren.

#### Auslagerungsversuche bei definierter Feuchtigkeit

Hier soll auch die Luftfeuchte als wesentlicher Parameter definiert und ihr Einfluss untersucht werden; weiterhin werden verschiedene beschaffene Aktivkohlen einbezogen und miteinander verglichen. Nach Einfüllen des Korrosionsmediums wurden die Kalotten in einer temperatur- und feuchtegeregelten Klimakammer [Abb. 8] ausgelagert. Die Auslagerung erfolgte analog zu den Ofenversuchen mit forcierter Trocknung bei einer Temperatur von 85°C und verschiedenen Feuchten entsprechend dem in Abbildung 9 dargestellten Versuchsablauf.

Es zeigt sich erneut ein mit der Versuchsdauer annähernd linearer Anstieg der Massenverluste [Abb. 10]. Die Angriffsstärke hängt dabei maßgeblich von der Art der eingesetzten Aktivkohle und dem Luftfeuchtewert ab [Abb. 10]. Die höchsten Massenverluste ergeben sich bei der mittleren relativen Feuchte von 50%, die ausgeprägteste Differenzierung zwischen unterschiedlich beständigen Stahlgüten zeigt sich aber bei 80% relativer Feuchte; hier finden sich deutliche Abstufungen in der Angriffsintensität zwischen den Güten 1.4512, 1.4301 und 1.4401.

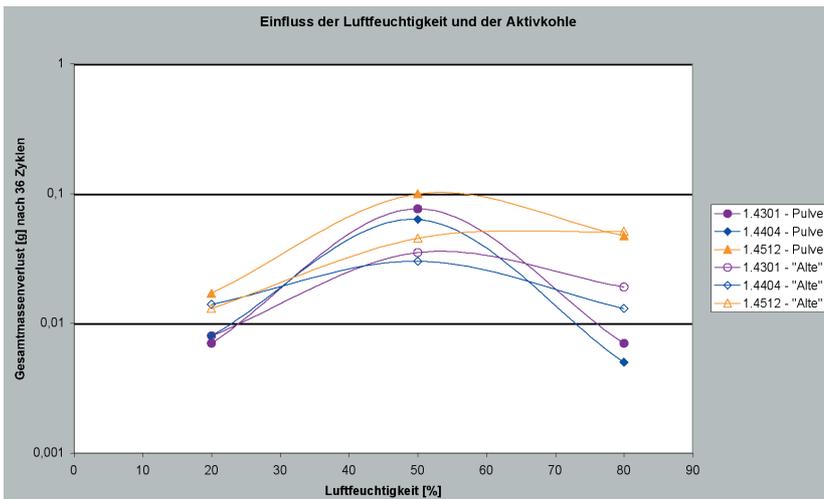


Abb. 10: Einfluss von Luftfeuchtigkeit und Aktivkohle

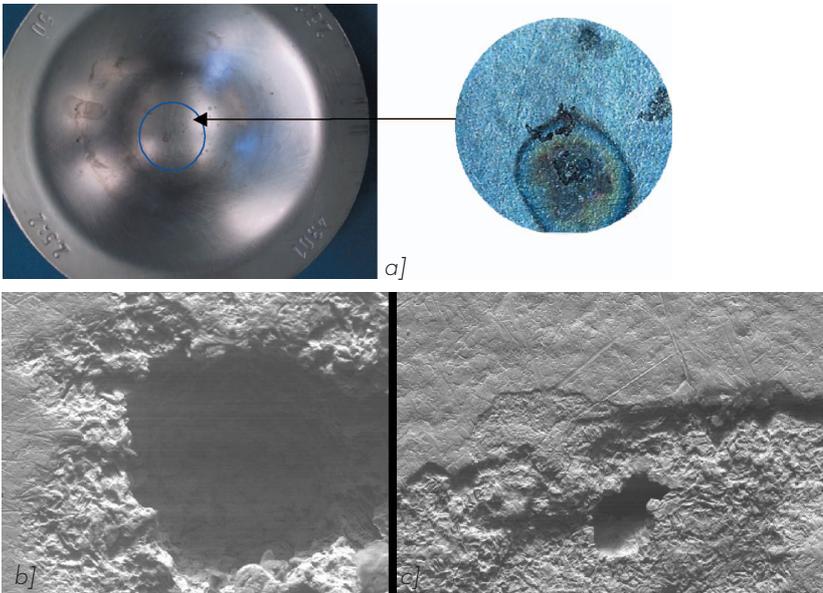


Abb. 11: Angriffsverlauf am Werkstoff 1.4301 bei 80% Luftfeuchtigkeit

- a) Übersicht und Detail im VIDEO-Mikroskop  
 b) REM-Aufnahme einer Korrosionsstelle im Bodenbereich  
 c) REM-Aufnahme einer Korrosionsstelle in Randbereich

Der Korrosionsangriff an den Proben erfolgt uneinheitlich. Es kann sowohl klassischer Lochfraßangriff als auch eine flächige Korrosion beobachtet werden. Beispiele für den Angriffsverlauf sind in den Abbildungen 11 und 12 dargestellt. Aufgrund dieser Angriffsmechanismen sind die Ergebnisse von Massenverlustmessungen immer kritisch zu betrachten. Im vorliegenden Fall konnte allerdings eine relativ gute Übereinstimmung mit dem optischen Erscheinungsbild der Proben und den Massenverlustdaten festgestellt werden.

#### Die Versuche mit Feucht-Trocken-Wechseln im Vergleich zu konventionellen Lochfraßpotentialmessungen

Die beschriebenen Versuche mit wiederholter Eintrocknung von Korrosionsmedium in Kalotten simulieren wesentliche Aspekte der Nasskorrosion in Pkw-Abgasanlagen: Sie erzeugen ein ähnliches Angriffsbild wie dort und zeigen die Unterschiede in der Beständigkeit verschiedener Stahlgüten unter Bedingungen, unter denen - wie in Abgasanlagen - Korrosionsfortschritt und -repassivierung immer wieder wechseln.

Bei der Versuchskonzeption ist darauf zu achten, dass die Art der verwendeten Aktivkohle und die Luftfeuchte in der Eintrocknungsphase den Korrosionsangriff entscheidend beeinflussen und diese Parameter daher zu definieren sind. Hohe Werte relativer Feuchte im Bereich von 80% sind dabei eher geeignet. Beständigkeitsunterschiede zwischen verschiedenen Werkstoffen erkennen zu lassen.

Konventionelle Verfahren zur vergleichenden Messung der Loch- und Spaltkorrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle zielen nicht auf Bedingungen mit wechselnden Phasen von Korrosionsfortschritt und -stillstand, sondern versuchen die Resistenz gegen das Eintreten eines Korrosionsangriffs überhaupt zu bestimmen. Eine gängige und bewährte Methode hierfür ist die Messung kritischer Lochkorrosionspotentiale: Je höher der Potentialwert ist, bis zu dem ein Werkstoff im Vergleich zu einem anderen gegen das Auftreten von Lochkorrosion unter Versuchsbedingungen beständig ist, desto höher ist seine Resistenz einzuschätzen. Abbildung 13 zeigt beispielhaft die Ergebnisse solcher Messungen.

Die Ergebnisse solcher elektrochemischen Messungen kritischer Potentialwerte und der Versuche zur Simulation von Abgasanlagenbedingungen ergeben etwas unterschiedliche Bilder. In den Versuchen an Kalotten mit immer wieder eintrocknendem Korrosionsmedium zeigen etwa die nickelfreien ferritischen Stähle 1.4509 und 1.4510 eine deutlich niedrigere Beständigkeit als z.B. die Güte 1.4301, wogegen die Werte kritischer Lochfraßpotentiale keinen Beständigkeitsabfall in solchem Masse zeigen [Abb. 13]. Solche elektrochemischen Messungen sind weniger geeignet, um Werkstoffe hinsichtlich ihrer Eignung für PKW-Abgasanlagenbedingungen miteinander zu vergleichen.

#### Schlussfolgerungen

- Kritische Lochfraßpotentiale und der Wirksamkeitswert sind weniger gut geeignet, um verschiedene nichtrostende Stähle hinsichtlich ihrer Beständigkeit im Nassbereich von PKW-Abgasanlagen miteinander zu vergleichen.

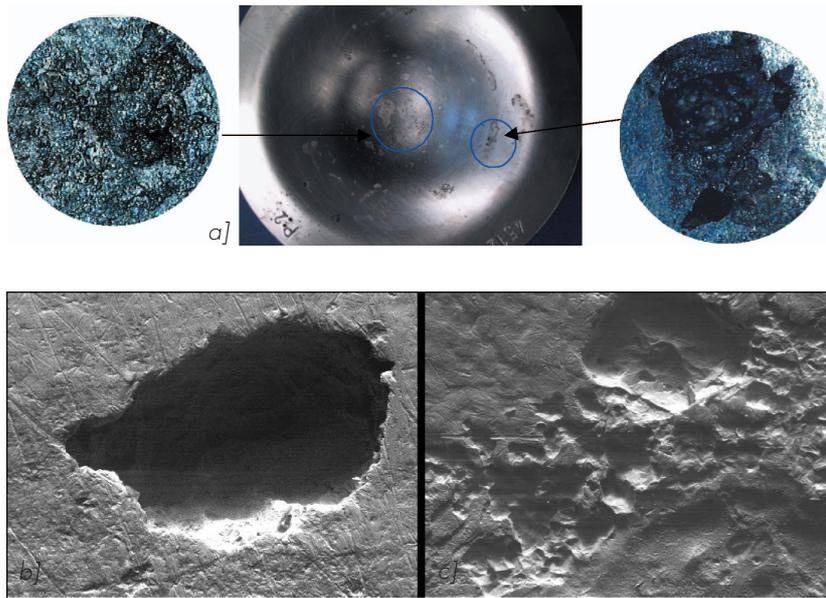


Abb. 12: Angriffsverlauf am Werkstoff 1.4301 bei 80% Luftfeuchtigkeit  
 a] Übersicht und Detail im VIDEO-Mikroskop  
 b] REM-Aufnahme einer Korrosionsstelle im Bodenbereich  
 c] REM-Aufnahme einer Korrosionsstelle im Randbereich

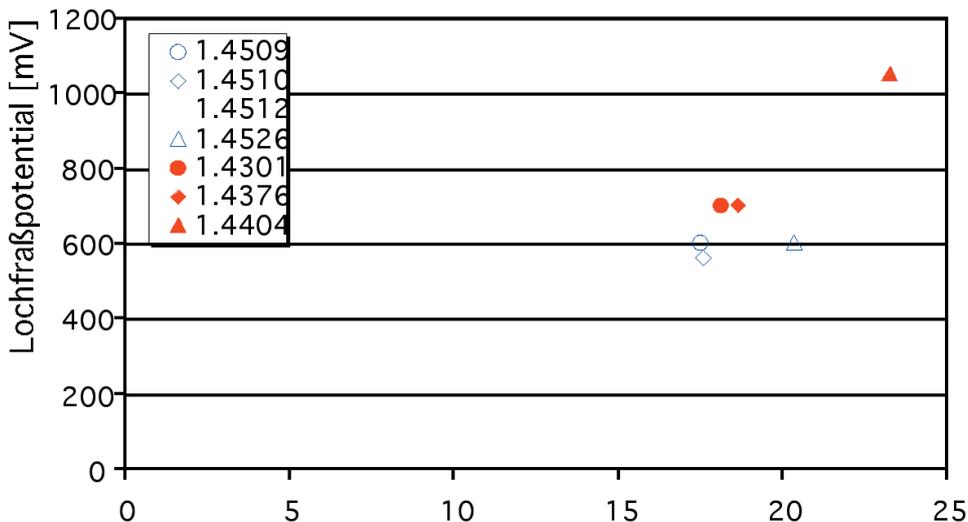


Abb. 13: Potentiodynamische Messungen in NaCl Lösung [Cl-Konz. 500ppm] bei 50°C mit 120 mV/h  
 Kritische Lochfraßpotentialwerte in Abhängigkeit von der Wirksumme

- Vorzuziehen sind Simulationsversuche mit Feucht-Trocken-Wechseln, die die besonderen Korrosionsverhältnisse dort besser widerspiegeln.
- Bei den Kalottenversuchen ist sicherzustellen, dass der Feuchtigkeitsgehalt in der Luft während der Auslagerung konstant ist und dass eine einheitliche Aktivkohle [Körnung, Porenvolumen] eingesetzt wird.
- Für gute Werkstoffdifferenzierungen sind relativ hohe Feuchtwerte um 80% anzustreben.
- Austenitische Stähle mit hohem Nickelgehalt verhalten sich bei gleichen Gehalten an Chrom und Molybdän günstiger.

#### Literaturverzeichnis

- [1] Nichtrostende Stähle für Abgassysteme im Automobil, Firmenschrift der Krupp Thyssen Nirosta
- [2] "Stainless Steel Properties for Structural Automotive Applications", by Pierre-Jean Cunat, Technical Director, Euro Inox, Brussels. Paper presented on the occasion of the Metal Bulletin International Automotive Materials Conference, Cologne, 21st to 23rd June 2000.
- [3] "Stainless Steel – A New "Light Metal" for the Automotive Industry", by Joma Kemppainen, Vice President, Euro Inox, Brussels, Belgium. Paper on the occasion of the Euro Inox Presentation Stainless Steel in Structural Automotive Applications – Properties and Case Studies - at the Paris Motor Show Mondial de l'Automobile, 2nd October 2000.
- [4] "Ferritic Stainless Steels in Exhaust Systems", by J. Lagier, P. Rombeaux, J. Ragot and P. Vaugeois. INNOVATION STAINLESS STEEL, Florence, Italy 11-14 October 1993.
- [5] Frank Lüttschwager: Einfluss aggressiver Anionen auf die Passivschicht von Fe-Cr-Legierungen, Diplomarbeit, Heinrich Heine Universität Düsseldorf, Juni 2001
- [6] Eva Maria Perez Soriano: Diplomarbeit, FH-Konstanz 2002
- [7] Kamrol Amri Mohamed: Diplomarbeit, FH-Konstanz 2002
- [8] Paul Gümpel: Rostfreie Stähle, 3. Auflage–Renningen-Malmsheim: expert Verlag 2001

# Schnellschaltende Aktoren aus Formgedächtnislegierungen

von Dipl.-Ing. [FH] Stefan Gläser MSc und Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel

## Zusammenfassung

Im Laufe der fortschreitenden Automatisierung in Industrie, Konsumgüterbereich und auch in der Freizeit wird der Bedarf an Aktoren immer größer. Oft wird dabei in erster Linie an jene Aktoren gedacht welche große Stellwege umsetzen können. Diese sind in der Regel in den Bereichen der Hydraulik, Pneumatik oder in elektromotorischen Antrieben zu finden. Eine weitaus größere Zahl von Aktoren wird jedoch in Anwendungsgebieten mit deutlich kleineren Stellwegen benötigt. Diese Aktoren treten in der Regel für den vorübergehenden Betrachter nicht so offensichtlich in Erscheinung und erwecken daher oftmals den Eindruck einer untergeordneten Rolle in dem technischen Bereich der Stellwezeugung. Gerade diese Gruppe der Aktoren bedient sich allerdings der unterschiedlichsten, oftmals hochinnovativen Technologien, wie z.B. Elektromagneten, Piezokeramiken, Magnetostruktiven Werkstoffen oder Formgedächtnislegierungen, um damit ein Eingangssignal in eine mechanische Arbeit umzusetzen [1].

Maßgebend für die Auswahl der geeignetsten Technologie für den Aktor ist das Beanspruchungsprofil der jeweiligen Anwendung. Hierbei werden vorrangig die Parameter Kraft, Weg, Stellzeit, Dynamik, Umweltbedingungen, Einschaltdauer, Energieversorgung, Dauerfestigkeit, Bauraum und das Maß der Integrationsfähigkeit gesehen. Hierbei werden die beiden Parameter Stellzeit und Dynamik oftmals zusammenfassend betrachtet, obwohl sie vollständig voneinander getrennt zu sehen sind. Die Stellzeit ist zwar Voraussetzung für einen hochdynamischen Aktor, ein Aktor mit einem Anspruch auf eine sehr kurze Stellzeit muss jedoch nicht unbedingt auch ein hohes

dynamisches Verhalten aufweisen. Der Verzicht auf eine hohe Dynamik rückt die, in der Regel als recht träge bezeichneten Formgedächtnislegierungen in den Fokus der Entwicklung von Stellgliedern mit dem Anspruch auf eine kurze Stellzeit. Durch den Einsatz einer Formgedächtnislegierung als Funktionswerkstoff lassen sich Aktoren mit kleinem Bauraumbedarf sehr kostengünstig herstellen. Dem Anspruch an sehr kurze Stellzeiten kann ein Formgedächtnisaktor gerecht werden. Hierbei sind Stellwege bis zu 20 mm im Millisekundenbereich möglich. Zudem können Kräfte entwickelt werden die weit über denen von elektromagnetischen Stellgliedern liegen.

Im Rahmen eines Entwicklungsprojekts wurden verschiedene Möglichkeiten getestet, um mit Hilfe von geeigneten Ansteuerungen eine schnelle Einbringung der für die Umwandlung der Formgedächtnislegierungen benötigten Energie zu realisieren. Über die Realisierung solcher Ansteuerungen und die erzielten Ergebnisse sowie die Fragen, die sich aus den Ergebnissen ergeben haben, soll hier berichtet werden. Zudem wird über ein aus den gewonnenen Erkenntnissen generiertes Forschungsprojekt berichtet. Hierbei soll aufgezeigt werden, was die Ziele für die nähere Zukunft sind.

## Aktoren

In unserem Sprachgebrauch stellen Aktoren die Schnittstelle zwischen der Informationsverarbeitung und dem mechanischen Grundsystem dar. Sie erzeugen Kräfte oder Bewegungen durch Nutzung der für ihren Betrieb bereitgestellten Hilfsenergie. Als Grundstruktur eines Aktors ist die des Stellers zu betrachten, bei dem der Energiefluss durch das Steuersignal festgelegt wird. Im Gegensatz zu



### Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel

vertritt die Fachgebiete Werkstoffkunde, Werkstoffprüfung und Oberflächentechnik an der Fachhochschule Konstanz in Forschung und Lehre. Er ist Prorektor für Forschung und Entwicklung.



### Dipl.-Ing. [FH] Stefan Gläser MSc

ist Mitarbeiter in der Grundlagenentwicklung der Firma ETO MAGNETIC/Stockach. Studium des Maschinenbaus und der Mechatronik an der Fachhochschule Konstanz und derzeit Promotion an der Technischen Universität Ilmenau im Bereich der superelastischen Formgedächtnislegierungen. Seit WS 2002/2003 Lehrbeauftragter im Studiengang Mechatronik an der Fachhochschule Konstanz.

einem, eine Hilfsenergie benötigenden Stellener erfolgt in einem Wandler eine passive Umformung der zugeführten Energie, ohne dass dabei eine Steuergröße erforderlich ist. Als Beispiele für Stellener sind Transistorstufen oder Hydraulikventile mit Vorsteuerstufe zu nennen. Für die Wandler dienen Piezo-Wandler, Getriebe oder auch Formgedächtnisaktoren als Beispiele. In der Regel bestehen Aktoren jedoch aus Kombinationen von Stellern und Wandlern. So ist z.B. ein kompletter Formgedächtnismuskel die Kombination einer geeigneten Treiberstufe in Form einer, eine Stellgröße verarbeitenden Ansteuereinheit, und der Formgedächtnislegierung selbst.

#### Formgedächtnislegierungen (FGL)

Formgedächtnislegierungen können bei einer thermischen Aktivierung bzw. beim Überschreiten einer Temperaturgrenze Linearbewegungen im Bereich von bis zu 8% auf die Ausgangslänge bezogenen Längenänderung bei einer hohen Kraftentwicklung ausführen. Die metallkundlichen Hintergründe für diesen Effekt liegen in einer bei bestimmter Temperatur und bestimmtem Druck spontan ablaufenden Gitterumwandlung. In einer vorangegangenen Ausgabe des fhkforum [2] wurde der metallkundliche Hintergrund ausführlich beschrieben und soll daher hier nicht nochmals dargestellt werden.

#### Schnellschaltende Formgedächtnisaktoren

Im Gegensatz zu hochdynamischen Bewegungsabläufen zeichnen sich eine Vielzahl von Anwendungen dadurch aus, dass ein Bewegungszyklus aus nur einer sehr schnellen Stellbewegung und einer danach folgenden Ruhephase mit einer zeitunkritischen Rückstellbewegung gefordert ist. Die Wiederholungsrate dieses Beanspruchungsprofils ist in der Regel sehr klein bis hin zu einmaligen Stellvorgängen. Als Beispiel hierfür sind Sicherheitstechnische Anwendungen in der Kraftfahrzeugindustrie zu nennen. Gerade für solche Anwendungen bieten sich Aktoren aus Formgedächtnislegierungen, so genannte FGL-Mus-

kel, an. Der Anwendungsfall mit sehr niederen Wiederholungszahlen kommt dem Einsatz einer Formgedächtnislegierung ebenso entgegen, wie die Ruhephase nach Verrichtung der mechanischen Arbeit.

Da FGL erst nach Überschreiten einer bestimmten Umwandlungstemperatur aktiviert werden können, muss das FGL-Element erwärmt werden, d.h. es muss eine entsprechende Energiezufuhr in den Aktor stattfinden. Dies kann durch Aufnahme der Wärmemenge aus der Umgebung, aber auch durch Einbringung der Energie durch Joule'sche Wärme erfolgen. Wenn bei gegebener Energiequelle und einem ausreichend niedrigen ohmschen Widerstand des Muskels, bzw. ausreichend hoher Spannung, elektrische Energie in Joule'sche Wärme umgewandelt wird, sind der Dauer für die Einbringung der Energie nach unten keine Grenzen gesetzt. Unter der Annahme, dass diese Voraussetzungen stimmen, bedeutet dies, dass ein FGL-Aktor einen vorgegebenen Stellweg mit einer maximalen Geschwindigkeit ausführt, die durch die Geschwindigkeit der Phasenumwandlung festgelegt wird. In der vorliegenden Arbeit wurde dieser Zusammenhang untersucht.

#### Versuchsergebnisse

Zum Nachweis der umsetzbaren Geschwindigkeiten wurden so genannte FGL-Muskel [3] verwendet. Diese Muskel bestehen aus den beiden Aufnahmen mit der elektrischen Kontaktierung und einem oder mehreren Drähten aus Formgedächtnislegierungen verschiedenen Durchmessers. Die verschiedenen Versuchsträger zeichneten sich dadurch aus, dass die FGL-Muskel bei den Untersuchungen stets mit den gleichen mechanischen Spannungen von ca. 130 N/mm<sup>2</sup> beaufschlagt wurden. Zur Erzeugung der für das Auslösen des FGL-Aktors nötigen Erwärmung über Joule'sche Wärme wurden die verschiedenen Muskel Bestromungstests unterzogen, in denen bei unterschiedlichen Spannungen nach dem Ohmschen Gesetz unterschiedliche Stromstärken über den FGL-Muskel als niederohmigen Verbraucher umgesetzt werden konnten. In Abbildung 1 wird die Entwicklung des Hubes und der hierfür benötigten Zeit in Abhängigkeit der Bestromungsdauer und der zur Verfügung stehenden Ladungsmenge dargestellt.

