



FORUM

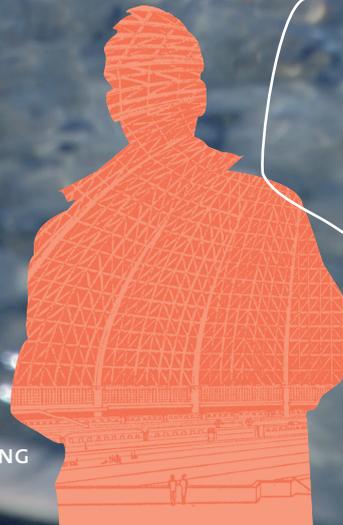
Das Forschungsmagazin der Hochschule Konstanz



TECHNIK



WIRTSCHAFT



GESTALTUNG



Steigen Sie ein.

Und die ganze Welt will was von Ihnen.

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

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

ThyssenKrupp Presta AG, 9492 Eschen, Fürstentum Liechtenstein
www.thyssenkrupp-presta.com

ThyssenKrupp Presta

Ein Unternehmen von ThyssenKrupp Technologies



ThyssenKrupp

HOCHSCHULE KONSTANZ

PROF. DR.-ING. GUNTER VOIGT	4
<i>Vizepräsident Forschung</i>	
PROF. DR.-ING. HORST WERKLE	4
<i>Wissenschaftlicher Direktor des Instituts für Angewandte Forschung – IAF</i>	
TECHNOLOGIETRANSFER: VON DER ENTWICKLUNG BIS ZUR SERIE DARSTELLUNG EINER MODERNEN PROZESSKETTE IM WERKZEUGBAU/ IN DER PRODUKTENTWICKLUNG	6
<i>Prof. Dr.-Ing. Carsten Manz und M. Eng. Mark Berlin</i>	
STUDIENANGEBOT	10
EXPERTEN	11
<i>Auszug aus den Expertenprofilen</i>	

TECHNIK

HOHEMPFINDLICHES OPTISCHES ABSTANDS- UND WINKELSENSORSYSTEM	24
<i>Prof. Dr. Claus Braxmaier und Dipl.-Phys. Thilo Schuldt</i>	
GROSSVERSUCH MIT BIODIESEL AUF DEM BODENSEE - BIODIESEL-PROJEKT NACH SECHS JAHREN ERFOLGREICH ABGESCHLOSSEN	32
<i>Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner</i>	
HOW TO DEPLOY AND STORE INITIAL FILTER CRITERIA IN AN IMS NETWORK	40
<i>Prof. Dr. Oliver Haase und Kazutaka Murakami</i>	
A PEER-TO-PEER SYSTEM FOR VIRTUAL WORLD APPLICATIONS	50
<i>Prof. Dr. Oliver Haase, Alfred Toth und Prof. Dr. Jürgen Wäsch</i>	
MODELLBASIERTE ARCHITEKTUR MIT MOF-METAMODELL UND MODELLBASIERTE FRAMEWORKS	56
<i>Prof. Dr. Hans Albrecht Schmid und Christian Baranowski</i>	
MODELLBASIERTE ENTWICKLUNG EINES GRAFIK-EDITORS FÜR COMPIJAVA MIT DEM GRAPHICAL-MODELING-FRAMEWORK GMF	62
<i>Prof. Dr. Hans Albrecht Schmid und Christian Baranowski</i>	
THE FLEXURAL STIFFNESS OF REINFORCED CONCRETE CRANE BEAMS STRENGTHENED USING CFRP LAMINATES	66
<i>Prof. Dr. Shi Qiyin, Wang jinlong und Li Aiqun</i>	

WIRTSCHAFT

MANAGEMENT ARCHITECTURES FOR A DYNAMIC WORLD – DYNAMISCHE FÄHIGKEITEN UND DIE STRATEGISCHEN FÜHRUNGSSYSTEME DER ZUKUNFT	72
<i>Prof. Dr. Guido Baltes</i>	
MARKTUNABHÄNGIGE PORTFOLIOERTRÄGE	80
<i>Prof. Dr. Leo Schubert</i>	

GESTALTUNG

ULRICH FINSTERWALDER (1897 - 1988) - GENIALER INGENIEUR AUS LEIDENSCHAFT	84
<i>Prof. Cengiz Dicleli</i>	

HOCHSCHULE KONSTANZ

PROJEKTE	90
-----------------	-----------

IMPRESSUM

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

REDAKTION:
Dipl.-Ing. FH Andreas Burger MBA, Referent für Forschung & Entwicklung,
Miriam Seitter, Studentin der Betriebswirtschaftslehre (studentische Hilfskraft)

FOTOS:
Archiv, privat

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

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

DRUCK UND WEITERVERARBEITUNG:
werk zwei GmbH,
Max-Stromeyer-Straße 180, D-78467 Konstanz
gedruckte Auflage: 5.000 Exemplare
ISSN 1619-9812, Ausgabe 2007/2008
Internetausgabe: ISSN 1611-3748

Im Jahr 2006 stellten sich der Hochschule Konstanz außerhalb der regulären Hochschulentwicklung besondere Aufgaben: Hochschuljubiläum und Wechsel in der Hochschulleitung. Der neue Präsident, Dr. Kai Handel, bekundete, bewährte Strukturen zu übernehmen, sich aber den aktuellen Notwendigkeiten der Hochschulentwicklung zu stellen. Insbesondere für die Forschung an der Hochschule verheißt dies eine weitere Stärkung.

Erfolgreiche Forschung wird als eines der zukünftigen Qualitätskriterien zur Bewertung von Masterstudiengängen genutzt werden. Zur Profilbildung der Hochschule hat ein Prozess zur Definition von Forschungsschwerpunkten begonnen, der neben der Fortführung der Forschung in Einzelprojekten und Forschung in den Fakultäten eine Ressourcenallokation in ausgewiesenen strategischen Bereichen durch die Hochschule zum Ziel hat.

Besondere Beachtung in der Forschungsförderung findet die deutliche Aufstockung von Bundesmitteln zur Unterstützung der Forschung an Fachhochschulen und die Einrichtung neuer Förderlinien durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF sowie die kontinuierliche Fortsetzung der Landesprogramme durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg.

Forschung an Fachhochschulen ist anwendungsorientiert. Die Themenfindung erfolgt in der Regel in Kooperation mit externen Partnern. Eigeninitiierte Forschung wird mit der Entwicklung von Forschungsschwerpunkten und der forschungsorientierten Berufung von Professoren der Besoldungsgruppe W3 vereinfacht.

Interessante Möglichkeiten zur Verbesserung der Kontinuität in der Forschungsarbeit ergeben sich aus dem Bundesgesetz zur Abänderung arbeitsrechtlicher Vorschriften in der Wissenschaft vom April 2007. Hier werden durch Flexibilisierung der Gestaltung von Arbeitsverträgen insbesondere aus Drittmitteln finanzierter Stellen und zur Weiterqualifizierung neue Möglichkeiten eröffnet, die die strukturellen Defizite durch den begrenzten akademischen Mittelbau in Teilen auffangen kann.

Die vorliegende neue Ausgabe des HTWG FORUM, des Forschungsmagazins unserer Hochschule, zeigt erneut an ausgewählten Projekten die Leistungsfähigkeit der HTWG im Bereich der angewandten Forschung.

Mein besonderer Dank gilt den Unternehmen, die durch Ihre Anzeige dieses Magazin finanziell ermöglicht haben.

Die deutschen Hochschulen befinden sich mitten in einem Wandel. Hierzu trägt insbesondere die mittlerweile weitgehend erfolgte Umsetzung des Bologna-Prozesses bei. Forschung hat hierbei im Zusammenhang mit den Master-Studiengängen einen besonderen Stellenwert. An der HTWG Konstanz – aber auch an anderen Hochschulen – haben die Forschungsleistungen im vergangenen Jahr weiter zugenommen. Zukünftig werden eine stärkere Profilierung und damit eine weitere Stärkung des Drittmittelpotentials angestrebt.

Ein weiteres Kennzeichen der neuen Hochschule ist eine stärkere Internationalisierung. Die HTWG Konstanz hat bereits frühzeitig ihre internationalen Kontakte ausgebaut und verfügt heute über Partnerschaften mit weltweit 49 Hochschulen. China hat hierbei nicht nur wegen des Studienganges Wirtschaftssprachen Asien und Management traditionell einen besonderen Stellenwert. Aus China kommt auch die Anregung, in die Forschungsmagazine der Hochschulen jeweils einen Beitrag einer Partnerhochschule aufzunehmen. Dieser Anregung sind wir gerne gefolgt. Sie finden in dieser Ausgabe des HTWG FORUM erstmalig den Beitrag eines Kollegen einer ausländischen Partnerhochschule. Der Autor, Prof. Qiyin Shi von der Jiangsu University in Zhenjiang/China, hat im vergangenen Jahr ein Forschungssemester an der HTWG Konstanz verbracht. Diese Reihe wollen wir mit Beiträgen anderer Partnerhochschulen weiter fortführen.

Ich wünsche den Lesern eine interessante und spannende Lektüre.

12.000 Experten in fünf europäischen Ländern – Drei strategische Geschäftsfelder – Alles unter dem Dach eines Unternehmens. Wir entwickeln und bauen Satelliten und Trägersysteme. Wir bieten komplette Dienstleistungen an.
Effizienz und Zuverlässigkeit – Astrium.

SATELLITES – SPACE TRANSPORTATION – SERVICES

All the space you need

Suchen Sie eine Aufgabe mit Freiräumen und Gestaltungsmöglichkeiten? Dann liegt es an Ihnen sich mit uns in Verbindung zu setzen.

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung unter:
<http://www.eads.net/1024/dé/career/jobmarket/jobmarket.html>

Astrium GmbH, 88039 Friedrichshafen

Copyright/Verlagsrechte
LUG-RIE

satellites **launch systems** *services*



PROF. DR.-ING. CARSTEN MANZ ist seit Oktober 2006 Dekan der Fakultät Maschinenbau und leitet unter anderem das Labor für Kunststofftechnik. Seine Schwerpunkte sind neben der Kunststofftechnik Schnittstellenthemen wie das Projektmanagement und das Technologie- und Innovationsmanagement.



M. ENG. MARK BERLIN ist seit 2003 als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule tätig. Nach seinem Aufbaustudium an der HTWG arbeitet er seit Mitte 2005 zusätzlich als Doktorand bei Weber Fibertech und ist Lehrbeauftragter für die Vorlesung „Werkstoffkunde und Fertigungsverfahren II“.

Gewichts- und Kosteneinsparung sind in allen technischen Bereichen wichtige Aspekte. Beide werden immer häufiger mit der Kunststofftechnik in Verbindung gebracht, da hier leichte, robuste und günstige Werkstoffe zur Verfügung stehen. Deutlich sichtbar wird dieser Punkt durch den seit Jahrzehnten rasant steigenden Bedarf an Kunststoffprodukten. Zur schnellen und günstigen Serienherstellung von Kunststoffbauteilen ist das Spritzgießen ein etabliertes und weit verbreitetes Verfahren. Einer anfänglich hohen Investition in ein formendes Werkzeug steht eine hohe und reproduzierbare Anzahl an Einheiten in kurzer Zykluszeit und gleich bleibender Qualität in einem sehr engen Toleranzfenster gegenüber. Die aktuelle Arbeit zeigt ein mögliches Vorgehen bei der Entwicklung eines Spritzgießbauteils anhand eines konkreten Beispiels von dem ersten Konzept bis zur fertigen Serienlösung.

Ausgangssituation ist die Anfrage der Firma Schaar Design, Hersteller von Designständen und Schaukästen. Aufgrund gestiegener Nachfrage im Schaukastenbereich wurde die vorhandene Produktionslösung, Fräsen der Abdeckkappen aus Aluminium-Vollmaterial, zunehmend

unlucrative. Gesucht ist nun ein Substitut, welches günstig und schnell in höheren Stückzahlen herzustellen sowie optisch integrierbar ist, als auch ein Gewichtseinsparpotential vorweisen kann. Der grundsätzliche Ablauf dieses Projektes ist in Abbildung 1 ersichtlich.

SUBSTITUTIONSKONZEPT

Unter Vorgabe einer gegebenen Stückzahl von 1000 werden in einem ersten Schritt mehrere Herstellungsalternativen geprüft. Da diese Stückzahl absatzbedingt stark steigen kann, ist die Fertigung mittels Spritzgießen zu bevorzugen. Die Präferenz ergibt sich technologisch aufgrund der großen Gestaltungsfreiheit und hohen Reproduzierbarkeit und wirtschaftlich durch kurze Zykluszeiten und einer problemlosen Anpassung der Stückzahl bei einer potenziellen Nachfragesteigerung. Hauptkostenfaktor ist das formgebende Werkzeug, dessen Gewichtung nur mit wachsender Bauteilanzahl abnimmt. Hier ist ein günstiges Konzept erforderlich. Nicht vernachlässigbar ist die Wahl des Werkstoffs. Er muss sowohl mechanischen und optischen als auch ökonomischen Ansprüchen genügen. Bei diesem Projekt

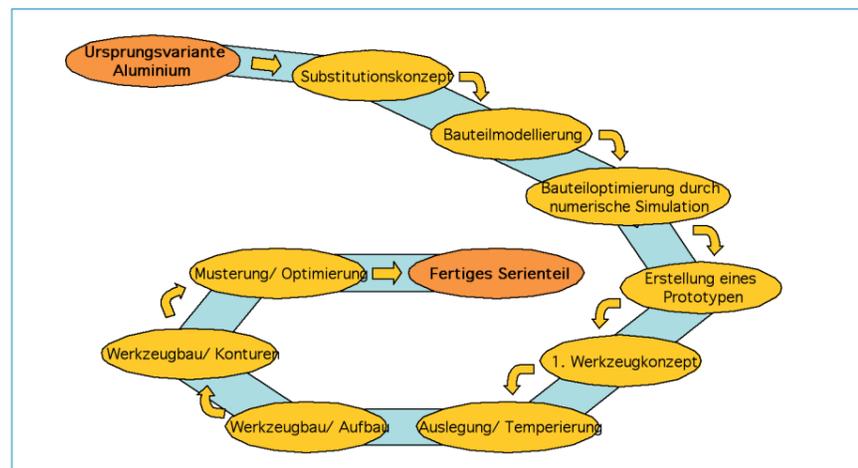


Abb. 1: PROJEKtablauf

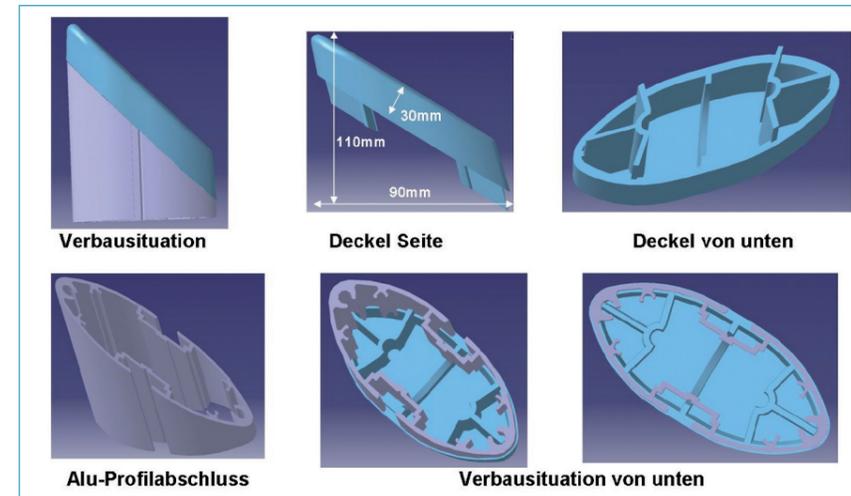


Abb. 2: DESIGNKONZEPT

entfällt eine Berechnung mittels vorgegebener Lastfälle, da nur geringe Beanspruchungen zu erwarten sind. In die engere Materialauswahl kommen ein Polypropylen, bedingt durch geringe Materialkosten und ein einfacher Polyamid 6, mit den Vorteilen einer verschleißfesten anspruchsvollen Oberfläche.

BAUTEILMODELLIERUNG

Die Bauteilmodellierung geschieht mittels CAD (hier Pro Engineer). Erste Designkonzepte werden erstellt, bewertet und selektiert. Der Fokus liegt auf einem ansprechenden und funktionalen Design sowie der fertigungstechnischen Machbarkeit. Abbildung 2 zeigt das gewählte Konzept.

BAUTEILOPTIMIERUNG DURCH NUMERISCHE SIMULATION

Mit Hilfe der Simulationssoftware des Unternehmens Moldflow können vorab mehrere kritische Punkte geklärt werden. Untersuchungsfokus liegt auf dem Füllverhalten, der voraussichtlichen Schwindungsneigung und dem Verzug. Weiterhin

wird das allgemeine Abkühlverhalten bei einfachen Kühlkreisläufen abgeschätzt.

ERSTELLUNG EINES PROTOTYPEN

Mittels Lasersintern fertigt die Firma EOS einen ersten Prototyp nach gegebenen CAD-Datensatz. Trotz numerischer Simulation und umfangreichen grafischen Darstellungsmöglichkeiten bietet ein reales Bauteil immer noch die besten Möglichkeiten, den Verbau und das direkte Erscheinungsbild zu untersuchen.

ERSTES WERKZEUGKONZEPT

Ist die endgültige Bauteilkontur festgelegt, folgt die Auslegung des formgebenden Mediums im Rahmen einer studentischen Projektarbeit. Das erste Konzept beschäftigt sich mit den grundsätzlichen Umsetzungsmöglichkeiten. Typische Fragestellungen zielen ab auf die Positionierung des Teils in der Form, Art der Entformung, Gestaltung der Trennebene und Positionierung des Einspritzpunktes zur gleichmäßigen Befüllung. Auch hier liegt der Schwerpunkt auf einer kostengünstigen und dem Stand

der Technik angemessenen Umsetzung. Eine Möglichkeit, den späteren Fertigungsaufwand zu verringern, bietet sich in der Verwendung von Standardaufbauten, standardisierte Werkzeugelemente, die in hoher Qualität und vorgefertigt von Normalienherstellern bezogen werden können. In diesem Fall ist ein Standardaufbau der Firma Meusburger die erste Wahl. Zudem wird die Formkontur aus Aluminium geplant, da es fertigungstechnisch günstiger ist als Stahl und von der Standzeit her für die geplante Stückzahl ausreicht.

AUSLEGUNG TEMPERIERUNG

Ein weiteres studentisches Projekt beinhaltet die Kühlauslegung. Die Aufgabenstellung beinhaltet die Aufarbeitung der allgemeinen Möglichkeiten der Kühlberechnung, der bauteilspezifischen Kühlauslegung sowie der Erarbeitung moderner Realisierungsmöglichkeiten einer konturnahen Kühlung. Die konstruktive Umsetzung und Optimierung erfolgt mit starker Unterstützung der Firma Dorn, welche auch den späteren Formenbau übernimmt. Die optimale Kühlung beinhaltet einen Widerspruch zwischen der physikalisch, technisch und wirtschaftlich optimalen Lösung. Physikalisch sollte eine gleichmäßige Wärmeabfuhr aus allen Bauteilbereichen erfolgen. Technisch realisierbar ist dieses in gewissem Maß, allerdings mit sehr hohem Aufwand (ein Beispiel wäre die Fertigung eines Konturelements

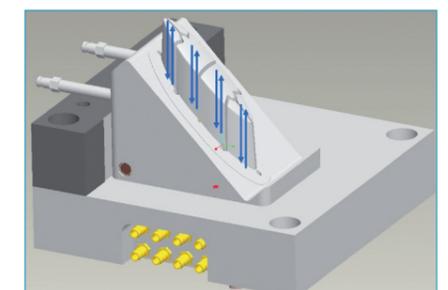


Abb. 3: KÜHLUNGSauslegung

mittels eines Rapid Tooling Verfahrens, bei dem eine dreidimensionale, konturnahe Werkzeugkühlung eingebracht werden kann. Neben technischen Nachteilen ist hier aber der Preis von Nachteil). Letztendlich realisiert wird eine wirtschaftlich vertretbare, aber technisch sehr anspruchsvolle Lösung mittels Steigbohrungen, die eine konturnahe als auch segmentspezifische Kühlmöglichkeit für jeden Einzelabschnitt bietet. Somit können evtl. später auftauchende Schwindungs- und Verzugsprobleme gezielt behoben werden.



ABB. 4: SERIENBAUTEIL

PROJEKTFAZIT

Ziel war die Darstellung einer modernen Prozesskette in der Produktentwicklung im Bereich der Kunststofftechnik. Mit dem gewählten Beispielbauteil ist dieses eindrucksvoll durch Integration von studentischen Projektarbeiten und der Unterstützung durch industrielle Partner gelungen. An dieser Stelle bedanken sich die Autoren bei allen Beteiligten herzlich für die gelungene Umsetzung im Sinne von Forschung und Lehre.

AUSBLICK

Das Vorgehen und die Projektergebnisse fließen direkt in die Laborübungen zur Vorlesung „Werkstoffkunde und Fertigungsverfahren 2“ der Bachelorstudiengänge im Maschinenbau ein und werden weiterhin ausgebaut. Durch eine neue Spritzgießanlage des Unternehmens Arburg (Allrounder 270C) und einer Referenzinstallation des Prozessoptimierungstools Moldflow Plastics Xpert (MPX) der Firma Moldflow können Studierende des Maschinenbaus zukünftig selbstständig das Werkzeug einrichten, notwendige Maschineneinstellungen erarbeiten und mit dem bis dahin erarbeiteten werkstoffkundlichen Hintergrund den Herstellprozess optimieren. Aufgrund der sehr guten Segmentkühlung können gezielt Schwindung und Verzug beeinflusst und besser verstanden werden.

Weitere Informationen sind auch in Kürze auf der Homepage des Labors unter www.kst.ma.htwg-konstanz.de abrufbar.

An dieser Stelle nochmals herzlichen Dank allen Industriepartnern, die dieses Projekt ermöglichten.

WERKZEUGBAU/ AUFBAU UND KONTUREN

Die Auslegung und konstruktive Gestaltung des Werkzeugs erfolgt an der Hochschule in enger Kooperation mit dem Formenbauer. Die Firma Dorn optimiert und fertigt die Konturelemente inklusive der gesamten Kühlung. Der Unterbau und das Auswerferpaket, welches die spätere Entformung des erstarrten Bauteils übernimmt, ist Aufgabe der Hochschulwerkstatt. Die anschließende Feinabstimmung wird ebenfalls von Firma Dorn übernommen.

MUSTERUNG/ OPTIMIERUNG

Die Erstbemusterung geschieht aus Kapazitätsgründen ebenfalls bei Firma Dorn. Hier können nun letzte Abstimmungen sowie eine Parameteroptimierung vorgenommen werden. Die noch ausstehende, endgültige Werkstoffwahl fällt zu Gunsten des Polyamid 6 aus, da der Polypropylen eine zu weiche und somit nicht kratzfeste Oberfläche aufweist.

ENDGÜLTIGES SERIENBAUTEIL

Nach erfolgreicher Optimierung und weiterer Abstimmung liegt ein kundenspezifisches und marktaugliches Serienbauteil vor.

Wieviele 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 ca. 4.400 Mitarbeitern in fünf deutschen Städten erzielen wir einen Umsatz von ca. 2,2 Mrd. Euro.

Lust auf mehr NIROSTA®?

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

ThyssenKrupp Nirosta GmbH

Julia Martin, Personalentwicklung
Oberschlesienstraße 16, 47807 Krefeld
Tel.: +49 2151 832841
julia.martin@thyssenkrupp.com
<http://www.nirosta.de>

Thyssen Krupp Nirosta

Ein Unternehmen von ThyssenKrupp Stainless



ThyssenKrupp

BACHELOR-STUDIENGÄNGE

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

MASTER-STUDIENGÄNGE

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

THE HIGH VOLTAGE COMPANY 

IM STROMFLUSS DER ZEIT

Wann immer es um individuelle Problemlösungen im internationalen Markt der Prüf- und Messtechnik geht, liefert BAUR die Spitzentechnologie für die Bereiche:

- Hochspannungsprüfung und Diagnose
- Kabelfehlerortung
- Dielektrische Isolierstoffprüfung.
- Technische Dienstleistungen

Willkommen im BAUR-Team!

BAUR bietet dir weit mehr als nur einen spannenden Arbeitsplatz. Das Mit- und Füreinander wird bei uns groß geschrieben und jeden Tag gelebt. Vertrauen und Wertschätzung sind das Fundament, auf dem wir bauen.

www.baur.at

EXPERTEN Auszug aus den Expertenprofilen nach jeweils eigenen Angaben
Abbildungen aus der Ausstellung „5+1“ der Fakultät Architektur und Gestaltung; Studiengang Kommunikationsdesign in der Villa Rheinburg

ARCHITEKTUR UND GESTALTUNG

PROF. ANDREAS BECHTOLD

LEHRGEBIETE: Timebased-Design, (Bewegtbild im Kommunikationsdesign): Filmtechnik, Drehbuch und Dramaturgie des Erzählens, Regie, Schnitt, Sounddesign und auch Filmgeschichte. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Anthropologie des Erzählens. Entwicklung eines nachhaltigen Lehrkonzeptes zur Vermittlung aktiver Medienkompetenzen (journalistisches Arbeiten, Konzeption und Umsetzung von TV-Formaten etc.) **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Drehbuchautor und Kinderbuchautor
Tel.: +49 (0)7531 3659272
e-Mail: bechtold@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. IMMO BOYKEN

LEHRGEBIETE: Architekturgeschichte, Architekturtheorie, Bauaufnahme und Entwerfen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Forschungen zur Entstehung der modernen Architektur. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts, Bauaufnahme
Tel.: +49 (0)7531 206-199
e-Mail: boyken@htwg-konstanz.de

PROF. CONSTANTIN BOYTSCHIEFF

LEHRGEBIETE: Digitale Medien und Architekturdarstellung. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Einsatz des Computers für die Planung, Integration von Umweltgesichtspunkten in die Planungstools, Erforschung und Entwicklung von Virtual-Reality-Systemen für die Planung, virtuelle Welten und Interaktionen (3-D-Cave vorhanden). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Virtual-Reality-Systeme, virtuelle Welten und Interaktionen
Tel.: +49 (0)7531 206-619
e-Mail: boytscheff@htwg-konstanz.de

PROF. CENGIZ DICLELI

LEHRGEBIETE: Tragkonstruktionen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Geschichte des Ingenieurbaus. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Tragwerksentwurf
Tel.: +49 (0)7531 206-180
e-Mail: dicleli@htwg-konstanz.de

PROF. DR. VOLKER FRIEDRICH

LEHRGEBIETE: Kreatives Schreiben im Kommunikationsdesign, professionelles Schreiben, wissenschaftliches Schreiben, Rhetorik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Schreibrhetorik, Bild-Text-Wechselwirkungen, schriftliche Organisationskommunikation, Medientheorie. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Medienkonzeption, -produktentwicklung und -realisation
Tel.: +49 (0)7531 206-659
e-Mail: fried@htwg-konstanz.de

PROF. JUDITH M. GRIESHABER

LEHRGEBIETE: Kommunikationsdesign und Mediadesign, analytisches Gestalten, experimentelles und konzeptionelles Gestalten, Ausstellungskonzeption und -design, Kommunikationsprogramme, Kultur und Kommunikation im öffentlichen Raum. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Anmutungs- und Wirkungsprofile interkulturell; Unternehmenskultur und -kommunikation im internationalen Kontext. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Durchführung von Seminaren zu Unternehmenskommunikation und -kultur, Corporate Identity, Massenkommunikation und Marketing
Tel.: +49 (0)7531 206-856
e-Mail: grieshaber@htwg-konstanz.de

PROF. BERND JAHNKE

LEHRGEBIETE: Grundlagen Kommunikations-Design, Corporate Communication, Marketing, Diplombetreuung. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Corporate Communication. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Corporate Design, Corporate Communication, Analyse und Bewertung von Kommunikationsmitteln und -medien, Messe- und Ausstellungswesen, Orientierungs- und Leitsysteme, interaktive Systeme, Virtual Reality
Tel.: +49 (0)7531 206-850
e-Mail: jahnke@htwg-konstanz.de

PROF. KARIN KAISER

LEHRGEBIETE: Kommunikationsdesign. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Knowledge Media Design, interdisziplinäre Arbeits- und Explorationsformen, visuelle Identitäten. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Editorial Design, Corporate Design, Interdisziplinäre Projekte (Knowledge Media Design, Environmental Design)
Tel.: +49 (0)7531 206-851
e-Mail: karin.kaiser@htwg-konstanz.de

PROF. JOSEF LENZ

LEHRGEBIETE: Entwerfen (besonders Wohnungsbau, Museen), Baukonstruktion (besonders Niedrigenergiebauweise, Passivhaus-Standards). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Passivhaus-Entwicklung, Solartechnik, Ausstellungsdesign, Museumskonzepte
Tel.: +49 (0)7531 206-188
e-Mail: jos.lenz@htwg-konstanz.de

PROF. MANFRED VON MENDE

LEHRGEBIETE: Entwerfen, Versorgungstechnik, Bauphysik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Energieeffizientes Bauen, Nutzerakzeptanz. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Energieeffizientes Bauen, Schäden an Gebäuden
Tel.: +49 (0)7531 206-185
e-Mail: mende@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ROLF NEDDERMANN

LEHRGEBIETE: Baumanagement mit den Bereichen: Bauwirtschaft, Baubetrieb und -durchführung, Baukonstruktion **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Baukostenplanung, kostengünstiger Wohnungsbau, Kostenplanung im Altbaubereich, Kosten- und Leistungsrechnung für Architekten und Ingenieure, Fachveröffentlichungen, Fortbildungen
Tel.: +49 (0)7531 206-688
e-Mail: nedderma@htwg-konstanz.de

PROF. STEPHAN ROMERO

LEHRGEBIETE: Entwurf, Darstellung, Gestaltung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Gebäudeplanung, Stadtplanung, Objektplanung nach HOAI (alle Leistungsphasen)
Tel.: +49 (0)7531 206-196
e-Mail: romero@htwg-konstanz.de

PROF. LEONHARD SCHENK

LEHRGEBIETE: Städtebau und Entwerfen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Nachhaltigkeit im Städtebau, besonders: Innenentwicklung, Brachflächenrecycling (Reduzierung der Flächeninanspruchnahme); Alternative Wohnformen, z.B. Baugemeinschaftsmodelle; Zukunft der Bürgerstadt. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Stadtplanung (Auszeichnung: Deutscher Städtebaupreis 2001), Wohnungsbau, Landschaftsplanung
Tel.: +49 (0)7531 206-183
e-Mail: leonhard.schenk@htwg-konstanz.de

PROF. 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@htwg-konstanz.de

PROF. VALENTIN WORMBS

LEHRGEBIETE: Professur für Image-Design, konventionelle und digitale Fotografie und Bildgestaltung, Grundlagen der Fotografie und Fototechnik, Grundlagen Kommunikationsdesign. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Interdisziplinäre Untersuchungen von Bildräumen, Bild-Text-Wechselwirkungen, Medientheorie Bildwissenschaft, Bildrhetorik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Künstlerische Druckverfahren
Tel.: +49 (0)7531 3659271
e-Mail: wormbs@htwg-konstanz.de

BAUINGENIEURWESEN

Prof. Dr. Heiko Denk

LEHRGEBIETE: Massivbau und IT im Bauwesen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Intelligent Computing in Engineering, praxisgerechte Softwareentwicklung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Spannbetonbau, Stahlbetonbau, Brückenbau
Tel.: +49 (0)7531 206-205
e-Mail: denk@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Francke

LEHRGEBIETE: Stahlbau, Verbundbau und Ingenieurholzbau. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Brandschutztechnische Bemessung, Verbundbau, Stahlbau, Ingenieurholzbau, Stabilitätsprobleme (Biegedrillknicken, Plattenbeulen), Gesamtstabilität, Traglastuntersuchungen, statische und dynamische, lineare und nichtlineare Bemessung, Schockbelastungen, virtuelle Experimente und Simulation in der Lehre. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Brandschutztechnische Bemessung im Verbundbau, Industriehallen und Geschossbauten aus Holz, Stahl und Stahl-Beton-Verbund, Parkhäuser aus Stahl-Beton-Verbund, nichtlineare Berechnungen (Gesamtstabilität, Biegedrillknicken, Plattenbeulen), transiente Einwirkungen
Tel.: +49 (0)7531 206-217
e-Mail: francke@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. PETER HIRSCHMANN

LEHRGEBIETE: Wasserbau und Wasserwirtschaft, Hydromechanik/Hydraulik, Ökologie und Raumplanung, Geo-Informationssysteme (GIS). **FORSCHUNGSGEBIETE:** Ökologischer Gewässerausbau, Retention, Strömung in Gewässern und Rohrleitungen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Wasserwirtschaftliche Planung, ökologischer Gewässerausbau, Wasser- und Baurecht einschl. Genehmigungsverfahren, Raumplanung, Hydraulik
Tel.: +49 (0)7531 206-219
e-Mail: hirschma@htwg-konstanz.de



PROF. DR. BERND JÖDICKE

LEHRGEBIETE: Physik, Lichttechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Lichttechnik/Beleuchtung (Tageslicht, Licht und Mensch, Messung von Licht). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Lichttechnik / Beleuchtung, Wärmeübertragungsmessung
Tel.: +49 (0)7531 206-345
e-Mail: joedicke@htwg-konstanz.de

PROF. DR. KLAUS-PETER MESSMER

LEHRGEBIETE: Technische Mechanik, Baustatik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Nichtlineare Berechnung von Platten- und Schalentragwerken. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Nichtlineare Berechnung von Platten- und Schalentragwerken
Tel.: +49 (0)7531 206-207, -212
e-Mail: messmerk@htwg-konstanz.de

PROF. DR. WOLFGANG REITMEIER

LEHRGEBIETE: Geotechnik (Grundbau, Bodenmechanik). **FORSCHUNGSGEBIETE:** Untergrundverbesserung mit Stabilisierungssäulen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Aufstehende und -schwimmende Gründungen in weichen Böden, Vermessung, Ausführung, Qualitätssicherung
Tel.: +49 (0)7531 206-224
e-Mail: reitmeier@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. SYLVIA STÜRMER

LEHRGEBIETE: Baustofftechnologie/Bauchemie, Bauphysik, Bauwerkserhaltung/Bauschadensanalyse/Denkmalpflege, Darstellende Geometrie. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Untersuchung und Bewertung mineralischer Baustoffe (auch historische Baustoffe), Baustoffe und Verfahren in der Bausanierung bzw. im Bautenschutz
Tel.: +49 (0)7531 206-225
e-Mail: stuermer@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. HORST WERKLE

LEHRGEBIETE: Baustatik und Baudynamik, Bauinformatik **FORSCHUNGSGEBIETE:** Finite-Element-Methode in der Tragwerksplanung, Bauwerks- und Bodendynamik, Engineering Desktop Systeme in der Tragwerksplanung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Finite-Element-Berechnungen, baulastdynamische Berechnungen, erdbebensicheres Bauen
Tel.: +49 (0)7531 206-211, -212
e-Mail: werkle@htwg-konstanz.de

PROF. FRANZ A. ZAHN, PH.D.