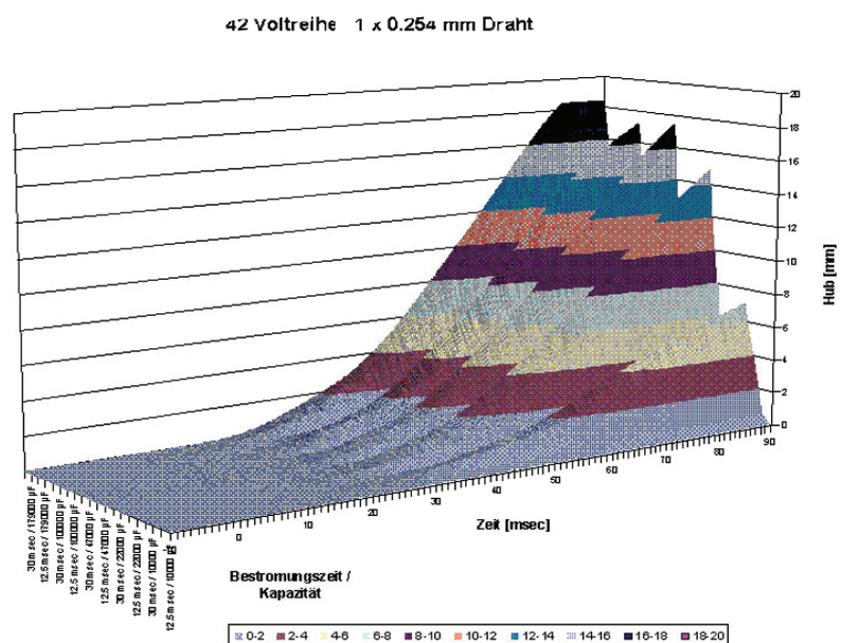


Abb. 1: Einfluss der Ladungsmenge und der Bestromungsdauer auf den Hub bei der 42 Voltreihe

Hier ist sehr gut zu erkennen wie der Hub und die Hubgeschwindigkeit von der Bestromungsdauer und von der Kapazität abhängig sind. Zu beachten ist jedoch, dass bei gleicher Kapazität eine unterschiedliche Bestromungsdauer nicht eine der Zeit proportionale elektrische Arbeit bedeutet. Da bei der Entladung eines Kondensators

nach 
$$U = \frac{Q}{C}$$

mit U in [V], Q in [C] und C in [F] mit gegebener, konstanter Kapazität C des Kondensators und abnehmender Ladung Q eine sich über der Bestromungszeit sinkende Spannung V einstellt, ergibt sich

nach 
$$I = \frac{U}{R}$$

auch eine abfallende Stromstärke I. Demgegenüber ändert sich aber der elektrische Widerstand der Formgedächtnislegierung mit dem Grad der Austenitisierung und wird mit steigendem Austenitisierungsgrad, das entspricht dem voranschreitenden Hub, abfallen. Durch das Abfallen des elektrischen Widerstandes bis auf einen Wert von ca. 65 % des Ausgangswiderstandes im martensitischen Gefüge wird nach dem Ohmschen Gesetz bei gleich bleibender Spannung die Strom-

stärke I erhöht. Somit ergibt sich für die Betrachtung der elektrischen Arbeit W in [J] nach, mit einer Stromstärke I als Ergebnis der Überlagerung der beiden oben genannten Effekte, ein in Abbildung 2 dargestelltes Diagramm der Kondensatorarbeit über der Zeit.

Abbildung 2 verdeutlicht noch einmal die Entwicklung des Hubes aus einer anderen Perspektive.

Es zeigt sich, dass bei allen Versuchen der 42 V-Reihe eine nahezu gleiche Zeit verstreicht bis überhaupt die Verformung von Hubarbeit beginnt. D.h. ein bestimmtes Maß an elektrischer Energie muss erst eingebracht werden um den Muskel auf die Umwandlungstemperatur zu erhitzen, die er benötigt um die Phasenumwandlung auszulösen. Dieser Zeitraum beträgt ca. 23 ms. Aus Diagramm 1 kann man nun die hierfür benötigte Kondensatorarbeit herauslesen, sie beträgt rd. 50 J. Der Schluss liegt nahe, dass bei den Versuchen mit anderen Spannungsreihen [63 V und 100 V] die gleiche Kondensatorarbeit verrichtet werden muss wie in der 42 V-Reihe. Da sich aufgrund der höheren Spannungen aber auch eine größere Kondensatorarbeit ergibt, müssten sich die Zeiten bis zur Phasenumwandlung dementsprechend verkürzen. Somit könnte man aus Diagramm 1 die jeweiligen Zeiten zum verrichten der Arbeit von ca. 50 J herauslesen. Vergleicht man diese Zeiten mit denen aus den Abbildungen 3 und 4, so zeigt sich eine Übereinstimmung der theoretisch ermittelten Werte mit den tatsächlich gemessenen.

Um später Aussagen über die Beeinflussung der Stellzeiten treffen zu können, muss bei den vorangegangenen Diagrammen auf den Zeitabschnitt bis zum Erreichen der Steigung, sprich der Beschleunigung des Aktors, und den Bereich des Hubes selbst geachtet werden. Es zeigte sich, dass bis zum Hubanfang ein bestimmtes Maß an elektrischer Arbeit notwendig ist. Erst danach ist eine Umwandlung möglich. Wenn man nun die Steigungen der einzelnen Diagramme betrachtet kann man feststellen, dass die elektrische

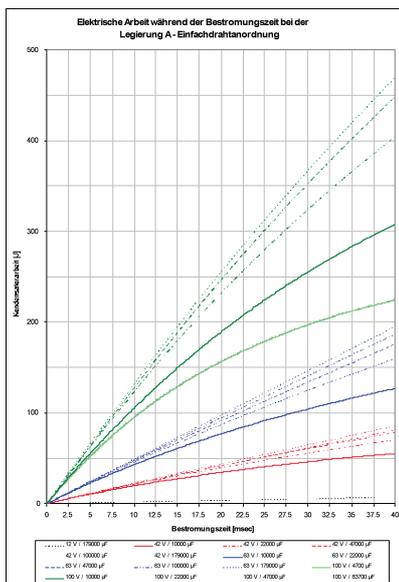


Diagramm 1: Kondensatorarbeit eines FGL-Drahtes in Abhängigkeit der verschiedenen Kapazitäten.

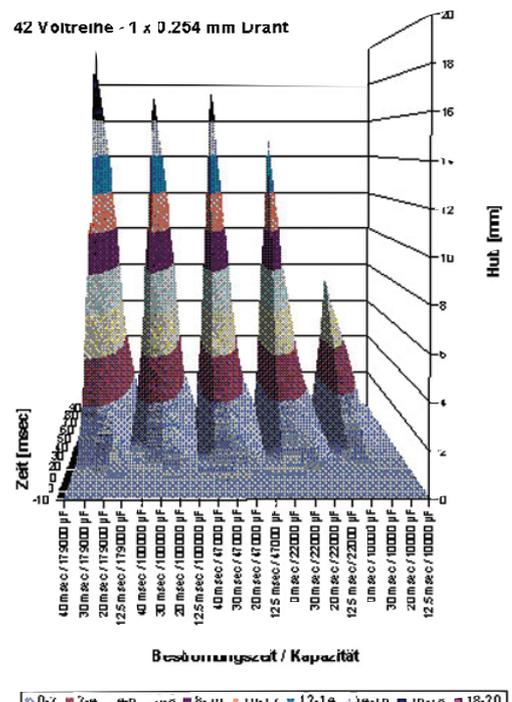


Abb. 2: Einfluss der Ladungsmenge und der Bestromungsdauer auf den Hub bei der 42 Voltreihe

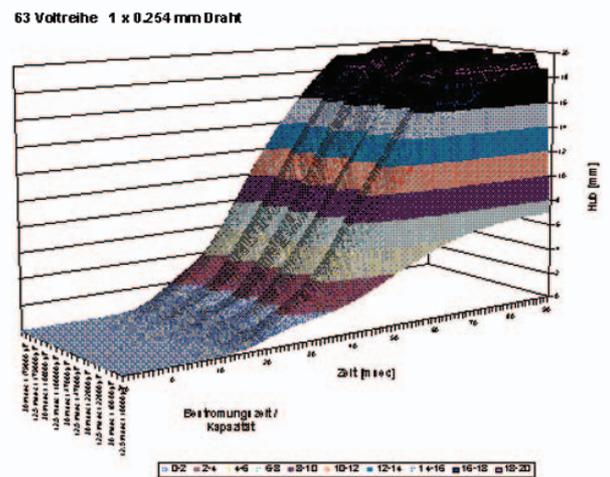


Abb. 3: Einfluss der Ladungsmenge und der Bestromungsdauer auf den Hub bei der 63 Voltreihe

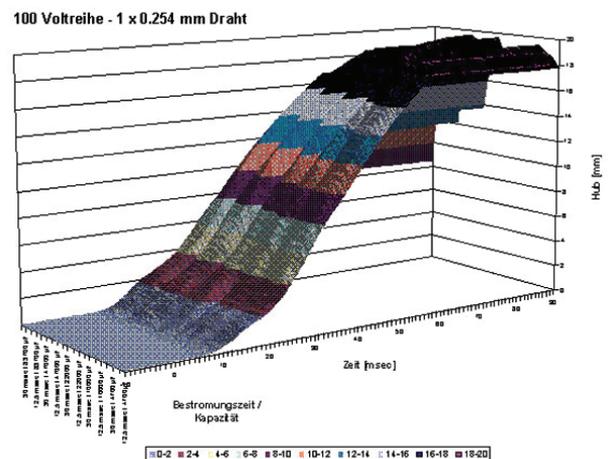


Abb. 4: Einfluss der Ladungsmenge und der Bestromungsdauer auf den Hub bei der 100 Voltreihe

Spannung vor allen Dingen die Totzeit bis zum Starten der Phasenumwandlung beeinflusst. Wenn dieser Punkt dann erreicht ist, ergibt sich, vorausgesetzt dass eine ausreichend große Ladungsmenge über den benötigten Zeitraum zur Verfügung steht, eine Maximalgeschwindigkeit, die unabhängig von der einzelnen Spannungsreihe ist. Somit zeigt sich auch, dass es nicht möglich ist, eine höhere Geschwindigkeit als die hier ermittelten 680 mm/s für die gegebene Versuchsanordnung zu erreichen.

Da eine Phasenumwandlung in Formgedächtnislegierungen aber als ein spontanes Ereignis zu betrachten ist, stellt sich die Frage warum hier eine Reduzierung der Geschwindigkeit von der Schallgeschwindigkeit in der Legierung hin zu 680 mm/s zu verzeichnen ist.

Als ein Grund hierfür ist die Einbringung von Fehlern während des Umformvorganges des Ausgangsmaterials zum Draht dieser Abmessung von 0,201 mm zu nennen.

Betrachtet man das erforderliche Training eines Drahtes um solche Stellzeiten und Hübe zu erreichen, zeigt sich, dass bestimmte Fehler erst nach mehrmaligem Aktivieren eines FGL-Muskels beseitigt sind. Solche Trainingseffekte erzielen ein gutes Ergebnis bei den danach angestellten Messungen. Doch es stellt sich die Frage, ob eine Rückbildung dieser Trainingseffekte beeinflusst wird durch Umwelteinflüsse wie Temperaturwechsel, hohe oder niedrige Temperaturen, oder auch den Faktor Zeit.

### Zusammenfassung

Betrachtet man die verstreichende Zeit bis zum Starten des Arbeitshubes ergeben sich für die 42 V-Reihe ca. 23 ms, für die 63 V-Reihe ca. 11 ms und für die 100 V-Reihe ca. 5 ms. Aus Diagramm 1 ergibt sich die Kondensatorarbeit der verschiedenen Spannungsreihen. Somit ist ein Vergleich möglich. Als Kondensatorarbeit ergibt sich für die jeweilige Spannungsreihe, abgelesen bei den entsprechenden Zeitpunkten, jeweils ein Wert von ca. 50 J.

Dies zeigt, dass unabhängig von der elektrischen Spannung, immer die gleiche elektrische Arbeit in den FGL-Muskel gesteckt werden muss um die Phasenumwandlung einzuleiten. Die Umwandlungsgeschwindigkeit selber ist dann bei allen drei Spannungsreihen gleich, vorausgesetzt, dass von der Energiequelle (in diesen Fällen Kondensatoren mit verschiedenen Kapazitäten) eine ausreichende Ladungsmenge zur Verfügung gestellt werden kann, um die weitere Erwärmung umzusetzen, bzw. die für die Umwandlung notwendige Kristallisationsenergie aufzubringen.

Weiterführende Untersuchungen zeigen, dass eine Erhöhung der zu bewegendenden Last und gleichzeitige Erhöhung der Drahtanzahl des Muskels keine signifikante Änderung der benötigten Zeit bewirken. Lediglich die benötigte Energie wird um einen dementsprechenden Faktor erhöht. Zudem zeigt sich eine Verkürzung der Totzeit, da aufgrund des geringeren Widerstandes die benötigte Energie in kürzerer Zeit umgesetzt werden kann. Als Fazit dieser Erkenntnisse ergibt sich als optimales Design für einen FGL-Muskel ein System niedrigsten ohmschen Widerstandes, kleinstmöglichen Hubes und größtmöglicher Kraft. Die Schnittstelle zur Integration sollte daher von den Übersetzungsbedingungen auf die genannten Bedürfnisse zum Erzielen einer möglichst kurzen Stellzeit optimiert sein. Zudem setzt diese Anordnung eine Energiequelle voraus, die in der Lage ist, über kurze Zeiträume sehr hohe Ströme zur Verfügung zu stellen.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es möglich ist, mit Formgedächtnislegierungen schnellschaltende Aktoren zu entwickeln. Jedoch stellt sich die Frage ob diese Technologie der Stellwegerzeugung auch geeignet ist, unter Bedingungen zu arbeiten die nicht denen eines Labors entsprechen. Um diese Frage zu beantworten wird derzeit ein Forschungsprojekt durchgeführt, in dem die Langzeitstabilität des Effektes und der Funktionseigenschaften solcher FGL-Muskel durch geziel-

te Dauerversuche simuliert werden sollen. Erst mit diesen Erkenntnissen ist es möglich, Aussagen über die Verwendung von Formgedächtnislegierungen in sicherheitsrelevanten Anwendungen zu machen.

### Literatur:

- [1] Jedritza, D.: "Technischer Einsatz Neuer Aktoren" Expert Verlag, Renningen 1998
- [2] Gümpel, P.; Strittmatter, J.: "Formgedächtnislegierungen und deren Einsatzmöglichkeiten in der Praxis", fhkforum 2002, Fachhochschule Konstanz, Konstanz
- [3] Franke, J.: "Schnell schaltender Aktor aus Formgedächtnislegierungen", Diplomarbeit, FH Konstanz 2002 <



[www.bosch.de/jobs](http://www.bosch.de/jobs)

Können Visionen Ihre Karriere beschleunigen?

**Ja**

Bosch sucht technische und kaufmännische Talente für reizvolle Aufgaben mit interessanten Perspektiven.

Wir machen aus Visionen serienreife Technik. Nicht nur in der Kraftfahrzeugtechnik sondern auch in der Industrietechnik und den Bereichen Gebrauchsgüter und Gebäudetechnik setzen wir dabei auf globale Zusammenarbeit und die gemeinsame Nutzung von Know-how. Deshalb suchen wir **technische und kaufmännische Talente**, für die es keine Grenzen gibt.

„On the job“ können Sie Ihre Fähigkeiten in konkreten Aufgaben und Projekten einbringen. Alternativ bieten wir Ihnen einen Einstieg über unsere **internationalen Nachwuchsprogramme**. Dabei lernen Sie das Unternehmen aus unterschiedlichen Perspektiven kennen und sammeln Berufserfahrung an verschiedenen Standorten weltweit.

Sie haben Ihr Studium der **Wirtschaftswissenschaften**, des (**Wirtschafts-)**Ingenieurwesens, der **Informatik** oder der **Naturwissenschaften** mit einem sehr guten Examen abgeschlossen oder werden es in naher Zukunft abschließen. Genau so wichtig sind uns soziale Kompetenz und Flexibilität. Die Zusammenarbeit mit Kollegen anderer Kulturen inspiriert Sie zu gemeinsamen Höchstleistungen.

Zeigen Sie, was in Ihnen steckt! Wir freuen uns darauf, Sie kennen zu lernen. Bitte senden Sie Ihre Bewerbung online unter [www.bosch.de/jobs](http://www.bosch.de/jobs) oder per Post unter Angabe der Kennziffer 57 057 175 an:

**Robert Bosch GmbH, Personalabteilung Feuerbach,**  
z. H. Frau Astrid Volkmann-Trost, Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart

**Bosch hat die Lösung**



**BOSCH**

# Motorgetriebenes Freizeit-Mobil für Straße, Schnee und Wasser

von Prof. Dr.-Ing. Peter Kuchar



**Prof. Dr.-Ing. Peter Kuchar**

vertritt die Fachgebiete Technische Mechanik und Konstruktionslehre.

Die angewandte Forschung an Fachhochschulen kann, wie an dem vorliegenden Beispiel gezeigt werden soll, der Ausbildung der Studenten dienen. Die angehenden Konstruktions-Ingenieure sollen lernen eine Aufgabe zu bewältigen, für die Informationen weder aus Büchern noch aus dem Internet in ausreichender Fülle beschafft werden können. So werden sie gezwungen selber kreativ zu denken. Der Konstruktionsprozess alleine jedoch würde den Aufwand nicht rechtfertigen, die Studenten sollen auch die Fertigung, der von ihnen konstruierten Baugruppen, in der Werkstatt verfolgen und so bis hin zur Prototypenfertigung mit in den Ablauf des Forschungsvorhabens eingebunden werden. Letztlich war es noch unser Ziel, die Partnerhochschule Universität TRANSILVANIA aus Kronstadt in Rumänien, in das Vorhaben mit einzubeziehen. Von hier haben in dem

o.g. Forschungsvorhaben nacheinander die Assistenten Dipl.-Ing. Razvan Anca und Dipl.-Ing. Catalin Scafaru an dem Vorhaben aktiv mitgearbeitet und auch bei der Betreuung der Studenten einen wertvollen Beitrag geleistet. Um den Umgang mit glasfaserverstärktem Kunststoff ebenfalls zu vermitteln konnten wir für unser Vorhaben, den langjährigen Mitarbeiter des Werkstofflaboratoriums und heutigen Pensionisten, Siegfried Strobel gewinnen. An dieser Stelle möchte ich auch der Werkstatt der Fachhochschule Konstanz und ihren Mitarbeitern mein Lob aussprechen. Mit Fleiß und gründlichem Fachwissen ist ihr Anteil an allen Stellen des Fahrzeugs sichtbar.

Zur Aufgabe selber ist in einem Satz alles erklärt: es soll ein Fahrzeug, wie es unter der Bezeichnung TRIKE bekannt ist, um zwei Umbausätze so erweitert werden, dass dieses sowohl als Straßenfahrzeug als auch als Snowmobile und Boot verwendet werden kann. Dabei muss der Umbau binnen vier Stunden von zwei Leuten durchgeführt werden können und das Straßenfahrzeug soll einen Anhänger mit den jeweiligen Umbausätzen transportieren können. In Abbildung 1 ist die Straßenversion des Fahrzeuges zu sehen.

Die Begeisterung mit welcher die Studenten, nicht selten auch an Wochenenden, an dem Vorhaben mitgearbeitet haben stimmen uns zuversichtlich und lassen uns hoffen, dass Forschung auch an Fachhochschulen, selbst bei eingeschränkten Mitteln, sinnvoll ist. <



Abb. 1: Straßenversion im Fahrzeuglaboratorium in der Aufbauphase



Abb. 2: Wassersportversion bei der ersten Probefahrt



Abb. 3: Wintersportversion bei Testfahrten im Wald am Arlberg



**STUDENTEN  
ABSOLVENTEN (M/W)  
DER INGENIEURS- &  
WIRTSCHAFTSWISSEN-  
SCHAFTEN**

Weltweit gehören wir zu den führenden Unternehmen der aluminiumverarbeitenden Industrie. Wir genießen einen hervorragenden Ruf für innovative, technisch hochwertige Erzeugnisse. Fundament für diesen Erfolg sind unsere qualifizierten Mitarbeiter mit Leistungsbereitschaft, Motivation und Teamgeist.

Studenten und Absolventen der Ingenieurs- & Wirtschaftswissenschaften (m/w) bieten wir Praktika, herausfordernde Diplomarbeitsthemen oder den direkten Einstieg in die Berufspraxis als Mitarbeiter der Alcan Singen GmbH.

Gemeinsam zum Erfolg!

**ALCAN SINGEN GmbH**  
Christine Dummel, Personalentwicklung  
Alusingen-Platz 1, D-78224 Singen  
Tel. 0 7731/80-32 60, Fax 0 7731/80-65 85  
christine.dummel@alcan.com  
www.alcan-singen.com



**Alcan Singen GmbH**

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



**Rohwedder AG**  
Systemlösungen für die Montagetechnik



**Ideen. Konzepte. Resultate.**

Die Rohwedder Gruppe zählt mit weltweit über 800 Mitarbeitern zu den technologisch führenden Anbietern auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik. Die Rohwedder AG ist Stammsitz der Rohwedder Gruppe und befasst sich mit der Konzeption und Herstellung von teil- und vollautomatischen Montagelinien für nahezu alle Branchen der Industrie.

**Rohwedder AG**  
Kesselbachstraße 1  
D-88697 Bermatingen  
Tel.: +49 (0) 75 44 / 502-100  
Fax: +49 (0) 75 44 / 502-170  
Mail: [info@rohwedder.de](mailto:info@rohwedder.de)  
[www.rohwedder.de](http://www.rohwedder.de)

# Technik

## Biodiesel und Sportschifffahrt in der Euregio Bodensee

von Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner



### Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner

ist Leiter des Studiengangs Maschinenbau - Konstruktion und Entwicklung. Er lehrt die Fachgebiete "Verbrennungsmotoren" und "Mathematik". Zu seinen Forschungsschwerpunkten gehört der umweltfreundliche Einsatz von Verbrennungsmotoren auf dem Bodensee.  
Fon: +49 [0]7531 206-307  
Fax: +49 [0]7531 206-305  
E-Mail: schreiner@fh-konstanz.de  
<http://www.invo.fh-konstanz.de/biodiesel>

### 1. Einleitung

Die Verwendung von Biodiesel [Rapsmethylester, RME] in Dieselmotoren ist allgemein anerkannt und Stand der Technik. Die wesentlichen Vorteile sind:

- Biodiesel wird aus Rapsöl hergestellt und ist deswegen ein nachwachsender Energieträger.
- Er stammt aus heimischer Produktion, ist ungiftig und weitgehend CO<sub>2</sub>-neutral.
- Die Ökobilanz von Biodiesel ist ausgesprochen positiv und besser als die von naturbelassenem Pflanzenöl.
- Seine Schadstoffemissionen sind genauso gut oder besser [Ruß, Kohlenmonoxid CO, unverbrannte Kohlenwasserstoffe HC] als die von Dieselmotoren bzw. nur geringfügig schlechter [Stickoxide NOx]. Andererseits ist Biodiesel nicht in beliebiger Menge verfügbar. Deswegen sollte er besonders dort eingesetzt werden, wo seine spezifischen Vorteile optimal genutzt werden können.

Ein wesentlicher Vorteil von Biodiesel ist seine biologische Abbaubarkeit [Wassergefährdungsklasse 1]. Hinzu kommen die relativ geringen Umrüstkosten. Dadurch ist Biodiesel prädestiniert als idealer Kraftstoff für Binnengewässer und insbesondere für Sportboote, die nur relativ wenige Betriebsstunden im Jahr eingesetzt werden. Eine Umrüstung von Sportbooten auf den Betrieb mit Pflanzenöl lohnt sich im Allgemeinen finanziell nicht. Die Kosten für die Umrüstung dieser relativ kleinen Motoren auf den Betrieb mit Pflanzenöl wären im Vergleich zu den jährlichen Kraftstoffkosten unverhältnismäßig hoch.