LEHRGEBIETE: Stahlbetonbau, Spannbetonbau, Betontechnologie **FORSCHUNGSGEBIETE:** Spannbeton, Verbundbau, Erdbebensicherung von Bauwerken. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Spannbeton, Verbundbau, Erdbebensicherung von Bauwerken
Tel.: +49 (0)7531 206-216
e-Mail: fzahn@htwg-konstanz.de

PROF. EBERHART ZOLLER

LEHRGEBIETE: Baubetrieb, Bauvertragswesen, Kalkulation, Projektsteuerung. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Schalungssysteme im Baubetrieb, 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@htwg-konstanz.de

ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

PROF. DR.-ING. THOMAS BIRKHÖLZER

LEHRGEBIETE: Mathematik, Informatik, Software Engineering. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Entwurfsmuster für objektorientierte Software, Architektur von vernetzten IT-Systemen (speziell im Gesundheitswesen), wahrscheinlichsbasierte 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 wahrscheinlichsbasierten Diagnosesystemen
Tel.: +49 (0)7531 206-239
e-Mail: thomas.birkhoelzer@htwg-konstanz.de

PROF. DR. WILHELM FROMM

LEHRGEBIETE: Prozessautomatisierung, Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), Schutz- und Stationsleittechnik, Programmieren. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Schutz- und Stationsleittechnik (Automatisierung in Schaltanlagen). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Schutz- und Stationsleittechnik (Automatisierung in Schaltanlagen)
Tel.: +49 (0)7531 206-368
e-Mail: fromm@htwg-konstanz.de

PROF. DR. MANFRED GEKELER

LEHRGEBIETE: Leistungselektronik, elektrische Antriebstechnik, Energiewandlung. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Leistungselektronik, Power Factor Correction (PFC), Solarwechselrichter, Soft Switching, Vector Control. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Leistungselektronik, Power Factor Correction (PFC), Solarwechselrichter, Soft Switching, Vector Control, Stromrichter, Frequenzumrichter, Stromversorgungen, Schaltnetzteile (SMPS), Permanentmagnet-Motoren
Tel.: +49 (0)7531 206-220, -258
e-Mail: gekeler@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. MATTHIAS GOLLOR

LEHRGEBIETE: Raumfahrtelektronik, Elektronik, Hochspannungstechnik, Projektmanagement, Elektrotechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Elektronische Systeme für Raumfahrtanwendungen, Hochspannungs- und Hochleistungssysteme (insbesondere auch für Raumfahrt). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Elektronik und Systeme der Raumfahrt, Hochspannungsimpulstechnik
Tel.: +49 (0)7531 206-271
e-Mail: gollor@htwg-konstanz.de

PROF. DR. WERNER KLEINHEMPEL

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

PROF. DR. ROBERT KREMER

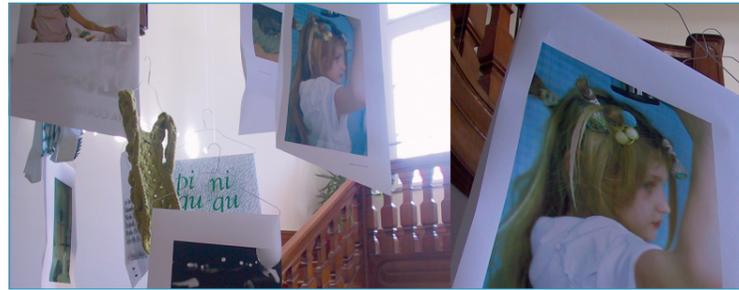
LEHRGEBIETE: Analoge Signalverarbeitung, Hochfrequenztechnik, Mikrowellentechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** HF-Sensorik, Antennen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Kurzbereichsfunk, RADAR-Technik, Mikrowellen-Schattungstechnik, Mikrowellen-Messtechnik
Tel.: +49 (0)7531 206-269
e-Mail: kremer@htwg-konstanz.de

PROF. DR. RICHARD LEINER

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

PROF. DR. GABRIELE PREISSLER

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



PROF. DR.-ING. CHRISTIAN SCHAFFRIN

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

PROF. DR. WOLFGANG SKUPIN

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

PROF. DR. PETER SLOWIG

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

PROF. DR. GUNTER VOIGT

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

PROF. DR. KLAUS WEIGELT

LEHRGEBIETE: Elektrische Maschinen, Kraftwerkstechnik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Entwicklung von Spezialmaschinen, Sondermaschinen, Kraftwerksgeneratoren, Schaden- und Fehleranalysen, FE-Berechnungen (mechanisch, thermisch, magnetisch, elektrisch), Entwicklung von Anlagenmonitoringsystemen
Tel.: +49 (0)7531 206-245
e-Mail: weigelt@htwg-konstanz.de

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@htwg-konstanz.de

PROF. DR. WERNER WOLFF

LEHRGEBIETE: Grundlagen der Elektrotechnik, Übertragungstechnik, Datenübertragung, optische Nachrichtensysteme
Tel.: +49 (0)7531 206-270
e-Mail: wolff@htwg-konstanz.de

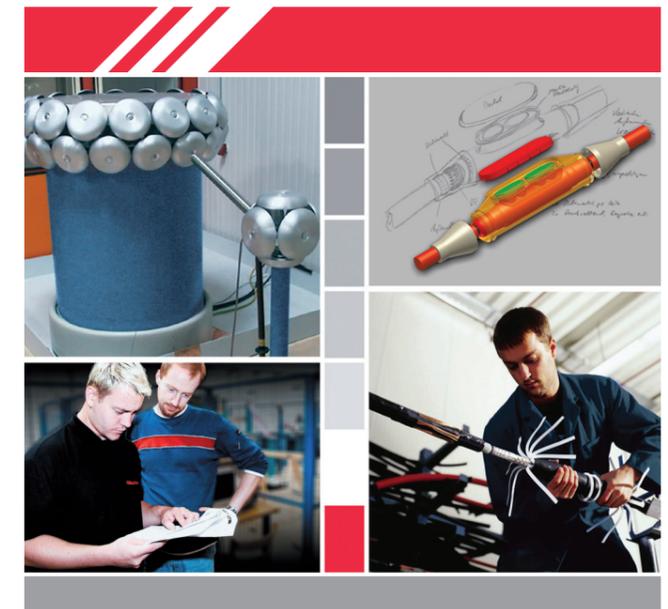
INFORMATIK

PROF. DR. OLIVER BITTEL

LEHRGEBIETE: Programmierertechnik, Algorithmen und Datenstrukturen, KI-Programmierung, Neuronale Netze und Fuzzy Logic, Robotik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Neuronale Netze und Fuzzy Logic, Mobile autonome Roboter. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Neuronale Netze und Fuzzy Logic, mobile autonome Roboter, insbesondere Einsatz von neuronalen Netzen und Fuzzy Logic in Navigationssystemen (GPS, Loran-C)
Tel.: +49 (0)7531 206-626
e-Mail: bittel@htwg-konstanz.de

PROF. DR. HEIKO VON DRACHENFELS

LEHRGEBIETE: Software-Entwicklung, Programmierertechnik (mit C++), Objektorientierte Systementwicklung (mit C++, Java, UML). **FORSCHUNGSGEBIETE:** Produktivitätssteigerung in der Software-Entwicklung durch Standard-Architekturen und Entwurfsmuster, Software-Generierung, Fachsprachen, objektorientierte Renovierung von Altlasten. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Verteilte Systeme, Software-Architektur, Software-Engineering, 10 Jahre Praxiserfahrung damit in der Postautomatisierung
Tel.: +49 (0)7531 206-643
e-Mail: drachenfels@htwg-konstanz.de



Visionäre gesucht

Steigen Sie ein in eine **Ingenieurskarriere**, in der Sie viel bewegen werden. Chemie- und Analyselaboratorien sowie ein Garniturenprüffeld mit modernen Einrichtungen erwarten Sie. Starke und zuverlässige Spitzenpartner innerhalb eines innovativen, weltweit operierenden Unternehmens arbeiten mit Ihnen Hand in Hand an gemeinsamen Zielen, erforschen und entwickeln mit Ihnen Kabelgarnituren bis 36 kV und hierfür relevante Komponenten. An der Seite von Entwicklungspartnern an Instituten, Hochschulen und in der Industrie erarbeiten Sie sich eine Kompetenz, von der Sie persönlich und beruflich getragen werden. Als Mitglied unseres Teams blicken Sie in eine spannende Zukunft. www.cellpack.com

Systems For Professionals

CELLPACK
Electrical Products

PROF. DR. OLIVER ECK

LEHRGEBIETE: Datenbanksysteme, Systemmodellierung, Algorithmen und Datenstrukturen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Konzepte und Techniken moderner Datenbanksysteme, Wissensmodellierung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Datenbanksysteme, Softwaretechnik, Systemanalyse, Wissensbasierte Systeme, Ingenieursysteme
Tel.: +49 (0)7531 206-630
e-Mail: eck@htwg-konstanz.de

PROF. DR. WILHELM ERBEN

LEHRGEBIETE: Statistik, Logik (-programmierung), Metaheuristiken für Optimierungsprobleme, Data Mining. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Timetabling mit Hilfe Evolutionärer Algorithmen oder anderer Metaheuristiken. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Timetabling/ Scheduling, Metaheuristiken, Statistik mit Excel
Tel.: +49 (0)7531 206-507
e-Mail: erben@htwg-konstanz.de

PROF. DR. JÜRGEN FREUDENBERGER

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

PROF. DR. HABIL. JÜRGEN GARLOFF

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

PROF. DR. MICHAEL GRÜTZ

LEHRGEBIETE: Betriebliche Systemanalyse / Systemplanung, Betriebliche Systemforschung / Operations Research / Logistik, Informationssysteme öffentlicher Betriebe (Krankenhaus-Informationssysteme) basierend auf einem Planspiel, Informationsmanagement, Projektmanagement. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Entwicklung EDV-gestützter Optimierungsmethoden und -modelle (Operations Research, Expertensysteme, Simulation), im Besonderen im Bereich Personaleinsatzplanung, Decision Support Systeme im Bereich



Gesundheitsökonomie / Krankenhauswesen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Entwicklung einer rechnergestützten Lösung zur intelligenten Einsatzplanung für Auszubildende, Trainees und Praktikanten (Versetzungplanung), Entwicklung eines Programmpakets zur rechnergestützten Auswahl und Verwaltung von Bewerbern für Arbeitsplätze, Systemanalyse in einem mittelständischen Betrieb zur Automatisierung von Beschichtungsanlagen
Tel.: +49 (0)7531 206-398, -502
e-Mail: gruetz@htwg-konstanz.de

PROF. DR. OLIVER HAASE

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

PROF. DR. KLAUS HAGER

LEHRGEBIETE: Software-Entwicklung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Objektorientiertes Programmieren mit C++
Tel.: +49 (0)7531 206-150
e-Mail: hager@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ULRICH HEDTSTÜCK

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

PROF. DR. ELKE-DAGMAR HEINRICH

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

PROF. DR. CHRISTIAN JOHNER

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

PROF. DR. RALF LEIBSCHER

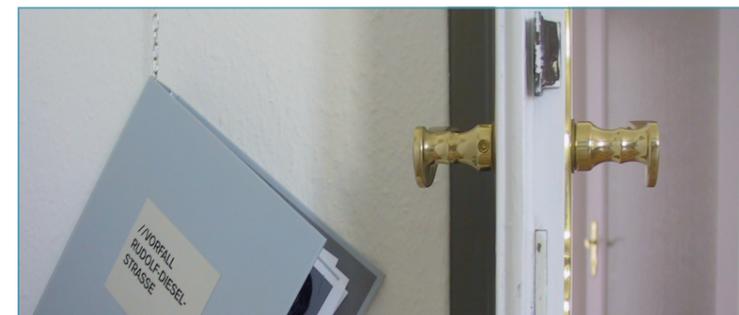
LEHRGEBIETE: Rechner- und Systemarchitektur, Betriebssysteme, Rechnernetze, verteilte Systeme. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Verteilte Systeme, Internet-Anwendungen. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** CORBA, Enterprise Java Beans, SAP-SW-Technologie (BAPIs, SAP-Internet-Anwendungen, ALE)
Tel.: +49 (0)7531 206-657
e-Mail: leibsch@htwg-konstanz.de

PROF. DR. MICHAEL MÄCHTEL

LEHRGEBIETE: Betriebssysteme, Realzeitsysteme und Embedded Systems. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Latenzzeiten in Realzeitbetriebssystemen, Low Power Scheduling. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Realzeitsysteme, Realzeitbetriebssysteme, Embedded Systems
Tel.: +49 (0)7531 206-632
e-Mail: maechte@htwg-konstanz.de

PROF. DR. REINER MARTIN

LEHRGEBIETE: IT-Projektmanagement und Teamarbeit, Produktionslogistik (PPS). **FORSCHUNGSGEBIETE:** Einführung und Nutzung unternehmensweiter Informationssysteme (ERP-Systeme). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** IT-Projektmanagement und Teamarbeit, Produktionslogistik
Tel.: +49 (0)7531 206-509
e-Mail: martin@htwg-konstanz.de



PROF. DR. JÜRGEN NEUSCHWANDER

LEHRGEBIETE: Integriertes Netz- und System-Management, Rechnersysteme, Sicherheit in der Informationstechnik, Digitaltechnik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Netzwerk-Management von Kommunikationsnetzen, Entwurf digitaler Steuerungen (einschl. Mikroprozessoren), informationstechnische Sicherheit (Sicherheit beim E-Commerce), Projekt-Management (Methoden und Durchführung)
Tel.: +49 (0)7531 206-648
e-Mail: juergen.neuschwander@htwg-konstanz.de

PROF. DR. HANS ALBRECHT SCHMID

LEHRGEBIETE: Software-Engineering, objektorientiertes Software-Engineering, Benutzeroberflächen, Realzeitsysteme. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Komponentenarchitekturen, Frameworks und Entwurfsmuster für verteilte technische und Business-Softwaresysteme, Web-Anwendungen für E-Business. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Komponentenarchitekturen, Frameworks und Entwurfsmuster für verteilte technische und Business-Softwaresysteme, Web-Anwendungen für E-Business
Tel.: +49 (0)7531 206-631
e-Mail: schmidha@htwg-konstanz.de

PROF. DR. 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@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. JÜRGEN WÄSCH

LEHRGEBIETE: E-Business Technologien und Anwendungen, Internet-Technologien/XML, Datenbanksysteme, verteilte Systeme/ Rechner- und Systemarchitekturen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Effizientes E-Business für kleine und mittelständische Unternehmen, Service-orientierte Architekturen und Webservice Technologien für unternehmensübergreifendes Geschäftsprozessmanagement und -optimierung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** E-Business-Standards und -Systeme, Business-to-Business Integration, ERP-Integration/EAI; Web-Technologien, XML & Co., Internet-Standards; Produktdatenmanagement, Produktklassifikation, elektronische Produktkataloge, Cross-Media Publishing, verschiedenste Datenbank-Systeme, -Technologien und -Anwendungen
Tel.: +49 (0)7531 206-502
e-Mail: waesch@htwg-konstanz.de

MASCHINENBAU

PROF. DR. GUIDO BALTES

LEHRGEBIETE: Strategic Management, High-Tech Marketing, Business Planning. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Dynamische Führungssysteme (organisatorische Routinen und elektronisch-gestützte Plattformen zur strategischen Steuerung dynamischer inter- und intra-organisationaler Netzwerke). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Strategisches Management, Unternehmensführung und -finanzierung, Software-Projektmanagement, Software-Patentierung
Tel.: +49 (0)7531 206-310
e-Mail: baltes@htwg-konstanz.de

PROF. HANS-PETER BLANK

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

PROF. DR. PETER BLOHM

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

PROF. DR.-ING. MICHAEL BUTSCH

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

PROF. DR.-ING. ARNO DETTER

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

PROF. DR.-ING. MARTIN DOMM

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

PROF. DR. KLAUS-DIETER DURST

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

PROF. DR.-ING. LUDWIG EICHER

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

PROF. DR. SASCHA GÖTTE

LEHRGEBIETE: Unternehmensführung und Marketing. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Strategisches Management und marktorientierte Unternehmensführung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Telekommunikation und Luftfahrt
Tel.: +49 (0)7531 206-719
e-Mail: goette@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. PAUL GÜMPEL

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

PROF. DR. WERNER HOFACKER

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

PROF. DR. PETER KUCHAR

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

PROF. DR. BURKHARD LEGE

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

PROF. DR. CHRISTIAN LIESS

LEHRGEBIETE: Strömungslehre, Strömungsmaschinen (inkompressibel). **FORSCHUNGSGEBIETE:** Strömungsprobleme (experimentell und CFD-Simulation), Nachlaufwirbel, Ventilatorentwicklung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Strömungsangeregte Schwingungen, Waserturbinen, Pumpen, Radialventilatoren
Tel.: +49 (0)7531 206-229
e-Mail: liess@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ANDREAS LOHMBERG

LEHRGEBIETE: Strömungslehre, Strömungsmaschinen, Strömungssimulationen (CFD). **FORSCHUNGSGEBIETE:** Strömungsprobleme (CFD und experimentell). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Design/ Redesign strömungsführender Komponenten, Turbomaschinen, speziell Radialverdichter und Ventilatoren, „Best Practice“ für CFD
Tel.: +49 (0)7531 206-229
e-Mail: lohmborg@htwg-konstanz.de



PROF. DR. CARSTEN MANZ

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

PROF. DR. ROLAND NÄGELE

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

PROF. DR.-ING. ANTONIUS SAX

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

PROF. DR.-ING. KLAUS SCHREINER

LEHRGEBIETE: Verbrennungsmotoren, Kraft- und Arbeitsmaschinen, Mathematik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Biodiesel auf dem Bodensee, Gasmotoren auf dem Bodensee, Motordiagnose, Motorsimulation. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Motorsimulation, Motordiagnose, Verbrennungsentwicklung, Common-Rail
Tel.: +49 (0)7531 206-307
e-Mail: schreiner@htwg-konstanz.de

PROF. PHILIPP STEIBLER

LEHRGEBIETE: Technische Mechanik, Finite-Element-Methoden (FEM), Karosserietechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Finite-Element-Methoden. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Implementierung und Anwendung von Finite-Element-Methoden, mathematische und binische Strukturoptimierung
Tel.: +49 (0)7531 206-727
e-Mail: steibler@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. DIETER SCHWECHTEN

LEHRGEBIETE: Mechanische Verfahrenstechnik, Abluftreinigung, Strömungslehre, Mehrphasenströmungen, Konstruktion von Apparaten der Pharma und Lebensmitteltechnik, Methoden der Verfahrenstechnik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Feststoffverfahrenstechnik, insbesondere Mahlen und Sichten, Herstellung und Veredelung feinsten Partikel, Online-Partikelmesstechnik und Probenahme Sortiertechnik, Aufbereitung und Recycling, Konstruktion verfahrenstechnischer Apparate, CAD
Tel.: +49 (0)7531 206-535
e-Mail: schwechten@htwg-konstanz.de

PROF. DR.-ING. ANDREAS WILLIGE

LEHRGEBIETE: Fertigungstechnik, Werkstofftechnik, Oberflächentechnik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Schweißtechnik, Umformtechnik, Gießereitechnik, Oberflächentechnik. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Schweißtechnik (Schweißfachingenieur und Europäischer Schweißfachingenieur), Umformtechnik, Gießereitechnik, Oberflächentechnik, Schadensanalyse (Sachverständiger)
Tel.: +49 (0)7531 206-283
e-Mail: willige@htwg-konstanz.de

WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN

PROF. DR. JUR. RAINER BAKKER

LEHRGEBIETE: Wirtschafts- und Gesellschaftsrecht, EU-Recht, Rechtsvergleichung, Konfliktmanagement/Alternative Dispute Resolution (ADR), Gewerblicher Rechtsschutz/Intellectual Property inklusive Medien- und Urheberrecht. **FORSCHUNGSGEBIETE:** ADR (Einsatz der Mediation und ähnlicher Verfahren im Wirtschaftsrecht), internationale Zuliefererverträge und Kooperationsverträge (F&E). **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Gestaltung internationaler Zuliefererverträge, alternative Streitbeilegung, Rechtsfragen des e-commerce
Tel.: +49 (0)7531 206-426
e-Mail: bakker@htwg-konstanz.de

PROF. DR. JOCHEN BENZ

LEHRGEBIETE: Logistik (insbes. Materialwirtschaft, Produktion, Simulation in der Logistik, IT-Systeme), Wirtschaftsinformatik, Allgemeine BWL. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Management Informationssysteme und Business Intelligence. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Management Informationssysteme und Business Intelligence, Simulation in der Logistik
Tel.: +49 (0)7531 206-125
e-Mail: benz@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ANDREAS BERTSCH

LEHRGEBIETE: Grundlagen der BWL, Finanzierung, Bilanzierung, Bilanzpolitik und Bilanzanalyse nach Handelsgesetzbuch (HGB) und International Financial Reporting Standards (IFRS), Case Studies, Steuersysteme und Investitionsförderung. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Rechnungslegung nach HGB und IFRS, Risikomanagement, Unternehmensbesteuerung, Unternehmensbewertung, Unternehmensfinanzierung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Umstellung der Rechnungslegung von HGB auf IFRS, Bilanzierung von Finanzinstrumenten, insbesondere Derivate und strukturierte Produkte, nach nationalen und internationalen Grundsätzen, Unternehmensbewertung, Risikomanagement bei Banken.
Tel.: +49 (0)7531 206-531
e-Mail: bertscha@htwg-konstanz.de

PROF. DR. RER. POL. JÖRG BEUTEL

LEHRGEBIETE: Volkswirtschaftslehre (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@thwg-konstanz.de

PROF. PETER L. FRANKLIN

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

PROF. DR. MICHAEL HADAMITZKY

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



PROF. DR. KONSTANTIN HASSEMER

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

PROF. DR. OLAF HOFFMANN

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

PROF. DR. KLAUS KOHLÖFFEL

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

PROF. DR. CHRISTIAN KREKELER

LEHRGEBIETE: Deutsch als Fremdsprache, Fachsprache der Wirtschaft für Studierende des Studienkollegs. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Fremdsprachenunterricht, Computereinsatz im Fremdsprachenunterricht, Sprachtests. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Lehrerfortbildungen in der Moderationsmethode
Tel.: +49 (0)7531 206-395
e-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

PROF. DR. ARTHUR KRÖNER

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

PROF. DR. HEINZ MÜRDTER

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

PROF. DR. MANFRED POLLANZ

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

PROF. DR. BERND RICHTER

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

PROF. DR. JAN-DIRK ROSCHE

LEHRGEBIETE: Veranstaltungen im Themenbereich Personal, Organisation, Führung, Projekt-, Team- und Selbst-Management, Inhouse- und Outdoor-Veranstaltungen. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Unternehmerisch orientierte Humancapital-, Leadership- und Organisationsentwicklung und -beratung, Orientierungs-/Assessment-Center, Life- und Work-Planung, Coaching. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Tätigkeiten und Führungsaufgaben in internationalen tätigen Konzernen der Chemie- und Automobilindustrie im klassischen Human Resources Management, Personalmarketing sowie innovativer und strategischer Personal- und Organisationsentwicklung, Beratungs- und Trainingserfahrung in Profit- und Non-Profit-Organisationen, Zusatzausbildungen in systemischer und gestaltpsychologischer Beratung und im Career Development
Tel.: +49 (0)7531 206-403
e-Mail: rosche@htwg-konstanz.de

Aussicht auf Erfolg ...

PROF. DR. EDMUND SCHIFFELS

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

PROF. DR. LEO SCHUBERT

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

PROF. DR. STEFAN SCHWEIGER

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

PROF. DR. WERNER VOLZ

LEHRGEBIETE: Allgemeine BWL, insbesondere Finanzierung und Betriebswirtschaftliche Steuerlehre; Betreuer des Arbeitskreises „Unternehmensrechnung und Steuern“. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Finanzierung und Steuern, Internationale Rechnungslegung, insbesondere Rechnungslegung nach International Financial Reporting Standards (IFRS), Unternehmensnachfolge und Besteuerung sowie Fragen der grenzüberschreitenden Besteuerung. **SPEZIELLES FACHWISSEN:** Umstellung der Rechnungslegung von Handelsrecht auf International Financial Reporting Standards in mittelständischen Unternehmen, Erarbeitung von Unternehmensnachfolgekonzepten, Erstellung von Unternehmenswertgutachten, Entwicklung von Wegzugsbesteuerungskonzepten in Niedrigsteuergebiete (CH)
Tel.: +49 (0)7531 206-405
e-Mail: volz@htwg-konstanz.de

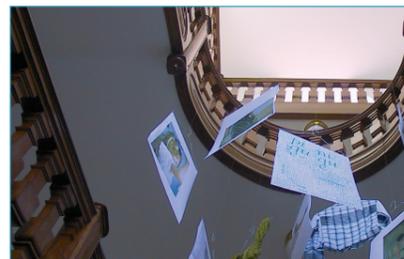
PROF. DR. HABIL. JOSEF WIELAND

LEHRGEBIETE: Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Wirtschafts- und Unternehmensethik. **FORSCHUNGSGEBIETE:** Theorie: (Internationale) Wirtschafts- und Unternehmensethik, Organisation und WerteManagement, neue Organisationsökonomik/Institutionalistische Theorie der Firma, Angewandte Ethik/Sozialethik,

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

PROF. DR. PHIL. SHARON ZAHARKA

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



Raus aus den Lehrsälen – rein in die Praxis. Mit visionären Projekten im Bereich der Postautomatisierung fordern und fördern wir unsere Hochschulen und motivieren unsere Studenten an unserer globalen Zukunft mitzuarbeiten. Wir schaffen wirkungsvolle Arbeitsmittel und eine Umgebung, die das Leben der Menschen verbessert. Anspruchsvolle Berufsbilder mit großer Qualifikationsvielfalt und einem hohen Niveau im technischen, wissenschaftlichen und kaufmännischen Bereich sind die Erfolgsfaktoren – in unserem Global Network of Innovations.

www.siemens.com/postalautomation

SIEMENS



PROF. DR. CLAUS BRAXMAIER Nach dem Studium der Feinwerktechnik an der FH Furtwangen zum Dipl.-Ing.(FH) Entwicklungsingenieur für Messtechnik beim Institut für Mikro- und Informationstechnik (IMIT) Villingen-Schwenningen. Danach Studium der Physik zum Dipl.-Phys. mit anschließender Promotion an der Universität Konstanz am Lehrstuhl von Prof. Dr. Jürgen Mlynek zum Thema fundamentaler Tests der Physik mit optischen Mitteln. Postdoc in der AG Quantenmetrologie von Prof. Achim Peters, PhD., an der Universität Konstanz. Bei der EADS Astrium GmbH Systemverantwortlicher u. Projektleiter zu wissenschaftl. und erdbeobachtenden Missionen der ESA. Leitung der Gruppe „Mission Metrology“. Seit Sept. 2005 Professor für Physik und Regelungstechnik an der HTWG.