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit Erfahrungen, die in den letzten Jahren beim Biodiesel-Einsatz in Sportbooten auf dem Bodensee gemacht wurden. Der Bodensee ist ein Trinkwasserreservoir für viele Millionen Menschen in Süddeutschland. Wenn es gelingen würde, einen großen Teil der Boote auf dem See mit Biodiesel zu betreiben, wäre ein wesentlicher Beitrag für den Umweltschutz in dieser Region geleistet.

2. Details zum Einsatz von Biodiesel in Sportbooten

### 2. Details zum Einsatz von Biodiesel in Sportbooten

Während die Verwendung von Biodiesel in Kraftfahrzeugen erprobt und bewährt ist, ist dies bei Sportbooten noch nicht der Fall. Das hängt mit der typischen Betriebsweise von Sportbooten zusammen: Sportboote werden nur wenige Stunden pro Jahr betrieben [ca. 30 Stunden]. Das bedeutet, dass der Kraftstofftank eventuell nur einmal pro Jahr oder noch seltener befüllt wird und damit die Lebensdauer des Biodiesels eine Rolle spielt. Zum anderen werden Sportboote in

einer feuchten Umgebung betrieben. Deswegen darf die hygroskopische Eigenschaft von Biodiesel nicht vernachlässigt werden. Das betrifft sowohl den Eintrag von Luftfeuchtigkeit durch defekte Tankdeckeldichtungen als auch über die Tankentlüftung. Sportboote werden üblicherweise im Winter aus dem Wasser genommen und eingelagert. Durch Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht und auch während des gesamten Winterhalbjahres kommt es zu einem ständigen Luftaustausch zwischen dem Luftpolster über den Kraftstoff im Tank und der Umgebungsluft. Dadurch gelangt ständig neue, feuchte Luft in den Tank. Auf diese Weise kann sich der Wassergehalt im Biodiesel insbesondere während der Winterlagerung ständig erhöhen. Weiterhin werden Sportboote häufig im Teillastgebiet betrieben, wodurch die Gefahr einer Schmierölverdünnung besonders groß ist. Vor allem die [Hilfs-]Motoren von Segelyachten werden zuweilen nicht einmal betriebswarm.

Hinzu kommen die Lösungsmittelleigenschaften von Biodiesel. Im Gegensatz zu Fahrzeuglackierungen sind die lackierten Oberflächen von Booten nicht unbedingt biodieselbeständig. Deswegen muss eventuell verschütteter Kraftstoff sofort weggewischt werden.

Viele Sportboote werden mit Kanistern betankt. Der Bootsbesitzer muss deswegen darauf achten, dass er den Kraftstoff in Reservekanistern an Bord bringt, die eine biodieselbeständige Innenoberfläche aufweisen.

### 3. Das Biodieselprojekt

Wegen der oben genannten möglichen Probleme beim Einsatz von Biodiesel in Sportbooten wurde vor drei Jahren ein entsprechendes Projekt in die Wege geleitet. Es handelt sich dabei

um das Projekt "Biodiesel und Sport-schifffahrt in der Euregio Bodensee", das von verschiedenen Organisationen unterstützt wird. Es sind dies die Arbeitsgemeinschaft Freizeit und Natur Bodensee e.V. [Arge Fun], der Bodensee-Segler-Verband [BSVb], der Internationale Motorboot-Verband [IBMV] und die Fachhochschule Konstanz. Finanziell wird das Projekt von der UFOP unterstützt. Initiiert wurde das Projekt von Hans Plaettner-Hochwarth, der schon seit vielen Jahren sein Sportboot mit Biodiesel betreibt und der mit viel Enthusiasmus das Projekt in die Wege geleitet hat.

Das Biodiesel-Projekt am Bodensee sieht sich als Pilotprojekt, dessen Ergebnisse für alle Binnengewässer Gültigkeit haben. Zum Ende des Projekts wird neben einem Abschlussbericht /1/ eine leichtverständliche Anleitung herausgegeben /2/, die den Bootsbesitzern und den Bootswerkstätten bei der Umrüstung auf Biodiesel hilft und auf eventuelle Schwierigkeiten hinweist.

#### 4. Erfahrungen und Ergebnisse

##### 4.1 Kontakt zu den Motorenherstellern

Die Umrüstung von Bootsmotoren für RME könnte eigentlich Stand der Technik sein. So geben beispielsweise Volkswagen und Audi ihre Pkw-Dieselmotoren schon seit mehreren Jahren generell für den Betrieb mit Biodiesel frei. Die Hersteller von Bootsmotoren haben aber im Allgemeinen kein großes Interesse daran, für den relativ begrenzten Markt am Bodensee eigene und kostspielige Entwicklungsarbeiten durchzuführen. Deswegen gibt es nur wenige Motorhersteller, die aktiv die Umrüstung ihrer Motoren auf RME betreiben.

Auf der anderen Seite wird das Biodiesel-Projekt von vielen Motorherstellern aufmerksam beobachtet. Einige Hersteller wie zum Beispiel Volvo Penta und Marx, der Importeur von Yanmar-Motoren, unterstützen das Projekt, indem sie so genannte Patenschaften übernommen haben. Durch diese Patenschaften sollen Schäden, die auf den Betrieb mit RME zurückzuführen

sind, auf dem Wege der Kulanz schnell und unbürokratisch behoben werden. Im Rahmen des Biodiesel-Projektes ist es gelungen, die Unterstützung von vielen Motorenherstellern zu erhalten. Die Namen der Firmen sind in der Umrüstanleitung /2/ aufgeführt.

##### 4.2 Projektteilnehmer

Um Projektteilnehmer mit etwas Pioniergeist zu finden, wurden in vielen Yachtclubs am Bodensee und deren Verbänden Informations- und Vortragsveranstaltungen durchgeführt. In den Bootszeitungen wurde hierüber berichtet. Die Teilnehmerzahl wurde auf 24 beschränkt, um die umfangreiche Betreuung sicherzustellen. Aus den nachfolgend beschriebenen Gründen der Treibstoffversorgung sind nur drei Motorboote in der Versuchsflotte. Dies ist für die Ergebnisse jedoch nicht negativ, da sich besonders bei den Segelbooten Forschungsbedarf herausstellte.

##### 4.3 Kraftstoffversorgung

Zu Beginn des Projekts gab es die typische Situation: See-Tankstellen waren nicht bereit, Biodiesel anzubieten, weil es anscheinend keinen Bedarf auf dem Bodensee gab. Die Bootsbesitzer hingegen wollten ihre Boote nicht auf Biodiesel umrüsten, weil es keine Tankstellen gab. Hier setzte das Biodiesel-Projekt einen Anfang, indem an einigen Stellen am Bodensee Kanisterdepots mit Biodiesel eingerichtet wurden. Zumindest die Besitzer von Segelbooten, die üblicherweise kleine Tanks haben, konnten hier ihren Bedarf decken. Auch einige Motorboote wurden, wenngleich umständlich, mit Kanistern betankt. In der Saison 2001 ist es dann gelungen, den Besitzer der Seetankstelle im Wassersportzentrum Kressbronn davon zu überzeugen, Biodiesel in sein Programm aufzunehmen. Besonders an diesem Ort ist die Seetankstelle für RME von großer Bedeutung, da hier über 2000 Boote ihren Liegeplatz haben und dadurch ein großes Potential an Interessenten erwartet werden kann. So können mittlerweile auch größere Motorboote problemlos mit Biodiesel versorgt werden.

##### 4.4 Umrüstung der Boote

Die Boote wurden gemäß Abschnitt 2 der Umrüstanleitung /2/ von den Bootsbesitzern umgerüstet. Die notwendigen Materialien [Schläuche und Dichtungen] wurden vom Projekt zur Verfügung gestellt.

##### 4.5 Fahrtenbücher

Alle Projektteilnehmer erhielten Fahrtenbücher, in denen sie die Fahrzeiten sowie besondere Vorkommnisse oder Beobachtungen notierten. Mit Hilfe dieser Eintragungen wurden die Abbildungen 1 und 2 erstellt.

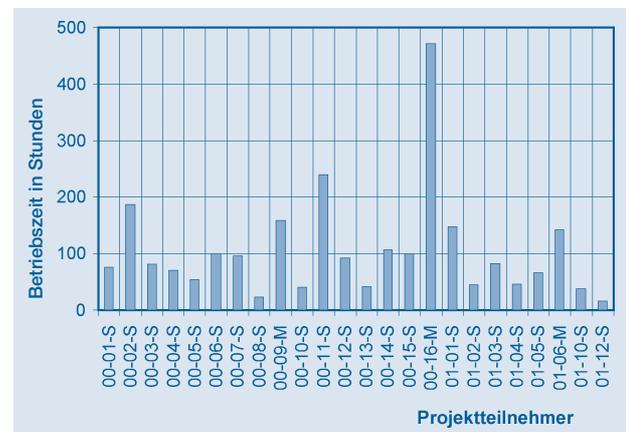


Abb. 1: Betriebszeiten der einzelnen Motoren mit Biodiesel im Projektzeitraum 2000 - 2002  
[Die Buchstaben S bzw. M in der Teilnehmernummer bedeuten Segelboot bzw. Motorboot]

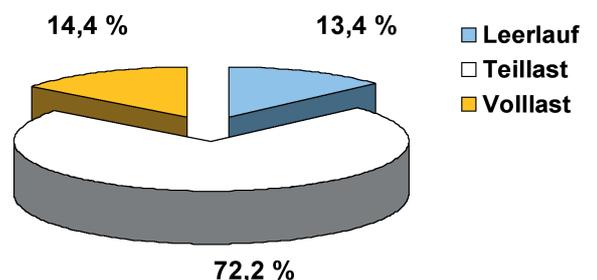


Abb. 2: Über alle Projektteilnehmer gemittelt Lastprofil

##### 4.6 Ölanalysen

Bei allen Booten wurden mindestens einmal pro Jahr am Ende der Saison [vor dem jährlichen Ölwechsel] Ölproben gezogen und in einem Öllabor hinsichtlich 29 Eigenschaften analysiert. Es zeigte sich, dass bei fast allen Booten die meisten Kennwerte unbedenklich waren. Auffällig waren bei

einigen Booten lediglich die in Tabelle 1 dargestellten Größen. Um einheitliche und übersichtliche Diagramme für alle Projektteilnehmer erstellen zu können, wurden die Ölanalysenwerte mit den in der Tabelle 1 angegebenen Normierungswerten normiert. Die Normierungswerte wurden in Absprache mit dem Ölanalyselabor festgelegt. Werte über 100% bedeuten dann aber nicht, dass ein Schaden vorliegt oder dass das Öl ausgewechselt werden müsste. Werte über 100% bedeuten vielmehr, dass man die Werte genauer anschauen und über längere Zeit beobachten sollte.

Interessant ist, dass bei einigen Booten ein erhöhter Wert an Silizium und damit Staub im Motorenöl festgestellt wurde. Sportboote werden im Gegensatz zu Straßenfahrzeugen in einer sauberen Umgebung eingesetzt. Deswegen ist eine Verschmutzung des Öls durch Staub kaum zu erklären. Eine mögliche Ursache könnten Reparaturarbeiten an Bord des Bootes sein. Bei

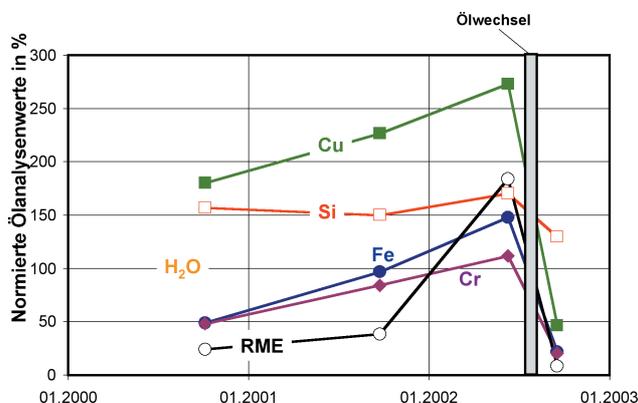


Abb. 3: Ölanalyse des Bootes 00-07-S

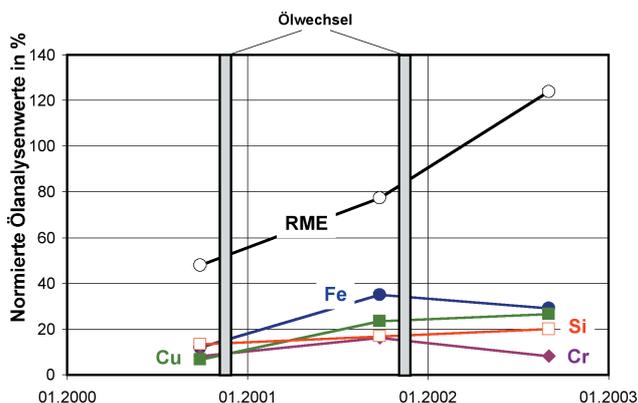


Abb. 4: Ölanalyse des Bootes 00-04-S

Kenngröße	Nominierungswert	Mögliche Ursachen
Eisen (Fe)	100	Lagerverschleiß
Aluminium (Al)	30	Kolben- oder Zylinderverschleiß
Chrom (Cr)	25	Kolbenring- oder Nockenwellenverschleiß
Kupfer (Cu)	30	Lagerverschleiß
Blei (Pb)	45	Gleitlagerverschleiß
Silizium, Staub (Si)	30	Verschmutzung
Kraftstoff (RME)	5%	Schmierölverdünnung durch Biodiesel
Wasser (H <sub>2</sub> O)	0,2	kann zu Korrosion oder Kavitation führen
Ruß	1,5	Öl zu alt, Probleme mit dem Einspritzsystem

Tabelle 1: Auffällige Parameter der Ölanalysen und ihre möglichen Ursachen

Bohrarbeiten am Rumpf des Bootes, der häufig aus glasfaserverstärktem Kunststoff hergestellt ist, fallen große Mengen an siliziumhaltigem Staub an, die den Motor schädigen können. Bootsbesitzer müssen peinlich genau darauf achten, ihren Motor bei Rumpfarbeiten staubdicht zu verschließen und nach Abschluss der Arbeiten den Motorraum gründlich zu reinigen. Die folgenden Abbildungen zeigen typische Trendbeobachtungen bei den Ölanalysen. Dargestellt sind jeweils Ergebnisse der Ölanalysen in normierter Form über der Zeitachse.

Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse eines Bootes, bei dem längere Zeit kein Ölwechsel stattfand. Man kann gut erkennen, wie die Werte im Laufe der Zeit ansteigen. Nach dem Ölwechsel sind die Ergebnisse deutlich besser. Die durchweg hohen Siliziumwerte deuten auf Verschmutzung durch GFK-Staub hin.

Abbildung 4 zeigt einen Motor, bei dem trotz regelmäßigem Ölwechsel die Kraftstoffkonzentration im Motorenöl mit der Zeit ansteigt. Hier muss in der Saison 2003 genau beobachtet werden, ob die Werte auf einen Verschleiß der Kolbenringe hinweisen.

Abbildung 5 zeigt einen ähnlichen Fall von einem Boot, bei dem die Eisenkonzentration im Öl mit den Jahren deutlich zunimmt.

Abbildung 6 zeigt einen Motor, bei dem der Wassergehalt im Öl gegen Ende der Saison 2002 stark ansteigt. Die Rücksprache mit dem Bootsbesit-

zer hat ergeben, dass er bei der Probennahme ein Gefäß verwendet hat, das nicht ganz trocken war. Die Zunahme an Wasser ist also durch einen Fehler bei der Probennahme bedingt. Die erste Ölanalyse im Frühjahr 2001 zeigt übrigens die Werte vor der Umrüstung des Motors auf Biodiesel. Im Betrieb mit fossilem Diesel waren die Ölwerte nicht wesentlich anders als nach der Umrüstung auf Biodiesel. Abbildung 7 zeigt einen interessanten Fall. Trotz regelmäßiger Ölwechsel war die Ölqualität längere Zeit recht schlecht. Seit dem Sommer 2001 sind die Werte deutlich besser. Dieses Boot war vor einigen Jahren in einem Sturm gekentert und gesunken. Obwohl der Motor mehrmals mit Öl gespült worden war, sind wohl noch Schadensreste im Motor verblieben. Im Sommer 2001 wurde der Motor erneut mehrmals mit Öl gespült. Seitdem sind die Ölwerte in Ordnung.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass die Ergebnisse der Ölanalysen sehr sorgfältig und von Fall zu Fall untersucht werden müssen. Im Zweifelsfall müssen Rücksprachen mit den Bootsbetreibern vorgenommen werden. Außer einer erhöhten Konzentration von Kraftstoff im Öl können aber keine typischen Änderungen der Ölqualität durch die Umstellung auf Biodiesel festgestellt werden.

#### 4.7 Kraftstoffanalysen

Die Tatsache, dass RME eine geringere Lagerstabilität als fossilem Diesel

nachgesagt wird, hat das Projekt-Team veranlasst, den RME in den Yachttanks sporadisch auf die für Alterung typischen Parameter untersuchen zu lassen. Bereits im ersten Jahr wurden dabei teilweise unzulässig hohe Wasserwerte festgestellt. Nach Rücksprache mit den Teilnehmern wurden defekte Tankdeckeldichtungen und unbeabsichtigter Wassereintritt beim Betanken als primäre Ursachen festgestellt. Nach Behebung dieser Mängel wurde als weitere "Wasserquelle" teilweise schlechte RME-Qualität von einigen Tankstellen mit bis zu 800 ppm Wasser ausgemacht. Nach massivem Druck vom Projekt-Team sind ab 2003 alle von den Projektteilnehmern benutzten Tankstellen der Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e.V. [AGQM] beigetreten, womit eine gesicherte RME-Qualität zur Verfügung steht. Als weiterer Grund für erhöhte Wasserwerte wird die hohe Luftfeuchtigkeit in der maritimen Umgebung vermutet. Durch die tageszeitbedingten Temperaturschwankungen "atmet" ein nur teilweise befüllter Tank mit Luftfeuchtigkeit gesättigte Luft, über die sich der hygroskopische RME mit Wasser anreichert. Dieser Verdacht wird untersucht, indem zum Ende der Saison und zu Beginn der nächsten Analysen gemacht werden. Je nach Befüllung des Tanks und der Feuchtigkeitsdifferenz zwischen den beiden Analysen können Rückschlüsse gezogen werden, wie sich das "Atmen" des Tanks auf den Wassergehalt des Inhaltes auswirkt. Ab der Saison 2003 werden in die Entlüftungsleitungen einiger Boote Trocknungsvorrichtungen mit Silikagel eingeschaltet.

#### 4.8 Lagerstabilität von RME in geschlossenen Kanistern

Parallel zu den Kraftstoffanalysen in den Yachttanks wurden zwei RME-Proben in geschlossenen Behältern in einer Garage gelagert. Von diesen beiden Behältern wurden monatlich Proben gezogen und analysiert. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der in geschlossenen Behältern gelagerte Biodiesel auch nach zwei Jahren noch verwendet werden kann.

Allerdings muss man beachten, dass diese Lagerungsbedingung nicht für RME in Yachttanks gilt, da bei diesen durch die Entlüftungsleitung ständig Frischluft zugeführt wird. Wenn es aber gelingt, durch die geplanten Trocknungsmittel-Filter in den Entlüftungsleitungen die Zufuhr von Luftfeuchtigkeit zu minimieren, dann sollte auch der Biodiesel in Yachttanks problemlos mehr als ein Jahr lang verwendet werden können.

#### 4.9 Typische Störungen

Während der drei Jahre des Biodieselprojekts sind bei den teilnehmenden Booten einige Störungen aufgetreten. Diese wurden gesammelt und analysiert. Nähere Details sind dem Abschlussbericht /1/ zu entnehmen. Die Erkenntnisse, die im Laufe des Biodieselprojekts gewonnen wurden, sind in die Umrüstanleitung /2/ eingearbeitet worden.

#### 4.10 Rückmeldungen von den Projektteilnehmern

Ein weiterer wichtiger Punkt, der im Biodiesel-Projekt berücksichtigt wurde, sind die subjektiven Erfahrungen der Projektteilnehmer. Dazu werden am Ende jeder Saison Fragebögen mit insgesamt zwölf Fragen an die Projektteilnehmer ausgegeben und diese gebeten, die Fragen zu beantworten. Die Ergebnisse sind dem Abschlussbericht /1/ zu entnehmen.

#### 4.11 Weitere Aktivitäten

Um in der Bevölkerung eine breite Akzeptanz für das Biodieselprojekt und bei den Wassersportlern die Bereitschaft für eine eventuelle Umrüstung zu erreichen, wurden verschiedene öffentlichkeitswirksame Maßnahmen durchgeführt:

- Präsentation des Biodiesel-Projekts auf der Interboot 2001 in Friedrichshafen
- Durchführung eines Biodiesel-Symposiums auf der Interboot 2001
- Viele kleinere Informationsveranstaltungen bei verschiedenen Wassersportvereinen

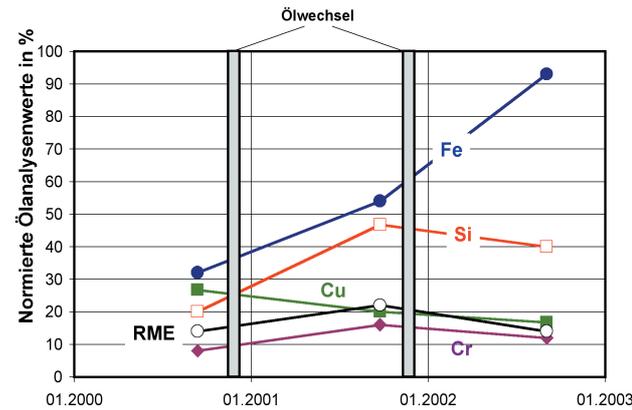


Abb. 5: Ölanalyse des Bootes 00-10-S

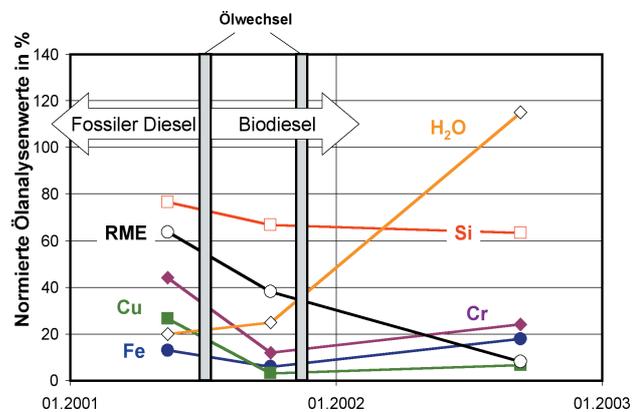


Abb. 6: Ölanalyse des Bootes 01-04-S

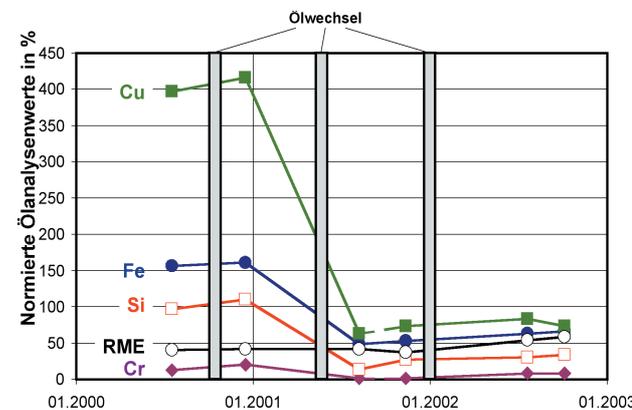


Abb. 7: Ölanalyse des Bootes 00-16-M

## 5. Zusammenfassung und weiteres Vorgehen

Es hat sich im Verlauf der drei Projektjahre gezeigt, dass der Betrieb von maritimen Dieselmotoren mit RME unter Beachtung der besonderen Eigenschaften des alternativen Treibstoffes grundsätzlich möglich ist. Bei Motoren neuerer Baujahre sind damit im Alltagsbetrieb bisher keine Probleme aufgetreten, weil bei diesen bereits moderne Elasto-

mere als Dicht- und Schlauchmaterialien verwendet werden. Bei Motoren älterer Baujahre ist ein eventueller prophylaktischer Austausch der Kraftstoffförderpumpe und der Dichtungen in der Einspritzpumpe empfehlenswert. In der Umrüstanleitung/2/ sind viele Tipps und Empfehlungen rund um den Motorenbetrieb mit RME enthalten.

Die Ergebnisse des Projektes werden von vielen Seiten mit großem Interesse verfolgt. So konnten Service-Betriebe rund um den Bodensee gewonnen werden, die der Biodiesel-Idee sehr aufgeschlossen sind. Nicht umsonst haben namhafte Motorenhersteller Patenschaften übernommen. Diese sind an den Resultaten der Versuchsflotte sehr interessiert, um eventuelle regional begrenzte Freigaben zu erteilen.

Im Wassersportzentrum Kressbronn Meichle + Mohr wurde die erste Seetankstelle für RME am Bodensee eröffnet. Dem Problem der Hygroskopizität von RME soll begegnet werden, indem Trocknungsaggregate in die Entlüftungsleitungen der Tanks geschaltet werden.

Das Projekt soll in nächster Zeit durch Versuche mit Oxidations-Katalysatoren erweitert werden, um die Abgaswerte zu verbessern und um den typischen "Frittengeruch" zu beseitigen.

Während zurzeit die Beteiligung am Projekt noch etwas Pioniergeist erfordert, soll in nicht zu ferner Zukunft RME im maritimen Bereich zur umweltbewussten Selbstverständlichkeit werden.

#### 6. Weiterführende Literatur

/1/ H. Plaettner-Hochwarth, K. Schreiner: Abschlussbericht zum Projekt "Biodiesel und Sportschifffahrt in der Euregio Bodensee". UFOP 2003

/2/ H. Plaettner-Hochwarth, K. Schreiner: Empfehlungen zur Umrüstung von Sportbooten auf den Betrieb mit Biodiesel. UFOP 2003

/3/ K. Schreiner: Einsatz von Biodiesel in Sportbooten auf dem Bodensee. Vortrag auf der Tagung "Biodiesel: Potenziale, Umweltwirkungen, Praxiserfahrungen". FAL Braunschweig 2002

/4/ A. Gloxin, F. Henßler: Biodiesel und Sportschifffahrt in der Euregio Bodensee. Studienarbeit FH Konstanz 2000

/5/ J. Joachim: Auswertung der Betriebserfahrungen in der Saison 2000. Studienarbeit FH Konstanz 2001

/6/ S. Schelling: Auswertung der Betriebserfahrungen in der Saison 2001. Studienarbeit FH Konstanz 2002 <



*Die  
saubere  
Alternative!*

# Biodiesel Flower Power

*Umwelt schonen!  
Gewässer schützen!*



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

**ufop**

Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V.  
Reinhardtstraße 18 • 10117 Berlin

# ETO MAGNETIC – gemeinsam zum Optimum



Als Hersteller von wichtigen Komponenten für die Fahrzeugtechnik, für die Industriehydraulik und Spezialbereiche des Maschinen- und Anlagenbaus nehmen wir Herausforderungen des Marktes täglich auf's Neue an.

## **Fahrzeugtechnik:** **Sicherheit. Komfort. Wirtschaftlichkeit.**

Wenn Sie in einen Bus einsteigen, öffnen Ihnen Bauteile von ETO MAGNETIC die Türen. Und wenn Sie unterwegs sind, schätzen Sie sicher ein von unseren Magneten unterstütztes Bremssystem wie ABS, ASR oder EBS.

Bei vielen Schienenfahrzeugen senken Ihnen Teile von ETO MAGNETIC die Stufen zum bequemen Einstieg ab. Ihr Auto ist möglicherweise auch mit ETO MAGNETIC Komponenten ausgestattet. So könnte es sein, dass das Getriebe bei den Schaltvorgängen von unseren Magneten unterstützt wird. Oder die Nockenwellen verstellen sich, wenn Sie Gas geben, auf Kommando von ETO Magneten. ETO MAGNETIC Teile machen Ihnen über Stoßdämpferregelungen die Fahrt angenehm. Und selbst wenn Sie einmal per Schiff durch die Weltmeere kreuzen, arbeiten vermutlich etliche Bauteile im Maschinenraum, die von ETO MAGNETIC stammen. Fast alles, was auf irgendeine Weise durch Elektromagnete und Ventile bewegt und geschaltet werden kann oder muss, ist für den Einsatz von ETO MAGNETIC Komponenten prädestiniert.

## **Industriehydraulik:** **Flexibel. Sicher. Zuverlässig.**

Industriehydraulik ist das zweite Geschäftsfeld von ETO MAGNETIC. Wir projektieren und fertigen Magnetsysteme mit optimaler Anpassung an die Ventile unserer Kunden. Unser Angebot besteht im Kern aus einer Reihe von Grundmodellen, die durch verschiedene Ausführungen für fast alle Einsatzzwecke adaptierbar sind.

## **Maschinen- und Anlagenbau:** **Starten & Stoppen. Regeln & Schalten.** **Öffnen & Verriegeln.**

Ein weiteres Einsatzgebiet für ETO MAGNETIC Teile ist der spezialisierte Maschinen- und Anlagenbau mit seinen vielseitigen Anforderungen.

**ISO TS 16949**  
**DIN EN ISO 9001: 2000**  
**Unser Qualitätsprinzip: 0-Fehler Strategie.**

ETO MAGNETIC KG  
Hardtring 8  
D-78333 Stockach  
Telefon +49 (0) 7771 809-0  
Fax +49 (0) 7771 809-100  
info@etomagnetic.de  
www.etomagnetic.de

**ETO** MAGNETIC

# Wirtschaft

## Zum hochschulübergreifenden Einsatz von telematisch gesteuerten Experimenten und multimedialen Übungen via Internet

von Prof. Anneliese Fearn



### Prof. Anneliese Fearn

Prof. Anneliese Fearn war von 1972 bis 2000 Professorin für Methodik und Didaktik des Deutschen als Fremd- und Fachsprache an der Fachhochschule Konstanz tätig. Ihre Forschungsgebiete sind Fachsprachendidaktik [insbesondere ingenieurwissenschaftlicher und wirtschaftswissenschaftlicher Fachsprachen] und Lehren und Lernen mit Neuen Medien. Prof. Fearn veröffentlichte zahlreiche Lehrbücher, die weltweiten Einsatz fanden, eine "Didaktik des Fachsprachenunterrichts" und einschlägige Artikel in den führenden Handbüchern und Zeitschriften ihres Fachgebietes. Sie war Mitglied der Auswahlausschüsse des DAAD für Lektorate in Südamerika und Asien und Mitglied des Beirates Sprache von Goethe Institut Inter Nationes. Mehrere Jahre war sie als Gutachterin beim AiF für den Bereich Sprachen in der Fachhochschulforschung tätig.

Prof. Fearn war Leiterin des Fachbereiches Wirtschafts- und Sozialwissenschaften als der Studiengang Betriebswirtschaft gegründet wurde. Von 1992 bis 2000 war Prof. Fearn Prorektorin für Forschung und Entwicklung. In dieser Zeit konzipierte sie den Studiengang "Angewandte Weltwirtschaftssprachen" und leitete die Gründungsphase.

### Ein Erfahrungsbericht

Die folgenden Ausführungen beruhen auf Erkenntnissen, Erfahrungen und Ergebnissen des Projektes "Verbund Virtuelles Labor VVL" [www.vvl.de] und im besonderen der Arbeit des unter meiner Leitung stehenden Teilprojektes "Wissenschaftliche/didaktische Begleitung und Evaluation der Teilprojekte von VVL" [www.vvl.fh-konstanz.de/didaktik/] mit der wissenschaftlichen Mitarbeiterin Ingeborg Baumer. Dieses Programm wurde im Rahmen der "Virtuellen Hochschule Baden-Württemberg" gefördert. Die Aussagen werden ergänzt durch die Ergebnisse von gelenkten Interviews mit den Studierenden und der Auswertung von 143 Feedbackfragebögen, die die Studierenden nach Abschluss der Versuchsauswertung ausfüllten und absandten.

VVL hat in einem Zeitraum von fünf Jahren über sechzig Lehr-/Lernmodule erstellt, erprobt und evaluiert, in deren Mittelpunkt ein telematisch gesteuerter Versuch und/oder multimediale Übungen via Internet stehen. Damit wurde ein einmaliges Angebot zum Einsatz in der Lehre der Hochschulen, aber auch für Institutionen der Weiterbildung geschaffen. Das Angebot umfasst die Fächer Automatisierungstechnik, Regelungstechnik, Robotik, Werkzeugmaschinen, Bildverarbeitung, Informatik und Kommunikationstechnik [vgl. www.vvl.de].

Nach Schwierigkeitsgraden gestuft gibt es Angebote für untere, mittlere und höhere Semester. Nach Funktionen klassifiziert, sind Demonstrationsversuche [Demos] und die eigentlichen Lehr-/Lernmodule als interaktive Selbstlernangebote zu unterscheiden. Während die Demos dem Kennenlernen, der Hinführung zu und der Werbung für die Lehr-/Lernmodule dienen und

von den Studierenden teilweise ohne teilweise mit Betreuung durchgeführt werden können und ca. 10 - 15 Minuten dauern, umfassen die Lehr-/Lernmodule 1,5 bis 3 Stunden und fordern Online Vorbereitung, Versuchsdurchführung, Versuchsauswertung, Präsentation der Ergebnisse und Evaluation. Anzahl und Vielfalt der von VVL geschaffenen Teleexperimente und multimedialen Übungen bieten Kolleginnen und Kollegen, die vergleichbare Übungen via Internet planen, ein breites Spektrum von Realisierungsmöglichkeiten technischer und didaktischer Art zum Vergleich und zur Überprüfung ihrer Eignung zum Transfer bzw. zur Adaption für den jeweiligen Kontext.

Was die Produktion und den Einsatz der Lehr-/Lernmodule betrifft, so ist folgendes festzuhalten: Die Anfänge der Arbeiten von VVL, die Phase des Designs und der Produktion der Lehr-/Lernmodule, waren sowohl von der Vision als auch von Überlegungen zur Realisierung multimedial gestützter Studiengänge geprägt. Im Rahmen einer Virtuellen Hochschule können die Lehr-/Lernmodule die Funktion von Übungen im Präsenzlabor mit den bekannten Einschränkungen teilweise übernehmen. Doch die Entwicklung verlief anders. Sie führte zu multimedial gestützten Studiengängen, in denen die Lehr-/Lernmodule als Komponenten des Blended Learning fungieren, indem sie einen den Lernprozess fördernden Wechsel zwischen Präsenzlehre und internetbasierten Selbstlernphasen erlauben und damit neue Akzente in der Lehre setzen. Denn die von VVL erstellten Teleexperimente und multimedialen Übungen können nicht nur den in der anwendungsbezogenen Lehre unerlässlichen und traditionellen Wechsel zwischen Theorie und Praxis, von Vorlesungen und Laborübungen dienen, sondern

bringen auch einen beachtlichen Zusatznutzen in unterschiedlichen Bereichen ein.

Durch die in das Ausbildungsangebot integrierten Lehr-/Lernmodule werden allgemeine Lernziele wie "Lernen lernen", "Lernweg und Lernerfolg überprüfen", "Ergebnisse reflektieren", "Verantwortung für den eigenen Lernerfolg übernehmen" gefördert, die zur Entwicklung einer Lernerautonomie entscheidend beitragen. Hinzu kommt eine zunehmende Kritikfähigkeit gegenüber diesen fachspezifischen Angeboten des Telelearnings, die sich auf Lehr-/Lernangebote generell überträgt. Die Qualität der Auseinandersetzung der Studierenden mit den Lehr-/Lernmodulen spiegelt sich u.a. in der kritischen Beantwortung geschlossener und offener Fragen in den Feedback-Fragebögen wider. 61% der Befragten beurteilten den Laborversuch als an den eingangs formulierten Lernzielen orientiert; 74% der Teilnehmer bezeichnen die Informationen zur Versuchsdurchführung als ausreichend. Von besonderem Interesse sind in diesem Zusammenhang die individuellen Ausführungen der Studierenden. Da heißt es beispielsweise "zu viele Fenster offen", "Musterlösung zum Vergleich und zur Selbsteinschätzung wäre gut", "Bezeichnung im Diagramm vereinfachen", "Freiheitsgrad der Navigation ok".

Von besonderer Qualität, weil nicht anderweitig erreichbar, ist der fach- und medienspezifische Zusatznutzen, der über den Einsatz der Lehr-/Lernmodule folgendes Ziel von VVL realisieren hilft: "Die Medienkompetenz der Lernenden zur Vorbereitung auf spätere berufliche Tätigkeiten im Rahmen von Teleservice und Telewartung aufzubauen und sicherzustellen."

Vor diesem Hintergrund ist die Ende der 90er Jahre heftig diskutierte Frage "Präsenzlabor oder Telelabor/Virtuelles Labor?" obsolet geworden. In bestimmten Bereichen der Ingenieurwissenschaften und der Informatik ist durch die Nutzung beider Formen eine Optimierung zukünftiger Ausbildung zu gewährleisten.

Da die Lehr-/Lernmodule von VVL unterschiedlichen Niveaustufen zuzuordnen sind, erlauben sie den systematischen Auf- und Ausbau einer allgemeinen und einer fachspezifischen Medienkompetenz. Welch großer Handlungsbedarf in dieser Hinsicht an den Hochschulen besteht, verdeutlicht die folgende Entwicklung: Während 1999 bei der Erprobung der ersten Versuche Probanden aus den 7. und 8. Semestern angaben, dass dies ihr erster Versuch sei, gaben in den Jahren 2001/2002 bereits 50%, darunter auch Studierende eines 2. Semesters, an, dass sie bereits mehrere Versuche via Internet durchgeführt hätten. Hier entstehen an den beteiligten Hochschulen langsam neue Ausbildungsprofile, die gesichert werden sollten. Der bisherige Einsatz der Lehr-/Lernmodule an den Hochschulen des Verbundes des In- und Auslandes hat bewiesen, dass die Lehr-/Lernmodule hochschulübergreifend einsetzbar sind und sich in bestehende Curricula harmonisch integrieren lassen.

Der erfolgreiche Einsatz der Lehr-/Lernmodule hängt von einer transparenten Darstellung ihrer Fachgebiete, ihrer Lernziele und Lernvoraussetzungen ab. Dazu dienen bei VVL detaillierte curriculare Angaben zu jedem Lehr-/Lernmodul, die gemäß Nutzerinteressen und -bedürfnissen unterschiedlich aufbereitet wurden. Man kann über Suchbegriffe einsteigen und sich dann Informationen über die Stellung des Lehr-/Lernmoduls in der Lehre Baden-Württembergs einholen oder sich über Angaben zu Lernzielen, Lerninhalten, Lernvoraussetzungen des Moduls informieren.

Die richtige Auswahl eines Lehr-/Lernmoduls aufgrund der gegebenen curricularen Daten gewährleistet dann eine harmonische Integration in die Lehre und damit eine optimale Nutzung des Blended Learning.

Aus den 143 ausgewerteten Feedbackfragebögen der Studierenden geht hervor, dass für 88% der Befragten die Lehr-/Lernmodule ergänzender Teil einer Lehrveranstaltung und auf die Lehrveranstaltung abgestimmt waren. Die Abstimmung zwischen den Inhal-

ten der Vorlesung und den Anforderungen der Lehr-/Lernmodule beurteilten 59% der Probanden als gut bis sehr gut. 94% bewerteten den Schwierigkeitsgrad als angemessen, lediglich 6% als zu hoch.

Die Integration der Phasen des Telelearning zur Ergänzung der Präsenzlehre wird durch die Tatsache bestätigt, dass 94% der Studierenden die telematisch gesteuerten Versuche und multimedialen Übungen an der Hochschule durchführen. In diesem Zusammenhang ist es nur logisch, dass 68% der befragten Studierenden das persönliche Gespräch mit Professoren, Tutores und Laboringenieuren als die häufigst gewählte Kommunikationsform neben Email, Chat und Foren bezeichnen, obwohl letztere gerne wahrgenommen und positiv beurteilt werden.

Von zentraler Bedeutung für das Qualitätsmerkmal "Integrierbarkeit" in die Lehre unterschiedlicher Hochschulen war und ist die Definition der Lehr-/Lernmodule von VVL. Sie ist das Ergebnis einer langfristigen Entwicklung und wurde erst in der zweiten Hälfte des Projektes endgültig beschlossen, als es – charakteristischer Weise – darum ging, Kombinationen von Lehr-/Lernmodulen wie z.B. das "Grundlagenpraktikum Automatisierungs- und Regelungstechnik" aufzubauen. Einmal formuliert und akzeptiert, entwickelte es sich schnell zu einem Steuerungs- und Evaluationsinstrument für Design und Produktion der Lehr-/Lernmodule. Aufgrund ihrer Bedeutung für den Verbund VVL, aber – wie ein Arbeitstreffen zeigte – auch für andere Verbünde der Virtuellen Hochschule und aufgrund ihres Transfercharakters sei eine ausführliche Wiedergabe erlaubt.

- Ein Lehr-/Lernmodul ist eine in sich geschlossene funktionale Einheit innerhalb eines Themenkomplexes mit einem telematisch gesteuerten Laborversuch/einer Übung als zentraler Komponente.
- Das Lehr-/Lernmodul ist einheitlich strukturiert durch einen vierphasigen Ablauf, entsprechende Begrifflichkeit und mediendidaktische Gestaltung.
- Das Lehr-/Lernmodul kann durch sei-

nen Modulcharakter in Curricula der Aus- und Fortbildung integriert werden.

- Für jedes Lehr-/Lernmodul sind das erforderliche Vorwissen und die angestrebten Lernziele durch curriculare Angaben dokumentiert.
- Die Zeitdauer für die Bearbeitung eines Lehr-/Lernmoduls beträgt 1,5 bis 3 Stunden.

Für künftige Autoren kann diese Definition Anregungen bieten, Lehrenden gewährt sie eine gewisse Planungssicherheit und die Möglichkeit von Kombinationen gemäß Bedarf. Den Studierenden, die in der Regel mehrere Lehr-/Lernmodule bearbeiten, erleichtert sie durch die Vorgabe einer transparenten Grobstruktur und eines vergleichbaren Ablaufs die Orientierung, eine schnelle Einarbeitung und die Konzentration auf die jeweilige fachspezifische Aufgabe.

Und wie nehmen nun die Studierenden das Zusatzangebot an? Man hat den Eindruck normal und selbstverständlich. Betrachtet man sich bei-

spielsweise das Lernumfeld, in dessen Rahmen die Studierenden die empfohlenen Lehr-/Lernmodule bearbeiten, so lässt sich doch Erstaunliches beobachten. So z.B., dass das fachspezifische Telelearningangebot von VVL von 94% der Studierenden in der Hochschule absolviert wird; dass die häufigst genutzte Kommunikationsmöglichkeit das persönliche Gespräch ist; dass man, wie auch sonst, allein, zu zweit oder in Gruppen arbeitet [Die Auswertung der Fragebögen ergibt eine paritätische Verteilung innerhalb der drei Sozialformen].

Wichtig für den Lernprozess und die Annahme der Selbstlernangebote, in deren Mittelpunkt ein telematisch gesteuerter Versuch steht, ist darüber hinaus die mit der Anwesenheit in der Präsenzhochschule i.d.R. gegebene Nähe zum realen Labor und damit eine mehr oder weniger starke Verbundenheit mit einer Laborkultur. Man hat von dem Wert der Geräte und Anlagen zumindest gehört und Sicherheitsbe-

stimmungen gelesen. Der im Rahmen der Versuchsdurchführung notwendige Zugriff auf ein reales Labor via Internet wird deshalb vor allem als technisch spektakulär empfunden.

Und so formuliert es ein amerikanischer Student im Jahre 2001: "It's a cool concept of being able to remotely operate a robot and experiment with it!". "Cool" sind auch die Statements, die emotionale Eindrücke betreffen. 55% der Teilnehmer stellen fest, dass ihr Interesse an telematisch gesteuerten Versuchen via Internet geweckt wurde und 59% führen aus, dass ihre Erwartungen erfüllt wurden. Schließlich fanden 83%, dass ihnen der Versuch gefallen hat!

Hoffen wir, dass dieses Angebot erhalten bleibt und unseren Hochschulen zunehmend ein spezielles Profil verleiht. <




## Es ist gut, erfolgreich neue **Wege** zu gehen.

Wir sind bundesweit eines der führenden Ingenieurunternehmen – in den Bereichen Entwicklung, Konstruktion und Projektierung. Mit mehr als 1.100 Mitarbeitern, über 30 Standorten und modernstem Equipment entwickeln wir Lösungen auf den Punkt – in den unterschiedlichsten Branchen. Dabei setzen wir auf den Teamgeist und die Begeisterung unserer engineering people.

euro engineering AG  
Allmannsweiler Straße 132 Zeppelin-Halle  
88048 Friedrichshafen Tel. +49 (0)7541 39 90 66 - 0 Fax - 25  
Kontakt: holger.schnuerle@euro-engineering.de  
www.euro-engineering.de

the engineering people

# Zur Wirkung korporativer Werteprogramme- Empirische Ergebnisse einer Längsstudie

von Prof. Dr. habil. Josef Wieland und Dipl.-Betriebswirt [FH] Michael Fürst

## 1. Das "EthikManagementSystem" [EMB] des Bayerischen Bauindustrieverbandes im Kontext moralökonomischer Risiken.

Im Jahre 1996 haben auf Initiative des Bayerischen Bauindustrieverbandes Unternehmen der Bauwirtschaft damit begonnen, ein branchenspezifisches EthikManagementSystem [2] zu erarbeiten und zu implementieren. Von Beginn an bis heute nahm das Konstanz Institut für WerteManagement [KleM] – ein Forschungsinstitut der Fachhochschule Konstanz – eine führende Rolle beim Aufbau, der Begleitung und der Weiterentwicklung dieses EthikManagementSystems ein. Auslöser und aktueller Treiber der Initiative "EMB" war und ist die Intention, in den Unternehmen die Risiken aus Gesetzesverstößen und reputationschädigenden Praktiken bei der Auftragsvergabe und -abwicklung zu reduzieren. Trotz der starken wirtschaftlichen Probleme aufgrund der rezessiven Entwicklungen in der Baubranche sind die Mitgliedszahlen des 1997 gegründeten Vereins "Ethikmanagement der Bauwirtschaft e.V." [EMB] auf einem annähernd konstanten Niveau verblieben. Nicht zuletzt in Folge der in den Jahren 2001 und 2002 verstärkt aufgeflammtten gesellschaftlichen Debatte über illegale Praktiken in den verschiedensten Wirtschaftsbranchen hat diese Initiative der Bayerischen Bauindustrie nochmals in stärkerem Maße Beachtung in Politik, Gesellschaft und Wirtschaft erfahren. Das EMB beabsichtigt in innovativer Weise, durch die Etablierung und Operationalisierung präventiv wirkender, wertbezogener Selbststeuerungsmechanismen die Realisierung der aus illegalen und moralisch unerwünschten Praktiken resultierenden Risiken zu verhindern. Und zwar ergänzend zur legalrechtlichen Strafverfolgung in Folge wirtschaftskrimineller Handlungen

in den Unternehmen [Compliance]. Vor diesem Hintergrund stellen die hierzu in den Unternehmen institutionalisierten Wertemanagementsysteme [korporativen Werteprogramme] einen wesentlichen Bestandteil von vollständigen, präventiv wirkenden Risikomanagementsystemen dar.