DIPL.-PHYS. THILO SCHULDT studierte Physik an den Universitäten Konstanz und Hamburg und fertigte seine Diplomarbeit für die EADS Astrium GmbH (Friedrichshafen) auf dem Gebiet der Laser-Frequenzstabilisierung an. Im Anschluss daran promovierte er in der AG Quantenoptik und Metrologie von Prof. Achim Peters, PhD. an der Humboldt-Universität zu Berlin mit dem hier beschr. Projekt. Seit März 2007 ist er wissenschaftl. Mitarbeiter bei Prof. Dr. Claus Braxmaier an der HTWG Konstanz mit den Aufgabengebieten „Experimente zur optischen Messtechnik und Qualitätssicherung“ innerhalb des Programms Innovative-Projekte des Landes BW mit dem Thema: „Demonstration einer hochgenauen optischen Abstands- und Winkelmetrologie zur drallfreien Lageregelung von Satelliten“.

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Bericht wird ein kompakter optomechanischer Aufbau eines Laser-Interferometer-Systems mit Ausleseelektronik und –software für multiple Anwendungen in der optischen Messtechnik vorgestellt. In Kooperation mit der Humboldt-Universität zu Berlin und der Firma EADS Astrium GmbH, Friedrichshafen, wurde unter Leitung der HTWG in der Gruppe von Claus Braxmaier ein Laborprototyp für die optische Abstands- und Winkelsensorik mit sehr hoher Sensitivität entwickelt und realisiert, welches derzeit verifiziert wird. Das Projekt wird unterstützt durch das Programm Innovative-Projekte des Landes BW.

Die ersten Messungen zeigen für Messzeiten von ~10s ein Rauschen unterhalb von 80pm/VHz in der Translationsmessung und unterhalb von 30nrad/VHz in der Winkelmessung. Ein Vergleich ist in untenstehender Box gegeben.

ZUM VERGLEICH:
 ein Barthaar wächst etwa
 1 mm/Tag
 = 10 nm/s
 = 10.000 pm/s.
 100 pm sind 1 mm/10.000.000.
 10 nrad entsprechen
 1 mm über 100 km Entfernung!

Das Gerät wurde als Sensor zur drallfreien Lageregelung von Satelliten in der Raumfahrt entwickelt. Ein reiches Spektrum an Anwendungen für das neuartige Messgerät ist allem voran in der nichttaktile Fertigungsmesstechnik bzw. Qualitätssicherung zu finden.

Die physikalischen Grenzen innerhalb des Gesamtsystems werden derzeit experimentell untersucht. Bei langen Messzeiten limitieren Temperaturschwankungen. Frequenzrauschen, Intensitätsrauschen und Luftfluktuationen sind mögliche limitie-

rende Faktoren bei kurzen Messzeiten. Ein neuer Aufbau wird sowohl eine Intensitätsstabilisierung als auch Frequenzstabilisierung der Laserstrahlung enthalten. Des Weiteren werden die Lichtfrequenzen der beiden Ausgänge der Lichtwellenleiter in der Phase gelockt, um common-mode Effekte, die durch die optischen Lichtwellenleiter und akusto-optischen Modulatoren verursacht werden, zu minimieren. Die Temperaturstabilisierung des gesamten optomechanischen Aufbaus wird verbessert.

1 EINLEITUNG

Die stetige Erforschung und Entwicklung innovativer Produkte ist die Grundvoraussetzung für die internationale Wettbewerbsfähigkeit Baden-Württembergs und Deutschlands. Der Photonik und damit der Optik kommt dabei eine besondere Rolle zu. Das heutige und auch zukünftige Potenzial der Photonik in Forschung und Entwicklung verbunden mit der großen Innovations- und Wachstumstiefe wurde erkannt. Beispielsweise sollen zukünftig etwa 30% derzeitiger elektronischer Technologien durch optische Techniken ersetzt werden [1].

In vielen Bereichen der Produktion wird die Erfassung der relevanten Messgrößen erst durch optische Technologien möglich. Hier sind hohe Auflösung, Berührungslosigkeit und Kompaktheit entscheidende Vorteile optomechanischer Sensorsysteme. In enger Zusammenarbeit mit regionalen Firmen, Universitäten und Instituten werden an der HTWG optische Gesamtsysteme (Optik, Mechanik, Elektronik und Informatik) für industrielle Anwendungen in den Bereichen der Qualitätssicherung und Prozessüberwachung, sowie der höchstauflösenden optischen Messtechnik entwickelt, aufgebaut und getestet.

So ist beispielsweise bei einer Vielzahl von wissenschaftlichen Satelliten-Missionen eine Lageregelung des Satelliten notwen-

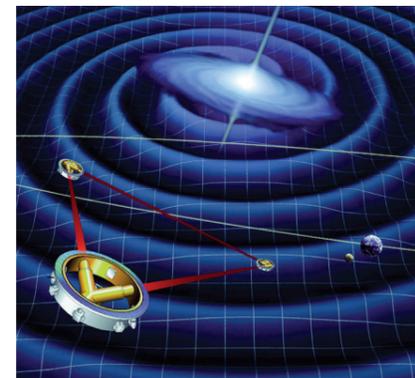


ABB. 1: KÜNSTLERISCHE DARSTELLUNG DER 3 LISA SATELLITEN IM ORBIT (QUELLE: ESA)

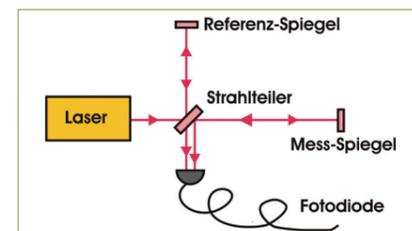


ABB. 2: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINES MICHELSON-INTERFEROMETERS

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

Unter Leitung der HTWG wird deshalb ein neuartiges, optisches, kompaktes Messsystem entwickelt, aufgebaut und verifiziert, mit der Zielstellung den hohen Anforderungen der LISA-Mission zu genügen. Dabei kommt die Methode der Laserinterferometrie für die höchstgenaue und berührungslose Abstands- und Winkelmessung zwischen freifliegender Prüfmasse und deren (fest mit dem Satelliten verbundenen) sogenannten „housing“ zum Einsatz. Die Messgrößen sind die relative Position und 2 Winkel in einem operationellen Messband zwischen 30μHz und 1 Hz. Die Anforderung an die relative Auflösung in der Translationsmessung beträgt 10 pm/VHz über einen dynamischen Bereich von ± 50 μm. Bei der Winkelmessung beträgt die Anforderung an die relative Auflösung <10 nrad/VHz über einen dynamischen Bereich von ± 100 μrad. Das Gesamtsystem zur optischen Auslesung der Prüfmassenposition muss kompakt, modular integrierbar und einfach verifizierbar sein sowie einfache Schnittstellen zu anderen Systemen – wie z.B. der Umgebung des inertialen Sensors – aufweisen.

2 GRUNDLAGEN DER INTERFEROMETRIE

Der weltraumgestützte Gravitationswellendetektor LISA stellt im Wesentlichen ein Michelson-Interferometer mit einer Armlänge von 5 Millionen Kilometern dar (vgl. Abbildung 2), an Hand dessen sich die Grundzüge der Zweistrahlinterferometrie darlegen lassen [3]. Das Licht einer Quelle (insbesondere eines Lasers) wird an einem Strahlteiler aufgespalten, der eine Strahl am Referenzspiegel reflektiert, der andere am Mess-Spiegel. Am Strahlteiler werden beide Strahlen auf einer Fotodiode überlagert, wo sie interferieren. Eine Verschiebung des Mess-Spiegels bewirkt eine relative Verschiebung der beiden interferierenden Strahlen und damit eine Intensitätsänderung. Diese ist in der optischen Weglänge des Messarmes periodisch mit

der Wellenlänge λ des Lichtes und in der Verschiebung des Mess-Spiegels periodisch mit $\lambda/2$ (sogenannte „fringes“ im Detektorsignal). Um die Einschränkung des dynamischen Bereiches auf $\lambda/2$ zu überwinden, wird die Methode der sogenannten In-Quadratur-Messung angewandt. Hierbei wird das Detektorsignal dupliziert, wobei einer der beiden zur Interferenz gebrachten Strahlen um 90° in der Phase verschoben wird. Die dadurch erhaltenen beiden Signale können dann immer so ausgelesen werden, dass die Uneindeutigkeit des einen Signals durch das andere kompensiert werden kann. Haben Mess- und Referenzarm die gleiche Frequenz spricht man von einem Homodyn-Interferometer, bei unterschiedlichen Frequenzen von einem Heterodyn-Interferometer.

3 HTWG-INTERFEROMETER: THEORIE

Unser Interferometer basiert auf einem Design von Wu et al. [4/5] und stellt ein Heterodyn-Interferometer mit zwei örtlich getrennten Strahlen dar, wie es in Abbildung 3 gezeigt ist. Die Frequenz f_1 wird aufgespalten, ein Ausgangsstrahl ist hierbei der Referenzstrahl der am Referenzspiegel reflektiert wird, der andere Ausgangsstrahl ist der Mess-Strahl der am Mess-Spiegel, d. h. im Fall von LISA an der freischwebenden Prüfmasse und in unserem Experiment an einem Prüfmassen-Dummy,

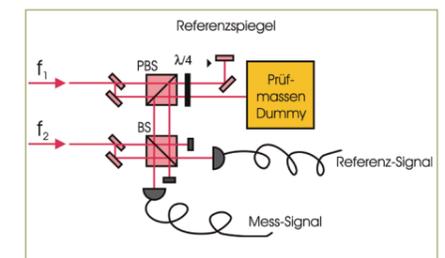


ABB. 3: SCHEMAZEICHNUNG DES HETERODYN-INTERFEROMETERS (BS: STRAHLTEILER; PBS: POLARISIERENDER STRAHLTEILER).

reflektiert wird. Die Frequenz f_2 wird ebenfalls aufgespalten. Die beiden Ausgangsstrahlen werden mit den entsprechenden Strahlen von Referenz- und Mess-Spiegel überlagert. Somit werden an den beiden Fotodioden Heterodyn-Signale mit der Schwebungsfrequenz $f_{\text{het}} = f_1 - f_2$ erzeugt.

Die hohen Anforderungen an die Genauigkeit der Translationsmessung von 10 pm/VHz über einen dynamischen Bereich von $\pm 50 \mu\text{m}$ und der Winkelmessung von $<10 \text{ nrad/VHz}$ über einen dynamischen Bereich von $\pm 100 \mu\text{rad}$ machen ausgefeilte optomechanische Designstrategien notwendig, um Fehlereinflüsse passiv oder auch aktiv [6] zu unterdrücken. So haben in diesem Aufbau Referenz- und Mess-Strahl gleiche optische Polarisation und Frequenz. Zusätzlich wird auf gleiche optische Weglängen von Referenz- und Mess-Strahl, insbesondere auch auf gleiche Weglängen in den optischen Komponenten Wert gelegt. Dies führt zu maximaler Symmetrie und damit zu maximaler passiver Gleichtaktunterdrückung.

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

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

erhält.

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

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

Eine Verkipfung des Mess-Spiegels lässt sich mittels der Methode der differentiellen Wellenfrontmessung (Differential wavefront sensing, DWS [4], [5] bzw. [7,8,9,10,11]) quantifizieren. Dabei wird die Einzelelementdiode im Messarm durch eine Quadrantendiode ersetzt. Die vom Referenzspiegel reflektierte Wellenfront ist zu allen Zeiten plan, während die vom Mess-Spiegel reflektierte Wellenfront im Falle eines verkippten Mess-Spiegels verkippt ist. Diese Verkipfung der Wellenfronten zueinander bewirkt eine Differenz in den relativen Phasen an zwei Punkten an verschiedenen Stellen des Strahlquerschnittes. Diese Phase lässt sich dann in den Verkipfungswinkel des Mess-Spiegels umrechnen.

4 HTWG-INTERFEROMETER IM EXPERIMENT

Als ersten Demonstrator haben wir einen Labor-Kompaktaufbau des oben beschriebenen Interferometer-Designs realisiert. Dafür verwendeten wir selbst entwickelte, mechanisch stabile optische Halterungen für $1/2''$ -Optiken mit einer Strahlhöhe von 2 cm. Das Interferometer befindet sich in einer Vakuumkammer, um Luftfluktuationen zu minimieren (Einfluss des Brechungsindex von Luft n in [Gleichung 2]) und eine bessere Temperaturstabilität zu gewährleisten. Die Optik zur Erzeugung der Heterodyn-Frequenzen befindet sich außerhalb der Vakuumkammer auf einem kommerziellen optischen Tisch unter Verwendung kommerzieller $1''$ -Optik-Halterungen.

ERZEUGUNG DER HETERODYN-FREQUENZEN

Als Lichtquelle verwenden wir einen Nd:YAG-Laser, der eine Ausgangsleistung von $\sim 200 \text{ mW}$ bei einer Wellenlänge von 1064

nm liefert. Dieser Laser bietet aufgrund seines internen Aufbaus (non-planar ring oscillator, NPRO-design) eine intrinsisch hohe Intensitäts- und Frequenzstabilität. Nur ein kleiner Teil des Ausgangslichtes ($\sim 10 \text{ mW}$) wird zur Verwendung im Interferometer benötigt und abgespalten. Das kollimierte Laserlicht mit einem Strahldurchmesser von etwa 2 mm wird an einem nicht-polarisierenden Strahlteilerwürfel aufgespalten und jeder Ausgangsstrahl mittels eines akusto-optischen Modulators (AOM) in der Frequenz verschoben. Die beiden in die erste Beugungsordnung reflektierten Strahlen – die im Vergleich zum Eingangslicht um die RF-Frequenz mit denen die AOMs betrieben werden in der Frequenz verschoben sind – werden als Eingangssignale des Interferometers genutzt. In unserem Experiment werden die beiden AOMs mit RF-Signalen bei 79.99 MHz und 80.00 MHz betrieben. Die Heterodyn-Frequenz beträgt somit 10 kHz . Die RF-Signale werden von zwei in der Phase gelockten Funktionsgeneratoren in Kombination mit Frequenz-Verdopplern, Filtern und Verstärkern erzeugt.

INTERFEROMETER-AUFBAU

In Abbildung 4 ist ein Foto unseres Aufbaus gezeigt, in Abbildung 5 die entsprechende Schemazeichnung. Das Interferometer ist auf einer 4 cm dicken Gussaluminiumplatte aufgebaut, die einen Durchmesser von 23 cm hat. Das Material verbindet hohe Wärmeleitfähigkeit mit der Abwesenheit von internen Spannungen, die ansonsten zu einem Kriechen des Materials auf langen Zeitskalen führen. Dadurch wird eine hohe passive, dimensionale Stabilität erreicht. Das Laserlicht wird unter Verwendung von kommerziellen optischen Vakuumdurchführungen (konfektionierte, polarisationserhaltende single mode Fasern) fasergekoppelt auf das Interferometer-Board geführt. Die Strahlen am Faserausgang haben Intensitäten von $\sim 0,5 \text{ mW}$ und Strahldurchmesser von $\sim 1,4 \text{ mm}$. Polarisatoren

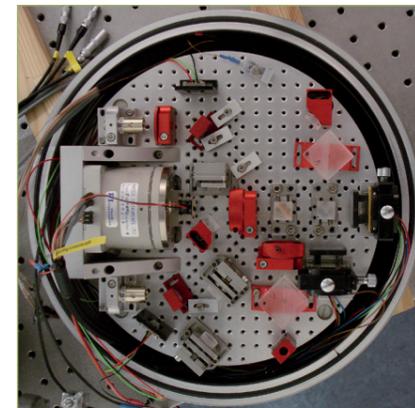


ABB. 4: FOTO UNSERES INTERFEROMETER-AUFBAUS

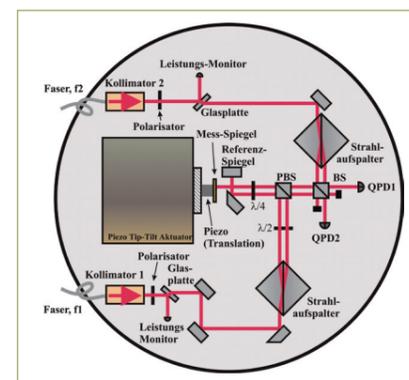


ABB. 5: SCHEMAZEICHNUNG DES IN ABB. 4 GEZEIGTEN INTERFEROMETERS (BS: STRAHLTEILER; PBS: POLARISIERENDER STRAHLTEILER; QPD: QUADRANTEN-FOTODIODE)

an den Fasereingängen und -ausgängen gewährleisten die richtige (und saubere) Polarisation. An den Faserausgängen werden $\sim 4 \%$ jeder Strahlintensität auf eine Leistungs-Monitordiode abgezweigt. Auf dem Interferometer-Breadboard wird jeder Strahl an einem „beam separator cube“ in zwei parallele Strahlen mit einer Parallelität $< 2'$ aufgespalten. Die beiden Strahlen, die aus dem Laserlicht das von Kollimator 1 kommt, generiert werden, werden an einem polarisierenden Strahlteilerwürfel (PBS) hin zu Mess- und Referenzspiegel reflektiert. Nach zweimaligem Durchlaufen einer $\lambda/4$ -Verzögerungsplatte werden die Strahlen am PBS transmittiert.

An einem 50:50 nicht-polarisierenden Strahlteilerwürfel werden die beiden Strahlen in Überlagerung gebracht mit den beiden Strahlen, die von Kollimator 2 kommen. Zwei Quadrantendiode liefern die Messarm-Signale (QPD1) und die Referenzarm-Signale (QPD2). Die Signale von QPD1 werden ebenfalls zur differentiellen Wellenfrontmessung benutzt. Die Lichtleistungen betragen $\sim 100 \mu\text{W}$ am Mess-Spiegel und $\sim 200 \mu\text{W}$ an den Quadrantendiode.

Zunächst benutzen wir als Mess-Spiegel einen Goldspiegel. Der Spiegel ist dabei auf einem Piezo Tip-Tilt-Aktuator befestigt, ein zusätzlicher Hochspannungs-Piezo zwischen Tip-Tilt-Aktuator und Spiegel bietet eine Translations-Verstellmöglichkeit des Mess-Spiegels. Der Tip-Tilt-Aktuator hat einen maximalen Verkipfungsbereich von 2 mrad , eine Auflösung von 500 nrad und eine Reproduzierbarkeit von $\pm 1 \mu\text{rad}$ über den gesamten Verkipfungswinkel. Der Translations-Piezo liefert bei Anlegen von -200 V bis 1000 V einen Gesamt-Verfahrweg von $13 \mu\text{m}$.

PHASENMESSUNG

Die Phasenauslesung erfolgt analog und in Quadratur unter Verwendung von doppelt symmetrischen Mischern als Phasendetektoren, vgl. Abbildung 6. Die Eingangssignale sind im Fall der Translationsmessung die Summensignale der beiden Quadrantendiode. Diese werden zunächst bei der

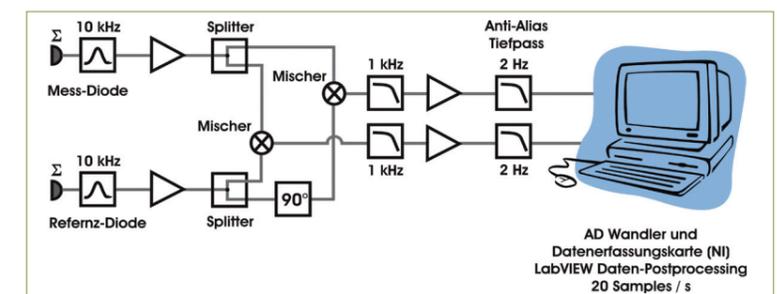


ABB. 6: SCHEMAZEICHNUNG DER ANALOGEN PHASENMESSUNG

Heterodyn-Frequenz von 10 kHz Bandpassgefiltert, danach verstärkt und gesplittet. Für die In-Quadratur Signal-Generierung wird eines der Ausgangssignale der gesplitteten Referenzdiode-Signale mittels eines Allpasses um 90° in der Phase verschoben. Alle vier Signale sind Eingangssignale für doppelt symmetrische Mischer. Die Zwischenfrequenz Ausgangssignale der Mischer werden Tiefpassgefiltert, verstärkt und mittels eines Besselfilters 6. Ordnung mit einer Grenzfrequenz von 2 Hz anti-alias gefiltert. Die Signale werden unter Verwendung einer National Instruments M Serie Datenerfassungskarte digitalisiert. Ein LabVIEW Programm übernimmt das Daten-Processing und berechnet den Arkustangens wie in [Gleichung 1] gegeben. Das Programm erkennt weiterhin π -Sprünge im Arkustangens und liefert damit einen dynamischen Bereich des Interferometers, der nicht durch $\lambda/2$ in der Verschiebung des Mess-Spiegels limitiert ist. Der Messbereich des Interferometers wird dadurch drastisch erhöht.

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

MESSERGEBNISSE

Unsere ersten Messungen führten wir mit dem oben dargestellten Aufbau durch [12, 13]. Dabei haben wir die Verschiebung und Verkipfung des Goldspiegels über den gesamten dynamischen Bereich der Piezos gemessen. Die Hysterese des Translations-Piezos war dabei deutlich zu erkennen.

Diese Messungen zeigten einen Temperatur-Koeffizienten von ~ 1000 nm/K und eine lineare Drift von ~ 100 nm/Tag, die nicht temperaturabhängig war. Der sehr große Temperaturkoeffizient wurde hauptsächlich von den Piezos verursacht und wurde in einem Aufbau, wo Mess- und Referenz-Strahl vom Goldspiegel auf dem Piezo Aktuator reflektiert wurden, auf ~ 25 nm/K reduziert. Driften in den Piezos sind nun common-mode in beiden Interferometerarmen. Die Drift konnte dem Kriechen der Piezos und des Klebers zwischen den Piezos und dem Spiegel zugeschrieben werden.

Für unsere nächsten Messungen haben wir die Piezo-Aktuatoren aus dem Aufbau entfernt. Referenz- und Mess-Strahl wurden nun beide vom gleichen fest montierten Spiegel reflektiert, wobei ein Temperaturkoeffizient von ~ 40 nm/K gemessen wurde. In Abbildung 7 ist als obere Kurve die spektrale Leistungsdichte (power spectral density, PSD) der Translationsmessung gezeigt. Die spektrale Leistungsdichte der Winkelmessung ist in Abbildung 8 gezeigt. Beide Graphen zeigen auch die Anforderungen, die für die LISA Mission erfüllt sein müssen. Diese Messungen zeigen ein Translationsrauschen kleiner 80 pm/VHz und ein Winkelrauschen kleiner 30 nrad/VHz für Frequenzen größer 10^{-1} Hz. Für Frequenzen größer 10^{-3} Hz wurde ein Translationsrauschen von weniger als 1 nm/VHz und ein Winkelrauschen von weniger als 1 μ rad/VHz gemessen. Die spektrale Leistungsdichte der in der Vakuumkammer gemessenen Temperatur wurde über den Temperatur-Koeffizienten von 40 nm/K in

ein Translationsrauschen umgerechnet, welches als untere Kurve in Abbildung 7 gezeigt ist. Für Frequenzen unterhalb von $\sim 3 \cdot 10^{-3}$ Hz sind wir demnach durch die Temperaturstabilität des Aufbaus limitiert. Das Schrotrauschen der Detektion liegt in unserem Experiment bei ~ 0.1 pm/VHz, das Rauschlevel von etwa 10 pm/VHz für Frequenzen >1 Hz stellt das Digitalisierungsrauschen der verwendeten AD-Wandlerkarte dar.

Dass unsere analoge Phasenauslesung keine Limitierung darstellt, wurde in einer Messung verifiziert, in der die Signale von den beiden Dioden direkt digitalisiert wurden. Die Phasenmessung (d.h. das Mischen und Filtern) wurde nachträglich mittels

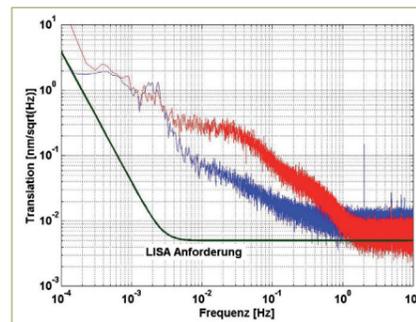


ABB. 7: GEMESSENE SPEKTRALE LEISTUNGSDICHTE IN DER TRANSLATIONSMESSUNG (OBERE KURVE: GEMESSENES TRANSLATIONSRAUSCHEN; UNTERE KURVE: TEMPERATURSCHWANKUNGEN IN DER KAMMER, UMGERECHNET IN EIN TRANSLATIONSRAUSCHEN).

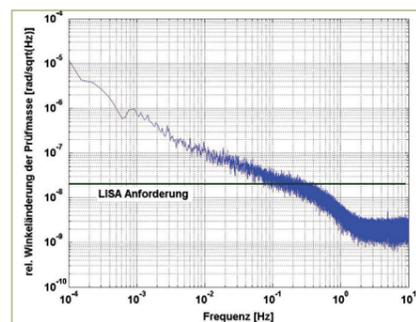


ABB. 8: GEMESSENE SPEKTRALE LEISTUNGSDICHTE IN DER WINKELMESSUNG

eines MATLAB-Programms durchgeführt. Die sich ergebende PSD zeigt keinen Unterschied zu der mit analoger Phasenauslesung erhaltenen PSD.

Des Weiteren untersuchten wir in unserem Interferometeraufbau separat die Signale auf den beiden Quadrantendioden. Dafür wurden die Summensignale der Fotodioden einzeln mit einer externen stabilen 10 kHz-Referenz in der Phase verglichen. Diese beiden Messungen entsprechen zwei Interferometer, bei denen die Aufspaltung in Mess- und Referenzarm am Strahlteiler vor den beiden AOMs erfolgt. Alle nicht-common-mode-Effekte der AOMs und Fasern gehen hierbei in das Mess-Signal ein. Die Differenz der beiden Messungen von Mess- und Referenz-Diode sollte gleich sein zur differentiellen Messung (wie sie oben beschrieben wurde mittels Phasenvergleich direkt zwischen den beiden Diodensignalen). Die Translations-Messungen der einzelnen Dioden ist in Abbildung 9 gezeigt. Die kurzfristigen Schwankungen betragen hier ~ 600 nm, im Vergleich zu ~ 4 nm im differentiellen Interferometeraufbau, wie er vorhin beschrieben wurde. Das System leistet somit eine Gleichtaktunterdrückung von etwa 150.

Während wir bei tiefen Frequenzen ($<10^{-3}$ Hz) durch Temperaturschwankungen limitiert sind, werden die Rauschbeiträge bei höheren Frequenzen momentan weiter untersucht. Mögliche Beiträge sind Frequenzrauschen des Lasers, Intensitätsschwankungen der Faserausgangsstrahlen, Luftfluktuationen (die Messungen wurden bei geschlossener Kammer aber unter Atmosphärendruck durchgeführt) und das große Gleichtaktsignal, das durch die Fasern und AOMs generiert wird. Eine mögliche Limitierung kann auch durch die AOM-Ansteuerung gegeben sein. Bei ähnlichen Interferometer-Aufbauten wurde ein RF-technisches Übersprechen der AOM-Frequenzen auf den jeweils anderen AOM beobachtet [14]. Dieses Übersprechen bewirkt, dass jeder AOM nicht nur bei sei-

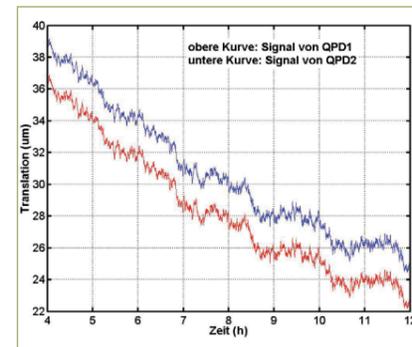


ABB. 9: GEMESSENE TRANSLATIONSSIGNALE IN DEN EINZELNEN INTERFEROMETERN ÜBER EINEN ZEITRAUM VON 8 H, VGL. TEXT.

ner nominellen Frequenz betrieben wird, sondern das Ausgangslicht auch eine – sehr kleine – Komponente bei der falschen Frequenz enthält. Diese zweite Frequenz hat einen Abstand von 10 kHz zum Träger; seine Schwebung mit dem Trägersignal wird demnach direkt detektiert und liefert ein ungewolltes zusätzliches Störsignal.

6 NEUER INTERFEROMETER-AUFBAU AN DER HTWG

Momentan wird ein neuer, verbesserter Aufbau in einer großen Vakuumkammer mit Platz für Diagnostik realisiert. Ein Teil der Faserausgangsstrahlen wird hier auf einer Fotodiode überlagert und in der Phase gelockt. Dadurch werden die durch die Fasern und AOMs evozierten Phaseneffekte minimiert und das große Gleichtaktsignal verringert. Weiterhin wird eine Intensitätsstabilisierung implementiert, die über Nachregelung der AOM-RF-Signalamplituden die Strahlintensitäten an den Faserausgängen stabil hält. Zusätzlich wird der (frequenzverdoppelte) Nd:YAG Laser auf einen Hyperfeinübergang in molekularem Jod in der Frequenz stabilisiert. Das analoge Phasemeter wird durch ein digitales ersetzt, welches eine National Instruments FPGA Karte benutzt und direkt

die Signale der Quadrantendioden digitalisiert. Zusätzlich wird eine zweistufige Temperaturstabilisierung implementiert, die die Temperaturstabilität des Interferometer-Breadboards erhöht.

Mit diesem Aufbau werden wir die uns jetzt limitierenden Rauschquellen identifizieren, um sie passiv oder aktiv zu minimieren. Erste Messungen sehen vielversprechend aus und lassen uns hoffen, die von LISA geforderten 10pm/VHz im gesamten Frequenzband zu erreichen.

7 AUSBLICK

Des Weiteren ist ein sehr kompakter und quasi-monolithischer Aufbau geplant, dessen Grundplatte aus einer thermisch stabilen Glaskeramik besteht (z. B. Zerodur mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten von $2 \cdot 10^{-8}/K$). Die optischen Komponenten sind aus synthetischem Quarz gefertigt und werden mittels „hydroxide-catalysis bondings“ auf der Grundplatte fixiert [15]. Bei einem solchen Aufbau sollte der Temperaturkoeffizient klein genug sein, um die Performance des Interferometerdesigns bis hinab zu Frequenzen von $5 \cdot 10^{-5}$ Hz zu verifizieren [9,10,11]. Eine mögliche Implementierung eines solch kleinen fasergekoppelten Moduls (zusammen mit einer

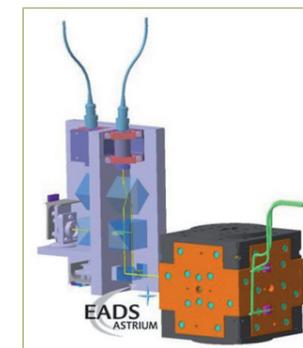


ABB. 10: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINES KOMPAKTEN, QUASI-MONOLITHISCHEN INTERFEROMETER-AUFBAUS AUF DER GRUNDLAGE THERMISCH STABILER GLASKERAMIKEN

inertialen Prüfmasse) ist in Abbildung 11 gezeigt. Die angestrebten Abmaße sind maximal 60 mm \times 30 mm \times 20 mm.