## 2. Untersuchungsmethode und Vorgehensweise

Im folgenden Abschnitt wollen wir die Ergebnisse einer empirischen Längsstudie vorstellen und erörtern. Darin spiegeln sich die Erfahrungen der Unternehmen des EMB wider, die sich ein korporatives Werteprogramm gegeben haben. Inhalt und Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Längsstudie ist zum einen die Darstellung der Ergebnisse einer Untersuchung, die im Zeitraum von 12 Monaten [zwischen 07/2001 und 07/2002] bei Mitgliedsunternehmen des EMB erfolgte [nachfolgend Studie 01 genannt]. Diese Unternehmen arbeiten seit ca. 6 Jahren mit einem Werteprogramm und haben sich in dem vorgenannten Zeitraum einem zweiten Zertifizierungsverfahren unterzogen. Zum anderen werden diese Ergebnisse an den Daten einer Untersuchung gespiegelt, die bei denselben Unternehmen im Zeitraum von 06/1998 bis 03/1999 durchgeführt wurde [nachfolgend Studie 00 genannt] [3]. Wir verfolgen mit diesem Vergleich das Ziel der Dokumentation und Erörterung der Wahrnehmung von korporativen Werteprogrammen bei den befragten Unternehmen, um daraus Aussagen über die Ursachen moralökonomischer Risiken sowie die Wirkungen und Risikosteuerungspotentiale von Werteprogrammen gewinnen zu können. Im Anschluss daran lassen sich Handlungsanleitungen und Empfehlungen für die zukünftige Gestaltung von Werteprogrammen ableiten.



### Prof. Dr. habil. Josef Wieland

Nach dem Studium der Ökonomie und Philosophie an der Universität-GHS Wuppertal Abschluss zum Dipl.-Ök. 1985; Promotion zum Dr. rer. oec. 1988. Habilitation im Fach

Volkswirtschaftslehre 1995 an der Privatuniversität Witten/Herdecke.

Seit 1995 Professor für Allgemeine BWL mit Schwerpunkt Wirtschafts- und Unternehmensethik an der Fachhochschule Konstanz. Direktor des Konstanz Institut für WerteManagement [KleM] sowie Wissenschaftlicher Direktor des Zentrum für Wirtschaftsethik gGmbH [ZfW]. Zahlreiche Publikationen.

Arbeitsschwerpunkte: Wirtschafts- und Unternehmensethik, Neue Institutionen- und Organisationsökonomik, Empirische Gerechtigkeitsforschung, Ökonomische Theoriegeschichte.



### Dipl.-Betriebswirt [FH] Michael Fürst

Studium der Betriebswirtschaftslehre mit dem Schwerpunkt Management und Controlling an der Fachhochschule Konstanz. Doktorand am Lehrstuhl für Unternehmensführung von

Prof. Dr. Reinhard Pfiem, Universität Oldenburg.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Konstanz Institut für WerteManagement - KleM der Fachhochschule Konstanz im Rahmen eines Forschungsprojekts zum Thema Risikomanagement. Forschungsschwerpunkte: Wirtschafts- und Unternehmensethik, Governanceethik, Neue Institutionen- und Organisationsökonomik, Systemtheorie, Risikomanagementsysteme.

Die Studie 00 bezieht sich auf ein Sample von 10 Unternehmen, in denen insgesamt 97 Mitarbeiter und 20 für das betriebliche Werteprogramm Verantwortliche [sog. Ethikverantwortliche] [4] befragt wurden. Die Studie 01 basiert auf einem Sample von 9 Unternehmen [5], in denen 77 Mitarbeiter und 20 Ethikverantwortliche in die Befragung einbezogen wurden [6].

Sample/Studie	00	01
Anzahl Unternehmen	10	9
Anzahl befragte Ethikverantwortliche	20	20
Anzahl befragte Mitarbeiter	97	77
<i>Summe: Anzahl befragte Personen</i>	<i>117</i>	<i>97</i>
Arithm. Mittel Dauer Betriebszugehörigkeit Mitarbeiter	-	9,25 Jahre
Arithm. Mittel Dauer Betriebszugehörigkeit Ethikverantw.	-	17,66 Jahre
Befragte Mitarbeiter/-innen	-	80/17

Abb. 1: Statistische Zusammenfassung

Der Aufbau dieses Untersuchungsberichts folgt in den folgenden Kapiteln der getrennt durchgeführten Befragung von Mitarbeitern [Kap. 3.1] und Ethikverantwortlichen [Kap. 3.2], fährt fort mit der Darstellung einer in Studie 01 neu hinzugekommenen Frage [Kap. 3.3] und schließt mit einer zusammenfassenden Bewertung der Ergebnisse [Kap. 4].

### 3. Ergebnisse der Studie

#### 3.1 Befragung der Mitarbeiter

Die erste Frage versuchte offenzulegen, wie die Mitarbeiter die Existenz der Werteprogramme bewerten. Wie Abbildung 2 zeigt, betrachten auch fünf Jahre nach seiner Einführung insgesamt 88 Prozent der befragten Mitarbeiter die Existenz eines korporativen Werteprogramms als positiv. In Summe ist im Vergleich zur Studie 00 hinsichtlich der positiven Einschätzung mit einer Verbesserung um 4 Prozentpunkte nochmals eine Steigerung festzustellen. Bei einem genaueren Blick auf die einzelnen Ergebnisse ist zu konstatieren, dass sich die sehr positive Einschätzung um nur zwei Prozentpunkte verringert und somit auf einem annähernd konstanten Niveau verharrt und bei der positiven Einschätzung sogar ein Zuwachs um 6 Prozentpunkte zu verzeichnen ist. Die nächste in Abbildung 3 dokumentierte Frage beschäftigt sich mit der Einschätzung der Mitarbeiter bezüglich

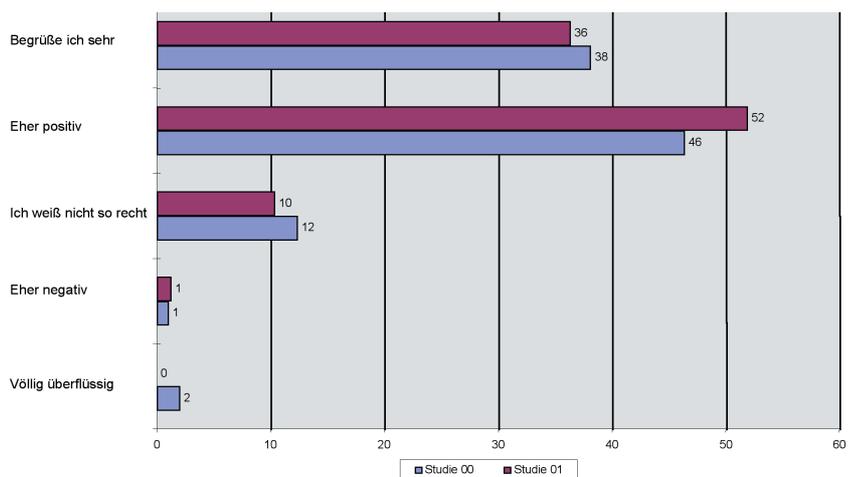


Abb. 2: Bewertung der Existenz der Werteprogramme durch die Mitarbeiter

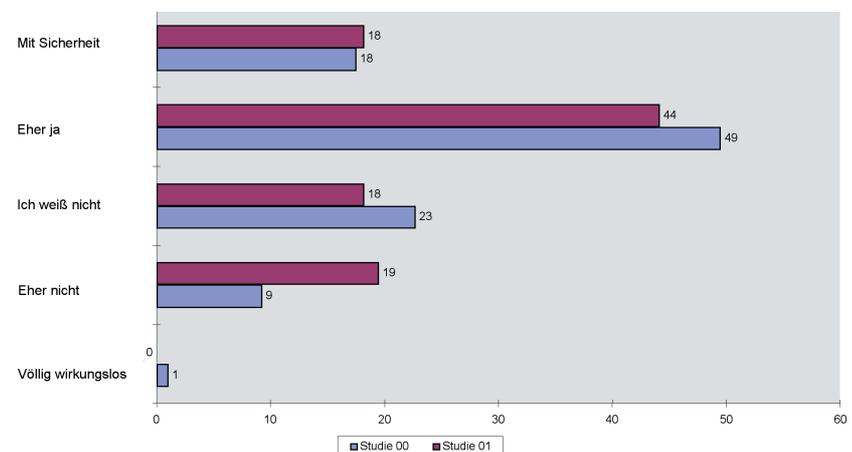


Abb. 3: Wirkung der Werteprogramme hinsichtlich der Ziele des EMB [Fairness und Transparenz]. Einschätzung der Mitarbeiter

der Wirksamkeit von Werteprogrammen in der Baubranche, wobei in der Formulierung der Frage speziell auf die durch das EMB festgelegten Ziele [Rechtstreue, Fairness, Transparenz] Bezug genommen wird. Signifikant ist in dieser Abbildung in erster Linie die Zunahme um 10 Prozentpunkte in der Antwortkategorie "Eher nicht". Trotz dieses "Negativtrends" sind es in Summe immer noch 62 Prozent der Mitarbeiter, die dem Werteprogramm eine positive Wirkung hinsichtlich der Ziele des EMB in der Baubranche zubilligen, davon konstant 18 Prozent in der Antwortkategorie "Mit Sicherheit". Wir vermuten, dass diese Negativveränderung mit der Tatsache in Zusammenhang steht, dass das EMB innerhalb der gesamten deutschen Baubranche [in einem sehr schwierigen

konjunkturellen Umfeld] zum Zeitpunkt der Befragung noch eine "Nischenerscheinung" war und man folglich zum damaligen Zeitpunkt noch keineswegs von einem Rahmenordnungskonzept [7] sprechen konnte. Es ist offensichtlich, dass die daraus resultierenden Probleme von den Mitarbeitern durchaus wahrgenommen werden. Hinsichtlich einer Verbesserung dieser Rahmenordnungsproblematik ist jedoch auf eine aktuelle Entwicklung zu verweisen: In Zusammenarbeit mit dem KieM haben die Deutsche Bahn AG, der Hauptverband der Deutschen Bauindustrie, die Bundesvereinigung Mittelständischer Bauunternehmen und der Zentralverband des Deutschen Baugewerbes mittlerweile ethische Grundsätze in den Lieferantenbeziehungen erarbeitet und

verabschiedet. Betrachtet man die mehrheitlich positive Einschätzung der Mitarbeiter bezüglich der Existenz der Werteprogramme [s. Abbildung 2] in Verbindung mit der soeben dargestellten positiven Wahrnehmung hinsichtlich der Wirksamkeit, so wird deutlich, dass die Zustimmung der Mitarbeiter zu den korporativen Werteprogrammen auch nach fünf Jahren auf einem hohen Niveau verharrt.

Wenden wir uns nun in der nächsten Abbildung 4 der Frage zu, welche Handlungen bzw. Handlungsbedingungen nach Meinung der Mitarbeiter als die hauptsächlichen Ursachen für das Risiko der Verletzung moralischer Standards zu benennen sind. Es wird deutlich, dass für die Mitarbeiter der Erfolgsdruck [86 %] und der marktinduzierte Druck der Auftraggeber [81 %] die Hauptursachen bzw. -risikofaktoren für die Verletzung moralischer Standards sind. An dritter Stelle folgt mit 69 Prozent das Überleben der Firma. Unter Berücksichtigung des rezessiven Baumarktes und des damit einhergehenden starken branchenspezifischen Wettbewerbsdrucks verwundern diese Angaben nicht.

Eine weitaus stärkere divergente Entwicklung zeigt sich indes in der Antwortkategorie "Unachtsamkeit", bei der ein Anstieg um annähernd 100 Prozent [von 16 % auf 29 %] zu verzeichnen ist. Man kann hinsichtlich dieser Zunahme eine starke Korrelation mit den am stärksten gewichteten Antwortkategorien dergestalt vermuten, dass der starke Wettbewerbs- und Erfolgsdruck zu einer geringeren Sorgfalt der Mitarbeiter in den Arbeitsprozessen führen kann. Umso bedeutsamer erscheint es, die Werteprogramme weiter in konkreten Arbeitsanweisungen zu operationalisieren. Der Rückgang um 4 Prozentpunkte in der Antwortkategorie "Steigerung des eigenen Einkommens" könnte mit den vorgenannten, am höchsten bewerteten Antwortkategorien in der Art korrelativ interpretiert werden, dass die Befriedigung eigener materieller Interessen in für das Unternehmen wirtschaftlich bedrohlichen Situationen nachrangig behandelt wird. Vor dem Hintergrund der mittlerweile sechsjährigen Erfah-

ung mit den Werteprogrammen in den Unternehmen dürfte des Weiteren das konstante Niveau "Standards zu wenig bekannt" von Bedeutung sein [30 %], deutet dieses Ergebnis doch darauf hin, dass bei den Mitarbeitern auf allen Hierarchieebenen weiterhin ein Bedarf nach permanenter Kommunikation der relevanten Inhalte der Werteprogramme besteht, damit diese auch im beruflichen Alltag Anwendung finden können, und dass die Kommunikation diesbezüglich wohl noch verstärkt werden muss. Die leichte Steigerung in der Kategorie "Anzuwendende Standards nicht genau genug" und die damit einhergehende Stabilisierung bei ca. 30 Prozent unterstreicht die Notwendigkeit einer weiteren Fokussierung auf die unternehmensspezifische Anpassung von Standards, damit ihnen Transaktionsrelevanz zugewiesen werden kann.

### 3.2 Befragung der Ethikverantwortlichen

Befassen wir uns nun mit den Ergebnissen der Befragung der Ethikverantwortlichen. Zu Beginn wollen wir uns mit der Frage beschäftigen, welche Gründe nach Meinung der Ethikverantwortlichen, auf der Basis ihrer mittlerweile reichlich gesammelten Erfahrungen [6 Jahre EMB], für die Durchführung der Werteprogramme sprechen [Abbildung 5]. 55 Prozent aller Ethikverantwortlichen gaben die Verbesserung der Unternehmenskultur als das wichtigste Motiv für die Durchfüh-

rung der Werteprogramme an [Studie 01: + 5 Prozentpunkte]. Immerhin doppelt so viele Ethikverantwortliche gaben in der Studie 01 an, dass die Compliance-Perspektive und somit die Einhaltung von Recht und Gesetz ein wesentliches Argument für die Durchführung sei [Studie 01: 20 %, Studie 00: 10 %]. Nur noch 20 Prozent der Ethikverantwortlichen im Vergleich zu 25 Prozent in der Studie 00 sahen in der Aufrechterhaltung der Unternehmensreputation das entscheidende Motiv für die Durchführung. Es spiegelt sich in der Studie 01 somit ein weiteres Mal die in der Studie 00 bereits festgestellte Tatsache, dass in einer summarischen Betrachtung die ökonomischen Faktoren gegenüber den rechtlichen Faktoren die wesentlichen Motive für die Durchführung von Werteprogrammen sind [ökonomische Faktoren Studie 01: Unternehmenskultur 55 %, Reputation 20 %, kumuliert 75 %; rechtliche Faktoren Studie 01: Einhaltung der Gesetze 20 %, Verhinderung neuer staatlicher Regelungen 5 %, kumuliert 25 %]. Bei einer genaueren Interpretation der empirischen Befunde in den einzelnen Antwortkategorien ergeben sich interessante Erkenntnisse: Der Stimmenzuwachs bei dem Motiv "Einhaltung der Gesetze" erhärtet die These, dass Werteprogramme eine sinnvolle und notwendige Ergänzung von Compliance-Programmen in Unternehmen darstellen, denn sie scheinen die Rechtmäßigkeit des Handelns in und von den Unter-

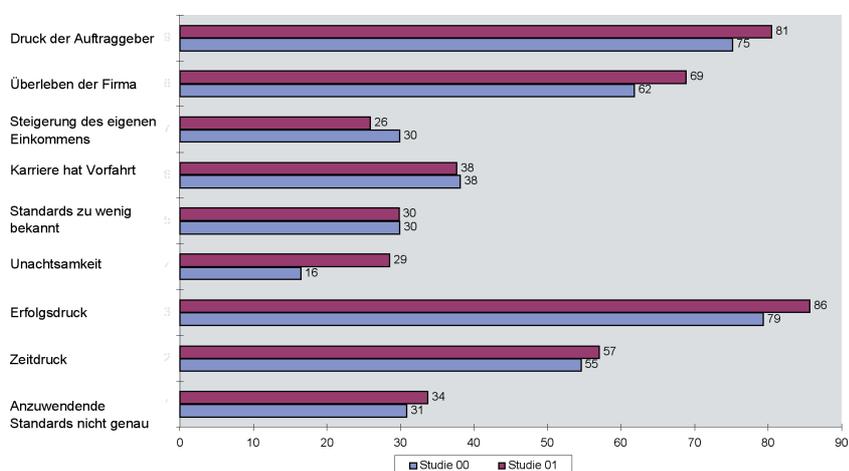


Abb. 4: Ursachen für die Verletzung moralischer Standards. Einschätzung der Mitarbeiter

nehmen zu schützen und zu fördern. Rückführbar ist dies zum einen darauf, dass Werteprogramme formalinstitutionelle Handlungsanleitungen darstellen, die innerhalb des Unternehmens einen verbindlichen Status zugewiesen bekommen und Erwartungssicherheit bei den Mitarbeitern über die Konsequenzen moralischen Handelns generieren. Zum anderen stellen sie dar und wirken auf die informellen Institutionen sowie die kulturellen Prägungen von Organisationen und somit letztendlich auf deren kulturell verankerte Orientierungs- und Handlungsmuster. Diese Argumentation erfährt aus der Empirie heraus Bestätigung, wenn wir uns nochmals vergegenwärtigen, dass deutlich über die Hälfte der Ethikverantwortlichen die Verbesserung der Unternehmenskultur als das

wichtigste Motiv für die Durchführung der Werteprogramme benennen und diesen somit Veränderungspotential zuschreiben. All dies bestätigt die von den Autoren bereits publizierte These [8], dass Werteprogramme bei entsprechender Ausgestaltung die Risikokultur eines Unternehmens als Basiskomponente eines Risikomanagementsystems prägen und somit letztendlich die Entscheidungen und Handlungen beeinflusst und Risiken vermieden werden können. An dieser Stelle wollen wir hinsichtlich der Frage nach den Gründen für die Verletzung moralischer Standards zwischen Ethikverantwortlichen und Mitarbeitern innerhalb der Studie 01 vergleichen, da hierdurch wichtige Aussagen zur Weiterentwicklung des gesamten Programms gewonnen wer-

den können. Auf den ersten Blick ist aus Abbildung 6 ersichtlich, dass in der Studie 01 die Einschätzungen der Mitarbeiter und Ethikverantwortlichen über die Ursachen für die Verletzung moralischer Standards in vielen Kategorien stark divergieren. Diese starken Divergenzen waren in der Studie 00 nicht zu verzeichnen, vielmehr lagen dort die Einschätzungen der Mitarbeiter und Ethikverantwortlichen insbesondere bezüglich der Hauptursachen für die Verletzung moralischer Standards nahe beieinander. Wie die Studie 01 aufzeigt, besteht zwischen Ethikverantwortlichen und Mitarbeitern Übereinstimmung darüber, dass im Erfolgsdruck [Ethikverantwortliche 65 %, Mitarbeiter 86 %] die Hauptursache für die Verletzung moralischer Standards begründet liegt. Während jedoch die Mitarbeiter den Druck der Auftraggeber mit 81 Prozent als eine außerordentlich gewichtige Risikoursache einstufen, ist dies für die Ethikverantwortlichen eine nachrangig bewertete Ursache [25 %]. Eine Interpretation dieser Differenz könnte lauten, dass auf der Führungsebene die Verletzung moralischer Standards, beispielsweise in Vertragsverhandlungen mit den Auftraggebern, nicht mehr thematisiert wird oder werden muss, wohingegen in der täglichen Arbeit beispielsweise auf den Baustellen, sich die Mitarbeiter möglicherweise durchaus zu moralisch problematischem Handeln genötigt sehen. Hierfür könnten verschiedene Ursachen ausschlaggebend sein: a) Wie wir aus vielen Interviews, aus der Sichtung der Dokumente und auch aus den Ergebnissen der Studie 01 wissen, sind die Werteprogramme für die meisten Führungskräfte mittlerweile Bestandteile der Arbeitsverträge oder zumindest Bestandteil ihrer Arbeitsanweisungen. Aufgrund dieses Institutionalisierungsniveaus scheint für die Führungskräfte die Orientierung an den vorgegebenen moralischen Standards in Geschäftsbeziehungen wohl selbstverständlich zu sein. Weitergedacht führt dies quasi automatisch zu dem nächsten Argument, dass b) die Werteprogramme unterhalb dieser Führungsebene noch nicht verpflich-

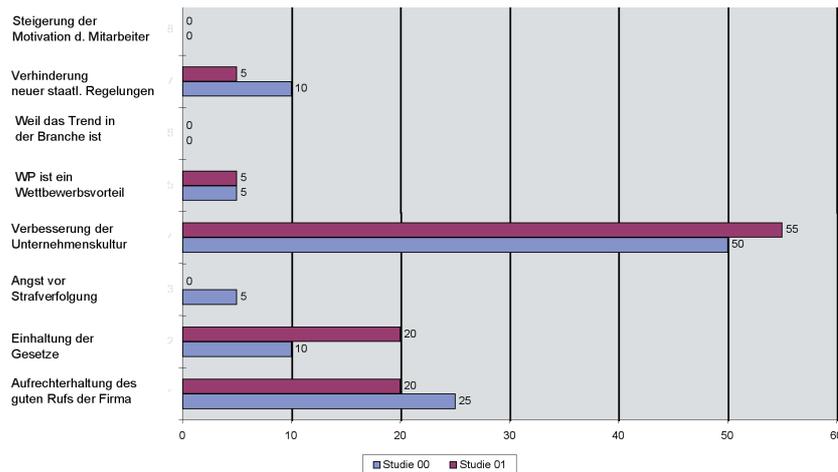


Abb. 5: Gründe für die Durchführung. Einschätzung der Ethikverantwortlichen aufgrund ihrer Erfahrungen

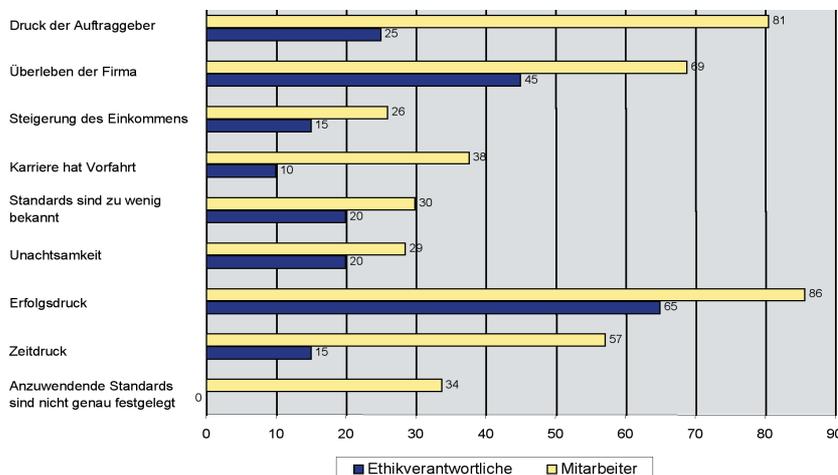


Abb. 6: Ursachen für die Verletzung moralischer Standards. Einschätzung Ethikverantwortliche vs. Mitarbeiter

tender Bestandteil der Arbeitsverhältnisse geworden sind, dort noch keine Geltung besitzen und die Mitarbeiter sich deshalb tendenziell eher in moralischen Problemsituationen wiederfinden. Dies weist auf die handlungsentlastende Wirkung von Werteprogrammen hin, denn sie geben den Mitarbeitern in moralökonomischen Konfliktsituationen Handlungsorientierung und vermeiden die "Drift" der Mitarbeiter in vom Unternehmen eventuell bewusst offen gelassene moralische Grauzonen als Bestandteil unternehmerischer Ökonomisierungsstrategien. Die Richtigkeit dieser Problemgeneratoren unterstellt, zeigen sich zwei Lösungsmöglichkeiten: Zum einen müssen die Werteprogramme in zunehmendem Maße konkreter auf die Alltagsprobleme der gesamten Belegschaft heruntergebrochen werden und somit einen größeren Detaillierungs- bzw. Operationalisierungsgrad erfahren. Diese Notwendigkeit spiegelt sich auch in Abbildung 4, in der die Mitarbeiter zu 34 Prozent die nicht ausreichende Genauigkeit der Standards als einen wichtigen Grund für die Verletzung moralischer Standards angeben. Zum anderen scheint es geboten, eine Integration der Werteprogramme in die Arbeitsverträge bzw. -anweisungen auch für die Mitarbeiter anzustreben, die unterhalb der Führungsebene angesiedelt sind und somit eine Situation zu generieren, die vergleichbar ist zu der auf Führungsebene.

Besonders augenfällig – auch aufgrund der inhaltlichen Korrelation – ist die Diskrepanz in der Bewertung der Antwortkategorien "Standards zu wenig bekannt" [Ethikverantwortliche: 20 %, Mitarbeiter: 30 %] und "Anzuwend. Standards nicht genau genug" [Ethikverantwortliche: 0 %, Mitarbeiter: 34 %]. Dieses Resultat ist bedeutsam, da es sehr deutlich dokumentiert, dass die Mitarbeiter aufgrund der in ihrem Berufsalltag häufig entstehenden moralischen Problemsituationen einen hohen Bedarf an klar ausformulierten, kommunizierten und durchgängig unternehmensspezifisch operationalisierten Wertestandards haben und diese noch in größerem Maße etabliert

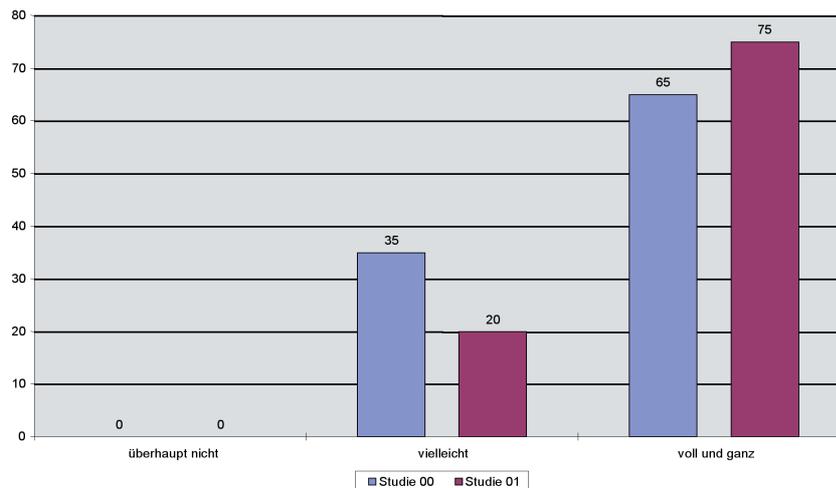


Abb. 7: Nutzen der externen Auditierung des Werteprogramms: "Unterstützt die externe Auditierung die Weiterentwicklung des Werteprogramms?"

werden sollten. Dies stützt die bereits weiter oben genannte These bezüglich der Bedeutung der Operationalisierung und Instrumentierung von moralischen Standards mittels Werteprogrammen, sofern sie Bedeutung und Anwendungsrelevanz im betrieblichen Alltag bekommen sollen. Die oben aufscheinenden differierenden Einschätzungen von Mitarbeitern und Ethikverantwortlichen liegen wohl auch darin begründet, dass die Ethikverantwortlichen einen sehr guten Kenntnisstand über die Inhalte der Standards besitzen und deshalb der Bedarf nach einer noch stärkeren Kommunikation sowie nach einem höheren Detaillierungsgrad für sie nicht in gleichem Maße ersichtlich und nachvollziehbar ist. Die Ergebnisse machen das Spannungsfeld und den schmalen Grat zwischen einer überdimensionierten Institutionalisierung von moralischen Aspirationen und der notwendigen Instrumentierung von Werteprogrammen und den daraus resultierenden Problemen deutlich. Die in diesen Ergebnissen zum Vorschein kommende mehrfach reklamierte Instrumentierung und Operationalisierung moralischer Werte und das notwendige formale Offenhalten dieser Prozesse erscheint auf den ersten Blick als ein Paradoxon. Doch auf den zweiten Blick zeigt sich hierbei genau die Notwendigkeit der Aufrechterhaltung der Differenz von expliziten und impliziten "Vertragsbestandteilen", die sich gegenseitig bedingen und zuspieren sowie Stabilität, Handlungssicher-

heit und Dynamik ermöglichen [9].

Eine Frage bezog sich hinsichtlich der Weiterentwicklung der Werteprogramme auf den Nutzen der Auditierungsverfahren, die zur Überprüfung der korporativen Werteprogramme wesentlicher und zwingender Bestandteil des EMB sind [Abbildung 7]. Hier bildet sich in der Antwortkategorie "voll und ganz" eine Steigerung von 10 Prozentpunkten ab, mit dem Resultat, dass nun drei Viertel aller Ethikverantwortlichen die Audits als einen wesentlichen Motor bei der Weiterentwicklung verstehen. Diese Entwicklung steht sicherlich auch mit dem Auditverfahren in Verbindung, in dem ein ausführlicher Auditbericht von den Auditoren verfertigt wird, der inhaltlich klare Entwicklungsvorschläge für das unternehmensspezifische Werteprogramm benennt und diese zu einem zu prüfenden Bestandteil des nächsten Auditverfahrens macht.

Die häufig geäußerte Sorge, dass Werteprogramme zu wirtschaftlichen Problemen aufgrund von Auftragsverlusten führen könnten, wird durch die Erfahrung der Ethikverantwortlichen nicht gestützt. So lehnen in der Studie 00 lediglich 10 Prozent der Ethikverantwortlichen diese These ab, wohingegen in der Studie 01 nunmehr 35 Prozent negative Auswirkungen auf die Auftragslage verneinen [Abbildung 8]. Hier scheint sich die bereits in der Veröffentlichung von Wieland und Grüninger geäußerte These zu bestätigen,

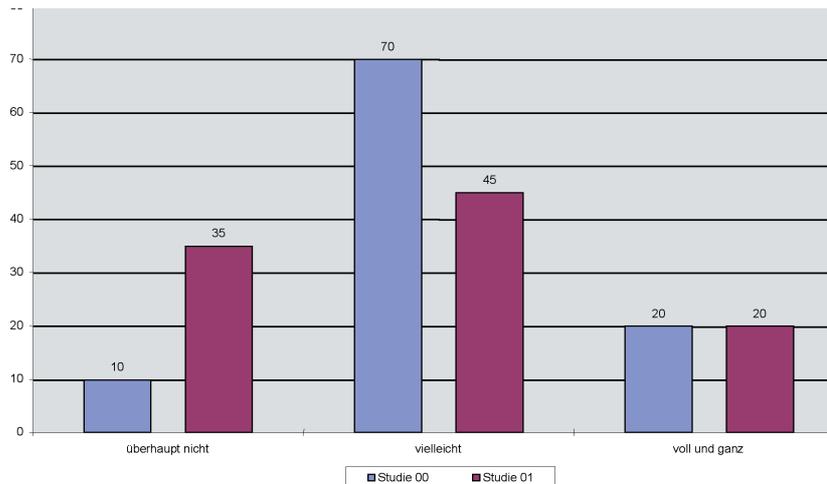


Abb. 8: Einfluss der Werteprogramme auf die Leistungsfähigkeit der Unternehmen: "Kann das Werteprogramm zum Verlust von Aufträgen führen?"

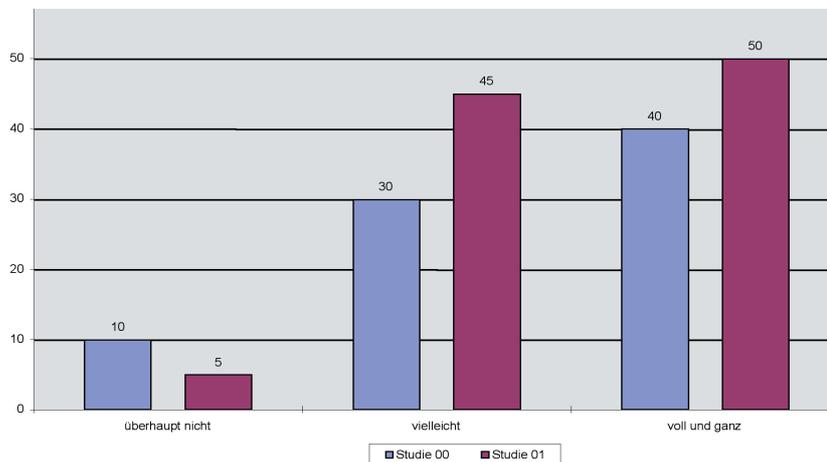


Abb. 9: Einfluss der Werteprogramme auf die Leistungsfähigkeit der Unternehmen: "Unterstützt das Werteprogramm die Unabhängigkeit von Unternehmensentscheidungen?"

dass Werteprogramme das Kundenportfolio neu strukturieren – und dies einerseits mit Auftragsverlusten, aber andererseits auch mit Auftragszugängen einhergeht, die ohne Werteprogramme nicht hätten gewonnen werden können – und sich somit der Kooperationsspielraum an einer neuen Stelle "weitet" [10].

Eine weitere Frage zielt darauf ab, zu erheben, ob ein Werteprogramm die Unabhängigkeit von Unternehmensentscheidungen unterstützen kann [Abbildung 9]. Die Ethikverantwortlichen sind zur Hälfte der Auffassung, dass dadurch die Unabhängigkeit von Entscheidungen unterstützt wird, 45 Prozent sind sich hierbei unschlüssig und völlig negiert wird diese Aussage von lediglich einem kleinen Teil der

Ethikverantwortlichen [Studie 00: 10 %, Studie 01: 5 %]. Vor dem Hintergrund, dass durch Preisabsprachen und Korruption Netzwerkabhängigkeiten entstehen können, die ökonomisch ineffizient und organisatorisch riskant sind, zeigt sich möglicherweise eine neue Sensibilität für neuartige Risiken der Corporate Governance.

### 3.3 Neue Frage

Nachdem wir nun die Ergebnisse der Längsstudie dokumentiert und beschrieben haben, wollen wir wie angekündigt noch auf eine Frage eingehen, die in der Studie 00 noch nicht Bestandteil der Befragung gewesen ist. Diese Frage versucht Klarheit darüber zu schaffen, ob die Etablierung der ethischen Branchenstandards im Rah-

men der Initiative "Gläserne Vergabe" des EMB dazu beitragen könnte, die Weiterentwicklung der "Verdingungsordnung für Bauleistungen" [VOB] im Rahmen zu beeinflussen. Die Initiative "Gläserne Vergabe" wurde im Jahre 1999 vom Bayerischen Bauindustrieverband ins Leben gerufen und zielt darauf ab, faire und transparente Verfahren bei der Vergabe von Aufträgen der öffentlichen Hand zu fordern und zu etablieren [11]. Wie Abbildung 10 nun dokumentiert, messen fast zwei Drittel der Befragten dem EMB im Zusammenspiel mit der Initiative "Gläserne Vergabe" einen positiven Einfluss auf die Entwicklung der VOB ["mit Sicherheit": 20 %, "eher ja": 45 %] zu. Dies ist als deutlicher Hinweis darauf zu werten, dass es durchaus eine erfolgversprechende strategische Option sein kann, moralische Anliegen aus der Mikroebene heraus, d.h. aus in mehreren Unternehmen praktisch umgesetzten Verbandsinitiativen, auf der Ebene der Rahmenordnung zur Geltung zu bringen und somit positive Veränderungen herbeizuführen.

## 4. Zusammenfassende Bewertung

Zum Ende der Darstellung wollen wir die wichtigsten Resultate zusammenfassen und einer nochmaligen Bewertung zuführen.

Mit den spezifischen Eigenschaften der governanceethisch konzipierten Werteprogramme – d.h. der Integration der Werteprogramme in die Governancestrukturen und ihrer permanenten Kommunikation – kann erklärt werden, dass die Mitarbeiter die Existenz der Werteprogramme auch nach langjähriger Erfahrung mehrheitlich positiv einschätzen [Abbildung 2]. Der Einbau in die Governancestrukturen der Unternehmen signalisiert den Mitarbeitern zum einen die Ernsthaftigkeit der Programme und somit Erwartungssicherheit. Zum anderen stellen sie Handlungsanleitungen in moralischen Problemsituationen dar, da sie deutlich dokumentieren, welche Handlungsoptionen in Transaktionen als erlaubt gelten und welche nicht. Wie wir aus vielen Interviews mit den Mitarbeitern in den Unternehmen wissen, basiert diese

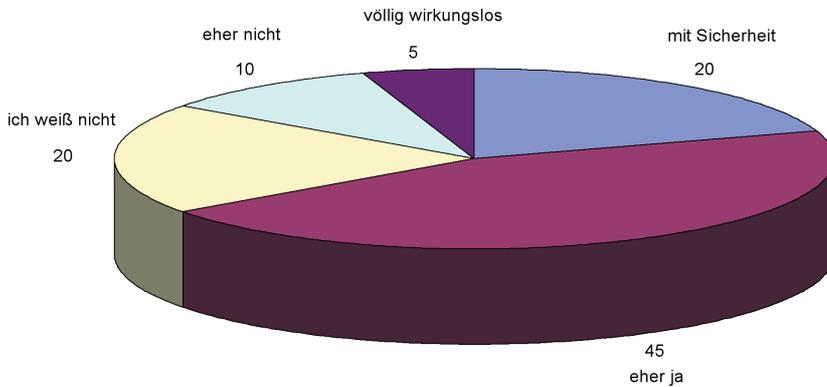


Abb. 10: "Hatte die Initiative des Ethikmanagements der Bauwirtschaft e.V. einen positiven Einfluss auf die Entwicklung der VOB [Stichwort: "Gläserne Vergabe"]?"

positive Einstellung der Mitarbeiter gegenüber den Werteprogrammen auch auf der Tatsache, dass diese Einfluss auf die Entwicklung einer integren Unternehmenskultur nehmen und diese kulturellen Veränderungen von den Mitarbeitern durchaus als eine positive Entwicklung wahrgenommen werden. Die in der Studie 01 leicht zurückgehende Zustimmung zu der Frage, ob die korporativen Werteprogramme hinsichtlich der Ziele des EMB, nämlich Fairness und Transparenz in der Baubranche, Wirkung entfalten können [Abbildung 3], weist auf die Bedeutung eines Rahmenordnungskonzeptes hin, das die Baubranche in einer größeren Breite erfasst. Solange in modernen Wirtschaftsgesellschaften die negativen Effekte aus der Einhaltung moralischer Standards aufgrund von Steuerungsdefiziten staatlicher Rahmenordnungen zu dauerhaften ökonomischen Nachteilen führen, ist die Durchsetzung moralischer Werte stets problembehaftet. Es ist in diesem Zusammenhang jedoch auch aus der Frage nach der positiven Wirkung des EMB auf die Etablierung der Initiative "Gläserne Vergabe" ersichtlich [Abbildung 10], dass eine "ordnungspolitische Strategie" durchaus von Erfolg geprägt sein kann und dadurch positive Veränderungen im Wettbewerbsumfeld herbeigeführt werden können.

Hinsichtlich der Frage nach den Gründen für die Durchführung von Werteprogrammen [Abbildung 5] zeigt sich anhand der Bewertung der Antwortkategorie "Unternehmenskultur" als wichtigstem Motiv [55 %], dass die Durchführung solcher Werteprogramme automatisch zu einer Beschäftigung mit der kulturellen Identität des kollektiven Akteurs führt [12]. Diese Auseinandersetzung mit den kulturellen

Prägungen von Organisationen ist dann umso bedeutsamer, wenn wir uns vergegenwärtigen, dass die Wahrnehmung von moralischen Risiken und die präventive Steuerung von moralischen Risiken aus Verhalten in engem Zusammenhang mit den kulturell verankerten Orientierungs- und Handlungsmustern, d.h. der Risikokultur einer Organisation steht. Werteprogramme nehmen also über die Unternehmenskultur Einfluss auf die Risikokultur einer Organisation, die über die Faktoren Perzeption, Selektion und Steuerung wiederum Basiskomponente eines präventiv wirkenden Risikomanagementsystems ist. Die Bedeutung der in der Unternehmenskultur verankerten informalen Werthaltungen im Zusammenspiel mit den formalen Governancestrukturen für die Ermöglichung von Integrität und Moral in den Geschäftsprozessen haben wir bereits im Kontext anderer Publikationen ausführlicher expliziert [13].

Eine häufig geäußerte und in einem ersten Zugang nachvollziehbare Sorge, dass moralisches Verhalten und somit ein Werteprogramm zwangsläufig zu wirtschaftlichen Problemen aufgrund von Auftragsverlusten führen müsse, wird durch die Ergebnisse der Studie 01 eindeutiger noch als in der Studie 00 nicht gestützt [Abbildung 8]. Es bestätigt sich, dass die Umsetzung moralischer Aspirationen in den Betriebsalltag weder ökonomischen Erfolg noch Misserfolg determiniert. Vielmehr zeigt sich der praxisrelevante Gehalt der governanceethischen These, dass Moral als eine Ressource im Rahmen der Corporate Governance eines Unternehmens konzeptualisiert werden kann, die Auswirkungen auf die Steuerung, die Abwicklung und das Kostenniveau von Transaktionsbeziehungen hat und Einfluss auf das Alter-

nativenbündel potentieller Kooperationsbeziehungen nimmt. Die Resultate der Studie zeigen, dass die Risikoquellen für die Verletzung moralischer Standards nicht ausschließlich in einer diesbezüglich unzureichend gestalteten Rahmenordnungsebene gründen, sondern durchaus durch die Strukturen und Prozesse innerhalb der Organisationen bedingt sind bzw. gefördert werden. Dies ergibt sich aus der offensichtlich differierenden Einschätzung der Mitarbeiter und Ethikverantwortlichen hinsichtlich der Risikoquellen [Abbildung 6]. Im Sinne einer Weiterentwicklung der korporativen Werteprogramme gilt es, diese auf differenten Einschätzungen beruhenden Ergebnisse im Sinne der Erarbeitung von weiteren Gestaltungsempfehlungen fruchtbar zu machen [bessere Kommunikation der Standards, weitere Operationalisierung der Standards] und die Werteprogramme somit auf ein höheres Effizienzniveau zu heben.

#### Anmerkungen

[1] Dieser Artikel basiert auf einem Teilergebnis des Forschungsprojekts "WertManagement – Der Faktor Moral im Risikomanagement", das im Konstanz Institut für WertManagement [KleM] im Zeitraum von Juni 2000 – Juli 2002 bearbeitet wurde. Das Projekt wurde ermöglicht durch die großzügige Förderung des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Baden-Württemberg [Wissenschaftsförderung "Innovative Projekte"] und PricewaterhouseCoopers [PWC]. Die gesamten Forschungsergebnisse können in [2] nachgelesen werden. Die hier vorgestellten empirischen Daten sind vorläufiger Natur, da im Zeitraum des Forschungsprojektes noch nicht alle an der Vergleichsstudie [Studie 00] beteiligten Unternehmen befragt werden konnten. Mittlerweile sind die Daten erhoben. Eine Publikation hierzu ist in Planung. [2] Die Begriffe EthikManagementSystem und WertManagementSystem werden i.d.R. synonym benutzt. An dieser Stelle benutzen wir durchgehend den Begriff EthikManagementSystem, da sich die Initiatoren des "EthikManagement der Bauwirtschaft e. V." darauf festgelegt haben. Wir wol-

len an dieser Stelle den Aufbau und die Struktur des EthikManagements nicht nochmals ausführlich schildern, sondern verweisen auf Wieland/Grüniger [1] oder Wieland/Fürst [2] und die darin enthaltenen detaillierten Ausführungen.

[3] Diese Ergebnisse wurden bereits im Jahr 2000 von Wieland/Grüniger [1] veröffentlicht.

[4] Die Ethikverantwortlichen sind hierarchisch i.d.R. auf der oberen Führungsebene angesiedelt, d.h. Geschäftsführung, Leitung Niederlassung etc. Weitere statistische Daten vgl. Anmerkung [6].

[5] In der Studie 01 konnten lediglich 9 Unternehmen befragt werden, da ein Unternehmen der Studie 00 mit einem anderen Mitgliedsunternehmen des EMB zusammengeführt wurde.

[6] Die genauen statistischen Daten zur Befragung sind veröffentlicht in Wieland/Fürst [2].

[7] Zu der Notwendigkeit der Etablierung einer Rahmenordnung, um moralische Probleme im Wirtschaftssystem

vermeiden bzw. auflösen zu können, vergleiche das ordnungstheoretische Konzept von Karl Homann bspw. in Homann/Blome-Drees [4].

[8] Vgl. hierzu Wieland/Fürst [2].

[9] Vgl. hierzu die theoretischen Arbeiten von Josef Wieland, bspw. Wieland [5], [6] u.a.

[10] Vgl. Wieland/Grüniger [1], S. 160.

[11] Zur Initiative "Gläserne Vergabe" vgl. Bayerischer Bauindustrieverband [7], S. 18 und [8], S. 190f.

[12] Vgl. bspw. Wieland [6].

[13] Vgl. bspw. Wieland [6] oder Wieland/Fürst [2].

**Literatur**

[1] Wieland, J./Grüniger, St. [2000]: EthikManagementSysteme und ihre Auditierung. Theoretische Einordnung und praktische Erfahrungen. Aus: Wieland, J. [Hrsg.]: Dezentralisierung und weltweite Kooperationen. Die moralische Herausforderung der Unternehmen. Marburg [Metropolis].

[2] Wieland, J./Fürst, M. [2002a]: Wer-temanagement – Der Faktor Moral im

Risikomanagement. KleM-Working Paper Series 01/2002, Konstanz.

[3] Wieland, J./Fürst, M. [2002b]: Risiko- und Wahrnehmungssteuerung durch WerteManagementSysteme. In: Horizonte 21, Dezember 2002, S.27-32.

[4] Homann, K./Blome-Drees, F. [1992]: Wirtschafts- und Unternehmensethik. Göttingen [Vandenhoeck & Ruprecht].

[5] Wieland, J. [1996]: Ökonomische Organisation, Allokation und Status. Tübingen [Mohr Siebeck].

[6] Wieland, J. [1999]: Die Ethik der Governance. Marburg [Metropolis].

[7] Bayerischer Bauindustrieverband [1999]: BBIV-Initiative "Gläserne Vergabe" führt zu ersten greifbaren Erfolgen. In: Informationsdienst des Bayerischen Bauindustrieverbandes e.V., 5. München.

[8] Bayerischer Bauindustrieverband [2000]: BBIV-Initiative "Gläserne Vergabe" führt zu beachtlichen Teilerfolgen. In: Informationsdienst des Bayerischen Bauindustrieverbandes e.V., 2. München.

RJG-STORZ

**ERFAHRUNG & TRADITION**

- Medizintechnik
- Luft- & Raumfahrttechnik
- Dialysetechnik
- Analysensonden

Als mittelständisches Unternehmen sind wir mit Erfolg in der Entwicklung und Produktion tätig. Metallbearbeitung in höchster Qualität verbunden mit langer Tradition – das ist RJG STORZ heute. Als Zulieferer renommierter Medizintechnik-Unternehmen fertigen wir medizinische Instrumente für viele Bereiche.