Das Gerät wurde als Sensor zur drallfreien Lageregelung von Satelliten in der Raumfahrt entwickelt. Ein reiches Spektrum an terrestrischen Anwendungen für das neuartige Messgerät ist allem voran in der Fertigungsmesstechnik bzw. Qualitätssicherung zu finden. Hochauflösende, nichttaktile also berührungslose Messungen von Abständen, Durchmesser oder Rundheiten kombiniert mit herkömmlicher taktile 3D-Koordinaten-Messtechnik eröffnen neue Dimensionen in der Fertigungskontrolle. Die hochgenaue Messung von Oberflächeneigenschaften, wie Rauigkeit und Periodizität in Kombination mit einer Verfertigung des Messinstruments über den Prüfling, ergeben neue Möglichkeiten in der Qualitätssicherung.

Die Applikation der HTWG-Interferometer-technologie auf die Bedürfnisse der Fertigungsmesstechnik und Qualitätssicherung ist Kern weiterer Aktivitäten an der HTWG. Dabei spielt die weitere Miniaturisierung der Messtechnik (Optomechatronik) eine Schlüsselrolle, erstens um dimensional stabiler und damit unanfälliger zu werden, zweitens um alle Vorteile der Mikro-Systemstechnik zu nutzen.

8 LITERATUR

[1] Roland Berger & Partner: Zukunftsinvestitionen in Baden-Württemberg, Zusammengefasste Projektergebnisse, Landesstiftung Baden-Württemberg gGmbH, Mai 2000, S. 41-47.

<http://www.landesstiftung-bw.de/ausschreibungen/download/broschuere.pdf>
[2] Nähere Informationen finden sich im Internet unter <http://lisa.esa.int/> und <http://www.lisa.uni-hannover.de/>.

[3] D. Weise, C. Braxmaier, P. Gath, H. Schulte, U. Johann, M. Sallusti:

„Optical Metrology System for the LISA Gravitational Wave Detector“,

DPG Frühjahrstagung 2006, Verhandlungen, S. 174

[4] C. M. Wu, S. T. Lin und J. Fu.: „Heterodyne interferometer with two spatial-separated polarization beams for nanometrology“, Opt. Quantum Electron., 34(12):1267-1276, 2002

[5] C.M.Wu.: „Periodic nonlinearity resulting from ghost reflections in heterodyne interferometry“, Opt. Comm., 215(13):17-23, 2003

[6] Müller H., Peters A., Braxmaier C.: „Optical fibers with interferometric path length stability by controlled heating for transmission of optical signals and as component in frequency standards“, Appl. Phys. B: Laser and Optics, No. 3, May 2006, 401-408

[7] E. Morrison, B. J. Meers, D. I. Robertson und H. Ward: „Automatic alignment of optical interferometers“, Appl. Opt., 33(22):5041-5049, 1994

[8] E. Morrison, B. J. Meers, D. I. Robertson und H. Ward: „Experimental demonstration of an automatic alignment system for optical interferometers“, Appl. Opt., 33(22):5037-5040, 1994

[9] Heinzl G., Braxmaier C., Danzmann K., Gath P., Hough J., Jennrich O., Johann U., Rüdiger A., Sallusti M. and Schulte H.:

„LISA interferometry: recent developments“, Class. Quantum Grav. 23 (2006) S119—S124

[10] Wand V., Bogenstahl J., Braxmaier C., Danzmann K., Garcia A., Guzman F., Heinzl G., Hough J., Jennrich O., Killow C., Robertson D., Zodnik Z., Steier F., Ward H.:

„Noise sources in the LTP heterodyne interferometer“, Class. Quantum Grav. 23 (2006) S156—S167

[11] Heinzl G., Wand V., Garcia A., Jennrich O., Braxmaier C., Robertson D., Middleton K., Hoyland D., Rüdiger A., Schilling R., Johann U., Danzmann K.:

„The LTP interferometer and phasemeter“, Class. Quantum Grav. 21 (2004) S581--S587

[12] T. Schuldt, H.J. Kraus, D. Weise, U. Johann, A. Peters, C. Braxmaier: „A high sensitivity heterodyne interferometer as optical readout for the LISA inertial sensor“,

Proc. 6th Internat. Conf. on Space Optics, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 27-30

June 2006 (ESA SP-621, June 2006)

[13] T. Schuldt, H.J. Kraus, D. Weise, A. Peters, U. Johann, C. Braxmaier: „A high sensitivity heterodyne interferometer as optical readout for the LISA inertial sensor“, AIP conference Proceedings; November 29, 2006; Volume 873, pp.374-378 (LISA: 6th International LISA Symposium)

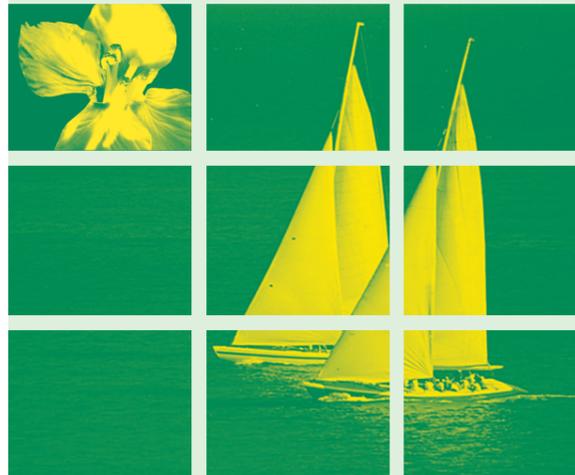
[14] V. Wand, J. Bogenstahl, C. Braxmaier, K. Danzmann, A. Garcia, F. Guzman, G. Heinzl, J. Hough, O. Jennrich, C. Killow, D. Ro-

bertson, Z. Sodnik, F. Steier und H. Ward: „Noise sources in the LTP heterodyne interferometer“, Class. Quantum Grav., 23:S159-S167, 2006

[15] E. J. Ellife, J. Bogenstahl, A. Deshpande, J. Hough, C. Killow, S. Reid, D. Robertson, S. Rowan, H. Ward und G. Cagnoli: „Hydroxide-catalysis bonding for stable optical systems for space“, Class. Quantum Grav., 22:S257-S267, 2005

Biodiesel - die saubere Alternative

Umwelt schonen, Gewässer schützen!



ufop

Biodiesel – auch auf dem Wasser eine saubere Alternative. Mehr Informationen zu diesem Thema unter www.ufop.de



■ Wärmebehandlung / Fügetechnik

■ Heiß Isostatisch Pressen

■ Materialprüfung

■ Metallische Beschichtung

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

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

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

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

BODYCOTE WÄRMEBEHANDLUNG GMBH

Buchwiesen 6
73061 Ebersbach
Germany

Tel.: +49 7163 103 0 · Fax: +49 7163 103 200
eMail: info-de@bodycote.com

Bodycote

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



PROF. DR.-ING. KLAUS
SCHREINER war zwölf
Jahre lang bei der MTU
Motoren- und Turbinen-

Union Friedrichshafen GmbH in verschiedenen Positionen in der Motorenentwicklung tätig, bevor er 1999 an die HTWG Konstanz wechselte. Er ist Studiendekan in der Fakultät Maschinenbau und unterrichtet die Lehrgebiete Verbrennungsmotoren und Mathematik.

In seinem Labor für Verbrennungsmotoren forscht er vor allem in den Bereichen „Biokraftstoffe“ und „Umweltfreundlicher Einsatz von Verbrennungsmotoren auf dem Bodensee“. In diesem Zusammenhang beschäftigt er sich mit dem Einsatz von Biodiesel, Bioethanol, Flüssiggas und Erdgas bei Bootsmotoren. Das Labor für Verbrennungsmotoren wurde vor einigen Jahren als Technische Prüfzelle zur Durchführung von Abgastypenprüfungen gemäß der Bodensee-Schiffahrtordnung akkreditiert.

Ein weiteres Forschungsprojekt untersucht die Frage, welche Anforderungen an Pflanzenölkraftstoffe zu richten sind, damit die in Miniblockheizkraftwerken eingesetzten Verbrennungsmotoren im langjährigen Einsatz nicht zu Schaden kommen.

1 EINLEITUNG UND MOTIVATION

Den umweltbewussten Wassersportlern am Bodensee ist bekannt, dass sie ihren Sport nicht nur auf einem schiffbaren Gewässer ausüben, sondern dass dieses Revier zugleich Trinkwasserspeicher für über 4,5 Millionen Menschen und Heimat einer einzigartigen Flora und Fauna ist. Sie schätzen es, ihren Sport in einer intakten Umwelt und reizvollen Umgebung ausüben zu können, diese zu schützen in ihrem eigenen Interesse liegt. Dennoch sieht sich besonders der motorisierte Wassersport auf diesem internationalen Binnengewässer häufig im Kreuzfeuer der Kritik von Umwelt- und Naturschutzverbänden und der Wasserversorgung. Durch die von den fossilen Treibstoffen der Bootsmotoren ausgehende Gefährdung des Wassers war man schon einige Zeit auf der Suche nach Alternativen, als Mitte der neunziger Jahre Versuche mit dem nachhaltigen und ungiftigen, aus Pflanzenöl durch Umesterung gewonnenen Rapsölmethylester erste Erfolge zeigten. Die Ungiftigkeit und schnelle biologische Abbaubarkeit überzeugte auch Wassersportler diesen Treibstoff am Bodensee zu testen. Die Idee wurde von der damaligen Arbeitsgemeinschaft Freizeit und Natur Bodensee e.V. (Arge FUN) gefördert und vom Bodensee-Segler-Verband (BSVb) sowie vom Internationalen Bodensee-Motorboot-Verband (IBMV) als Projekt aufgenommen. Man war ganz im Sinne der Bodensee-Agenda 21 überzeugt, mit diesem Biodiesel kurzfristig eine sofortige und kostengünstige, positive Wirkung für den Umweltschutz am Bodensee zu erreichen. Aus heutiger Sicht war man im Jahr 2000 der Zeit weit voraus, denn heute hat die Einsparung des Treibhausgases Kohlendioxid höchste Priorität. Nachhaltige Biokraftstoffe sind gefragter denn je.

Der nun vorliegende Abschlussbericht /4/ fasst die Ergebnisse der sechs Projektjahre zusammen. Die bereits nach den ersten drei Projektjahren erstellte Umrüstanleitung

liegt in einer aktualisierten Version vor /5/. Mit ihrer Hilfe können Interessenten die Umrüstung ihres Bootes auf den Betrieb mit Biodiesel problemlos durchführen. Gleichzeitig bietet sie Service-Stationen das nötige Know-how, um zuverlässig den Wünschen ihrer Kunden gerecht werden zu können.

2 BIODIESEL UND SPORTBOOTE

Die Verwendung von reinem Biodiesel (Rapsmethylester, RME) in Dieselmotoren ist allgemein anerkannt und Stand der Technik (UFOP 2003 /6/). Einschränkungen gibt es bei Motoren mit Rußfilter und teilweise bei Motoren mit allerneuester Piezo-einspritztechnik.

DIE WESENTLICHEN VORTEILE SIND:

- Biodiesel wird aus Rapsöl hergestellt und ist deswegen ein nachwachsender Energieträger.
- Er stammt aus heimischer Produktion, ist ungiftig, weitgehend CO₂-neutral und fast vollständig biologisch abbaubar.
- Die Ökobilanz von Biodiesel ist ausgesprochen positiv und besser als die von naturbelassenem Pflanzenöl. Die Energiebilanz bei der Gewinnung, also das Verhältnis von eingesetzter Energie zu gewonnener Energie, beträgt 1:2,4.
- Seine Schadstoffemissionen sind genauso gut oder besser (Ruß, Kohlenmonoxid CO, unverbrannte Kohlenwasserstoffe HC) als die von Dieselmotoren bzw. nur geringfügig schlechter (Stickoxide NOx).

Die positiven Eigenschaften von Biodiesel, besonders die seiner Ungiftigkeit, legen seine Verwendung auch in Sportbooten nahe. Insbesondere der Bodensee, der ein schiffbares Gewässer und zugleich ein Trinkwasserspeicher für Millionen von

Menschen darstellt, ist ein prädestiniertes Gebiet für den Einsatz von Biodiesel. So unterstützt auch das Umweltbundesamt in einer Studie (KRAUS /3/) die Verwendung von Biodiesel auf Binnengewässern.

Während die Umrüstung von Pkw-Motoren auf Biodiesel Stand der Technik ist, liegen für Wasserfahrzeuge kaum Erfahrungen vor. In einer Studie wurde die Verwendung von RME in Fischereibooten zwar untersucht (DETHLOFF /1/), für Sportboote lagen bislang aber keine Erfahrungen vor. Bei Sportbooten sind die Verhältnisse insofern anders als bei Pkw-Motoren, weil Sportboote nur wenige Stunden pro Jahr gefahren werden und die Motoren insbesondere von Segelbooten meistens nur im Teillastbereich betrieben werden und kaum Betriebstemperatur erreichen. Beim Einsatz von RME in Sportbooten spielen deswegen die bekannte Gefahr der Schmierölverdünnung beim Kaltstart und im Teillastbereich sowie die begrenzte Haltbarkeit des Biodiesels eine große Rolle. Hinzu kommt die bekannte hygroskopische (wasseranziehende) Eigenschaft des Biodiesels, die naturgemäß in der feuchten Umgebung auf einem Gewässer eine größere Bedeutung hat als bei Pkw-Motoren. Deswegen wurde das Projekt „Biodiesel und Sportschiffahrt in der Euregio Bodensee“ im Jahr 2000 gestartet.

3 AUSGANGSLAGE

Auf dem Bodensee gab es schon seit einigen Jahren einige wenige Sportbootbesitzer, die ihre Motoren auf Biodiesel umgerüstet hatten. Diese machten ihre Erfahrungen alleine, wussten nichts voneinander und hatten deswegen keinen Austausch untereinander. Den Kraftstoff besorgten sie an Tankstellen im Hinterland und brachten ihn in Reservekanistern an Bord. Seetankstellen gab es keine, weil die Tankstellenbesitzer keinen Bedarf sahen. Andererseits konnten Motorboote, die ei-

nen größeren Kraftstoffverbrauch als Segelboote haben, nicht umgerüstet werden, weil es keine Seetankstellen gab.

In dieser Situation entstand 1999 die Idee, die Biodiesel-Aktivitäten auf dem Bodensee zu bündeln und Synergie-Effekte zu erzeugen. Hans Plaettner-Hochwarth war derjenige, ohne dessen Visionen das Projekt nicht realisiert worden wäre. Mit Unterstützung der Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V. wurde 2000 das Projekt „Biodiesel und Sportschiffahrt in der Euregio Bodensee“ gestartet. Die wissenschaftliche Betreuung des Vorhabens wurde durch Professor Dr.-Ing. Klaus Schreiner vom Labor für Verbrennungsmotoren an der Hochschule Konstanz (HTWG) übernommen.

4 PROJEKT „BIODIESEL UND SPORTSCHIFFFAHRT IN DER EUREGIO BODENSEE“

4.1 PROJEKTTEAM

Das Projektteam bestand aus den Mitgliedern:

- Hans Plaettner-Hochwarth, Projektleiter des Bodensee-Segler-Verbandes (BSVb) und der Internationalen Wassersportgemeinschaft Bodensee (IWGB) sowie Vizepräsident der mittlerweile in die IWGB integrieren Arbeitsgemeinschaft Freizeit und Natur Bodensee e.V. (ArgeFun)
- Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner, Leiter des Labors für Verbrennungsmotoren an der Hochschule Konstanz
- Dr. Hans-Luzius Studer, Präsident der Internationalen Wassersportgemeinschaft Bodensee e.V. (IWGB)
- Hans-Dieter Möhlhenrich, Chefredakteur der „IBN – Das Magazin für Wassersport am Bodensee“

- Dieter Haertl, Geschäftsführer des Bodensee-Segler-Verbandes (BSVb)

Ideell wurde das Projekt durch die folgenden Wassersportverbände unterstützt:

- ArgeFun - Arbeitsgemeinschaft Freizeit und Natur Bodensee e.V.
- BSVb - Bodensee-Segler-Verband
- IBMV - Internationaler Motorboot-Verband
- IWGB - Internationale Wassersportgemeinschaft Bodensee e.V.

4.2 SPONSOREN

Die Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP) unterstützte das Projekt finanziell. Die Fördergelder wurden im Wesentlichen für folgende Arbeiten verwendet:

- Finanzielle Unterstützung der Projektteilnehmer bei der Umrüstung ihrer Boote auf Biodieselbetrieb (Schläuche, Dichtungen, nötige Ersatzteile für die Motoren)
- Regelmäßige Öl- und Kraftstoffanalysen für alle beteiligten Boote
- Abgasmessungen auf Booten
- Druck von Informationsmaterial und Porto für den umfangreichen Postversand

Die Arbeitsleistungen im Projekt erfolgten alle ehrenamtlich.

5 ERFahrungen und ERGEBNISSE

5.1 KONTAKT ZU DEN MOTORENHERSTELLERN

Die Umrüstung von Bootsmotoren für RME könnte eigentlich Stand der Technik sein. So gaben beispielsweise Volkswagen und Audi ihre Pkw-Dieselmotoren schon 1996 generell für den Betrieb mit Biodiesel frei. (Seit 2004 werden die Motoren wegen der strengeren Abgasgrenzwerte allerdings

nur noch bei Zukauf eines RME-Paketes - Kraftstoffsensoren und geänderte Motorkennfelder - für den Betrieb mit Biodiesel freigegeben. Die Modelle mit Rußfilter können bislang konstruktionsbedingt noch nicht mit RME betrieben werden. 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 wurde das Biodiesel-Projekt von vielen Motorherstellern aufmerksam beobachtet. Einige Hersteller, zum Beispiel Volvo Penta und MARX, der Importeur von Yanmar-Motoren, unterstützten das Projekt, indem sie so genannte Patenschaften übernahmen. Durch diese Patenschaften sollten Schäden, die auf den Betrieb mit RME zurückzuführen sind, auf dem Wege der Kulanz schnell und unbürokratisch behoben werden. Erfreulicherweise mussten diese Patenschaften nie in Anspruch genommen werden.

Im Rahmen des Biodiesel-Projektes ist es gelungen, die Unterstützung von vielen weiteren Motorenherstellern zu erhalten.

5.2 PROJEKTTILNEHMER

Um Projektteilnehmer mit etwas Pioniergeist zu finden, wurden in vielen Yachtclubs am Bodensee und deren Verbänden Informations- und Vortagsveranstaltungen durchgeführt. In den Bootszeitschriften wurde hierüber berichtet. Da die Wassersportler sehr für umweltfreundliches Verhalten sensibilisiert sind, wurden bereits zum Start des Projektes 16 Teilnehmer gefunden. Diese Anzahl konnte im Laufe des Projektes auf insgesamt 26 erhöht werden. Aus den oben beschriebenen Gründen der Treibstoffversorgung waren nur vier Motorboote in der Versuchsflotte. Dies war

für die Ergebnisse jedoch nicht negativ, da sich besonders bei den Segelbooten Forschungsbedarf herausstellte.

5.3 KRAFTSTOFFVERSORGUNG

Zu Beginn des Projektes 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 (vergleiche Tabelle 3 in der Umrüstanleitung /5/) Kanisterdepots mit Biodiesel eingerichtet wurden. Zumindest die Besitzer von Segelbooten, die üblicherweise kleine Tanks haben, konnten hier ihren Bedarf decken. Auch einige Motorboote wurden, wenn gleich umständlich, mit Kanistern betankt. So konnten in der ersten Saison (2000) 16 Projektteilnehmer, darunter zwei Motorboote, mit RME versorgt werden. In der zweiten Saison (2001) ist es dann gelungen, den Besitzer der Seetankstelle im „ULTRAMARIN Der Meichle + Mohr Hafen“ in Kressbronn davon zu überzeugen, Biodiesel in sein Programm aufzunehmen. Besonders an diesem Ort ist die Seetankstelle für RME von großer Bedeutung, da hier über 2500 Boote ihren Liegeplatz haben und dadurch ein großes Potenzial an Interessenten erwartet werden kann. So können auch größere Motorboote problemlos mit Biodiesel versorgt werden.

Die ursprüngliche Idee, ausschließlich Markenkraftstoff der Oelmühle Leer Conne-mann GmbH.+Co. zu verwenden, war praxisfremd, da sich die Projektteilnehmer an den ihnen am nächsten liegenden (Land-) Tankstellen rings um den Bodensee versorgten. Diese Auto-Tankstellen beziehen ihren Kraftstoff von eigenen Lieferanten, was dann zu den Problemen führte (siehe Abschnitt 5.7). Mittlerweile haben erfreulicherweise die meisten Tankstellen auf normgerechte Ware umgestellt.

5.4 UMRÜSTUNG DER BOOTE

Die Boote wurden gemäß Abschnitt 2 der Umrüstanleitung /5/ von den Bootsbesitzern umgerüstet. Die notwendigen Materialien (Schläuche und Dichtungen) wurden den Projektteilnehmern zur Verfügung gestellt.

5.5 FAHRTENBÜCHER

Alle Projektteilnehmer erhielten Fahrtbücher, in denen sie die Fahrzeiten sowie besondere Vorkommnisse oder Beobachtungen notierten. Aufgrund dieser Eintragung sind für die Jahre 2000 bis 2005 folgende Daten bekannt:

- > Betriebsstunden mit Biodiesel auf dem Bodensee: 4271 h
- > Mittlere Zahl von Betriebsstunden pro Boot und Jahr: 42 h
- > Max. Zahl von Betriebsstunden eines Bootes in den sechs Jahren: 853 h

Da aus Kostengründen keine Betriebsdatenerfassung auf den Booten installiert werden konnte, wurde das Lastprofil von den Teilnehmern abgeschätzt. Die drei Bereiche wurden folgendermaßen definiert:

- > Leerlauf: Leerlaufdrehzahl und Drehzahlen darüber bis etwa 1200/min
- > Volllast: Max. Drehzahl und die letzten 500/min darunter
- > Teillast: Alle anderen Drehzahlen

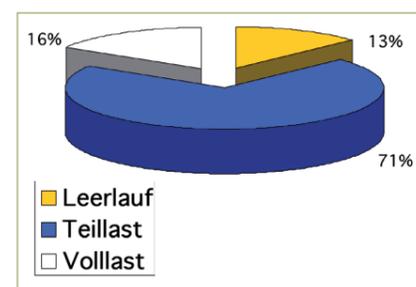


Abb. 1: ÜBER ALLE PROJEKTTILNEHMER GEMITTELTES LASTPROFIL

5.6 ÖLANALYSEN

Bei allen Booten wurden mindestens einmal pro Jahr am Ende der Saison (vor dem jährlichen Ölwechsel) Ölproben gezogen und bei der Fa. Wearcheck hinsichtlich 31 Eigenschaften analysiert.

Mit den Ölanalysen kann man zwei unterschiedliche Ziele verfolgen: Zum einen

könnte man auf Grund der Ergebnisse das Ölwechselintervall über den in den Service-Vorschriften festgelegten Wert hinaus verlängern. Dies wurde im Biodiesel-Projekt aber nicht empfohlen, da die Motorenhersteller zusätzlich zum betriebsdauerabhängigen Ölwechsel auf jeden Fall einen jährlichen Ölwechsel vorschreiben. Zum anderen kann man eine Ölanalyse durchführen um Informationen über den

Motorzustand zu erhalten. Dies war die wesentliche Motivation für Ölkontrollen im Biodiesel-Projekt. Es wurde nämlich befürchtet, dass die Motoren durch den Betrieb mit dem hygroskopischen Biodiesel in einer feuchten Umgebung Schaden nehmen könnten. Hinzu kommt, dass bekanntermaßen Biodiesel aufgrund seines hohen Flammpunktes gegenüber fossilem Diesel zu einer Motorölverdünnung führen kann.

Es zeigte sich, dass bei fast allen Booten und fast immer die meisten Kennwerte unbedenklich waren. Auffällig waren bei einigen Booten lediglich die in der Tabelle 1 genannten Größen. Der Grenzwert, ab dem die einzelnen Werte auf Probleme hinweisen, ist natürlich von Kenngröße zu Kenngröße unterschiedlich. Hinzu kommt, dass manche Ölsorten einzelne Komponenten als Additiv enthalten können. Insofern muss man bei einer Ölanalyse auch immer die Ölsorte angeben.

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

Die folgenden Abbildungen zeigen typische Trendbeobachtungen bei den Ölanalysen. Dargestellt sind jeweils Ergebnisse der Ölanalysen in normierter Form über der Zeitachse.

Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse eines Bootes, bei dem während der gesamten Projektlaufzeit alle Ölanalysen immer in Ordnung waren. Dargestellt sind aus Gründen der besseren Übersicht nur einige der Analysegrößen.

KENNGRÖSSE	NORMIERUNGS-WERT	MÖGLICHE URSACHEN
Eisen (Fe)	100 mg/kg	Lagerverschleiß
Aluminium (Al)	30 mg/kg	Kolben- oder Zylinderverschleiß
Chrom (Cr)	25 mg/kg	Kolbenring- oder Nockenwellenverschleiß
Kupfer (Cu)	30 mg/kg	Lagerverschleiß
Blei (Pb)	45 mg/kg	Gleitlagerverschleiß
Silizium, Staub (Si)	30 mg/kg	Verschmutzung
Kraftstoff (RME)	5 %	Schmierölverdünnung durch Biodiesel
Wasser (H ₂ O)	0,2 %	kann zu Korrosion oder Kavitation führen
Ruß	1,5 %	Öl zu alt, Probleme mit dem Einspritzsystem

Tab. 1: AUFFÄLLIGE PARAMETER DER ÖLANALYSEN UND IHRE MÖGLICHEN URSACHEN

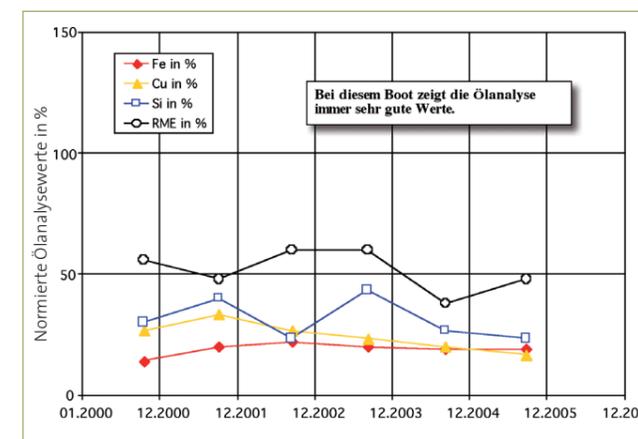


Abb. 2: ÖLANALYSE DES BOOTES 00-01-5

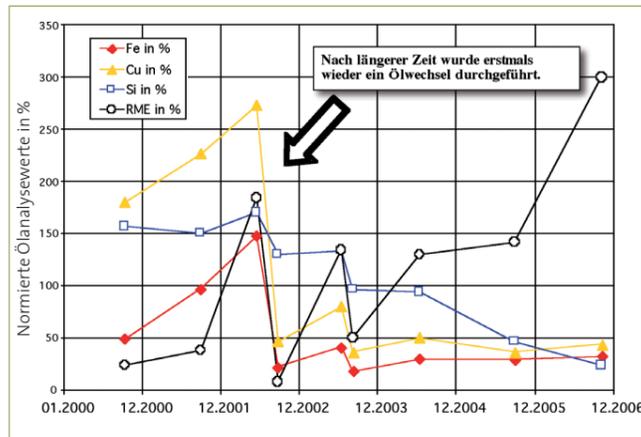


Abb. 3: ÖLANALYSE DES BOOTES 00-07-5

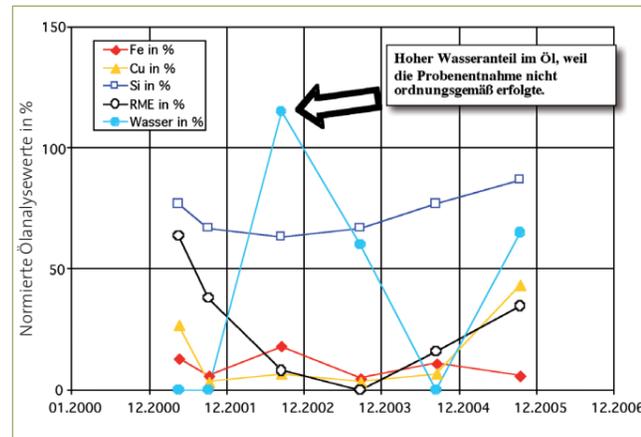


Abb. 5: ÖLANALYSE DES BOOTES 00-04-5

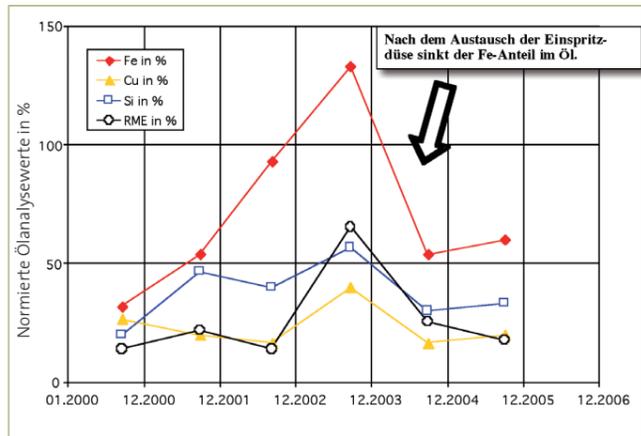


Abb. 4: ÖLANALYSE DES BOOTES 00-10-5

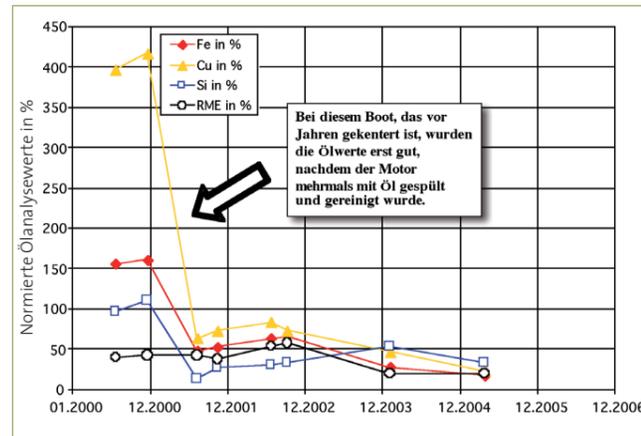


Abb. 6: ÖLANALYSE DES BOOTES 00-16-M

Abbildung 3 zeigt die Analysenwerte eines Bootes, bei dem entgegen den Betriebsvorschriften längere Zeit kein Ölwechsel stattfand. Man kann gut erkennen, wie die Werte in den ersten zwei Projektjahren ansteigen. Nach dem Ölwechsel im Jahr 2002 sind die Ergebnisse deutlich besser. Auch die anfangs relativ hohen Siliziumwerte werden im Laufe der Zeit besser. Der deutliche Anstieg des RME-Anteils im Öl im Jahr 2006 muss dagegen in der Saison 2007 genauer beobachtet werden.