**RJG · S T O R Z GmbH**

www.rjgstorz.de  
info@rjgstorz.de

EltstraÙe 6  
78532 Tuttlingen

Fon: 07461 / 96598-0  
Fax : 07461 / 96598-70

**Wir bieten:**  
Praxissemester u.  
Diplomarbeiten  
**Fachbereiche:**  
Medizin-/  
Feinwerktechnik,  
Maschinenbau

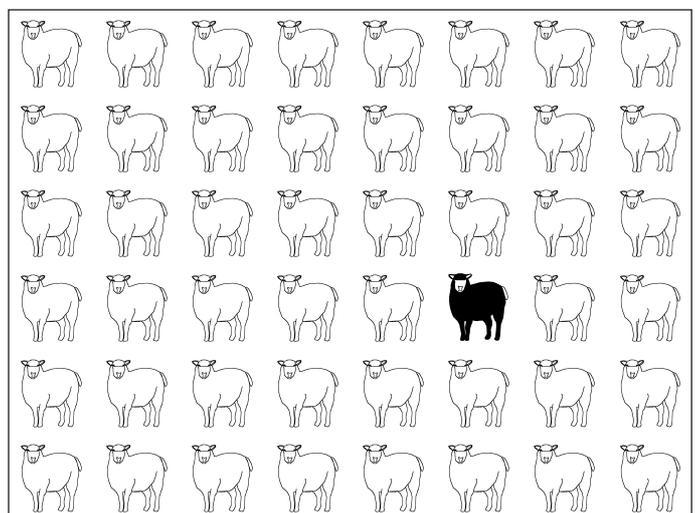
**FORTSCHRITT & INNOVATION**

Projekt Interner Formgedächtnis-Marknagel

In Zusammenarbeit mit der FH Konstanz entwickeln wir einen Internen Formgedächtnis-Marknagel zur Knochenverlängerung.

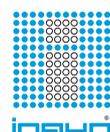
Wir verfügen über langjährige Erfahrung in der Entwicklung von medizinischen Instrumenten. Nutzen auch Sie diese Erfahrung.

Wir suchen:  
Kooperationspartner für klinische Tests



**INGUN sichert Ihre Qualität**

Kontaktstifte	Prüfadapter	Testsysteme	Sicherheit für Ihre Serienproduktion: Mit INGUN-Produkten finden Sie jedes schwarze Schaf.
---------------	-------------	-------------	---



INGUN Prüfmittelbau GmbH  
Max-Stromeyer-StraÙe 162 • D-78467 Konstanz  
Tel. +49 (0) 75 31 / 81 05 - 0  
Fax +49 (0) 75 31 / 81 05 - 65  
info@ingun.com • www.ingun.com

# Projekte

## Architektur und Gestaltung

### Realisierungsstudie Bodenseestadt

Es sollen perspektivisch unter dem Fokus spezifischer Strukturprobleme der Bodenseeregion theoretisch entwickelte städtebauliche Ansätze exemplarisch umgesetzt und getestet werden. Das städtebauliche Instrumentarium dazu ist die Bauausstellung. Die Durchführung der Bauausstellung soll das Ergebnis eines komplexen Konsensbildungsprozesses sein auf der Grundlage eines Basiskonzeptes, das unabhängig von lokalen Interessen auf der Grundlage fachlicher Kriterien erstellt wird. Es wird eine Bestandsanalyse durchgeführt, eine Befindlichkeitsstudie erstellt, ein Planerworkshop organisiert und darauf aufbauend ein Basiskonzept einer Bauausstellung inklusive städtebaulicher Prototypen erarbeitet. Ziel ist es, konkrete Handlungsanweisungen für kommunale und regionale Planungsbehörden zu erarbeiten und zur Verfügung zu stellen. URL des Projektes: <http://www.bodenseestadt.net/>

Prof. Raimund Blödt, Prof. Frid Bühler  
Tel.: +49 [0]7531 206-182  
e-Mail: [buehler@fh-konstanz.de](mailto:buehler@fh-konstanz.de),  
[bloedt@gmx.de](mailto:bloedt@gmx.de)

### 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. Immo Boyken  
Tel.: +49 [0]7531 206-199  
[0]7531 65849  
e-Mail: [boyken@fh-konstanz.de](mailto:boyken@fh-konstanz.de)

### Archiv für Architektur- und Bauingenieurwesen

An der Fachhochschule 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 sollen. 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 sind zugesagt.

Prof. Dr. Immo Boyken  
Tel.: +49 [0]7531 206-199  
e-Mail: [boyken@fh-konstanz.de](mailto:boyken@fh-konstanz.de)

### Klimagerechte Architektur in den afrikanischen Tropen

Ausführlicher Bericht siehe Seite 25.

## Bauingenieurwesen

### RALV - Rapid Analysis of Luminosity Variation - Schnelle Messapparatur zur Überprüfung der Lichtstärkeverteilung

Ausführlicher Bericht siehe Seite 36.

### r.vipar - räumliche Visualisierung physikalischer Parameter in der Architektur

Aus Teillösungen aus dem Bereich der 3D-Visualisierung wird ein System aufgebaut, mit dem die räumliche Darstellung physikalischer Daten in der Architektur möglich ist. Die Schnittstellen und das System sind so zu erstellen, dass Immersion und Interaktivität möglich sein sollen. Es ist zu prüfen, welche Darstellungsformen geeignet sind.

Prof. Dr. Bernd Jödicke  
Tel.: +49 [0]7531 206-345  
e-Mail: [joedicke@fh-konstanz.de](mailto:joedicke@fh-konstanz.de)

### **Ermittlung der Straßengriffigkeit mittels PKW-Datenspeicherung**

Mit digitaler Aufzeichnung während eines Bremsvorganges in einem Pkw von Geschwindigkeit, Weg [jeweils mittels verbesserter GPS-Daten korrigierte Tacho-Werte] und Bremsverzögerung [mittels Beschleunigungsmessern im VDO-Kienzle Unfalldatenspeicher UDS] lassen sich die verfallenden Einflüsse aus dem Rad-schlupf eliminieren. Mit den genauen Kenngrößen von Geschwindigkeit, Weg und Beschleunigung kann man den tatsächlichen tangentialen Kraftschlussbeiwert ermitteln. Die Ermittlung der Straßengriffigkeit [Kraftschlussbeiwert] erfolgt seither mit teuren Spezialfahrzeugen, die nicht schneller als 80 km/h fahren können und dürfen. Zweck des Vorhabens ist in allen Geschwindigkeitsbereichen die Erzielung besserer Aufschlüsse für die Unfallforschung, die bautechnische Beurteilung von Straßenbelägen, die Neuformulierung von Parametern [u.a. Haltesichtweite und Querneigung] im Straßenentwurf, die Einspeisung der Griffigkeitswerte einzelner Straßenabschnitte in Straßeninformationssysteme sowie die Anreizschaffung zur Entwicklung eines erweiterten Pkw-Datenspeichers.

Prof. Joachim Lauffer  
Tel.: +49 [0]7531 206-215  
e-Mail: lauffer@fh-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 sewerage 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 will bring successful results the new technique will be computer-simulated [hydraulic and load simulations] and tested in existing sewerage 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@fh-konstanz.de

### **Aktivierung von Retentionsraum in Abwasserkanälen**

Bei der Entwässerung von Siedlungsgebieten sind teure Maßnahmen zum Schutz der Siedlungen und der Gewässer vor Hochwasser und Schmutzstoffen erforderlich. Mit den Zielsetzungen "Kosteneinsparung" und "Verbesserung des Gewässerschutzes" wurde das Verfahren des "Hydrostyx-gebremsten Abflusses" entwickelt. Bei der Hydrostyx-Abflussbremse handelt es sich um eine technische Einrichtung, die wegen ihrer Einfachheit ein preiswertes Drosselorgan im Abwasserkanal darstellt, das ohne Fremdenergie weitgehend wartungsfrei und betriebssicher funktioniert. Die Hydrostyx-Abflussbremse kann sowohl in bestehende als auch in neue Abwasserkanäle eingebaut werden. Da Abflussdrosselung und Hochwasserentlastung in einer technischen Einrichtung kombiniert sind, ist die Hydrostyx-Abflussbremse nicht mit anderen auf dem Markt vorhandenen Drossleinrichtungen vergleichbar. Es werden durch hydraulische Untersuchungen im Wasserbaulabor und durch Auswertung der Naturmessungen gesicherte hydraulische und hydrologische Bemessungsgrundlagen für die Neuentwicklung erarbeitet. Die Untersuchungen liefern auch die Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Beurteilung des neuen Verfahrens.

Prof. Dr. Werner Lutz  
Tel.: +49 [0]7531 206-218  
e-Mail: wlutz@fh-konstanz.de

**EDATRA - Engineering-Desktop-Anwendungen zur Tragwerksplanung**  
Ausführlicher Bericht siehe Seite 43.

## Elektrotechnik und Informations- technik

### Echtzeitsimulation für Schutz- und Stationsleittechnik mit Matlab/Simulink

Ausführlicher Bericht siehe Seite 47.

### MODES, Modellierung von Energiesystemen

Ausführlicher Bericht siehe Seite 51.

### ZAFH-NET

Ausführlicher Bericht siehe Seite 53.

### Verbund Virtuelles Labor

Das Projekt VVL hat 9 Teilprojekte. Davon werden an der Fachhochschule Konstanz die Teilprojekte Bildverarbeitung, Automation und Didaktik durchgeführt. Die Grundlagen und Verfahren der 3D-Bildverarbeitung werden mit Hilfe eines ferngesteuerten Labor-Aufbaus theoretisch und experimentell unterrichtet. Im Teilprojekt

'Automation' wird der Aspekt 'Regelkreis' durch Simulation und Experimente an einer realen stromrichter-gespeisten elektrischen Maschine gelehrt. Im Teilprojekt 'Didaktik' wird die Aufbereitung für Teile der zu realisierenden Teilprojekte geleistet. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungswerte sollen Transferkriterien für weitere Projekte entwickelt werden.

URL des Projektes: <http://www.vvl.de>  
Prof. Dr. Richard Leiner,  
Prof. Anneliese Fearnis,  
Prof. Dr. Robert Massen  
Tel.: +49 [0]7531 206-150  
e-Mail: leiner@fh-konstanz.de

### Untersuchung betriebsgealterter Mittelspannungskabel mit Kunststoffisolation bei Beanspruchung mit netzfrequenter und VLF-Prüfspannung mittels Teilentladungsmessung

Ausführlicher Bericht siehe Seite 56.

Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt  
Tel.: +49 [0]7531 206-510  
e-Mail: gvoigt@fh-konstanz.de

## Informatik

### Lösung globaler Optimierungsaufgaben mit Nebenbedingungen mittels Relaxationstechniken

Globale Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen stellen eine große Klasse praktisch bedeutsamer Probleme dar. Ziel ist die Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Lösung dieser Probleme, wobei besonderes Gewicht auf Güteaussagen für die erhaltenen Näherungen gelegt wird. Die zugrunde gelegte Methode beruht auf einer neuen Art von konvexer Relaxation, die besonders vorteilhaft ist, wenn die funktionalen Zusammenhänge durch Polynome in mehreren Variablen beschrieben werden. Numerische Erfahrungen, die mit anderen Relaxationstechniken gewonnen wurden, lassen erwarten, dass das Verfahren zur Lösung von Problemen mit sehr großer Variablenzahl einsetzbar sein wird. Zunächst werden grundlegende Eigenschaften der neuen Relaxation untersucht, dann wird das Verfahren



**Einstieg mit Perspektiven**

Die MSC Tuttlingen GmbH ist ein eigenständiges Unternehmen im MSC-Firmenverbund, der europaweit elektronische Komponenten und Systeme herstellt und vertreibt. Mit über 90 Mitarbeitern projektieren, entwickeln und fertigen wir Automatisierungslösungen für den industriellen Anwender: Industriecomputer, PC-basierte Steuerungstechnik und kundenspezifische Hard- und Software-Applikationen.

**Wir bieten einen interessanten Karriere-Einstieg:**

- Vergabe von Diplomarbeiten**
- Praktikum für 2. Industrieseester**
- Einstellung von Jung-Ingenieuren m/w**

Sie erhalten umfassende Firmenbetreuung, interessante Aufgaben und eine offene vertrauensvolle Arbeitsatmosphäre

- **Vertrauen Sie einem kompetenten Partner – Sprechen Sie mit uns!**  
Freu Meriel Pizzaro gibt Ihnen gerne Auskunft.
- **MSC Tuttlingen GmbH**  
Rudolf-Diesel-Straße 17 · 78532 Tuttlingen  
Tel. +49 7461 925-232 · Fax +49 7461 925-291  
[tuttlingen@msc.de](mailto:tuttlingen@msc.de)



**MICROCOMPUTERS · SYSTEMS · COMPONENTS · TUTTLINGEN GMBH**

...keep in control

[www.msc.de/tuttlingen](http://www.msc.de/tuttlingen)

zunächst im ein- später dann im mehrdimensionalen Fall formuliert, implementiert und mit einem Programmpaket zur Lösung restringierter Optimierungsaufgaben kombiniert.

URL des Projektes: <http://www-home.fh-konstanz.de/~garloff/>

Prof. Dr. rer. nat. Jürgen Garloff  
Tel.: +49 [0]7531 206-597, -627  
e-Mail: [garloff@fh-konstanz.de](mailto:garloff@fh-konstanz.de)

### **Parametremengenschätzung mittels globaler Optimierung**

Ziel des beantragten Projektes ist die gemeinsame Entwicklung von zuverlässigen Lösungsmethoden zur Parametremengenschätzung. Verwendet wird Intervallarithmetik, um Unsicherheiten zu modellieren und um die zulässigen Werte für die Parameter zu bestimmen. Die französische Seite [Université de Nantes] wird Methoden der Constraint-Programmierung und die deutsche Seite [Fachhochschule Konstanz] Branch and Bound-Verfahren beitragen, die es erlauben werden, Innen- und Außenabschätzungen für die Menge der zulässigen Werte für die Parameter anzugeben.

URL des Projektes: <http://www-home.fh-konstanz.de/~garloff/>

Prof. Dr. rer. nat. Jürgen Garloff  
Tel.: +49 [0]7531 206-597, -627  
e-Mail: [garloff@fh-konstanz.de](mailto:garloff@fh-konstanz.de)

### **BeFITT' eine Methode zur nutzenorientierten Einführung unternehmensweiter Informationssysteme**

Anstrengungen der Unternehmen IT-unterstützte Geschäftsprozesse zu optimieren werden häufig durch die bestehenden Informationssysteme [IS] behindert. Diese Systeme sind gekennzeichnet durch hohe Heterogenität, geringe Integration und veraltete Technologie. Dies erklärt die derzeit große Zahl derartiger Projekte in den Unternehmen [Bsp. SAP- oder Baan-Einführungen]. Doch die Praxis zeigt, dass die Einführung unternehmensweiter, integrierter IS, basierend auf Standardsoftware, kein einfaches Unterfangen ist. Die Einführung unternehmensweiter, integrierter IS ist untrennbar mit

organisatorischen Veränderungen und der Optimierung der Geschäftsprozesse verbunden. Die daraus resultierende Komplexität erfordert eine fundierte methodische Unterstützung. Im Projekt BeFITT wird in enger Kooperation mit einer Consulting Company eine Methode entwickelt, die die Einführungszeiten und -aufwendungen bei komplexen IT-befähigten Veränderungsprojekten verringert und einen ertragsmaximalen Nutzen erzielt.

Prof. Dr. Reiner Martin  
Tel.: +49 [0]7531 206-500  
e-Mail: [rmartin@fh-konstanz.de](mailto:rmartin@fh-konstanz.de)

### **Wissenschafts- und Wirtschafts-Portal Baden-Württemberg/Shanghai**

Das Institut für Angewandte Forschung der Fachhochschule Konstanz errichtet in Zusammenarbeit mit der Stadtregierung von Shanghai die Einrichtung eines Wissenschafts- und Wirtschaftsportals. Baden-Württembergische Firmen, die an einer Zusammenarbeit mit Partnern im Raum Shanghai interessiert sind, können sich im Rahmen des Wirtschaftsportals mit ihrem Produkt- und Leistungsspektrum zweisprachig englisch/chinesisch präsentieren. Auf der anderen Seite präsentieren sich alle Unternehmen aus dem Raum Shanghai, die an einer Zusammenarbeit mit baden-württembergischen Unternehmen interessiert sind. Das Portal soll interessierten baden-württembergischen Unternehmen im Rahmen dieses Modellprojektes die Möglichkeit bieten, die Markterschließung sowie die Anbahnung von Geschäftsbeziehungen in der Region Shanghai zu erleichtern.

Prof. Dr. Reinhard Nürnberg, Prof. Dr. Wolfgang Thomassen  
Tel.: +49 [0]7531 206-645  
e-Mail: [nurnberg@fh-konstanz.de](mailto:nurnberg@fh-konstanz.de)

### **Business-Komponenten-Architektur und Framework für Web-Browser- und Applet-basierende unternehmensweite Anwendungen mit Enterprise JavaBeans**

Ausführlicher Bericht siehe Seite 30.

## **Maschinenbau**

### **Twin-Belt: Stufenloses Doppelriemen-Getriebe für Kraftfahrzeuge**

Stufenlose Automatgetriebe mit trocken laufenden Riemen haben einen hohen Wirkungsgrad und ermöglichen einen verbrauchsoptimalen Betriebspunkt im Motorkennfeld. Da die stufenlosen Automatgetriebe ohne Zugkraftunterbrechung arbeiten, ist ein dynamischer Beschleunigungsvorgang möglich. Trocken laufende Riemen werden wegen der zulässigen Zugkräfte zur Zeit nur bei schwach motorisierten Fahrzeugen eingesetzt. Durch die neuartige Verwendung zweier parallel angeordneter Riemen erhöht sich das übertragbare Drehmoment so weit, dass ein Einsatz in Fahrzeugen der so genannten Golfklasse möglich ist. Bei der Verwendung zweier Stahlketten anstelle der Riemen sind mit dem neuen CVT [continuously variable transmission]-Getriebekonzept sehr hohe Drehmomente realisierbar, die unter anderem für Fahrzeuge im Rennsport interessant sind. Mit Hilfe eines Testaufbaus wird das Konzept eines neuen, stufenlosen Doppelriemengetriebes mit Differential und elektromechanischer Kegelscheibenverstellung hinsichtlich Funktionalität und Lebensdauer untersucht.

Prof. Dr.-Ing. Michael Butsch  
Tel.: +49 [0]7531 206-390  
e-Mail: [butsch@fh-konstanz.de](mailto:butsch@fh-konstanz.de)

### **Intelligente Lamellendoppelkupplung für Kraftfahrzeuge**

Ziel des Projektes ist die Optimierung von im Öl laufenden Lamellen-Doppelkupplungen für Fahrzeuggetriebe, die unter Last schaltbar sind. Dabei soll bei hohem Schaltkomfort eine erhebliche Verbrauchsreduzierung durch den neuartigen Einsatz elektromechanischer Aktoren in Kombination mit einem Verstellnocken und Sensorik erreicht werden.

Prof. Dr.-Ing. Michael Butsch  
Tel.: +49 [0]7531 206-390  
e-Mail: [butsch@fh-konstanz.de](mailto:butsch@fh-konstanz.de)

### **Aktuatoren mit Formgedächtnislegierungsmetallen**

Es wird ein Hydraulikventil mit FGL-Aktuator entwickelt. Dabei wird eine konstruktive Anpassung eines FGL-Moduls an ein vorhandenes Hydraulikventil, die Energiezufuhr, die Festlegung der inneren Geometrie und die konstruktive Umsetzung erarbeitet.

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel  
Tel.: +49 [0]7531 206-316  
e-Mail: guempel@fh-konstanz.de

### **Verfahren zu Schwermetallelimination aus sauren Beizabwässern-Optimierung der mikrobiellen Prozesse**

Aus sauren Beizabwässern werden zwei 2-stufige Laborreaktoren aufgebaut und betrieben um in diesem Maßstab die zur Reinigung der Abwässer notwendigen mikrobiologischen physikalisch-chemischen und biophysikalischen Prozesse zu optimieren. Schadstoffabbau, Schwermetallausfällung und Biosorption werden in einem Durchflusssystem so aufeinander abgestimmt, dass bei minimaler Verweilzeit die mikrobiellen Umsetzungen von Nitrat zu molekularem Stickstoff [Denitrifikation] und von Sulfat zu Sulfid [Sulfatreduktion] ablaufen und dabei die Schwermetalle als Sulfide, Hydroxide oder Carbonate ausgefällt werden. Die auf der Laborreaktorebene gewonnenen Erkenntnisse werden in den Technikumsmaßstab [100 l] übertragen. Nach der Erprobung der Anlage im Dauerbetrieb und Ausweitung der gewonnenen Erfahrungen wird eine industrielle Anlage [300 l] gebaut und erprobt. Als erstes Ziel wird ein Nitratabbau von 3.500 mg NO<sub>3</sub>/l angestrebt, während als weitergehendes Ziel eine flexible Strategie zur Prozessführung bei variierenden Konzentrationen der Abwasserinhaltsstoffe unter Einhaltung der vorgeschriebenen Einleitungsgrenzwerte ermittelt werden sollen.

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel  
Tel.: +49 [0]7531 206-316  
e-Mail: guempel@fh-konstanz.de

### **Schadensfallanalysen und Werkstofftechnik**

Neben Schadensfallanalysen an metallischen Bauteilen werden Dienstleistungen auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung und Beratungsleistungen in werkstoffkundlichen Fragen angeboten. 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@fh-konstanz.de

### **Formgedächtnis-Marknagel zur Knochenverlängerung**

Knochendefekte können beispielsweise durch 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 ihnen 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@fh-konstanz.de

### **Schnellschaltende Aktoren für adaptive Sicherheitssysteme im Kraftfahrzeugbau**

Ausführlicher Bericht siehe Seite 65.

### **Entwicklung eines Aktors vorzugsweise aus Formgedächtniselementen am Anwendungsbeispiel einer steuerbaren Wellendichtung**

Ziel des Vorhabens ist es, eine steuerbare bzw. schaltbare Wellendichtung vorzugsweise aus Formgedächtnislegierungs-Materialien zu entwickeln. In sensitiven Anwendungsbereichen, bei denen aus der Abdichtung einer rotierenden Welle keinesfalls ein etwaiger Ölverlust auftreten darf, ist es bisheriger Stand der Technik aus Sicherheitsgründen einen zweiten zusätzlichen Wellendichtring oder eine zusätzliche Dichtlippe einzubauen. Diese zusätzliche Abdichtung, die ständig im Eingriff steht, erzeugt eine beträchtliche zusätzliche Reibung und damit unnötige Energieverluste und Erwärmung. Diese Verluste lassen sich weitgehend reduzieren oder vollständig vermeiden, wenn der Anpressdruck der Dichtung steuerbar ist oder die zusätzliche Dichtlippe im Normalzustand berührungsfrei steht und mit Hilfe eines geeigneten Werkstoffaufbaus nur im Bedarfsfall fremd aktiviert oder selbsttätig zuschaltbar ist.

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel  
Tel.: +49 [0]7531 206-316  
e-Mail: guempel@fh-konstanz.de

#### **INOXMIC**

Verlängerung der Haltbarkeit nichtrostender Stähle für den Einsatzbereich in Kühl-, Trink- und Abwassersystemen unter Einwirkung mikrobiologischer Korrosion.