Abbildung 4 zeigt einen Motor, bei dem die Verschlechterung der Ölqualität durch einen

Wechsel der Einspritzdüse behoben werden konnte. Der Grund für den Düsentausch lag aber nicht in den Ölwerten, sondern im motorischen Verhalten (schlechter Kaltstart).

Abbildung 5 zeigt einen Motor, bei dem der Wassergehalt im Öl gegen Ende der Saison 2002 stark ansteigt. Die Rücksprache mit dem Bootsbesitzer hat ergeben, dass er bei der Probenentnahme ein Gefäß verwendet hat, das nicht ganz trocken war. Die Zunahme an Wasser ist also durch einen Fehler bei der Probenentnahme 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 6 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 untergegangen. 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 Zweifel 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.

5.7 KRAFTSTOFFANALYSEN

Die Tatsache, dass RME eine geringere Lagerstabilität als fossilem Diesel nachgesagt wird, hat das Projekt-Team veranlasst, den RME in den Yacht tanks 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 Projektteam konnten diese Ausreißer teilweise durch Wechsel des Lieferanten abgestellt werden.

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 wurde untersucht, indem zum Ende einer Saison und zu Beginn der nächsten Analysen gemacht wurden. Je nach Befüllung des Tanks und der Feuchtigkeitsdifferenz zwischen den beiden Analysen konnten Rückschlüsse gezogen werden, wie sich das „At-

men“ des Tanks auf den Wassergehalt des Inhaltes auswirkt. Ab der Saison 2003 wurden in die Entlüftungsleitungen einiger Boote Trocknungsvorrichtungen mit Silikagel zwischengeschaltet. Hierfür wurden zwei verschiedene Systeme entwickelt. Am besten hat sich das in Abbildung 7 gezeigte relativ einfache System mit Gardena-Teilen aus dem Baumarkt bewährt. Wägekontrollen „erschöpfter“ Trocknungsvorrichtungen habe gezeigt, dass eine Füllung mit 200 Gramm Trockenperlen während einer Wassersportsaison (6 Monate) 70 Gramm Wasser aufgenommen hat.

5.8 LAGERSTABILITÄT VON RME IN GESCHLOSSENEN KANISTERN

Parallel zu den Kraftstoffanalysen in den Yacht tanks wurden zwei RME-Proben in geschlossenen Behältern in einer Garage gelagert. Von diesen beiden Behältern wurden monatlich Proben gezogen und hinsichtlich verschiedener Kriterien analysiert.

- Wassergehalt: Maß für die Aufnahme von Luftfeuchtigkeit auf Grund der hygroskopischen Eigenschaft des Kraftstoffes
- Oxidationsstabilität: Maß für den Alterungsprozess der Kraftstoffproben
- Neutralisationszahl: Maß für die Produktionsqualität und den Alterungsprozess
- Peroxidzahl: Weiteres Maß für den Alterungsprozess

Es konnte 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 Yacht tanks gilt, da bei diesen durch die Entlüftungsleitung ständig Frischluft zugeführt wird. Wenn es aber gelingt, durch die Trocknungsmittel-Filter in den Entlüftungsleitungen die Zufuhr von Luftfeuchtigkeit zu minimieren, dann sollte auch der Biodiesel in Yacht tanks



Abb. 7: EINFACHE TROCKNUNGSVORRICHTUNG MIT GARDENA-TEILEN AUS DEM BAUMARKT

problemlos mehr als ein Jahr lang verwendet werden können, vorausgesetzt, dass der Tank sich nicht längere Zeit in einem teilbefüllten Zustand befindet. Durch die relativ große RME-Oberfläche in einem teilbefüllten Zustand, das große Sauerstoffangebot des Leerraumes und die permanente Bewegung eines Bootes auf dem Wasser, ist die Gefahr der Oxidation des RME nicht zu vernachlässigen. Aus dem gleichen Grund sollte auch ein für RME verwendeter Reservekanister nicht zu lange in leerem Zustand aufbewahrt werden.

5.9 TYPISCHE STÖRUNGEN

Während der sechs Jahre des Biodieselprojekts sind bei den Projektteilnehmern einige biodieselbedingte Störungen aufgetreten. Diese sind in der Tabelle 2 aufgeführt und kommentiert. Die Störungen sind insofern wichtig, als dass man aus jedem Fehler etwas lernen kann. Die Erkenntnisse, die im Laufe des Biodieselprojekts gewonnen wurden, sind alle in die Umrüstanleitung eingearbeitet worden. Natürlich können bei schlecht gewarteten Booten (beispielsweise bei nicht vorgenommenem Austausch der Kraftstofffilter) weitere Schäden auftreten, die allerdings nichts mit dem Kraftstoff zu tun haben.

5.10 WEITERE WÄHREND DES PROJEKTS DURCHFÜHRTE AKTIVITÄTEN

Um in der Bevölkerung eine breite Akzeptanz für das Biodieselprojekt und bei den Wassersportlern die Bereitschaft für eine

SAISON	TEIL-NEHMER	STÖRUNG	KOMMENTAR
2002 2005 2002 2003 2000	01-01-S 00-02-S 00-05-S 00-10-S 00-12-S	Kraftstoffförderpumpe „schwitzt“: Membran wurde durch RME angelöst und musste ersetzt werden.	Je nach Beschaffenheit des Membranmaterials wird es durch RME angelöst. Falls dies geschieht, sollte die Kraftstoffförderpumpe durch eine elektrische Pierburg-Pumpe ersetzt werden (vgl. Umrüstanleitung).
2004	00-15-S	Die alte mechanische Kraftstoffförderpumpe wurde durch eine elektrische ersetzt, die alte Pumpe fälschlicherweise aber nicht ausgebaut. Das führte dazu, dass die Dichtungen in der alten Pumpe zunehmend schlechter wurden und irgendwann die elektrische Pumpe den kompletten Tankinhalt über die defekte alte Pumpe in die Bilge pumpte.	Jeden Fehler sollte man höchstens einmal machen und dann versuchen daraus zu lernen
2003	00-03-S	Der Kunststoff-Geber der Tankanzeige hat sich im RME aufgelöst	VDO hat den Geber mittlerweile durch ein Edelstahlbauteil ersetzt
2002	00-04-S	Dichtungen in der Einspritzpumpe (25 Jahre alt) lösten sich auf.	Dichtungen wurden durch Biodieselbeständige ersetzt
2003	00-15-S	Störungen durch Luft in der Kraftstoffleitung. Nach längerem Suchen fand man bei den Abstellhähnen in den Kraftstoff-Leitungen aufgelöste Gummidichtungen.	Ersatz durch RME-resistente Kugelhähne
2003	00-16-M	Undichte Dichtung an den Kraftstoff-Filtern	Ersatz durch RME-resistente Dichtungen
2002	00-04-S	Der Bootstank wurde vor einigen Jahren repariert und der Deckel einer Inspektionsöffnung mit Silikon verklebt. Diese Silikonverbindung wurde durch Biodiesel angelöst.	Solche Silikon-Reparaturen müssen genauso vermieden werden wie biodieselnunbeständige Schläuche und Dichtungen.
2001	01-06-M	Die Schweißnähte des korrodierten Stahl-Bootstanks (44 Jahre alt) wurden undicht. Starke Ablagerungen des fossilen Diesels dichteten diese ab, während RME die Ablagerungen auflöste.	Beide Tanks wurden durch Edelstahltanks ersetzt. Das Undichtwerden der Schweißnähte ist kein typisches Biodiesel-Problem, sondern wäre wohl auch mit fossilem Diesel früher oder später aufgetreten.
2001	00-10-S	Bei einer RME-Analyse wurde Farbstoff gefunden. (Das Farbpigment war Kongorot, ein Indikator in der analytischen Chemie, der bei den Analysen störend auffiel.)	Der Reservekanister, mit dem der Biodiesel an Bord gebracht wurde, war innen lackiert. Dieser Lack wurde von RME angelöst.
2002	00-12-S	Kavitationsschäden an der Einspritzdüse, Startprobleme, Mangelhafte Kompression	Der Motor musste wegen starkem Verschleiß von Laufbuchse und Zylinderkopf überholt werden. Ursache für den Schaden war mit großer Wahrscheinlichkeit ein Wasserschaden. Es wird vermutet, dass über Jahre hinweg Motorkühlwasser (über die nasse Abgasleitung) während der Betriebspausen über das geöffnete Auslassventil in den Zylinder gelangte und dort durch Korrosion die Schäden verursacht hat. Die Ölanalysenwerte waren jahrelang außerordentlich schlecht. Die Ursache für die schlechten Werte waren aber nicht bekannt. (Das baugleiche Boot mit dem selben Motor verhielt sich dagegen vollkommen normal; siehe Code 00-10-S)
2000	00-06-S	Schlechte Abgaswerte	Nachdem die verschlissene Einspritzdüse ersetzt worden war, waren die Abgase wieder in Ordnung.
		Erhöhter Wassergehalt im RME	Bei einigen Teilnehmern wurde ein erhöhter Wassergehalt im RME festgestellt. Ursachen hierfür waren entweder eine schlechte Kraftstoffqualität (vgl. Abschnitt 5.7) oder defekte Tankdeckeldichtungen.
2005	02-01-S	Elektrische Kraftstoffförderpumpe ausgefallen	Neue Pumpe eingebaut

TABELLE 2: STÖRUNGEN WÄHREND DER SECHS PROJEKTJAHRE

eventuelle Umrüstung zu erreichen, wurden verschiedene öffentlichkeitswirksame Maßnahmen durchgeführt:

- Pressekonferenz in Konstanz zum Projektstart im Juni 2000
- Umwelt-Symposium der Wassersportverbände in der Euregio Bodensee an der FH Konstanz im Februar 2001
- Präsentation des Biodiesel-Projekts auf den Messen Interboot 2001 und Interboot 2004 in Friedrichshafen
- Durchführung von Biodiesel-Symposien auf den Messen Interboot 2001 und Interboot 2004
- Jährliche Teilnehmertreffen zum Erfahrungsaustausch und mit Vorträgen des RME-Teams
- Viele kleinere Informationsveranstaltungen bei verschiedenen Wassersportvereinen
- Informationsweitergabe über die Homepage des Labors für Verbrennungsmotoren an der HTWG Konstanz www.vmot.htwg-konstanz.de/biodiesel
- Pressemeldungen an die regionalen Zeitungen
- Kontinuierliche Berichterstattung in der IBN „Das Magazin für Wassersportler auf dem Bodensee“
- Verteilung von Informationsmaterial in vielen persönlichen Gesprächen

6 ZUSAMMENFASSUNG UND WEITERES VORGEHEN

Es hat sich im Verlauf der sechs 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 waren damit im Alltagsbetrieb bisher keine Abnormitäten zu erkennen, weil bei diesen bereits moderne Elastomere als Dicht- und Schlauchmaterialien verwendet werden. Bei Motoren älterer Baujahre ist ein eventueller prophylaktischer Austausch der Kraftstoff-

förderpumpe und der Dichtungen in der Einspritzpumpe empfehlenswert. Die dadurch entstehenden Kosten sind überschaubar.

In der Umrüstanleitung sind weitere Tipps und Empfehlungen rund um den Motorenbetrieb mit RME enthalten. Während die Projektteilnehmer in den sechs Projektjahren noch intensiv durch das RME-Team betreut und die Umstellungskosten gesponsert wurden, um alle nur möglichen Erfahrungen durch Rückmeldungen zu sammeln, kann der Betrieb von Motoren im maritimen Bereich mit den gesammelten Erfahrungen heute problemlos auch ohne Projektbegleitung durchgeführt werden.

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 „ULTRAMARIN Der Meichle + Mohr Hafen“ in Kressbronn ist die erste Seetankstelle für RME äußerst vorteilhaft, weil dort unter den etwa 2500 Booten früher oder später eine große Nachfrage zu erwarten ist. Dies ist jedoch nur als Anfang zu sehen, dem Tankmöglichkeiten in anderen Teilen des Bodensees folgen sollen.

Dem Problem der Hygroskopizität von RME wurde begegnet, indem Trocknungsaggregate in die Entlüftungsleitungen der Tanks geschaltet und damit sehr positive Erfahrungen gesammelt wurden.

Das Projekt wurde durch Versuchsanordnungen mit Oxidations-Katalysatoren erweitert, um die Abgaswerte zu verbessern und um den typischen „Frittengeruch“ zu beseitigen. Dies wird nur in Motorbooten zum Tragen kommen, da der Oxikat eine

gewisse Betriebstemperatur benötigt um wirksam zu werden. Diese ist bei Segelbooten mit ihrem intermittierenden Betrieb im Teillastbereich kaum zu erreichen. Die Ergebnisse dieses Oxikat-Projektes (KLAISSE /2/) können auf der Homepage des Labors für Verbrennungsmotoren abgerufen werden.

Man kann davon ausgehen, dass in den sechs Projektjahren und im Beobachtungsjahr danach alle biodieseltypischen Probleme erkannt wurden und dass die Maßnahmen zu ihrer Beseitigung funktionieren. Während anfangs die Beteiligung am Projekt noch etwas Pioniergeist erforderte, sind jetzt die Voraussetzungen dafür geschaffen, dass RME im maritimen Bereich zur umweltbewussten Selbstverständlichkeit werden kann.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- /1/ DETHLOFF, G.; MAACK H.-H.: Abschlussbericht „Demonstrationsprojekt zum Einsatz von Rapsmethylester in umweltsensiblen aquatischen Bereichen“. Universität Rostock 1998
- /2/ KLAISSE, MARKUS; SCHREINER, KLAUS: Abschlussbericht zum Oxikat-Projekt. HTWG Konstanz 2007
- /3/ KRAUS, K.; NIKLAS, G.; TAPPE, M.: Aktuelle Bewertung des Einsatzes von Rapsöl/RME im Vergleich zu Dieselmotoren. Umweltbundesamt Berlin 1999
- /4/ SCHREINER, KLAUS; PLAETTNER-HOCHWARTH, HANS: Abschlussbericht zum Projekt „Biodiesel und Sportschiffahrt in der Euregio Bodensee“. UFOP 2007
- /5/ SCHREINER, KLAUS; PLAETTNER-HOCHWARTH, HANS: Handbuch zur Umrüstung von Sportbooten für den Betrieb mit Biodiesel. UFOP 2007
- /6/ UFOP: Biodiesel „Flower Power“. UFOP Berlin 2003



PROF. DR. OLIVER HAASE;
Studium der Informatik
an der Universität Karls-
ruhe. Danach Promo-
tion zum Dr.-Ing. an der Universität
Siegen. Zwischen 1998 und 2001 zuerst
Researcher, dann Senior Researcher
bei den Computer & Communication
Research Labs, NEC Europe. Von 2001
bis 2005 Research Scientist bei den
Central Bell Labs in Holmdel, New Jersey,
USA. Ausgezeichnet mit dem Bell Labs
President's Award. Seit September 2005
Professor für Verteilte Systeme und
Software Engineering an der HTWG
Konstanz. Zahlreiche Konferenz- und
Zeitschriftenpublikationen, Patente,
Bücher und Buchkapitel. Seit November
2006 Programmverantwortlicher
für den Masterstudiengang Informatik.

ABSTRACT

In 3GPP IMS networks, trigger points are used to delegate service execution to dedicated application servers. Trigger points are the main components of initial Filter Criteria (iFC) that are stored on the central IMS subscriber database, the HSS, and dynamically downloaded to the users' call control proxies at registration time. The XML format for iFC download is standardized, whereas the storage format is not. We propose a novel storage format that decomposes trigger points into user independent, global data and user specific data. The former part is stored in a global trigger point template dictionary, the latter part on a per user basis. Our approach reduces storage consumption by 50%, compared with regular XML compression. The access and conversion time is virtually the same as access to an iFC in plain XML representation; in some cases our approach even outperforms plain XML access. Finally, the trigger point template approach simplifies the potentially complex process of service deployment and provisioning.

KEY WORDS

Cellular technology, SIP services, IMS, filter criteria.

1 INTRODUCTION

The 3rd Generation Partnership Project (3GPP) is currently defining the IP Multimedia Subsystem (IMS), an architecture for next generation all-IP mobile networks [1]. In the CDMA sphere, the 3rd Generation Partnership Project 2 (3GPP2) has adapted the same architecture under the name Multimedia Domain (MMD) for future all-IP CDMA2000 networks [2]. The IMS architecture is based on the Session Invitation Protocol (SIP) [3], by applying the SIP framework to the specific needs of a commer-

cial wireless network. These needs include among other things Quality-of-Service (QoS) control in access as well as core network, load balancing, and the support for billing and charging.

In addition, the IMS comes with a standardized, IN-like service execution model. In a nutshell, IMS services run on dedicated application servers and are triggered for execution by the users' call control proxies. A call control proxy triggers service execution when it receives a SIP signaling message that matches the trigger condition that is associated with the respective service. That is, everytime a SIP message for a certain user arrives at his or her call control proxy, the proxy checks the message against the trigger conditions of all services that the user has subscribed to. For each trigger condition that fires, the server delegates control to the application server that executes the actual service logic. Trigger points are the main components of *initial Filter Criteria (iFC)*. For each service that a user has subscribed to, their user profile contains one iFC. Each iFC contains a trigger point, the address of the application server to be contacted, the default handling in case the application server cannot be reached, as well as some user specific service data that the call control proxy sends to the application server upon service triggering.

The 3GPP specifies all aspects of the IMS service model that require standardization to ensure interoperability between the network elements of different equipment vendors. This includes the XML dialect in which initial filter criteria are exchanged between two network elements, the protocol for service triggering, and a mechanism for application servers to access user specific service data from the Home Subscriber Server (HSS), the central subscriber data repository.

Implementation aspects that are confined to a single network entity, on the other hand, are out of the scope of the 3GPP and leave room for competitive differentiation.

This includes, amongst other things, the actual iFC storage format. As mentioned above, XML is used for the exchange of iFCs between network components. However, XML was designed with the main focus on human readability, not storage efficiency. If stored in plain XML representation, a single iFC consumes several hundred bytes up to a few kilobytes of storage space. On an HSS that serves a network with tens of millions of subscribers, this means a substantial need for storage capacity, for iFC storage alone. In addition, higher storage consumption translates to more network traffic for data replication, and thus slower system performance. Consequently, in order to meet the stringent response time requirements on as central a network element as the HSS, storage economy is an important design point.

One approach to reduce iFC storage consumption is the use of XML compression. Regular XML compression can reduce iFC storage consumption to within a 100 to 300 bytes range. The storage gain comes at the expense of increased runtime for decompression when an iFC has to be shipped to another network element. Roughly speaking, the time to access and decompress a compressed iFC is double the time it takes to access an uncompressed iFC.

In this paper we present a novel approach for iFC storage that we use on our HSS implementation for the storage of iFCs [6][7][8]. It is based on the decomposition of iFCs into user independent global data, and user specific data. Especially for trigger conditions, the key components of any iFC, this decomposition is non-trivial, because a trigger condition is a seemingly homogeneous, at the same time complex logical predicate. The approach we propose in this paper is based on so-called *trigger point templates* that represent *families* of trigger points and that can be instantiated to real trigger points by adding the missing user specific data. The trigger point templates are stored in a template dictionary

in the global data section of the database, whereas the user specific data is stored on the user level. Our approach achieves an additional compression rate of 50% over regular XML compression, i.e. the storage consumption of the vast majority of iFCs is under 150 bytes, on average significantly below that. In addition, our approach provides excellent iFC access performance. In most cases the time to access and compose an iFC in our representation is about the time it takes to access a plain XML iFC; in some cases, our approach even outperforms access to uncompressed XML. Last not least, the presented approach naturally supports the complex process of service deployment, iFC provisioning, and service subscription, as we will show in detail in this paper. Data provisioning is an important, though often neglected issue. The success of a new technology heavily depends on its usability, an important aspect of which is provisioning. Our approach simplifies the provisioning of iFCs, and can thus help with the introduction of new services into an IMS network. The rest of the paper is organized as follows: In section 2, we first introduce the general IMS architecture and then the IMS service model, including the initial filter criterion and trigger point concepts. In section 3 we present the central innovation of this paper, the trigger point templates. Section 4 shows how the trigger point template concept facilitates the provisioning and download of initial filter criteria. In Sections 5 we compare the storage efficiency of our approach with several alternative approaches. Section 6 concludes the paper.

2 IMS SERVICE MODEL

In this section we first briefly introduce the overall architecture of an IMS network, and then show how the IMS service execution model is integrated into registration and call set-up. Finally, we discuss the IMS *Ini-*

tial Filter Criteria concept in detail as it is of significant relevance for the rest of the paper.

2.1 IMS ARCHITECTURE

An IMS network comprises a broad array of network elements, not all of which are relevant in the context of this paper. We therefore restrict the following discussion to those elements that play a role in service execution, or that are key to a good understanding of the general IMS architecture. These elements are:

> **Call Session Control Function (CSCF):** Elements of this category act as SIP proxies and talk SIP with each other, with the mobile terminal, and with the elements outside the IMS network. The IMS has defined three kinds of CSCFs that serve different purposes:

> **Interrogating CSCF (I-CSCF):** These are the ingress routers to a given IMS domain, i.e. they are the first point of contact for any communication from outside the network. Each IMS network has at least one but potentially many I-CSCFs listed as the domain's SIP proxies in DNS.

> **Serving CSCF (S-CSCF):** Every user gets, at the time of registration, an S-CSCF assigned that serves as their SIP registrar. Each incoming SIP message traverses the user's S-CSCF that delegates service execution if and when needed, and that forwards the message on to the P-CSCF. Similarly, mobile originated messages are also forwarded to the user's S-CSCF so as to execute services for these scenarios as well.

> **Proxy CSCF (P-CSCF):** The P-CSCF is the proxy that is topologically closest to the mobile terminal. Usually, it is collocated with the Gateway GPRS Support Node (GGSN) of the underlying GPRS network. The P-CSCF runs in the visited domain and is responsible for, e.g., QoS control in the access network and the generation of charging records.

> **Home Subscriber Server (HSS):** The HSS is a central repository of all subscribers of a particular IMS network, plus their service data. It also contains for each registered user the address of the S-CSCF that currently serves the user. This way, the HSS can help the I-CSCF find the right S-CSCF for incoming calls. In addition, the HSS downloads the user profile to the S-CSCF at registration, and returns the user's service data to an application server on demand.

> **Application Server (AS):** Application servers execute services that go beyond standard call set-up behavior, including, e.g., well-known services such as *call forwarding*, *call barring*, and *voice mail*, but also more advanced or IP centric services such as *media streaming*, *access network selection*, or *automatic reconnect*. Service execution is triggered by an S-CSCF sending a SIP INVITE message to the application server.

2.2 IMS SERVICE EXECUTION MODEL

The IMS service execution model is best explained by taking a close look at registration and call set-up. At registration time the user's service profile is downloaded to their S-CSCF. At call set-up time, the user's services may be executed. Figure 1, part (a) graphically depicts IMS registration, whereas part (b) shows incoming call set-up. Please note that both scenarios are simplified; for example, registration authentication is not shown as it is not relevant for our purposes. The scenarios are explained in the following:

> **Registration:** The mobile terminal contacts the P-CSCF in the visited network (1). The P-CSCF looks at the domain name of the SIP URI to be registered, looks up an I-CSCF for this domain in DNS, and forwards the SIP REGISTER request to the mobile terminal's home domain (2). The I-CSCF downloads user information from the HSS to see if the user is already registered or not, and to learn what features an S-CSCF must implement to be able to serve this user (3). Assuming first time registration,

the I-CSCF selects an appropriate S-CSCF and forwards the REGISTER message to it (4). The newly assigned S-CSCF registers its address with the HSS, and downloads the user profile (5).

> **Call Set-up:** All incoming calls first hit an I-CSCF acting as a SIP inbound proxy (1). The I-CSCF interrogates the HSS for the address of the user's S-CSCF (2), and forwards the INVITE request to the S-CSCF (3). The S-CSCF checks the INVITE message against the trigger conditions of all services that the user has subscribed to. For each trigger condition that fires, the S-CSCF delegates service execution to an application server (4). If need be, the application server can download service data from the HSS (5). After all services have been executed, the S-CSCF forwards the INVITE request to the P-CSCF (6) that in turn passes it on to the mobile terminal (7).

Please note that mobile originated calls are forwarded from the P-CSCF to the S-CSCF before they are routed towards the far end destination. Consequently, service execution for mobile originated calls works the same way as for the mobile terminated case described above.

2.3 INITIAL FILTER CRITERIA

As described in section 2.2, the S-CSCF downloads the user profile from the HSS at the time of registration. This profile contains, among other things, one *initial Filter Criterion (iFC)* per subscribed service. The structure of an iFC is shown in UML representation in Figure 2, and described in the following [10]:

> Each iFC has a *Priority*. This value is used to determine the order in which to execute services if several iFCs fire upon receipt of a SIP message at the S-CSCF.

> Each iFC contains exactly one *Application Server* field that contains the name of the application server that runs the service, a *Default Handling* that indicates whether the session is to be released or not if the application server cannot be contacted,

and potentially a *Service Information* component containing a *Service Info* character string. The S-CSCF sends this string to the application server when service execution is triggered. It can be used to transport user specific service data such as, e.g., a call forwarding number, to the application server.

> Each iFC contains 0 or 1 *Trigger Point*. A trigger point is a potentially complex logical condition on a SIP message. It is a boolean expression in either conjunctive normal form (CNF) or disjunctive normal form (DNF), i.e. either an ANDed set of ORed sets of atomic conditions, or an ORed set of ANDed sets of atomic conditions. The *ConditionTypeCNF* field indicates either of the two normal forms.

> A trigger point is made up of one or several *Service Point Triggers* that represent single atomic conditions; the *ConditionNegated* field indicates a potential negation, and the *Group* field lists all sets (ORed sets for CNF, ANDed sets for DNF) that the atomic condition takes part in TP. There are five predefined atomic conditions, (1) one on the Request-URI of a message, (2) one on the SIP Method, (3) one on the presence or absence as well as the content of a SIP Header, (4) one on the Session Case, i.e. whether the service is to be executed for incoming or outgoing calls, and (5) one on the content of the SDP field of the message.

Figure 2 defines the logical format of an iFC. For the download of iFCs from the HSS to the S-CSCF, the 3GPP has defined an XML dialect that maps the above structure to a set of XML elements. The internal storage format both on the HSS and the S-CSCF is out of the scope of the 3GPP standards, and left to the provider.

3 TRIGGER POINT TEMPLATES

Obviously, the main focus of the 3GPP is on what data comprises an iFC and in what format it is exchanged between HSS and S-

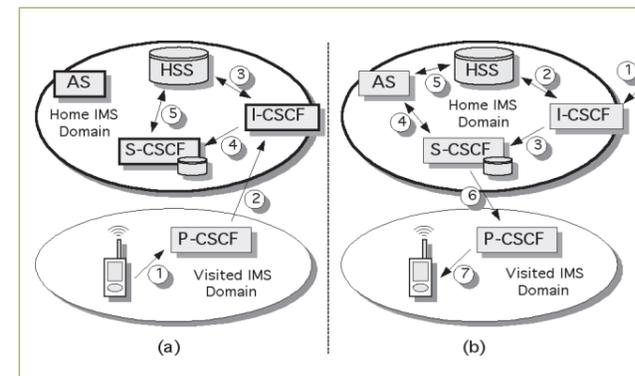


FIG. 1: REGISTRATION AND MOBILE TERMINATED CALLS IN THE IMS

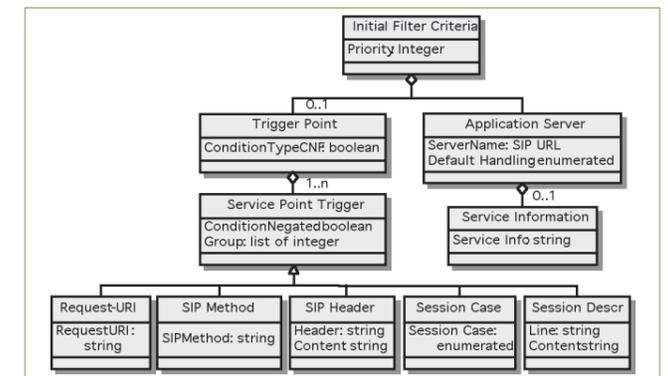


FIG. 2: UML REPRESENTATION OF IMS INITIAL FILTER CRITERIA

CSCF. However, from a provider's perspective, an equally important question is *how* this data is provisioned. We start this discussion with the trigger point, the key ingredient of an iFC. Provisioning of the other iFC components is discussed in section 4. For some services, it is possible to define a trigger point once and forever that is used by all users that subscribe to the service. The following is an example of such a predefined trigger condition. It describes (in quasi natural language) a condition that triggers service execution for all outgoing (mobile originated) calls of a user:

Method = "INVITE" and Session Case = "Originating"

Other services, however, require trigger conditions that also contain *user specific settings* that are not known at the time of service deployment. For these services we propose to use so-called *trigger point templates (TP templates)* as described in the following section.

3.1 UML REPRESENTATION

Consider a call screening service that is to be triggered when a call comes in from a particular, user-defined caller. At service deployment time, the name of the caller to be screened cannot be known, but what is known is the general *structure* of the trigger point associated with the call screening service. To become more concrete, the

call screening service needs to be triggered under the following condition, with *<user-param>* being a placeholder for the users' actual settings. This placeholder is filled in at the time of service subscription, as we will see in section 4:

Method = "INVITE" and Session Case = "Terminating" and (Header = "from" and content = <user-param>)

The above "trigger point with holes" is a *trigger point template (TP template)*, because it defines a template that can be instantiated to become a real trigger point by replacing the formal parameter(s) with actual value(s).

Now let us consider which parts of a trigger point are user independent, and which ones are user specific:

> The structure of the trigger point, i.e. the presence or absence of certain atomic conditions is user independent. Consequently, the field *ConditionTypeCNF*, of the *Trigger Point* component, as well as *ConditionNegated* and *Group of Service Point Trigger* are all user independent as well, because they relate to the structure of the trigger point.

> On the level of atomic trigger conditions, the fields *SIPMethod*, *Header*, *SessionCase* and *Line* within the components *SIP Method*, *SIP Header*, *Session Case*, and *Session Description*, respectively, are structural and thus user independent.

> The *RequestURI* field of the *Request URI*

component, the *Content* field of the *SIP Header* component, and the *Content* fields of the *Session Description* component all contain potentially user specific data.

For the storage of TP templates on the HSS, we propose an XML representation that allows filling in user specific data and hence instantiating them to real trigger points (in their standardized XML dialect) very efficiently. This format is described in the following section.