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel  
Tel.: +49 [0]7531 206-316  
e-Mail: guempel@fh-konstanz.de

#### **Untersuchung des Einflusses speziell ausgewählter Lehrmittel auf das nachfolgende Technikinteresse bei Mädchen weiterführender Schulen**

An weiterführenden Schulen in reinen Mädchenarbeitsgruppen werden die in einer Diplomarbeit "Windrad und Riesenrad - Entwicklung, Bau und Programmierung von Funktionsmodellen aus 'Fischertechnik' für den Einsatz an weiterführenden Schulen zur Förderung des Technikinteresses bei Mädchen" entwickelten Modelle erarbeitet. Projektbegleitend wird dabei der Stand des Technikinteresses vor Beginn und nach Abschluss dieser Unterrichtseinheit überprüft. Da es um die langfristige Wirkung einer solchen Technikerfahrung geht, erfolgt nach Ablauf von 2 Jahren eine weitere Untersuchung zum Stand des Technikinteresses.

URL des Projektes: <http://www.fh-konstanz.de/studium/ze/sz/wwwfue/pr1/>

Prof. Dr. Elke-Dagmar Heinrich  
Tel.: +49 [0]7531 206-343  
e-Mail: heinrich@fh-konstanz.de

#### **Vibrations Faults Diagnosis by Fuzzy Clustering and Time-Frequency Dictionaries**

The first goal of this project was to overview the main properties of mechanical vibration and to present the most utilized models related to fault diagnosis. The second and more important goal was to introduce a non conventional method of faults diagnosis, based upon some statistical and fuzzy concepts applied to vibrations, which intends to automate a part of human reasoning when performing

fault diagnosis. The third goal was to introduce a method of defect diagnosis by decomposing the vibration on a time-frequency-scale dictionary of a priori known waveforms. The fuzzy reasoning method was the first technique devised during the research period between October 2001 and July 2002. Comparing to signals such as speech or seismic ones, the vibration generated by oscillations of a mechanical system in exploitation is not so complex. At a first sight, good models of vibration could be constructed without special precautions. However, some basic characteristics of this signal should be considered when constructing the model. This model could be used in various ways, but one of the most interesting applications is concerned with fault diagnosis. When searching for faults threatening a system, the human expert is sometimes performing an amazingly accurate analysis of available information, eventually by only using some elementary statistics. Such a reasoning is referred to as "fuzzy reasoning", in the sense that the expert is able to extract and analyze the essential information of interest from a data set strongly affected by uncertainty. Automating the reasoning mechanisms founding such an analysis is, in general, a difficult attempt, but also a possible one, in some cases. From August 2002 until December 2003, a second method of faults diagnosis has been devised. This method is based on the time-frequency analysis. Vibration signals provided by rotating machinery prove a curious property: whenever no defects threaten the mechanical system, they are harmonic and quasi stationary, but, if defects start to develop inside the system, they become more and more non-stationary, depending on the defects severity. Therefore, a time-frequency analysis is seemingly appropriate to perform faults diagnosis by using mechanical vibrations.

Prof. Dr. Dr. h. c. Florin Ionescu  
Tel.: +49 [0]7531 206-289, -320  
e-Mail: ionescu@fh-konstanz.de

#### **Motorgetriebenes Freizeit-Mobil für Straße, Schnee und Wasser mit Funktionsumbau innerhalb vier Stunden**

Ausführlicher Bericht siehe Seite 70.

#### **Mobiles Textilreinigungssystem**

In Zusammenarbeit mit einem Unternehmen der Region wird ein mobiles Textilreinigungssystem entwickelt.

Prof. Dr. Peter Kuchar  
Tel.: +49 [0]7531 206-321  
e-Mail: kuchar@fh-konstanz.de

#### **Entwicklung, Konstruktion und Betrieb einer modularen Drehimpulswaage zur Bestimmung der Drehimpulse und der Reibungsmomente von gutbeladener Strömung**

Es wird eine modulare Drehimpulswaage zur Untersuchung des geometriebedingten Drehimpulsverlustes in feststoffbeladenen Drehseifenströmungen entwickelt. Mit Hilfe der Messapparaturen wird an rotations-symmetrischen, schubspannungsrelevanten Teilflächen von Drallströmung bei gutfreier und gutbeladener Fluidströmung in Abhängigkeit von der drallerzeugenden Geometrie, der Gutbeladung, der Partikelgrößenverteilung des Aufgabeguts und dem Fluiddurchsatz unter Berücksichtigung des im Bunker entstehenden Drehimpulsverlustes. Als wesentliche Einflussgröße auf die Wandreibungsbeiwerte und die natürliche Wirbellänge ist eine geeignete Reynoldszahl anzusehen, weshalb Untersuchungen mit viskosem Fluid durchgeführt werden. Weiteres Ziel ist eine Verbesserung für Drallwä-scher.

Prof. Dr.-Ing. Peter Meißner  
Tel.: +49 [0]7531 206-323, -322  
e-Mail: meissner@fh-konstanz.de

#### **Biodieselbetriebene Bootsmotoren**

Ausführlicher Bericht siehe Seite 72.

## Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

### The economic impact of Objective 1 interventions for the period 2000 - 2006

Within the framework of the multi-annual programme of studies and technical assistance in the field of Regional Policies implemented by the Commission, the Fachhochschule Konstanz undertakes to carry out a study on "The economic impact of Objectives 1 interventions for the period 2000 - 2006".

Prof. Dr. Jörg Beutel  
Tel.: +49 [0]7531 206-251  
e-Mail: beutel@fh-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 Lernplatt-

form 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 2003. Zu den Inhalten zählen einerseits englischsprachige Veranstaltungen über 'Interkulturelles Management' und 'Interkulturelles Marketing', andererseits Kurse in Wirtschaftsent-englisch. 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 ermöglicht,

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. Synchrone 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 mit-

## In Kontakt bleiben.

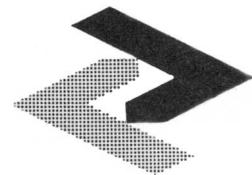
### Verein der Freunde, Förderer und Absolventen der Fachhochschule Konstanz e.V.

Ziel des Verbandes der Freunde, Förderer und Absolventen der Fachhochschule Konstanz e.V. ist die Förderung der Fachhochschule Konstanz und ihrer Studierenden in Lehre und Forschung. Als Förderverband unterstützen wir die Hochschule jährlich mit namhaften Beträgen, werben Sachspenden von Firmen ein und ermöglichen dadurch unbürokratisch die schnelle Beschaffung von Lehrmitteln und Einrichtungen. Seit Bestehen

des Verbandes wurden von den rund 600 Einzelmitgliedern und den 60 Firmen und Verbänden mehr als 3 Millionen Euro Fördermittel und Sachspenden an die Hochschule weitergeleitet. Neben unserer Aufgabe, den Kontakt der Fachhochschule und ihrer Studierenden zu Behörden, Industrie und Wirtschaft zu vermitteln und zu halten, fördern wir auch die Verbindung der Absolventen zur Fachhochschule und sind Ansprech-

partner für alle Belange der "Ehemaligen".

Nur durch einen großen Mitgliederkreis kann der Verband seine Aufgaben wirkungsvoll erfüllen. Wir wenden uns daher an alle, die sich mit der Fachhochschule Konstanz verbunden fühlen, unsere Zielsetzung durch eine Mitgliedschaft im Verband zu unterstützen.



**Geschäftsstelle**  
Fachhochschule Konstanz  
Herr Klemens Blaß  
Brauneggerstr. 55  
D-78462 Konstanz

Tel. (07531) 206-297/-252  
Fax (07531) 206-253

**Jahresbeiträge**  
Studierende ab 5 Euro  
Einzelmitglieder ab 30 Euro  
Firmen und  
Fachverbände ab 100 Euro

entwickelte Delta Intercultural Academy [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@fh-konstanz.de

### **E-DEU-KOMM: Anglo-German Business Communication**

Ziele des Projektes sind zum einen die Gewinnung von Einsichten über die Form und insbesondere über die Schwierigkeiten der anglo-deutschen Interaktion im internationalen Wirtschaftsleben, zum anderen die auf der Basis dieser Erkenntnisse aufbauende Entwicklung [Erarbeitung von Inhalten und deren digitale und mediale Umsetzung] eines an britische bzw. amerikanische Geschäftsleute gerichteten, webbasierten Leitfadens zur Kommunikation mit deutschen Geschäftspartnern. Die Ziele im einzelnen sind: 1. Erkenntnisse über die Form und insbesondere über die von Beteiligten und Beobachtern wahrgenommenen Schwierigkeiten der deutsch-britischen bzw. in der deutsch-U.S.-amerikanischen Interaktion in der Wirtschaft zu gewinnen; 2. rezipierte, teilweise nicht ausreichend kritisch tradierte Einsichten und Ansichten über die deutsch-britische bzw. die deutsch-U.S.-amerikanische Interaktion im internationalen Wirtschaftsleben zu überprüfen, die entweder aus eher impressionistischen oder aus kulturgenerell angelegten Studien oder vor längerer Zeit gewonnen wurden; 3. die gewonnenen Einsichten als Basis für die Entwicklung eines webbasierten, englischsprachigen Leitfadens zum Thema ‚Communicating and Negotiating in German Business‘ zu nutzen, in dem Unterschiede und Gemeinsamkeiten, potentielle Schwierigkeiten und situationsabhängige Handlungsempfehlungen dargestellt und begründet werden. Übergeordnetes Ziel des Projektes, das in Zusammenarbeit mit einem englischen und einem U.S.-amerikanischen Unternehmen durchgeführt wird, ist es, einen

Beitrag zur Verbesserung der interkulturellen Wirtschaftskommunikation und damit der Wirtschaftsbeziehungen zwischen Deutschland und den zwei nach wie vor wichtigen Handelspartnern Großbritannien und U.S.A. zu leisten.

Prof. Peter Franklin  
Tel.: +49 [0]7531 206-396  
e-Mail: franklin@fh-konstanz.de

### **Vergleichsstudie TestDaF – DSH**

Ausländische Studienbewerber können ihre Deutschkenntnisse mit Hilfe verschiedener Sprachtests nachweisen. Der standardisierte "Test Deutsch als Fremdsprache für ausländische Studienbewerber" [TestDaF] wird vom TestDaF-Institut in Hagen verwaltet, während die "Deutsche Sprachprüfung für den Hochschulzugang" [DSH] von den Hochschulen vor Ort verwaltet wird. Ziel der Studie ist ein Vergleich beider Tests. Durch eine Analyse der unterschiedlichen Testkonstrukte und Anforderungsniveaus sollen Empfehlungen für einen Umgang mit den Testergebnissen und Perspektiven für eine Weiterentwicklung der Tests erarbeitet werden. Die vom DAAD finanzierte Studie wird zwischen Januar und Juni 2003 durchgeführt, die Ergebnisse werden veröffentlicht. Teilnehmende Hochschulen: Universität Mainz, Technische Universität Braunschweig, Universität Hannover und die Fachhochschule Konstanz.

Prof. Christian Krekeler  
Tel.: +49 [0]7531 206-395  
e-Mail: krekeler@fh-konstanz.de

### **ECOM - Ökologische Kommunikation international**

Ziel des Projektes ist der rasche Zugang zur deutschsprachigen Fachliteratur, der sachgemäße Umgang mit ihren Texten bzw. die Einführung in die aktuelle Diskussion zum genannten Thema in seiner komplexen Überschneidung von Naturwissenschaft und Technik, Ökonomie und Ökologie, Recht und Politik, Produktinnovation und Transfermöglichkeiten, zukunftsorientierter Technologie und ethischem Verantwortungsprinzip.

Daraus werden folgende sprachliche Teillernziele, mit unterschiedlicher Gewichtung, abgeleitet: Vermittlung eines allgemeinen Grundwortschatzes, Vermittlung fachspezifischer Terminologie, Vermittlung von Kenntnissen der Wortbildung zur analytischen Nutzung von Lexika, Vermittlung notwendiger grammatikalischer Strukturen, Vermittlung von Kenntnissen häufig verwendeter Kommunikationsverfahren und fachüblicher Textbaupläne, Vermittlung von Lese- und Entschlüsselungsstrategien, Vermittlung von Kenntnissen unterschiedlicher Lesestile.

Prof. Anneliese Fearnis  
Tel.: +49 [0]7531 206-420

### **Performance der Portfoliooptimierung mit TSP-Vektor**

In der klassischen Portfoliooptimierung wird die Varianz der Renditen als Risikomaß verwendet. Da die Varianz nur im Falle symmetrischer bzw. normalverteilter Renditen Investorenängste zu erfassen vermag, wurde ein Modell zur Portfoliooptimierung entwickelt, in dem das Risiko durch einen target-shortfall-probability-Vektoren charakterisiert wird. Dieses diskrete lineare Optimierungsmodell kann mit guten Optimizern Portfolios aus ca. 700 Aktien innerhalb einer Stunde bilden, so dass es bereits jetzt als praxistauglich bezeichnet werden kann. Neben der Möglichkeit dieses intuitiv verständliche und Investorenängste besser repräsentierende Risikokriterium bei der Portfoliobildung einzusetzen, ist die Performance der Resultate entscheidend. Das Forschungsvorhaben beabsichtigt deshalb, verschiedene Performanceaspekte des entwickelten Mean-Target-shortfall-probability-Vektor-Modells zu untersuchen. Ein weiteres Ziel des Forschungsvorhabens ist u.a. die Optimierung des Value at Risk, der für die Ermittlung der bankaufsichtlichen Eigenkapitalhinterlegung Industriestandard ist.

Prof. Dr. rer. pol. Leo Schubert  
Tel.: +49 [0]7531 206-429  
e-Mail: schubert@fh-konstanz.de

### Wertemanagement – Der Faktor Moral in Risikomanagementsystemen

Ausführlicher Bericht siehe Seite 81.

### Operationalisierung eines werteadjustierten, verhaltensorientierten Risikomanagements, dabei Konzeptualisierung des Faktors Moral als strategische Ressource und Operationalisierung mittels Balanced Scorecard

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines präventiv wirkenden, werteadjustierten Risikomanagementsystems, das auf Basis der Theorie der Governanceethik auf die Integration und Sicherstellung der nachhaltigen Vitalität von moralischen Werten in Unternehmenskulturen zur Vermeidung verhaltensbedingter Risiken zielt. Hintergrund für die Fokussierung auf verhaltensbasierte Risiken sind die Anforderungen des KonTraG und der international geforderten Standards der Corporate Governance. Existente Risikomanagementsysteme decken die o.g. Risiken nicht ab.

Prof. Dr. habil. Josef Wieland  
Tel.: +49 [0]7531 206-404  
e-Mail: wieland@fh-konstanz.de

### Integritätsorientiertes Lieferantenmanagement

In welcher Weise kann die eng geführte Diskussion über das Lieferantenmanagement eines Unternehmens um den Aspekt einer governanceethisch konzipierten, präventiv wirksamen und moralischen Verhaltenssteuerung erweitert werden? Wie kann ein integritätsorientiertes Lieferantenmanagement instrumentiert und als eine steuernde intra- und extra-organisationale Anreizstruktur für die Unternehmenspraxis konkret gestaltet und ökonomisch relevant organisiert werden? Wie sind integritätsorientierte Lieferantenscreening-, Lieferantenbewertungs- und Lieferantenentwicklungssysteme konkret zu gestalten? Welche Wechselwirkungen und Synergieeffekte generiert die Konzeption und Implementation eines präventiv wirkenden integritätsorientierten Lieferantenma-

agements auf die strategische und operative Unternehmensführung? Wie kann mit Hilfe eines solchen integritätsorientierten Lieferantenmanagementsystem praktisch gelingen mit den strategisch und operativ bedeutsamen Lieferanten nachhaltige Lieferantenbeziehungen zu organisieren und zu erhalten?

Prof. Dr. habil. Josef Wieland  
Tel.: +49 [0]7531 206-404  
e-Mail: wieland@fh-konstanz.de



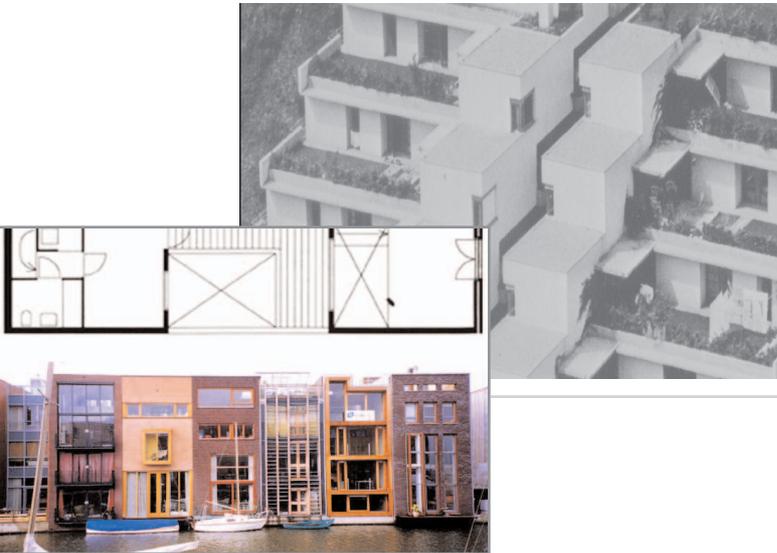
[www.fischerwerke.de](http://www.fischerwerke.de)

Wer  
Innovationen  
sucht, wird  
**fischer** finden.

**fischer**   
BEFESTIGUNGSSYSTEME

# Vorschau

## Realisierungsstudie Bodenseestadt-Entwicklung städtebaulicher Prototypen und Konzeption einer Bauausstellung

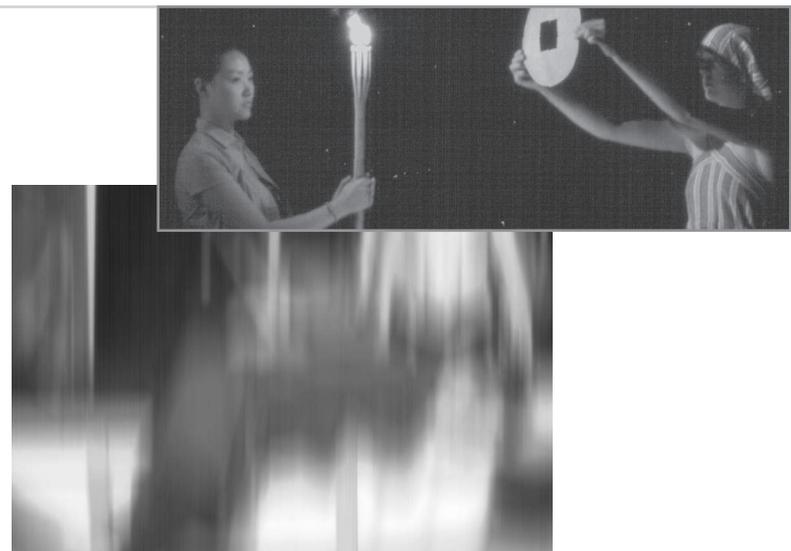


Es sollen perspektivisch unter dem Fokus spezifischer Strukturprobleme der Bodenseeregion theoretisch entwickelte städtebauliche Ansätze exemplarisch umgesetzt und getestet werden. Das städtebauliche Instrumentarium dazu ist die Bauausstellung. Die Durchführung der Bauausstellung soll das Ergebnis eines komplexen Konsensbildungsprozesses sein auf der Grundlage eines Basiskonzeptes, das unabhängig von lokalen Interessen auf der Grundlage fachlicher Kriterien erstellt wird. Es wird eine Bestandsanalyse durchgeführt, eine Befindlichkeitsstudie erstellt, ein Planerworkshop organisiert und darauf aufbauend ein Basiskonzept einer Bauausstellung inklusive städtebaulicher Prototypen erarbeitet. Ziel ist es, konkrete Handlungsanweisungen für kommunale und regionale Planungsbehörden zu erarbeiten und zur Verfügung zu stellen. Projektleiter sind Prof. Raimund Blödt und Prof. Frid Bühler.

## E-DELL-KOMM:

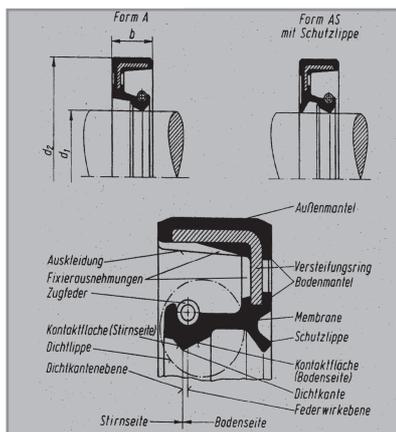
Anglo-German Business Communication

Ziele des Projektes sind zum einen die Gewinnung von Einsichten über die Form und insbesondere über die Schwierigkeiten der anglo-deutschen Interaktion im internationalen Wirtschaftsleben, zum anderen die auf der Basis dieser Erkenntnisse aufbauende Entwicklung [Erarbeitung von Inhalten und deren digitale und mediale Umsetzung] eines an britische bzw. amerikanische Geschäftsleute gerichteten, webbasierten Leitfadens zur Kommunikation mit deutschen Geschäftspartnern  
 Projektleiter ist Prof. Peter Franklin.



## Entwicklung eines Aktuators

vorzugsweise aus Formgedächtnislegierungselementen am Anwendungsbeispiel einer steuerbaren Wellendichtung



Ziel des Vorhabens ist es, eine steuerbare bzw. schaltbare Wellendichtung vorzugsweise aus Formgedächtnislegierungs-Materialien zu entwickeln. In sensiblen Anwendungsbereichen, bei denen aus der Abdichtung einer rotierenden Welle keinesfalls ein etwaiger Ölverlust auftreten darf, ist es bisheriger Stand der Technik, aus Sicherheitsgründen einen zweiten zusätzlichen Wellendichtring oder eine zusätzliche Dichtlippe einzubauen. Diese zusätzliche Abdichtung, die ständig im Eingriff steht, erzeugt eine beträchtliche zusätzliche Reibung und damit unnötige Energieverluste und Erwärmung. Diese Verluste lassen sich weitgehend reduzieren oder vollständig vermeiden, wenn der Anpressdruck der Dichtung steuerbar ist oder die zusätzliche Dichtlippe im Normalzustand berührungsfrei steht und mit Hilfe eines geeigneten Werkstoffaufbaus nur im Bedarfsfall fremdaktiviert oder selbsttätig zuschaltbar ist. Das Forschungsprojekt ist ein Verbundprojekt zwischen der Fachhochschule Heilbronn und der Fachhochschule Konstanz.  
 Projektleiter in Konstanz ist Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel.

EIN BISSCHEN  
METZELER STECKT  
IN JEDEM TRAUM.

Kaum etwas fasziniert die Menschen so sehr wie die Mobilität. Eine Faszination, die Metzeler seit 140 Jahren mit immer neuem Leben erfüllt – auch wenn wir uns in Millionen von Automobilen eher im Hintergrund halten: Metzeler Automotive Profile Systems sind weltweit führend in Entwicklung und Herstellung von Karosserie-Dichtungssystemen und Fensterführungstechnologien. 34 Produktionsbetriebe in 13 Ländern beschäftigen mehr als 7.500

Mitarbeiter, unsere Wurzeln haben wir dabei aber nie verloren: Sitz der European Division von Metzeler Automotive ist Lindau am Bodensee. Mit über 1.000 Arbeitsplätzen allein im Werk Lindau gehören wir zu den großen Arbeitgebern der Region. Und damit das auch in Zukunft so bleibt, sind uns die Ingenieure von morgen heute schon herzlich willkommen. Dabei laden wir Sie ein, mit Praktikas, Studien- oder Diplomarbeiten wertvolle Erfahrungen in

einem erfolgreichen Weltunternehmen zu sammeln – und im Idealfall nach Ihrem Abschluss als Dipl.-Ing. mit uns gemeinsam in Wegweisende Lösungen umzusetzen.

Wenn Sie Interesse haben, mit uns in Zukunft faszinierende Träume auf die Straße zu bringen, dann melden Sie sich noch heute via E-Mail bei: [info@maps-eu.com](mailto:info@maps-eu.com) oder im Internet unter [www.metzeler-profiles.com](http://www.metzeler-profiles.com)