3.2 XML REPRESENTATION

The XML representation of a TP template is straightforward: We use the XML representation for trigger points and omit the missing user specific elements, i.e. the request URI of a *Request-URI* element, and the actual content of a *Content* element that is used within *SIP Header* and *SessionDescription* elements, see Figure 2. However, we include the *<Content>*, *</Content>* start and end tags for *Content* elements. This simplifies the instantiation routine that fills in user specific data in order to instantiate the TP template to a concrete trigger point, as we will see in section 4.3. Figure 4 shows the XML representation of the sample TP template introduced in section 3.1. For illustration purposes, we have bolded the tags for the empty *Content* element:

```

<TriggerPoint>
<ConditionTypeCNF>1</ConditionTypeCNF>
<SPT>
<ConditionNegated>0</ConditionNegated>
<Group>0</Group>
<Method>INVITE</Method>
</SPT>
<SPT>
<ConditionNegated>0</ConditionNegated>
<Group>0</Group>
<SessionCase>1</SessionCase>
</SPT>
<SPT>
<ConditionNegated>0</ConditionNegated>
<Group>0</Group>
<SipHeader>
<Header>From</Header>
<Content></Content>
</SipHeader>
</SPT>
</TriggerPoint>

```

FIG. 3: XML REPRESENTATION OF SAMPLE TP TEMPLATE

With this representation, the instantiation operation becomes very simple and efficient, because the holes in the TP template that need to be filled with user specific data are marked with placeholders. Clearly, storing a TP template in XML format is not optimal in terms of storage efficiency, as XML is a very verbose format meant for data exchange and not for storage. However, as the number of services offered by a provider can be expected to be rather limited – in the 100s at most – ease and speed of conversion dominate storage efficiency, as we will discuss in detail in section 5.

4 PUTTING TP TEMPLATES TO WORK – IFC PROVISIONING AND DOWNLOAD

In this section, we show how the TP template concept is used for provisioning as well as data storage during service deployment and service subscription. We also show how the individual parts of a users iFCs are assembled into the standard XML representation for profile download at registration time.

4.1 SERVICE DEPLOYMENT

When a new service is to be deployed in a provider's network, the following steps are performed:

- > The service code is deployed on at least one, or – if load sharing is desired – several application servers in the provider's network.
- > The names of all application servers hosting the new service are stored on the HSS.
- > A TP template for the service is defined, converted into XML in either conjunctive or disjunctive normal form, and stored on the HSS.
- > A default value is assigned to each formal parameter in the TP template, as desired.
- > For each formal parameter, a textual description is stored that will be used in the provisioning interface at service subscription time. The formal parameter in the sample TP template above could, e.g., be named *Calling Party's SIP URI*. This textual description will indicate to the provisioner – who acts on behalf of the user – what data he or she is supposed to fill in.

In a similar way, provisioning of the *Service Info* field of the *Service Information* component needs to be supported. In the easiest case, this means nothing but storing a name for the *Service Info* character string, such as, e.g., *Call Forwarding Number* or *SIP URI*. However, if the *Service Info* field is used to store more complex, structured information, a complete provisioning screen needs to be stored at the time of service deployment.

- > The *Priority* of the service, relative to the provider's other services, needs to be determined. Basically, this means to determine the position in the ordered list of already deployed services. These services represent an order listed, as each of them has been assigned a unique *Priority* value. How exactly the position of the new service is determined, is a non-trivial question,

and goes beyond the scope of this paper. However, providers should leave large enough gaps between the priority values of two adjacent services, in order to avoid reassignment of these values when more and more services are deployed.

- > The *Default Handling* of the service has to be determined and stored. The value can be *SESSION_TERMINATED* for critical services without whose availability the session should be terminated, and *SESSION_CONTINUED* for services whose availability is less critical.

The result of this phase for the sample *Call Screening* service is shown on the right hand side of Figure 5, the global data part related to the newly deployed service. Please note that for illustration purposes we use the *Service Info* field for the user to specify if and where to reroute screened calls. Default is that screened calls are not rerouted.

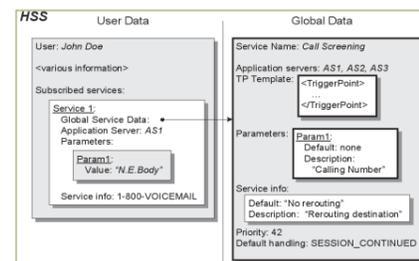


FIG. 4: CONTENT OF HSS AFTER SERVICE DEPLOYMENT AND SUBSCRIPTION

4.2 SERVICE SUBSCRIPTION

When a user subscribes to a service, the (user independent) global service data stored at deployment time has to be complemented with user specific service data in order to form a complete iFC. More concretely, the following steps need to be performed:

1. If more than one application server hosts the new service, one of them needs to be selected and stored as the *Server Name* field of the *Application Server* component. This step can be used to share loads among

application servers by assigning different subscribers to different application serversTPPT.

2. The formal parameters of the service's TP template need to be provisioned with user specific actual parameters. For each formal parameter, the provisioner is presented with the name of the parameter (see section 4.1, bullet 5) and the default value if existent. If a default value is overridden, the actual value is stored, otherwise the field remains empty.
3. Provisioning of the *Service Info* field of the *Service Information* component depends on whether only a name or an entire provisioning screen was stored at deployment time. In the former case, provisioning looks very much alike provisioning of one of the formal TP template parameters. In the latter case, the stored provisioning screen is used to fill the *Service Info* field with user specific data.

The results of this phase for a user *John Doe* are shown on the left hand side of Figure 5, in the user data part of the HSS. We assume that John gets assigned to application server AS1 for the *Call Screening* service; we further assume that he wants to screen incoming calls from a caller named "N.E.Body", and that he wants these calls to be rerouted to his voicemail.

4.3 PROFILE DOWNLOAD

As described in section 2.2, a user profile is downloaded from the HSS to the assigned S-CSCF at registration time. Among other things, the user profile contains an iFC for each service the user has subscribed to. The exchange format of the user profile, and hence of the iFCs, is a well-defined XML dialect. Because we store the different components of an iFC on two different layers, i.e. a global, user independent layer, and a user specific layer, these components need to be assembled into one homogeneous XML document before their download to the S-CSCF.

As far as trigger points are concerned, the assembly corresponds to an instantiation of a TP template to a concrete trigger point. Owing to the XML representation for TP templates introduced in section 3.2, this instantiation routine is fairly straightforward. Assuming that the user specific parameters for a certain service are stored in the array *UserParam* that has the proper number of entries, the operation can be described in pseudo code as depicted in Figure 6.

```

let index = 1
scan TP template for first occurrence of <RequestURI> or <Content> tag
while tag found, do
if <RequestURI> tag found, then
insert UserParam [index] between <RequestURI>
and <RequestURI> tags
else
insert UserParam [index] between <Content> and <Content> tags
let index = index + 1
scan TP template for next occurrence of <RequestURI> or <Content> tag

```

FIG. 5: PSEUDO CODE FOR TP TEMPLATE INSTANTIATION

The assembly of the remaining components of an iFC, i.e. the *ApplicationServer* and *ServiceInfo* components with the attributes *ServerName*, *DefaultHandling*, as well as *ServiceInfo*, respectively, is straightforward. Obviously, attributes *ServerName* and *ServiceInfo* are taken from the user data part of the HSS, whereas attribute *DefaultHandling* is taken from the global data part, see Figure 5.

5 STORAGE EFFICIENCY

Trigger point templates are not only a natural way for service deployment and provisioning, but they also allow for very memory efficient storage of IMS user profiles. From a data compression point of view, the separation of a trigger point into a TP template and user specific settings is a dictionary based compression technique, with the set of stored TP templates forming the global dictionary. In order to quantify the storage efficiency of the TP template approach, we analyze and compare it with the storage efficiency of three alternative techniques as described in the next section.

5.1 ALTERNATIVE APPROACHES

The alternative approaches that we compare the TP templates approach with are the following. Please note that even though this selection is in no way exhaustive, it will be indicative as to the how the TP template approach compares with non-dictionary (entropy based) techniquesTP in terms of storage consumption.

UNCOMPRESSED XML STORAGE: Assume at the time of service subscription the user specific settings were filled into the TP template and the resulting concrete trigger point was stored as a plain XML string on the user data level. Basically, this means to perform the instantiation process for iFC assembly (see section 4.3) only once at service subscription time. The resulting storage of trigger points as plain XML strings is what we mean by uncompressed XML storage. We include this approach in our comparisons because (1) it is the most run-time efficient approach since the trigger points are already in the proper format for download to the S-CSCF, and (2) it is the least storage efficient approach because the same TP template is duplicated for every user who subscribes to the service. Thus, this approach serves as a benchmark for the alternative options that are considered in the subsequent sections.

SIMPLE XML TAG COMPRESSION: The basic idea of the simple XML tag compression mechanism is to replace the lengthy XML tags in a trigger point with short abbreviations. This is possible because the set of allowed tags for a trigger point in XML representation is predefined and very limited. To become more concrete, the entire trigger point vocabulary compresses only 26 different tags. Consequently, a single printable character is big enough to represent any of these 26 strings.

We include simple tag compression in our comparisons to show the effects on storage and performance of a very simple compression mechanism that is specifically tailored to our particular application domain.

XMILL COMPRESSION: XMill is a publicly available XML document compressor that groups together and compresses elements of the same type [7]. It is widely known as one of the most if not the most storage efficient generic XML compression mechanisms. XMill reorders the XML elements of a document into groups of same type elements, and then performs GZIP compression on the reordered document. On the reordered document, GZIP can find more similarities than on the original document, and thus achieve a better compression rate. On large XML documents, XMill typically achieves compression rates in excess of 80% [8], twice the compression rate of general-purpose GZIP compression. XMill is included in our analysis as a representative for sophisticated XML compression mechanisms that achieve very good compression rates.

5.2 METRIC

As a metric for the following comparison, we measure the average storage space it takes to store one trigger point of a certain complexity. To measure the complexity of a trigger point, we use its number of atomic conditions (Service Point Triggers), n . We focus on trigger point storage only and disregard the other components of an IFC. The reason for this is twofold:

The way we store trigger points is orthogonal to the way we store the other parts of an IFC. For example, we might store trigger points as uncompressed XML documents on the user level, and still store the *Default Handling* as shared, global data. Hence for the sake of a fair comparison, we restrict ourselves to trigger point storage only.

Trigger points are the by far most storage-consuming components of an IFC. To become more specific, the non-trigger point components of an IFC are in the following range of storage consumption:

Priority: 2 BYTES are more than enough to assign different priorities to all services in a carrier's network.

Server Name: As all application servers run in the carrier's trusted domain, their number will be limited, and all servers will be listed in a global configuration table on the HSS. In a real network, indexes of **2 BYTES** length will be long enough to refer to all application servers that run in the particular IMS network.

Default Handling: Because this field can only have two different values (*SESSION_CONTINUED*, *SESSION_TERMINATED*), it can be stored in **1 BIT**.

ServiceInfo: This is the only field of variable length. Its size depends on what information it contains for a particular service. However, this field's size can safely be assumed to be limited because the IMS has devised another mechanism to download bigger blobs of data from HSS to S-CSCF, see Figure 1, part (b), step 5. Hence, an average length in the lower tens of bytes, e.g. for a call forwarding number, seems realistic.

In total, the average required storage space for the non-trigger point components of an IFC can be expected to be in the range of a few bytes.

5.3 TEST SET-UP

Because the IMS is a new network architecture that has not yet been deployed, no real world trigger points, or TP templates, are available for our analysis. Instead, we used a generator to create random TP templates. In these random TP templates, all Service Point Triggers occur with the same relative probability. Double negated expressions are not allowed, in order to avoid artificially complex predicates. The generator takes as input the desired TP template complexity, n , creates a combined logical predicate that consists of n atomic conditions (Service Point Triggers), normalized this predicate to both conjunctive and disjunctive normal forms, transfers them into their XML representations, and selects the shorter one.

Using the TP template generator, we generated 1000 TP templates for each complexity value of n between 1 and 20. Then, for the approaches *uncompressed XML storage*, *simple XML tag compression*, and *XMill*, we instantiated each of the TP templates to a concrete trigger point, compressed the resulting trigger point (except in the case of uncompressed XML storage), and averaged the length of all 1000 resulting trigger points per complexity n . As far as user specific data is concerned, we assumed character strings of length 10. This seems to be a realistic average value for fields such as SIP URIs and user names containing wildcards. However, its significance is fairly limited as the length of the total trigger point is strongly dominated not by the user specific parts, but by the length of the TP template.

For the TP template approach, we did not instantiate the generated TP templates, but averaged their lengths per fixed complexity value n . At the same time, we averaged the number of user parameters in each TP template, so we could separately account for the storage space required by these user specific strings. Exactly how we calculated the resulting storage consumption on a per user basis is explained in detail in the next section, when we present the results for the TP template approach.

5.4 RESULTS

The graphs in Figure 8 depict the average length of trigger points of a given complexity, for each of the approaches *uncompressed XML storage*, *simple XML tag compression*, *XMill*, and *TP templates*. For the TP templates approach, we show graphs for several different TP template dictionary vs. subscriber base configurations. The details are explained in the TP template specific subsection.

As described before, we varied the trigger point complexity from $n = 1$ to 20. In a real system, we expect the average complexity to be rather on the lower side, perhaps in

the range of a few atomic conditions. The reason why we chose such a big complexity range for our analysis is that we want to show and compare the asymptotic behavior of the different approaches.

UNCOMPRESSED XML STORAGE: As can be seen, the graph for uncompressed XML exceeds the y-axis maximum of 2000 Bytes approximately at a complexity of $n = 14$. For $n = 20$, the average trigger point length is about 3180 Bytes. In the depicted range of n between 1 and 14, the graph seems to grow almost linearly. Please note, however, that it grows way faster than linearly outside this range. For $n = 30$, e.g., the average length of a trigger point equals 6640 Bytes, significantly more than a linear extrapolation would indicate.

SIMPLE XML TAG COMPRESSION: The graph labeled "simple tag compression" in Figure 8 shows the results of the simple tag compression on the same trigger points that were used for the uncompressed XML representation. Compared to plain XML representation, simple tag compression yields a compression rate of about 64%.

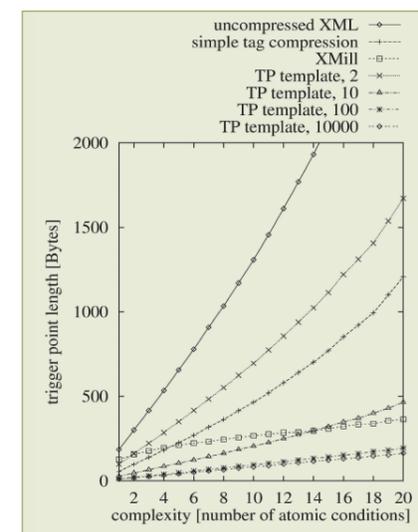


FIG. 6: AVERAGE LENGTH OF TRIGGER POINT VS. COMPLEXITY

XMILL COMPRESSION: The graph for XMill compression starts at a trigger point length of 126 bytes for $n = 1$ and then grows slowly to an average length of 364 bytes for $n = 20$. As a matter of fact, the growth rate decreases as n increases; from $n = 1$ to $n = 3$, the average trigger point length grows by 50 bytes, whereas from $n = 18$ to $n = 20$, the growth has slowed down to 26 bytes. Evidently, the longer the trigger points the better a compression rate can be achieved with XMill. The reason is that XMill can find more similarities and compress them, the bigger the XML document.

TP TEMPLATE BASED COMPRESSION: With the TP template approach, only the user specific part of a trigger point is stored on the user level, whereas all the TP templates are stored in a common global table. However, it would not be fair only to consider the user level data for the comparison in this section. Instead, the space needed for the global TP template storage has to be accounted for as well.

To become more concrete, we divide the size of the TP template, s_{tmp} , by the number of subscribers, n_{tmp_user} , who use it, and add this value to the size, s_{params} , of the user specific parameters. By doing so, the burden of the TP template is equally distributed across all of its users. In addition, we add 2 Bytes for the index that is stored on the user level and points into the global TP template dictionary; the resulting address space of 64K is more than enough for any realistic TP template dictionary. Thus, the size of a trigger point, s_{tp} , can be computed as

$$s_{tp} = \frac{s_{tmp}}{n_{tmp_user}} + s_{params} + 2 \quad (a)$$

For our simulation, we used the same TP template dictionaries as in the previous sections. That means, for a fixed complexity, n , we randomly generated 1000 trigger points and averaged the length to determine s_{tmp} and the number of user parameters to get s_{params} . As far as the factor n_{tmp_user} is concerned, we have depicted graphs for

the four values 2, 10, 100, and 10 000. The four graphs are labeled "TP template, 2", "TP template, 10", "TP template, 100", and "TP template, 10 000", respectively.

The smallest feasible value for n_{tmp_user} is 1, describing a situation where every TP template, and thus every service, is used by only 1 user. In this case, the graph for TP template storage is virtually identical with the graph for plain XML storage, except for the 2 Bytes needed for the reference into the global TP template table. This is because the cost for the global TP template storage is borne by only one user, and the combination of TP template and user parameters equals the plain XML trigger point stored on the user level.

For a value of $n_{tmp_user} = 2$, i.e. when a service is subscribed by only 2 users, the storage saving is almost 50%. The n_{tmp_user} independent factor, $s_{params} + 2$, in equation (a), however, slightly reduces the gain. Increasing n_{tmp_user} to 10 leads to another storage gain of about 57%, compared to $n_{tmp_user} = 2$. At this range, the factor s_{params} starts to have a significant impact on the total size of a trigger point. Finally, the curves for $n_{tmp_user} = 100$ and $n_{tmp_user} = 10000$ lie very close to each other; this is due to the factor s_{params} that dominates equation (a) for increasing values of n_{tmp_user} . Hence, any further increase of n_{tmp_user} would lead to an only marginal further storage gain.

5.5 DISCUSSION

Before we discuss the results in the previous sections, two caveats are worth mentioning:

(1) Owing to a lack of real world trigger points we had to use randomly generated trigger points instead. Even though care was taken to generate "realistic" trigger points – double negation, for example, is avoided – real trigger points may, e.g., show more similarities with one another than our generated ones. However, the main goal of our analysis is to compare the relative efficiency of different storage mecha-

nisms and not to measure absolute values. By using real trigger points, the absolute values in the results may change, but the relative behavior of the storage methods will not.

(2) We assumed user specific parameters to have an average length of 10 Bytes. Even though this seems a reasonable value, a different average value would have the following effect on the results: The three approaches *uncompressed XML storage*, *simple XML tag compression*, and *TP template dictionary* would all benefit the same from smaller user parameters in absolute terms. Relatively, however, the curves would move apart some more, as the same gain means more to an already efficient mechanism than to a less efficient one. Similarly, all three approaches would suffer the same from bigger user parameters, but the curves would move closer together. As *XMill* compresses all the trigger point data including user specific parameters, it would benefit less from smaller user parameters, moving its curve up compared to the other approaches. On the other hand, *XMill* would be hit less by bigger parameters, moving its curve down compared to the other approaches. However, it should be noted that any of the three approaches *uncompressed XML storage*, *simple XML tag compression*, and *TP template dictionary* could be combined with parameter compression.

Bearing the above caveats in mind, the following observations on the comparative analysis can be made:

- > Since a user typically does not only subscribe to one but several services, uncompressed XML representation can consume vast storage space in an HSS, and is thus not advisable.
- > Simple XML tag compression leads to a significant improvement of storage efficiency, an approximate 64% compared to uncompressed storage.
- > The curves for simple tag compression and *XMill* cross at a number of atomic conditions of somewhere between 4 and 5. Before that crossing point, simple tag com-

pression is more storage efficient, and after it *XMill* is. For big and very big trigger points, *XMill* is impressively superior to simple tag compression. This is because the longer a trigger point, the more repeating patterns *XMill* can detect and take advantage of. However, if the expected value of n is in the vicinity of the crossing point, then simple tag compression seems preferable due to its sheer simplicity. If, on average, only 10 users subscribe to the same service, then the TP template based approach is more efficient than *XMill* for trigger point complexities up to $n = 15$. On any real HSS, the number of users subscribing to the same service will greatly exceed 10. In addition, an average trigger point is not expected to have a complexity of 15, or even near it. As soon as at least 100 users subscribe to the same service, the TP template based approach clearly beats *XMill* in the considered complexity range. This is because for big values of n_{tpl_user} the required storage space for a single trigger point is only marginally higher than the size of the user parameters in it.

In summary, the TP template concept is not only a natural basis for service provisioning in the IMS, but also for the efficient storage of millions of trigger points in the central HSS.

6 CONCLUSION

In this paper, we have presented the concept of trigger point templates (TP templates) that allow for the memory and runtime efficient storage of trigger points in an HSS, the central subscriber base in an IMS all-IP mobile network. In a nutshell, TP templates separate the structural, user independent components from the user specific settings. We have presented the UML and XML representations of TP templates, and we have discussed which role trigger point templates play throughout the process of service deployment, provisioning,

and user profile download. Our comparative analysis shows that the trigger point template concept significantly improves storage efficiency compared to alternative approaches that store trigger point information entirely on the user level.

REFERENCES

- [1] 3GPP IP Multimedia Subsystem (IMS). 3GPP TS 23.228, Jun 2004.
- [2] G. Patel, S. Dennett: The 3GPP and 3GPP2 Movements Toward and All-IP Mobile Network. IEEE Personal Communications Magazine, Vol. 7, No. 4, pp. 6, Aug 2000.
- [3] J. Rosenberg et al: SIP: Session Initiation Protocol. IETF RFC 3261, Jun 2002.
- [4] H. Liefke, D. Suci: XMill: An Efficient Compressor for XML Data. In Proc. ACM SIGMOD Conference, Dallas, TX, 2000.
- [5] P. M. Tolani, J. R. Haritsa: XGrind: A Query-friendly XML Compressor. In IEEE KDE, San Jose, CA, 2002.
- [6] O. Haase, K. Murakami, and T. F. La Porta: Unified Mobility Manager – Enabling Efficient SIP/UMTS Mobile Network Control. IEEE Wireless Communications Magazine, vol. 10, no. 4, Aug 2003.
- [7] K. Murakami, O. Haase, J. Shin, T. F. La Porta: Mobility Management Alternatives for the Migration to Mobile Internet Session-based Services. In IEEE J-SAC, Vol. 22, No. 5, Jun 2004.
- [8] O. Haase, M. Xiong, K. Murakami: Multi-Protocol Profiles to Support User Mobility Across Network Technologies. Proc. 2004 IEEE MDM, Berkeley, CA, Jan 2004.
- [9] J. Lennox, H. Schulzrinne: Call Processing Language Framework and Requirements. IETF RFC 2824, May 2000.
- [10] A. Kristensen: SIP Servlet API Specification, version 0.51. JSR (Java Specification Request) 000116, Mar 25, 2002.

... wir schaffen entscheidenden Vorsprung!



Alcatel-Lucent Dunkermotoren spielt eine führende Rolle in der Antriebstechnik im Leistungsbereich bis 500 Watt.

Wir offerieren Antriebslösungen höchster Qualität, flexibel, wirtschaftlich und robust im Gebrauch, für nahezu jede vom Kunden gewünschte Anwendung.

Dunkermotoren hat schon vor Jahrzehnten erkannt, dass Schlüsseltechnologien und Produktinnovationen ausschlaggebend für ein stetiges und gesundes Wachstum sind. Mit den Technologien der nächsten Generation beschäftigen wir uns bereits heute in unserer Entwicklungsabteilung.

Unseren konstant hohen Qualitätsstandard erreichen wir durch den Einsatz modernster, hochautomatisierter Fertigungsstrecken und ein ausgeklügeltes Qualitätsmanagementsystem.

Wenn Sie gemeinsam mit uns in eine vielversprechende Zukunft starten möchten, setzen Sie sich doch einfach mit uns in Verbindung.

Für qualifizierte und interessierte Studenten und Absolventen der Ingenieurwissenschaften bieten sich im Rahmen von Praktika und Diplomarbeiten oder als Einstieg in das Berufsleben eine Reihe von Möglichkeiten in unserem Haus.



Alcatel-Lucent Deutschland AG - Components Division Dunkermotoren
Allmendstraße 11 · D-79848 Bonndorf/Schwarzwald
Telefon +49 (0) 7703 930-0 · Fax -210/212
www.dunkermotoren.de · Bewerbungen.dunkermotoren@dunkermotoren.com

Alcatel-Lucent 

Anzeige werk zwei



PROF. DR. OLIVER HAASE
Studium der Informatik an der Universität Karlsruhe. Danach Promotion zum Dr.-Ing. an der Universität Siegen. Zwischen 1998 und 2001 Researcher, dann Senior Researcher bei den Computer & Communication Research Labs, NEC Europe. Von 2001 bis 2005 Research Scientist bei den Central Bell Labs in Holmdel, USA. Ausgezeichnet mit dem Bell Labs President's Award. Seit September 2005 Professor für Verteilte Systeme und Software Engineering an der HTWG Konstanz. Zahlreiche Konferenz- und Zeitschriftenpublikationen, Patente, Bücher und Buchkapitel. Seit November 2006 Programmverantwortlicher für den Masterstudiengang Informatik.



ALFRED TOTH Dipl.-Informatiker (FH) hat an der HTWG Konstanz Software Engineering studiert.



PROF. DR. JÜRGEN WÄSCH
Studium der Informatik und Wirtschaftswissenschaften an der Universität Kaiserslautern. 1993-1999 Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter bei der GMD-Forschungszentrum Informationstechnik GmbH in Darmstadt. 1999 Promotion zum Dr.-Ing. an der TU Darmstadt. 2000-2003 Bereichsleiter bei der e-pro solutions GmbH in Stuttgart. Seit 2004 Professor für E-Business Technologien an der HTWG Konstanz. Zahlreiche Konferenz-, Zeitschriften- und Buchbeiträge sowie Vorträge, u.a. in den Bereichen Datenbanksysteme, Workflow-Management, XML und E-Business Technologien und Anwendungen.

ABSTRACT

Peer-to-peer infrastructures support a variety of applications, but are mostly optimized for file sharing. In this paper, we propose a peer-to-peer system that especially supports distributed virtual world applications. For this category of applications, the connections between directly neighboring peers are of the utmost importance. To minimize wide area network traffic and average latency, peers that belong to the same subnet, are grouped together, and these groups are interconnected via wide area connections. To build up and maintain this optimized peer-to-peer structure, we developed a set of protocols that efficiently handle the joining and leaving of peers as well as failure situations. Derived from the network topology, peers are arranged in the logical ring structure using a two-step discovery and join procedure. The first step uses broadcast messages to discover peers in a local subnet, followed by a local join. If no peer answers in the local subnet, a remote join has to be performed. This second step involves a bootstrap server which is used to discover peers in remote subnets. With the implemented recovery procedures, our peer-to-peer system can survive multi-node failures in a local subnet as well as the failure of an entire subnet.

1 INTRODUCTION

Peer-to-peer networks support a variety of different applications, including file sharing, telecommunication, multimedia streaming, web caching, distributed collaboration, and shared virtual world implementations. Evidently, a good peer-to-peer infrastructure has to efficiently support the needs of its applications [2]. For file sharing applications, e.g., the predominant operation is the retrieval of a (key, value) pair for a given key. Many peer-to-peer infrastructures, such as distributed hash tables [3, 4,

7, 5, 1], are optimized for exactly this retrieval operation.

For distributed shared virtual world applications, however, the situation is different. Typically, the virtual world is divided into separate, neighboring areas that are distributed among the participating peers. Data exchange mainly takes place between neighboring properties, because the beings that inhabit the virtual world can move from one property to a neighboring one. One example of a shared virtual world is Aqualife, a peer-to-peer application that simulates a distributed ecosystem. In Aqualife, each participating peer runs a part of the virtual global aquarium, and hosts fish that interact with each other, and that can swim from one peer to another. A peer has a preceding and a succeeding neighbor that its fish can swim to and from, so that as a result all peers together form a logical ring.

When a new peer joins the community, it needs to connect to a succeeding and to a preceding neighbor, but its actual position in the ring is irrelevant from the application point of view. Thus, to minimize network traffic and latency, it seems advisable to build the peer ring upon the topological proximity of the peers.

Topological proximity takes into account not only the geographical distance between two peers, but also the characteristics of the interconnecting network including bandwidth, throughput, latency. Evidently, determining the topological distance between any two peers is a complex and costly task; what is even more, it is a metric that varies over time, as the network load and other parameters change. Also, it is generally not possible to map the surface of the earth onto a ring while at the same time preserving topological distances. On the other hand, the single one type of proximity that has the greatest impact on both networks load and latency, is whether or not two peers belong to the same subnet. Taking that differentiation into account is very beneficial, at the same time

¹The MAC address of the network adapter, which is globally unique, is sufficient for our purposes, since we assume only a single peer per machine. If more than one peer is allowed per machine, an additional component, e.g., a timestamp, has to be added to the MAC address to form a globally unique ID.

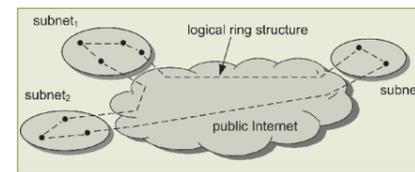


FIG. 1: GLOBAL RING STRUCTURE INTERCONNECTING LOCAL

feasible with comparably simple and thus robust procedures.

Our peer-to-peer infrastructure groups peers that belong to the same subnet together in a chain, and interconnects these local chains to a global ring, see Figure 1. This approach minimizes the amount of wide area network traffic and the average latency. In addition, it reduces the number of connections that have to traverse firewalls and NAT boxes, and that need to be taken special care of.

We achieve this optimized peer-to-peer structure by a two-step discovery and join procedure that a newly arrived peer performs in order to join the infrastructure.

In the first step, the new peer broadcasts a discovery request into its subnet. If at least one local peer replies, the new peer initiates a local join procedure to have itself inserted into the local peer chain.

If no local peer responds to the discovery broadcast, the new peer performs the second step of the discovery procedure and uses a bootstrap server to be put in contact with any one peer in the community. The new peer uses the contact to request a remote join procedure. During this procedure, care is taken not to place the new peer between two peers that belong to the same subnet, so as not to corrupt the optimal structure shown in Figure 1.

The bootstrap server is the only central entity in an otherwise serverless peer-to-peer infrastructure. It helps new peers to make contact with the existing community by maintaining a partial list of known peers in its peer cache. To ensure scalability, the bootstrap server caches the addresses of a constant number of peers only and op-

erates completely statelessly on a simple request-response protocol. Its cache replacement technique continuously updates the peer cache with new, alive contact points. This technique quickly detects inactive peers and discards them; it optimizes load balancing with respect to the join procedure; it includes even peers that have joined the community without interrogating the bootstrap server; and it diversifies the content of the peer cache across the entire peer-to-peer community [6].

The remainder of the paper is organized as follows: In section 2 we introduce the topology of our peer-to-peer overlay network, consisting of the primary connections to the direct neighbors and secondary connections point to further away peers that help to recover from various degrees of network and node failures. Section 3 describes the join and leave procedures and how they keep intact the primary and secondary connections of the peer-to-peer infrastructure. In section 4 monitoring and recovery are discussed, and in section 5 the key implementation aspects are summarized. Section 6 finally concludes the paper.

2 NETWORK TOPOLOGY

Each peer a in our peer-to-peer network is identified by a globally unique identifier ID_a .¹ We define connections between two peers a and b as follows: if a peer a knows the IP address of peer b , there exists a (directed) connection from a to b . If both a connection from a to b and from b to a exist, we say that a connection exists between a and b .

From an application point of view, the peer-to-peer overlay network constitutes a logical ring (cf. Figure 1). This means that each peer maintains dedicated connections to its succeeding and preceding peer in the ring. We call this type of connections primary connections (cf. Figure 2).

Each subnet A in the global ring has assigned a unique subnet identifier SID_A , which

is known by all peers within A . The peers in a subnet A that are connected to a peer in another subnet B are called edge peers, otherwise the peers are called inner peers (cf. Figure 2). Subnets that are connected via their edge peers are called neighboring subnets.

Peers within a subnet can be totally ordered by their unique ID. In our topology, we assume that the peers within a subnet form an ordered chain from the edge peer with the smaller ID (lower edge peer) to the edge peer with the greater ID (upper edge peer) in the subnet. Successor connections of peers point to peers with the next greater ID within the same subnet, predecessor connections point to the peers with the next smaller ID, respectively. Exception are the two edge peers in a subnet: the predecessor connection of the lower edge peer point to the upper edge peer in the preceding network, the successor connection of the upper edge peer point to the lower edge peer in the succeeding subnet (cf. Figure 2). In case the ring is fully contained in a subnet, i.e., it is constituted solely by peers of the same network, both edge peers of the subnet are connected with each other.

In the remainder of the paper, we assume that the data structure for a connection from peer a to peer b looks like follows: $[IP-Address_b, ID_b, SID_b]$, where SID_b is the ID of the subnet b belongs to.

To enable efficient recovery in case of failures, e.g., when a local or remote peer becomes unavailable, peers maintain so called secondary connections, in addition to the primary connections that constitute the application layer ring (cf. Figure 2). Each in-

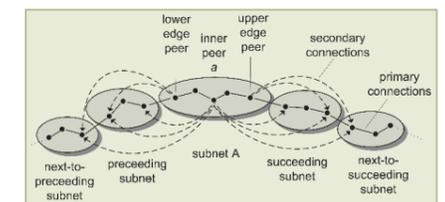


FIG. 2: PEER-TO-PEER NETWORK TOPOLOGY AND TERMINOLOGY

²In the case of Aqualife, the address of the bootstrap server is hardcoded in the application itself. This approach is feasible because Aqualife uses the Java Webstart mechanism for deployment, which means that a change of the bootstrap server address is automatically propagated into each Aqualife installation.

ner peer maintains 6 secondary connections, additionally to its 2 primary connections: it knows both edge peers of the preceding and the succeeding subnets, and it knows the upper edge peer of the next-to-preceding subnet and the lower edge peer of the next-to-succeeding subnet. Edge peers maintain only 4 secondary connections, since their successor (predecessor) primary connection already points to the lower (upper) edge peer of the succeeding (preceding) subnet.

Since a peer in a subnet can efficiently determine the edge peers of its local subnet by broadcast, we do not maintain secondary connections from inner peers to the local edge peers. This decision is based upon the observation that broadcasting delivers accurate information about the local edge peers and is comparatively cheap, whereas stored information about edge peers can become out of date. This approach is not applicable to determine edge peers of neighboring subnets, since broadcasts are confined to subnet boundaries.

Please note, that in our ring topology it is possible for a peer to maintain connections to itself. In case the ring consists only of a single peer a , all primary and secondary connections point to a itself. Moreover, some secondary connections might be redundant, in case the ring spans less than four subnets. We allow this redundancy for the sake of a uniform treatment of the join and leave procedures and recovery.

3 JOINING & LEAVING

Joins and leaves are the two operations that change the network structure. A change of the topology generally affects a certain number of primary and secondary connections that need to be updated. In this section we present the procedures to perform these structural updates.

3.1 LOCAL JOIN

When a new peer, a , wants to join the network, its first action is to broadcast a `discovery request` into its local subnet. Whether or not at least one existing peer replies within a certain time frame or not, determines if a local or a remote join is performed. In this section, we assume that peer a receives at least one reply to its `discovery request`.

After the `discovery request` has been sent out, peer a waits for a time period that is long enough for a preexisting local peer to reply. Within subnet boundaries where communication is extremely fast, this period can be comparably short. In most cases, all local peers will reply within the time limit; however, for the local join procedure to succeed, the reply of only one peer suffices, as we will see in the following.

In the reply, each responding peer sends its ID to a . Peer a selects the peer, b , with the ID closest to its own and sends a `local join request` to it. For the following considerations, let us assume ID_a to be greater than ID_b ; the opposite case is treated symmetrically.

As a measure to ensure correctness even if some peers failed to respond in time to a 's `discovery request`, peer b checks whether a indeed belongs between b and its current successor, c . If not, i.e., if ID_c is less than ID_a , b rejects the `local join request` and refers a to peer c instead. Otherwise, b prepares the join procedure by sending a `lock request` to its current successor, c . If c were not locked, a concurrent join request to peer c of another new peer that also belongs between b and c could corrupt the ring structure.

Once the join lock is set in both b and c , peers a , b , and c update their primary, i.e., predecessor and successor, connections in the usual way so as to effectively insert a in between b and c . In addition, peer b transmits the subnet ID and its secondary connections to a . As a result, a knows the edge peers of the preceding and succeeding

subnets, as well as the near edge peers of the next-to-preceding and the next-to-succeeding subnets.

If a has become a new edge peer, the secondary connections of all peers in the four neighboring (preceding, succeeding, next-to-preceding, next-to-succeeding) subnets need to be updated. To this end, a uses its newly acquired secondary connections to inform the near edge peers in the four neighboring subnets of the change. These edge peers use local broadcast messages to spread the information to all their local peer that update their secondary connections accordingly.

3.2 REMOTE JOIN

If the new peer, a , gets no response to its `discovery request` within a certain time period, it assumes to be the first peer in a new subnet, A. At this point, a 's ID is made the subnet ID of A, SID_A , and will be propagated to any future peers in A, as described in section 3.1.

Peer a now contacts the bootstrap server, whose address is known through out-of-band means². The bootstrap server puts peer a into contact with a randomly selected peer, b , of another subnet, to which a sends a `remote join request`. If b , however, is an inner peer, it cannot perform the `remote join` itself because that would disrupt the local structure in b 's subnet, see left side of Figure 3. Instead, b determines its local edge peers (see section 2), randomly chooses one, say c , and refers peer a to c . After a has sent the `remote join request` to c , c initiates the update of the primary connections of all involved peers, i.e., a , c , and c 's current remote neighbor, d . As a result, a 's subnet has been inserted between two other subnets, as shown on the right side of Figure 3.

In the next steps, all secondary connections have to be established and updated, respectively. This is done by information propagation through the four neighboring subnets

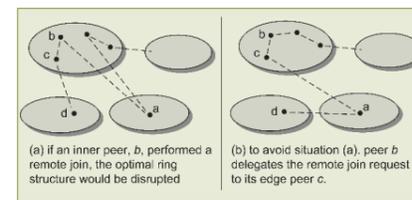


FIG. 3: REMOTE JOIN

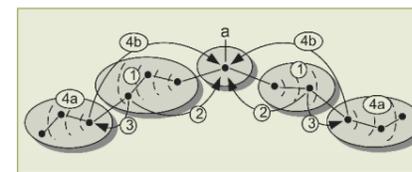


FIG. 4: PROPAGATION OF SECONDARY CONNECTION INFORMATION AFTER REMOTE JOIN

of peer a , as sketched in Figure 4: The direct neighbors of a broadcast the existence of a into their local subnets (1). As a result, all peers in the directly neighboring subnets can update their secondary connections accordingly. In step (2), the far edge peers in these subnets send a notification back to a enabling it to set its preceding and succeeding far edge peer connections. Also, these far edge peers propagate the update to their direct neighbor in the next-to-preceding and next-to-succeeding subnets (3). The edge peers in these subnets broadcast the update to their local peers (4a), and send a notification back to a (4b) which sets its final two secondary connections. Please note that steps (4a) and (4b) can be performed in parallel.

3.3 LEAVE

When a peer, a , wants to leave the peer-to-peer community, it first sends lock messages to its predecessor, b , and its successor, c . As a result, b and c cannot perform any other join or leave operation before a 's leave has been completed, thus avoiding inconsistencies stemming from concurrent operations affecting the connections of the same peers. In the next step, a sends references to each other to b and c , which up-

date their primary connections accordingly. Finally, a unlocks b and c , enabling them to accept future join and leave requests. If a was an edge peer, the secondary connections of the peers in the four neighboring subnets need to be updated as well. The updated information is propagated by means of local broadcast messages and handed-off from the direct neighboring subnets to the next-to-direct neighboring subnets by point-to-point message exchange between the respective edge peers. This process is very similar to the secondary connection update in the case of a remote join operation as explained in section 3.2.

4 RECOVERY

In case one or more peers fail (due to hardware or software failures) or become disconnected from the network (due to network failures), recovery procedures must take place to rebuild the ring structure.

4.1 DETECTION AND CLASSIFICATION OF FAILURES

The first step to achieve failure-resilience is to detect a failure. In our system, there exist different cases: First, a peer a within the distributed virtual world application might detect a failure of a neighboring peer b when it tries to exchange application data with b . Second, a peer a might detect the failure of neighboring peer b when it tries to communicate with b during a join or leave. Third, in our system, each peer continuously monitors its two neighboring peers: each peer sends periodic heartbeat messages to its neighboring peers; if a peer a does not receive a heartbeat from a neighboring peer b within a specific period of time, peer a assumes that peer b became unavailable. In all these three cases, the range of failure detection per peer comprises its preceding and succeeding peer. When a peer detects a failure, it initiates the appropriate recovery procedure. Con-

sidering our ring topology, we can distinguish three different kinds of failures. First, one or more inner peer fail within a subnet. Second, an edge peer fails within a subnet. Third, a subnet as a whole becomes unavailable.

4.2 RECOVERY PROCEDURES

If an inner peer fails, recovery can be handled locally within the subnet the failed peer belongs to. The peer a that detected that its preceding (succeeding) peer failed, simply sends a broadcast message in the subnet stating that peer a looks for a new predecessor (successor). All alive peers that miss a successor (or predecessor, resp.) answer upon this broadcast with their unique peer ID and their IP address. Peer a re-connects with peer b , where $|ID_a - ID_b|$ is minimal. Since the peers within a subnet are totally ordered by their unique peer IDs, a re-connects with the the correct peer to close the ordered chain in the subnet and, thus, close the ring. Simultaneous failures of neighboring inner peers are handled with this approach like the failure of a single peer.

If an edge peer or a complete subnet fails, the (primary) connection between subnets is interrupted. In this case, recovery can not be handled locally within a subnet, since broadcasts are technically restricted to subnet boundaries. Instead of broadcasts, the primary connections together with the secondary connections, i.e., redundant information about the current network, has to be used for recovery purposes.

If an edge peer e fails, the peer a that detects the failure determines if the failed edge peer belongs to the same subnet as a or to a neighboring subnet. In the former case, a uses its secondary connection to the upper (lower) edge peer of the preceding (succeeding) subnet to re-connect to this peer and to close the ring. At the same time, peer a becomes a new edge peer of its subnet.

In the latter case, i.e., if the failed edge peer e belongs to a different subnet, peer

³Of course, it is possible to maintain more secondary connections, i.e., to edge peers of farther subnets. This improves the existing fault-tolerance of the peer-to-peer ring, but makes the joining, leaving, and recovery procedures more complex. We have opted for 4-6 secondary connections, since we experienced a good tradeoff between fault-tolerance and performance. This situation is similar to commit protocols in distributed database systems: 3-Phase-Commit is more fault-tolerant than 2-Phase-Commit, but more complex and expensive—in practice 2-Phase-Commit is used.

a is itself an edge peer. Peer a uses its secondary connection to the lower (upper) edge peer b of the preceding (succeeding) subnet to get a "handle" to the subnet S where e belongs to. The edge peer b initiates a local search for the new upper (lower) edge peer in S and returns this information to a . Peer a re-connects to this peer to close the ring.

In both cases, recovery results in updates of secondary connections which is done analogously to join and leave (cf. Section 3). The special case that the ring comprises only a single subnet and one of its "artificial" edge peer fails, is handled similarly to local recovery using broadcast to find the new edge peer and to close the ring accordingly.

The case that a complete subnet gets unavailable, can not directly be recognized. The situation that both edge peers of a subnet can not be reached does not imply that all peers in the subnet became unavailable. We have to wait for a specific period of time in which we allow the subnet to recover from local edge peer failures to close the ring again. If this does not happen, the edge peer that detected the failure of the subnet uses its secondary connection to the upper (lower) edge peer of the next-to-preceding (next-to-succeeding) subnet (cf. Figure 2) to reconnect to this edge peer and, hence, to close the ring again.

Summarizing, using the described recovery procedures, our peer-to-peer ring infrastructure can survive failures of one or more inner peers, one or both edge peers of a subnet and an entire subnet. Of course, there exist situations where the peer-to-peer ring system can not recover from a failure: if two or more neighboring subnets fail, our system can not recover from this situation³.

In this case, there exist several possibilities to react and to bring the remainder of the peer-to-peer system again into a consistent state. For example, all peers can simply terminate. If configured, they can restart afterwards and build up a new, differently structured, ring. An alternative is to enable

a global ring search for the "open ends" of the ring followed by re-connecting the "open ends" and, hence, closing the ring. In the current implementation, the system terminates and restarts again.

More details on recovery in our peer-to-peer ring system and its implementation can be found in [6].

5 IMPLEMENTATION

The protocols and mechanisms presented in the preceding sections have been fully implemented in Java [6]. All broadcast messages use datagram sockets for UDP/IP broadcast within subnet boundaries. All point-to-point communication uses the Java Remote Method Invocation (RMI) mechanism which exchanges request/response message pairs over TCP/IP; this comprises all messages for joins (both local and remote), leaves, heart-beating, propagation of secondary connection information, and last not least the exchange of application level payloads.

Due to Java's platform independence, the software should run on any machine that provides a Java 5 runtime environment, or higher. However, the otherwise fully portable system uses one platform specific system call to access the MAC (media access control) address of a peer machine. This system call has been tested on Windows, Linux, Solaris, and MacOS, and should also work on any other UNIX based operating system.

For deployment, we use Java Web Start technology. A Web Start enabled Java application can be dynamically downloaded from a webpage, similar to an applet except that a Web Start application runs outside the protected applet sandbox and, thus, is allowed to communicate with other peers in the network. Also, using Web Start ensures that each client always runs the latest version of the software, which dramatically simplifies deployment and versioning.

6 CONCLUSION & FUTURE WORK

Virtual world applications pose requirements upon the underlying peer-to-peer infrastructure that vary significantly from those imposed by file sharing applications. In particular, in a virtual world the connections with the direct neighbors are of the utmost importance. However, secondary connections between non-neighboring peers are required to ensure robustness and reliability in the case of node and network failures. It is the necessity to keep these secondary connections up-to-date that makes the infrastructure and its operations complex, considering the simple topology of the ring structure.

A next step is to extend the ring to a grid structure that spans a virtual globe, with each peer having four neighbor, rather than two. Clearly, the challenge with this extension will be to find a good trade-off between complexity stemming from the secondary connections and protection against multiple simultaneous node and network failures.

Other interesting conclusions relate to the Java RMI implementation rather than the protocols themselves. For one, the RMI built in detection of a failure in the remote node is far too slow in a mixed Linux/Windows environment. We had to implement an application layer time-out mechanism to overcome this issue. An even more serious problem is the communication between two peers with a firewall in the middle. The standard Java RMI solution to this problem is to tunnel RMI requests over HTTP. This, however, requires a peer that sits behind a firewall either to run an HTTP server, or the external HTTP server in the subnet to forward incoming RMI-over-HTTP requests via a specific CGI script to the target peer. Both options are rather heavy-weight and are likely to conflict with the security policies in the subnet.

Therefore, many peer-to-peer networks employ an approach where a peer behind a firewall actively contacts a rendez-vous peer outside the firewall to establish contact with its outside neighbors. Then, TCP connections are kept open to the direct neighbors over which data can then be exchanged as desired. However, because Java RMI uses a simple request response protocol, the lifespan of a TCP connection is left to the operating system and cannot be controlled by the peer-to-peer infrastructure. In a follow-up project we plan to extend Java RMI in a way that better suits the need of a peer-to-peer infrastructure.

REFERENCES

- [1] Karl Aberer: P-Grid: A Self-Organizing Access Structure for P2P Information Systems. In *Proceedings of CoopIS*, volume 2172 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 179–194. Springer, 2001.
- [2] Manfred Hauswirth and Schahram Dustdar: Peer-to-Peer: Foundations and Architecture (in German). *Datenbank Spektrum*, 5(13):5–13, May 2005.
- [3] Robert Morris, David Karger, Frans Kaashoek and Hari Balakrishnan: Chord: A Scalable Peer-to-Peer Lookup Service for Internet Applications. In *Proceedings of ACM SIGCOMM 2001*, pages 149–160, San Diego, CA, September 2001.
- [4] Sylvia Ratnasamy, Paul Francis, Mark Handley, Richard Karp and Scott Schenker: A scalable content-addressable network. In

Proceedings of ACM SIGCOMM 2001, pages 161–172, San Diego, CA, October 2001.

[5] Antony Rowstron and Peter Druschke: Pastry: Scalable, decentralized object location, and routing for large-scale peer-to-peer systems. In *Middleware*, volume 2218 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 329–350, Heidelberg, Germany, 2001. Springer.

[6] Alfred Toth: Ein ringbasiertes Peer-to-Peer-System auf Basis Java RMI. HTWG Konstanz - University of Applied Sciences, January 2007. Diplomarbeit.

[7] B. Zhao, L. Huang, J. Stribling, S. Rhea, A. Joseph and J. Kubiatowicz: Tapestry: A resilient global-scale overlay for service deployment. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 22(1):41–53, January 2003. Special Issue on Service Overlay Networks.

ETO MAGNETIC

Deutschland - Polen - USA - China



Fahrzeugpneumatik Fahrzeughydraulik Industrieapplikationen

In vielen industriellen Anwendungen, die durch Elektromagnete und Ventile bewegt oder geschaltet werden können, finden sich ETO MAGNETIC Produkte - weltweit, Tendenz steigend.

Mit unseren internationalen Kunden zu wachsen, in Zukunftsmärkte zu investieren, Kompetenzen in Qualität und Leistung neu zu definieren, sind die Ziele der ETO MAGNETIC KG.

Menschen mit Ideen, Kreativität und dem Willen Neues zu erschaffen, sind die Grundlagen unseres Erfolges. Begleiten Sie uns!

Gemeinsam zum Optimum

Mehr Infos und unser komplettes Stellenangebot finden Sie im Internet unter: www.etomagnetic.de

ETO MAGNETIC KG
Hardtring 8 • 78333 Stockach • Telefon 07771 809-0



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 HTWG 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.

Dieser Beitrag gibt anhand der Komponentensprache CompJava, welche im Forum 2005 [SMPSE05] bereits kurz beschrieben wurde, einen Einblick in den Stand der modellbasierten Architektur mit einem MOF-Metamodell. Er beschreibt knapp, wie mit der Metamodellierungssprache EMOF ein Modell für die textuelle Komponentensprache CompJava erstellt wird, welches auf eine abstrakte Weise alle Sprachkonstrukte von CompJava und die Beziehungen zwischen ihnen repräsentiert. Es wird ebenfalls ein kurzer Einblick in das Konzept des modellbasierten Frameworks gegeben, das eine ganz neue Fortentwicklung von Frameworks darstellt. Ein modellbasiertes Framework nutzt ein Modell, um daraus den anwendungsspezifischen Code für das Framework zu erzeugen, so dass dieser nicht wie üblich „von Hand“ erstellt und codiert werden muss. Ein zweiter Beitrag beschreibt, wie mit dem modellbasierten Framework GMF aus dem CompJava-Modell und anderen Modellen ein grafischer Editor zur visuellen Programmierung von CompJava, genannt CompJava Designer, erstellt wird.

ÜBERBLICK ÜBER DIE MODELLBASIERTE ARCHITEKTUR

Die modellbasierte Architektur (englisch: Model Driven Architecture; abgekürzt: MDA) ist eine recht neue und immer beliebter werdende Technologie für die Softwareentwicklung [So4] [So5]. Dabei wird eine Anwendung nicht mehr durch Programmieren des Programmcodes in einer Programmiersprache für eine bestimmte Plattform, wie z.B. mit Java für Enterprise JavaBeans, entwickelt. Stattdessen erstellt ein Anwendungsentwickler in einer dafür geeigneten Modellierungssprache ein Modell seiner Anwendung (siehe Abb.1), PIM (platform-independent model, plattform-unabhängiges Modell) genannt, das weder auf eine bestimmte Programmiersprache noch auf eine bestimmte Plattform zuge-

schnitten ist. Aus dem Modell wird (meist nach einem Zwischenschritt über ein PSM, d.h. platform-specific model, plattform-spezifisches Modell) mittels eines Code-Generators automatisch ein Code für eine bestimmte Plattform in einer bestimmten Programmiersprache erzeugt.

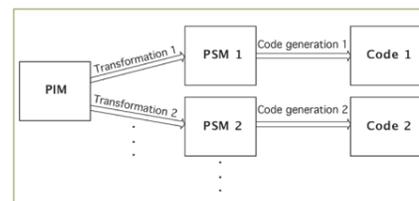


ABB. 1: MDA MIT PLATTFORMUNABHÄNGIGEM MODELL (PIM) UND PLATTFORM-SPEZIFISCHEM MODELL (PSM) UND DEN TRANSFORMATION PIM-> PSM UND PSM->CODE

Bei der MDA stellt die damit erreichte Abstraktion einen zentralen Gesichtspunkt dar. Das Modell wird auf einer weit höheren Abstraktionsebene als Code erstellt. Es beschreibt nur die fachlichen Aspekte einer Anwendung und nicht die technischen Aspekte (diese stecken in den Transformationen, welche die Codegeneratoren durchführen), was viele Vorteile mit sich bringt. Diese sind z. B. eine Verringerung des Entwicklungsaufwands und Steigerung der Entwicklungsgeschwindigkeit, eine bessere Wartbarkeit und eine einfache Umstellbarkeit auf eine andere Programmiersprache und Plattform. Damit stellt die MDA einen weiteren Abstraktionsschritt bei der Programmerstellung dar, nach dem ersten Schritt von der Assemblerprogrammierung (in den 60'er und den 70'er Jahren) zur relativ maschinennahen Programmierung in C (in den 80'er Jahren), nach einem nächsten Schritt zur problemnäheren Programmierung in objektorientierten Programmiersprachen, wie C++ mit Klassenbibliotheken (in den 90'er Jahren), und einem weiteren Schritt zu abstrakteren objektorientierten Sprachen, wie z.B. Java mit Middleware (um die Jahrtausendwende). Mit jedem dieser Schritte wurde die Anwendungserstel-

lung um eine Größenordnung effizienter, schneller und kostengünstiger, was auch das Versprechen der MDA ist.

MODELLE UND METAMODELLE MIT MOF

Die MDA wurde von der Object Management Group, kurz OMG, vorgeschlagen, um die Interoperabilität und Portabilität bzw. Plattforunabhängigkeit von Softwaresystemen voranzutreiben und ist heute standardisiert. Der Standard definiert unter anderem ein Meta-Meta-Modell, genannt Meta Object Facility, kurz MOF (wörtlich übersetzt: günstige Möglichkeit zur Erstellung von Metamodellen). Durch die MOF-Spezifikation wird u.a. festgelegt, dass die Modelle im XML-Format (XML Metadata Interchange) ausgetauscht werden.

EMOF (Essential MOF) stellt eine abgespeckte Version der MOF, in anderen Worten eine Untermenge davon dar. EMOF dient dazu, dass man einfache Metamodelle erstellen kann, ohne die komplette MOF in seinem Modell umsetzen zu müssen. EMOF ist auch kompatibel zum verbreiteten Eclipse Modeling Framework, das wir im Folgenden noch vorstellen.

Abb.2 zeigt die durch den OMG Standard Meta Object Facility (MOF) vorgegebene Architektur der Meta-Ebenen. Die Ebene Mo beinhaltet die Objekte einer Anwendungswelt, wie z.B. Videos. Sie werden auf der Ebene M1 durch ein Anwendungsmodell modelliert. Das in Abb.2 dargestellte Anwendungsmodell ist ein UML-Modell in Form eines Klassendiagramms, das Klassen und Instanzen darstellt. Es besagt, dass es eine Menge unterschiedlicher, aber gleichartiger Videos und ein konkretes Video „Casablanca“ gibt. Die Videos werden durch die Klasse Video beschrieben; sie legt fest, dass jedes Video ein Attribut „title“ hat.

Um präzise beschreiben zu können, wie alle möglichen UML-Anwendungsmodelle aussehen, benötigt man eine Modellierungssprache, oder anders ausgedrückt, ein Meta-Modell, das die Ebene M2 bildet. Das in Abb.2 dargestellte Meta-Modell besagt, dass man Klassen von Objekten und ihre Attribute beschreiben kann, und dass man Instanzen von Klassen darstellen kann. Wer UML-Klassendiagramme kennt, sieht sofort, dass das dargestellte Meta-Modell nur einen kleinen Teil der Möglichkeiten darstellt, die man mit UML Klassendiagrammen hat. Zur Definition der ersten

UML-Version wurden noch (fast) keine Metamodelle benutzt, sondern dies geschah weitgehend verbal. Zur Präzisierung und Formalisierung von UML wurden bei der Definition von UML 2.0 praktisch nur noch Metamodelle benutzt.

Nun gibt es aber in Abb.2 noch eine weitere Ebene der Modellierung, genannt die Meta-Meta-Modellebene M3. Wozu wird diese benötigt? Das Problem ist, dass z.B. UML eine ganze Anzahl von verschiedenen Diagrammarten, sprich Anwendungsmodellen, zur Darstellung verschiedener Aspekte einer Anwendung benutzt, wie etwa Nutzungsfall- (englisch: use case) Diagramme, Aktivitätsdiagramme, Sequenzdiagramme, usw. Für jede Diagrammart müsste ein eigenes Metamodell erstellt werden. Da aber die verschiedenen Metamodelle viele Ähnlichkeiten miteinander haben, wäre es nicht sinnvoll und viel zu aufwändig, jedes Metamodell unabhängig von den anderen zu erstellen. Deswegen hat man die Meta-Meta-Modellebene M3 eingeführt, die eine Modellierungssprache beinhaltet, mit welcher alle möglichen Modellierungssprachen der Metamodellebene M2 beschrieben werden können. Das hat auch den Vorteil, dass man relativ einfach und schnell neue Metamodellierungssprachen auf der Ebene M2 einführen und definieren kann. Bei UML wird auf der Ebene M3 die Meta-Object-Facility, kurz MOF, genutzt.

Bei der Modellierung von CompJava haben wir auf der Ebene M3 das EMOF Modell benutzt und mit diesem Modell auf der Ebene M2 CompJava modelliert. Auf der Ebene M1 wird als konkretes Modell ein CompJava Programm beschrieben, das ein Benutzer erstellt hat. Auf der Ebene Mo haben wir eine Anwendungswelt, die durch CompJava modelliert wird. Konkret haben wir dabei das Eclipse Modeling Framework (EMF) und dessen Ecore Domain-Modell verwendet, in das wir im Folgenden einen kurzen Einblick geben.

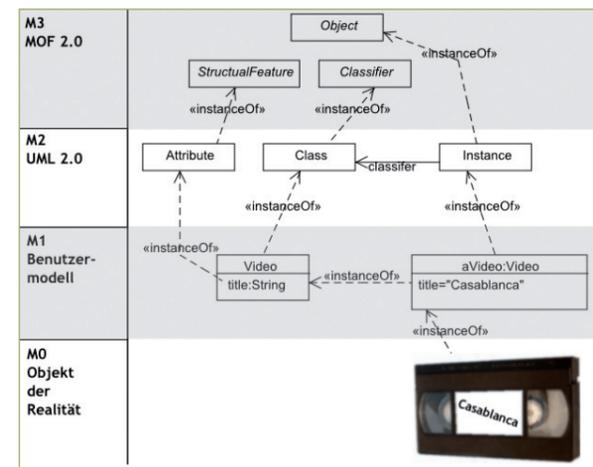


ABB. 2: VIER EBENEN DER MOF ARCHITEKTUR (AUF JEDER EBENE SIND IM BEISPIEL VEREINFACHTE TEILAUSSCHNITTE AUS DEM JEWEILIGEN MODELL BZW. DER ANWENDUNGSWELT DARGESTELLT)

ÜBERBLICK ÜBER DAS ECLIPSE MODELING FRAMEWORK (EMF) UND DAS ECORE DOMAIN-MODELL

Das Eclipse Modeling Framework (EMF), ein als Projekt der Eclipse Open Source Community entwickeltes Open-Source Java-Framework, dient zur automatisierten Erzeugung von Quelltext aus strukturierten Modellen; es basiert auf offenen Standards. EMF ist also ein Werkzeug, mit dem man aus einem Modell-Code generieren kann, wie das bei der MDA der Fall ist. Somit lassen sich also mit EMF, die bei der MDA und bei modellbasierten Frameworks eine wesentliche Rolle spielen, Transformationen und Code-Generatoren realisieren. Bei einem vor 2 Jahren durchgeführten MDA-Projekt zur Generierung von Webanwendungen aus einem mit der Web-Modellierungs- und Entwurfssprache OOHDM [SD05a, SD05b] erstellten Modell standen leider EMF bzw. EMOF und entsprechende Werkzeuge noch nicht zur Verfügung, so dass wir das Metamodell und entsprechende Werkzeuge selbst erstellen mussten.

Die von EMF verwendete Meta-Modellierungssprache mit dem Namen Ecore basiert auf EMOF 2.0. Abb.3 zeigt ein EMOF

2.0-Klassendiagramm. Es besagt vereinfacht Folgendes: alle Modellelemente (EModelElement) sind Objekte (EObject), die sich in Modellelemente, Fabriken und Annotationen aufteilen lassen. Unter den Modellelementen (ENamedElement) unterscheidet man u.a. Klassifizierer, die Objekte zu Klassen zusammenfassen, die wiederum von Klassen (EClass) und Datentypen gebildet werden, und typisierte Elemente (ETypedElement), zu denen zum Beispiel Attribute (EAttribute) gehören.

Bei der Benutzung von EMF muss also zunächst ein Ecore-Modell erstellt werden. Dies kann auf verschiedene Weise geschehen. Im Prinzip können alle Werkzeuge genutzt werden, die Modelle nach dem EMOF-Standard zu erstellen erlauben. So kann zum Beispiel das Entwicklungs-Werkzeug Rational Rose mit einem speziellen Diagrammtyp zur Erstellung von EMOF-Diagrammen eingesetzt werden; im Eclipse-Umfeld ist das EclipseUML Werkzeug von Omondo, das ebenfalls einen speziellen Diagrammtyp dafür vorsieht, sehr beliebt.

Ein Benutzer von EMF beschreibt interaktiv mit Hilfe des Ecore (Meta-Meta)-Modells sein spezifisches Metamodell. Das von uns

für CompJava mit Hilfe von EMF erstellte Metamodell (auf der Modellierungsebene M2), das in Abb.4 nur in einem kleinen Ausschnitt wiedergegeben ist, beschreibt, wie Komponentenprogramme und damit auch CompJava-Designer-Diagramme aufgebaut sind. Es besagt im Wesentlichen, dass ein Komponentendiagramm Komponententypen oder Komponenten oder Interfaces enthält. Ein Komponententyp enthält bzw. definiert wiederum Ports, die Interfaces zu ihrer Definition nutzen und entweder als Required Port oder als Provided Port spezialisiert sein können.

Ein Benutzer von EMF legt im nächsten Schritt ein Generator Modell an, das mit einem plattform-spezifischem Modell (PSM) verglichen werden kann. Abb. 5 zeigt ein Beispiel-Fenster mit einem Generator Modell, welches in dem linken Teilfenster einen Ausschnitt aus dem CompJava-Metamodell enthält und in dem rechten Teilfenster zeigt, was sich daraus automatisch generieren lässt.

Aus dem Generator Modell wird sowohl der eigentliche Code erzeugt als auch der Edit-Code (der so genannt wird, weil er zum Editieren des Modells, d.h. hauptsächlich Editieren von Properties dient), ein Beispiel-Editor, und auf dem Testwerkzeug

JUnit basierender Test Code für das Modell. Die Code Generierung ist in EMF durch Java Emitter Templates, kurz JET und JMerge genannt, realisiert.

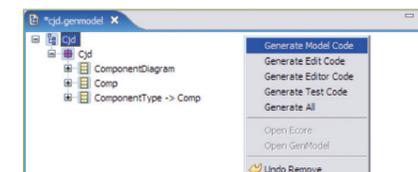


ABB. 5: GENERATOR MODELL (PSM) FÜR EINEN KLEINEN AUSSCHNITT DES COMPJAVA META-MODELLS

Ein Ausschnitt aus dem generierten Code ist im Listing 1 gezeigt. Für jedes generierte Element wird im Java Code eine Annotation @generated angelegt. Wenn man diese Annotation entfernt, kann man den erstellten Code modifizieren. Denn dann wird dieser modifizierte Code beim nächsten Neuerstellen aus dem Generator-Modell beibehalten und nicht durch neu generierten Code ersetzt. Somit kann der aus dem EMF-Modell generierte Code manuell angepasst werden und trotzdem das Modell weiterentwickelt und abgeändert werden.

Listing 1: Codeausschnitt aus dem generierten Code

```
/**
 * <!-- begin-user-doc -->
 * <!-- end-user-doc -->
 * @generated
 */
public void setName(String newName) {
    String oldName = name;
    name = newName;
    if (eNotificationRequired())
        eNotify(new ENotificationImpl(
            this, Notification.SET,
            UsecasePackage.ACTOR__NAME,
            oldName, name));
}
```

DAS MODELLBASIERTE FRAMEWORK

Bei der Umsetzung der modellbasierten Architektur hat sich relativ schnell gezeigt - wie zum Beispiel bei der Generierung des Codes für Web-Applikationen aus dem Web-Applikations-Modell OOHDM [SH04], dass es nicht immer sinnvoll ist, den ganzen Anwendungscode aus dem Anwendungsmodell zu generieren. Ein Grund dafür kann sein, dass bei unterschiedlichen Anwendungen gleichartige Codeteile benötigt werden, so dass man sich die Generierung sparen kann, oder dass die Generierung dann zu komplex wird (siehe [SD05a, SD05b]).

Stattdessen kann man Code in Form von Klassen einer Klassenbibliothek oder eines Frameworks bereitstellen, und der nach der MDA-Vorgehensweise generierte Code arbeitet mit dem bereitgestellten Code zusammen, wie das zum Beispiel bei unserer Lösung der Fall war [SD05a, SD05b]. Aus den klassischen Whitebox-Frameworks hat sich im Zusammenspiel mit der MDA eine neue Art von Framework entwickelt, das wir modellbasiertes Framework nennen.

Ein Whitebox-Framework [S97] [S99] gibt eine Menge kollaborierender Klassen inklusive der Anwendungslogik und Hot-Spots

vor. Für die Hot-Spots muss ein Anwendungsentwickler anwendungsspezifische Klassen programmieren, die von der Hot-Spot Basisklasse abgeleitet sind. Häufig ist ein beträchtlicher Einarbeitungsaufwand in das Framework erforderlich, um die Programmierung dieser Klassen durchführen zu können.

Ein Beispiel dafür bildet das Graphical-Editing-Framework (GEF), ein White-Box-Framework für das MVC-Architekturmuster (für eine Einführung in GEF, siehe [SBW06] im HTWG-Forum 2006). GEF ist ein Eclipse-Plugin und nutzt für die Programmierung der Views das Eclipse-Plugin Draw2d, welches selbst auf dem Standard-Widget-Toolkit (SWT), einer Bibliothek für die Erstellung grafischer Oberflächen mit Java, aufbaut. Für das Modell macht GEF keine Vorgaben, es kann frei vom Entwickler programmiert werden.

Wie Abb.6 darstellt, hat GEF drei Hot-Spots (zur Definition von Hot-Spot siehe [S97] [S99]), einen Model-, einen Controller- und einen View-Hot-Spot, für die anwendungsspezifische Klassen erstellt, die in GEF eingestöpselt werden müssen. Das anwendungsspezifische „Modell“ kann frei entwickelt werden, wobei es aber in der GEF Welt üblich ist, es mittels EMF zu entwickeln

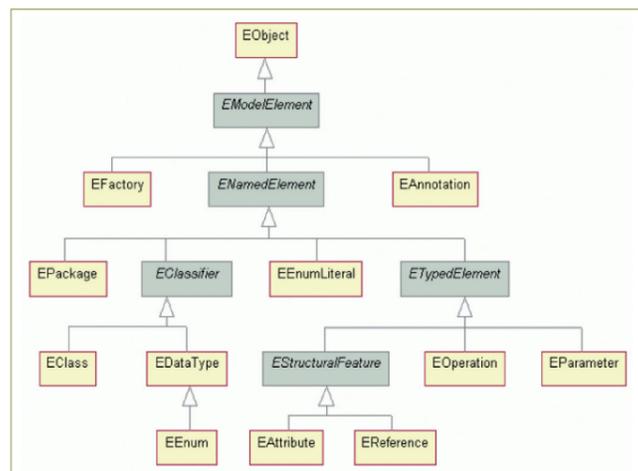


ABB. 3: ÜBERSICHT ECORE KLASSEN DIAGRAMM. ECORE IST EINE IMPLEMENTIERUNG DES EMOF 2.0. [QUELLE: EMF OVERVIEW]

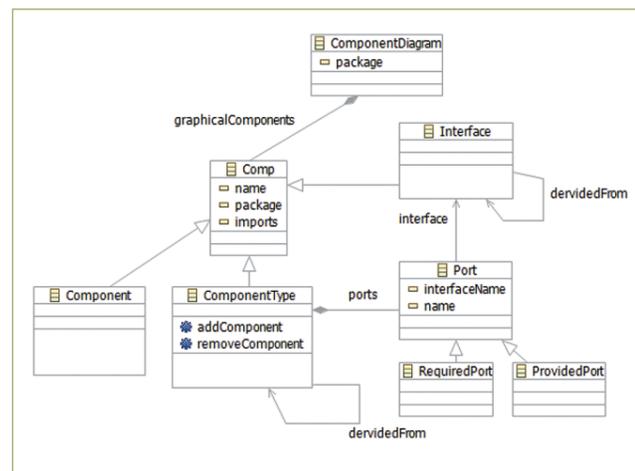


ABB. 4: AUSSCHNITT AUS DEM COMPJAVA METAMODELL (AUF DER MODELLIERUNGSEBENE M2)

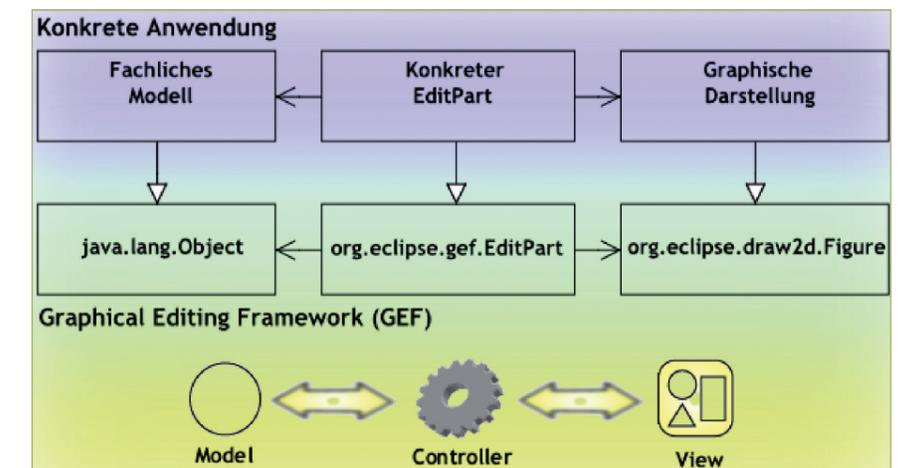


ABB. 6: GROBSTRUKTUR DES GEF-FRAMEWORKS

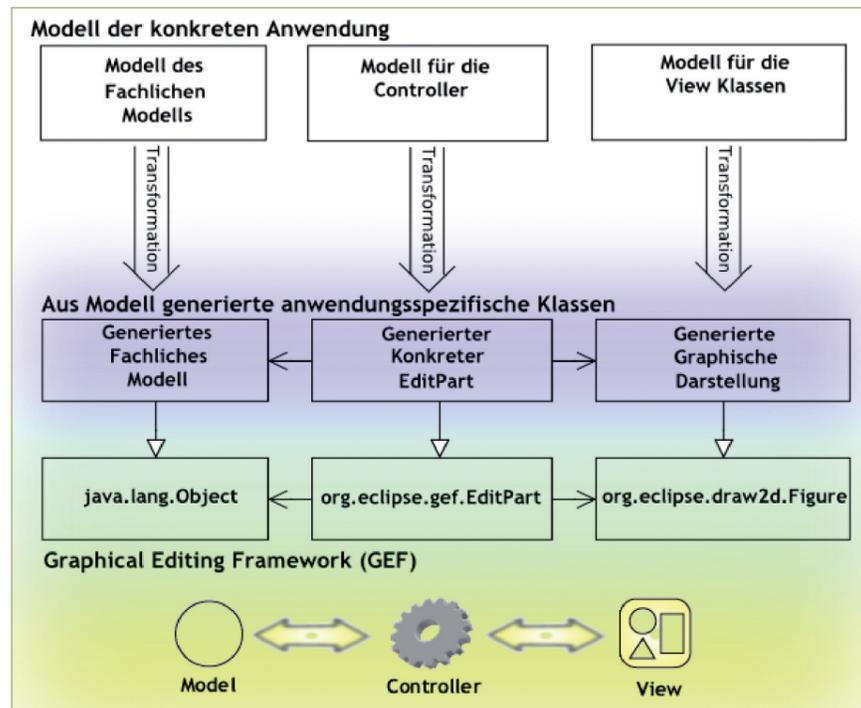


Abb. 7: Grobstruktur eines modellbasierten, auf GEF aufbauenden Frameworks

[IBMRed]. GEF stellt für den Controller- und View-Hot-Spot eine Controller-Klasse, EditPart genannt, und eine View-Klasse, Figure genannt, zur Verfügung. Für jedes „Model“-Element muss der Entwickler eine eigene grafische Darstellung programmieren, die entweder von der Figure-Klasse abgeleitet ist oder das Interface IFigure implementiert, und in ähnlicher Weise eine eigene konkrete EditPart-Klasse, die entweder von der EditPart-Klasse abgeleitet ist oder das Interface IEditPart implementiert. Ein modellbasiertes Framework wie etwa GMF ergänzt ein Whitebox-Framework um einen MDA-Ansatz, um die anwendungsspezifischen Klassen zu generieren. Dazu stellt es für jeden Hot-Spot eine Modellierungssprache bereit, mit welcher die fachlichen Aspekte der anwendungsspezifischen Klassen modelliert werden, und jeweils einen Codegenerator, der aus dem betreffenden Modell den Code der anwendungsspezifischen Klasse erzeugt. Abb.7

stellt die Grobstruktur eines modellbasierten, auf GEF aufbauenden Frameworks dar, wobei die oberste Ebene die Modellklassen zeigt, aus denen durch Transformationen die anwendungsspezifischen Klassen generiert werden und in das GEF-Framework eingestöpselt werden.

Auf diese Weise wird beim modellbasierten Framework die Programmierung der anwendungsspezifischen Klassen und damit der dafür erforderliche - möglicherweise sehr große - Einarbeitungs- und Codierungsaufwand vermieden, der bei der Benutzung eines Whitebox-Frameworks anfällt. Man kann also ein modellbasiertes Framework als einen innovativen Ansatz ansehen, der ein klassisches Whitebox-Framework in die Nähe eines Blackbox-Frameworks bringt, was den Aufwand der Anwendungserstellung betrifft.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der modellbasierte Ansatz hat in unserem Projekt seine Tragfähigkeit bewiesen und große Vorteile gezeigt. Wir hatten bei der Entwicklung des CompJava-Kompilers ein (Java) Klassenmodell entwickelt, in das der Compiler ein CompJava-Programm nach der Syntaxanalyse transformiert. Wie sich bei der Durchführung des CompJava-Designer Projekts gezeigt hat, stellt dieses Compiler-Klassenmodell ein abstraktes Modell für die Komponentensprache CompJava dar, das sich in der Metamodellierungssprache EMOF formulieren und auch unabhängig vom Compiler verwenden lässt. Die Hilfsmittel, die zur Unterstützung der modellbasierten Technologie zur Verfügung gestellt werden, haben sich in den letzten zwei Jahren sehr stark verbessert und sind jetzt weitgehend reif für eine Anwendung in der Praxis. Insbesondere sind MOF/EMOF als Metamodellierungssprachen und Ecore zu erwähnen. Modellbasierte Frameworks stellen ein erfolgversprechendes, neues Konzept dar.

REFERENZEN

- [S97] H.A. Schmid: Systematic Framework Design by Generalization; Communications of the ACM, Vol.40/No.10, Oct. 97, 48-51
- [S99] H.A. Schmid: Framework Design by Systematic Generalization: From Hot Spot Specification to Hot Spot Subsystem Implementation; in: M.Fayad, D.C.Schmidt, R.Johnson, eds.: Building Application Frameworks: Object-Oriented Foundations of Framework Design, J.Wiley, 1999
- [SHo4] H. A. Schmid, O. Herfort: „A Behavioural Semantics of OOHDMD Core Features and of its Business Process Extension“, Web Engineering, Proceedings of 4th International conference, Munich, July 2004, Springer Lecture Notes in Computer Science LNCS 3140, Springer, Berlin, 2004, pp. 74-87
- [So4] H. A. Schmid: „Model Driven Architecture with OOHDMD“. IWWOST 04, Proceedings of the 4th International Workshop on Web-Oriented Software Technology, Munich, Germany, 2004
- [So5] H. A. Schmid: „Model Driven Architecture with OOHDMD“. Engineering Advanced WebApplications, Rinton Press, Princeton, USA
- [SDo5a] H. A. Schmid, Oliver Donnerhak: „OOHDMDA – an MDA-Approach for OOHDMD, Web Engineering“, Proceedings of 5th International Conference, Sydney, July 2005, Springer Lecture Notes in Computer Science LNCS, Springer, Berlin, 2005
- [SMPSEo5] Hans Albrecht Schmid, A.Maucher, M.Pfeifer, Th.Schneider, R.Ederleh, M.Hager: „Steckbare Komponenten - mit der Konstanzer Komponentensprache CompJava“. Forum 2005, Forschung und Entwicklung, Das Forschungsmagazin der FH Konstanz
- [SDo5b] H. A. Schmid, Oliver Donnerhak: „The PIM to Servlet-Based PSM Transformation with OOHDMDA“, Proceedings of First Int. Workshop on Model-Driven Web Engineering (MDWE 2005), ICWE 2005, Sydney, Australia, July, 2005
- [SBWo6] Hans Albrecht Schmid, Christian Baranowski und Rainer Weinhold: „Erstellung von Plugins für Eclipse: Ein grafischer Editor für die Konstanzer Komponentensprache CompJava“, Forum 2006/07, Forschung und Entwicklung, Das Forschungsmagazin der FH Konstanz

WEITERE REFERENZEN

- Eclipse Modeling Framework, By Frank Budinsky, David Steinberg, Ed Merks, Ray Ellersick, Timothy J. Grose., Addison Wesley Professional, 2004
- Eclipse Modeling Project (<http://www.eclipse.org/modeling/>)
- IBM Redbooks, Eclipse Development using the Graphical Editing Framework and the Eclipse Modeling Framework, William Moore, David Dean, Anna Gerber, Gunnar Wagenknecht, Philippe Vanderheyden
- The Eclipse Modeling Framework (EMF) Overview, June 16, 2005

▶ Sulz a. Neckar ▶ Stuttgart ▶ Borna ▶ Potsdam ▶ Düsseldorf ▶ Norderstedt

Edelstahl.

Investition für die Zukunft.

Edelstahl service

Edelstahlservice GmbH Gottlieb-Daimler-Str. 6-8
 D-72172 Sulz a. Neckar

Tel. 074 54/96 80-0
 Fax 074 54/96 80-90

▶ www.edelstahl.de



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 HTWG 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.



CHRISTIAN BARANOWSKI
Software-Engineering-Studium seit 2003 an der HTWG Konstanz.
Präferierte Themen sind Java und Eclipse Plug-in Entwicklung.

Dieser Beitrag beschreibt die modellbasierte Entwicklung eines Grafik-Editors für die Komponentensprache CompJava mit dem Graphical-Modeling-Framework GMF. Er baut auf dem Beitrag „Modellbasierte Architektur mit MOF-Metamodell und modellbasierte Frameworks“ (im gleichen Heft) auf, der einen Einblick in die modellbasierte Technologie und das Konzept des modellbasierten Frameworks gibt. GMF ist ein modellbasiertes Framework, mit dem man von Modellen ausgehend einen grafischen Editor für die Eclipse-Plattform mit wenig Aufwand und relativ einfach erstellen kann. GMF ist ein Open-Source Projekt der Eclipse Foundation, das auf den beiden im Eclipse-Umfeld sehr bekannten Werkzeugen Eclipse Modeling Framework (EMF) und dem Graphical Editing Framework (GEF) aufbaut. (Eine Einführung in GEF wurde im HTWG-Forum 2006 [SBWo6] gegeben.) Trotz des jungen Alters des Projekts - der erste Release wurde mit Eclipse 3.2 im Juni 2006 veröffentlicht - ist GMF schon jetzt recht verbreitet. Der mit GMF erstellte grafische Editor für Visual CompJava ist in Abb.1 gezeigt. Seine Oberfläche besteht aus einem CompJava-Komponentendiagramm, einer Palette mit Werkzeugen (rechts), einer Werkzeugleiste (englisch: tool bar), und einem textuellen Modelleditor (unten). Das Komponentendiagramm zeigt eine Kompilente, die aus einer Parser-, Scanner- und Source-Sub-Komponente besteht.

Wir geben im Folgenden einen kurzen Überblick über die Architektur und die Funktionsweise von GMF.

STRUKTUR VON GMF

Abbildung 2 zeigt die grobe Struktur des modellbasierten Frameworks GMF. Horizontal sind die unterschiedlichen MVC-Aspekte dargestellt, wie ganz unten angedeutet ist, wobei der Model-Aspekt, das fachliche Modell, in ein Domain-Modell

und ein Darstellungsmodell aufgeteilt ist. Vertikal sind die Modellebene (ganz oben), die Ebene der generierten konkreten Anwendungsklassen (oben), die Ebene der GMF-Klassen (in der Mitte) und die GEF-Ebene (unten) dargestellt.

GMF baut, wie auch Abbildung 2 zeigt, auf dem MVC Whitebox-Framework GEF auf. Während man bei der Arbeit mit GEF alle anwendungsspezifischen Model-, die EditPart- als Controller-Klassen und die View-Klassen selbst programmieren muss, lässt man sie von GMF aus dem jeweiligen MDA-Modell generieren. Diese Modelle für eine konkrete Anwendung sind auf der höchsten Ebene dargestellt.

GMF besteht, von der praktischen Seite gesehen, deshalb aus zwei Teilen:

- > Einem interaktiven Teil, der bei der Erstellung einer GMF-Anwendung erforderlich ist und zur Erstellung von spezialisierten Controller-, Factory-, Command- und View-Klassen nach dem MDA-Ansatz dient (nicht direkt in Abbildung 2 gezeigt).
 - > Einer Laufzeitumgebung, genannt GMF Runtime (als mittlere Ebene in Abbildung 2 dargestellt). Sie ist zur Ausführung eines mit GMF erstellten Editors erforderlich und enthält die von GMF bereitgestellten, von GEF-Klassen abgeleiteten Klassen und weitere Klassen.
- Um das zu ermöglichen, stellt GMF eigene, von den GEF-Klassen abgeleitete Controller- und View-Klassen bereit:
- > spezifische Controller-Klassen zur Realisierung der in Abb.9 gezeigten Werkzeuge in der Palette.
 - > spezifische View-Klassen, wie zum Beispiel RoundedRectangle.

Diese bereitgestellten spezifischen Controller- und View-Klassen werden noch mithilfe des MDA-Ansatzes spezialisiert. Für die MVC-„Model“-Klassen, also die fachlichen Klassen, welche die Anwendungswelt beschreiben, kann GMF keine eigenen Klassen bereitstellen, da diese für unterschiedliche Anwendungen ganz verschieden sein kön-

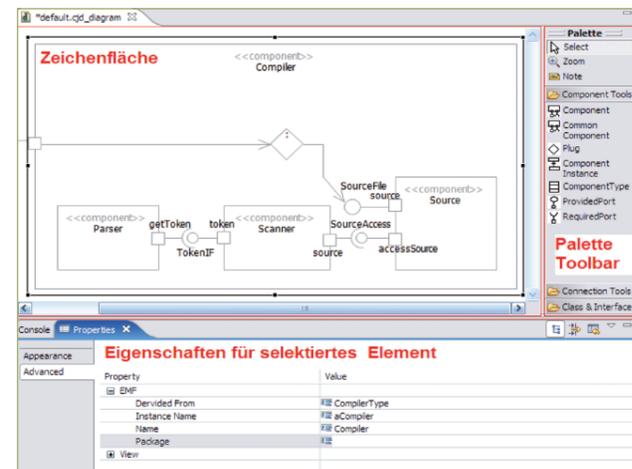


ABB. 1: MIT GMF ERSTELLTER GRAFISCHER EDITOR FÜR DIE KOMPONENTENSPRACHE COMPJAVA

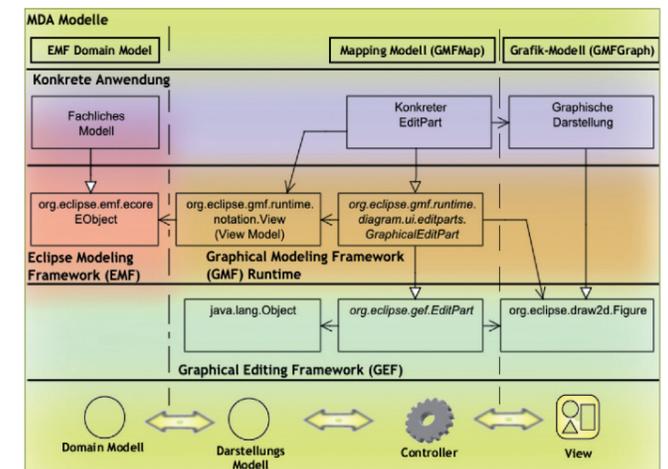


ABB. 2: GROBE ARCHITEKTUR VON GMF UND ZUORDNUNG DER MDA MODELLE

nen. Diese Klassen müssen aber trotzdem nicht programmiert werden, sondern sie werden vollständig mittels EMF aus einem fachlichen Ecore-Modell, auch Domänen-Modell (englisch: domain model) genannt, erzeugt.

Was das Verständnis des Ganzen zunächst noch schwieriger macht, ist, dass GMF die MVC-„Model“-Klassen aufteilt, wie Abb.3 zeigt, und zwar in rein fachliche Klassen des Domänen- bzw. Business Modells und Darstellungsmodellklassen (genannt View-Model). Einer der Hauptgründe für die Trennung des Darstellungsmodells und des eigentlichen fachlichen Modells liegt darin, dass dann das fachliche Modell unabhängig von GMF in einer anderen Anwendung wiederverwendet werden kann. Damit kann beispielsweise das fachliche

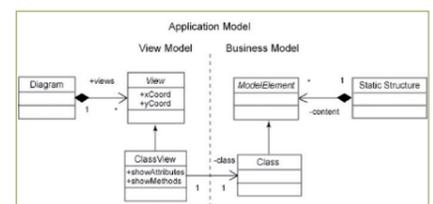


ABB. 3: AUFTRENNUNG DES MODELLS IN DARSTELLUNGSMODELL (VIEW MODEL) UND ANWENDUNGSMODELL (BUSINESS MODEL) [QUELLE: ECLIPSE-BASED APPLICATION GEF]

Modell einer Programmiersprache als Basis für eine textbasierte Anwendung wie z.B. einen Compiler sein und gleichzeitig für die Erstellung eines grafischen Editors genutzt werden. Das ist bei CompJava der Fall: Das fachliche Modell zur Erstellung des CompJava-Designer, von dem ein Ausschnitt in Abb.3 im Artikel „Modellbasierte Architektur mit MOF-Metamodell und modellbasierte Frameworks“ gezeigt wurde, und das Compilermodell, das zur Codeerzeugung benutzt wird, sind praktisch identisch.

GMF basiert also auf drei grundlegenden Ideen, wie auch Abb. 2 zeigt:

- > Wie beschrieben, wird der MDA-Ansatz zur Generierung der anwendungsspezifischen Klassen für das GEF-Framework verwendet.
- > Dabei ist die Modellierung in drei einzelnen Modellen, Graphical Model, Tooling Model und Mapping Model (für welche die Modellierungssprache zur Erstellung des Modells auf der Ebene M2 ebenfalls schon vorgegeben ist) aufgeteilt.
- > Das fachliche Domänen-Modell wird mit EMF erzeugt, wobei die Modellierungssprache zur Erstellung des Modells auf der Ebene M3 schon vorgegeben ist. Die Modelle „Graphical Model“, „Tooling Model“ und „Mapping Model“ werden

zusammen mit dem Domänen-Modell in dem Generatormodell zusammengeführt, das mit dem plattformspezifischen Modell (PSM) vergleichbar ist. Aus diesem Generatormodell wird der eigentliche Java Code erstellt. Dieser Java Code baut dann auf den Klassen der GMF-Laufzeitumgebung (GMF Runtime) oder direkt auf GEF auf.

DIE GMF-MODELLE

Ausgangspunkt für die Erstellung eines grafischen Editors mit GMF ist ein mit EMF erstelltes fachliches Modell, das das Ecore Domänen-Modell. Zunächst werden interaktiv mit GMF die drei GMF-Modelle erstellt: Ein grafisches Modell, das die grafischen Diagrammelemente beschreibt; ein Tooling-Modell, das die Toolbar des Editor beschreibt; und ein Mapping-Modell, welches das Domänen-Modell, das grafische Modell und das Toolbar Modell zusammenführt. Dabei gibt GMF die jeweilige Metasprache zur Beschreibung der Modelle (auf der Modellebene M2) vor. Anschließend wird daraus ein Generator-Modell erstellt. Im Folgenden zeigen wir die für den CompJava-Designer erstellten GMF-Modelle und erläutern ihr Zusammenspiel.

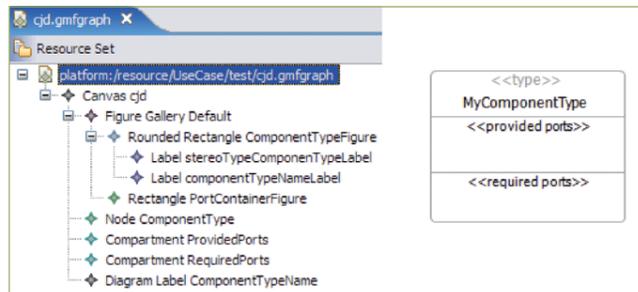


ABB. 4: AUSSCHNITT AUS DEM GMFGRAPH MODELL (LINKS), DAS DEN RECHTS DARGESTELLTEN VIEW EINES KOMPONENTENTYPSCHEINEN BESCHREIBT

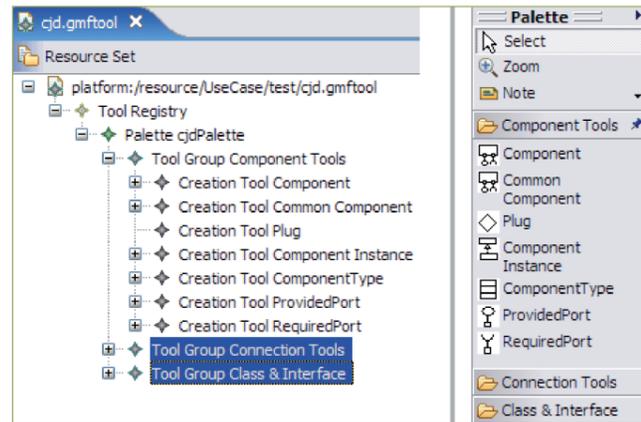


ABB. 5: AUSSCHNITT AUS DEM „TOOLING MODEL“ DES COMPIJAVA DESIGNER (LINKS) MIT DER PALETTE (RECHTS), DIE DURCH DIESES MODELL BESCHRIEBEN WIRD

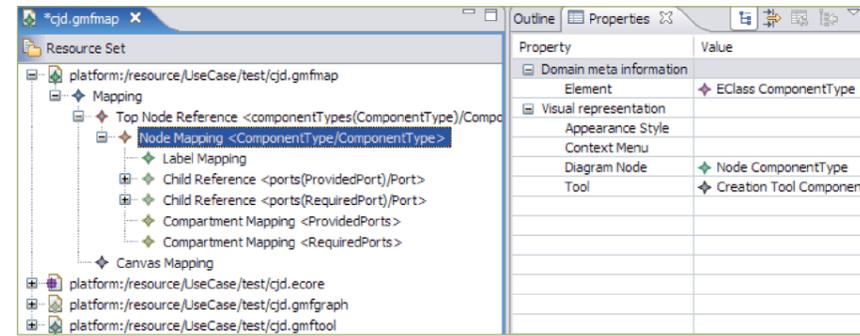


ABB. 6: AUSSCHNITT AUS DEM GMFMAP MODELL FÜR EINEN KOMPONENTENTYP

GRAFIK-MODELL (GMFGRAPH)

Das Grafik-Modell GMFGraph (siehe Abbildung 4 links) beschreibt die MVC View-Aspekte, das heißt die grafischen Elemente der zu erstellenden Diagramme. Auf der obersten Ebene ist ein sogenannter „Canvas“-Knoten als Wurzel definiert, der als Kinder die „Figure Gallery“, „Node Component Type“, „Compartment Provided Ports“, „Compartment Required Ports“ und „Diagram Label Component Type Names“ enthält. Dabei sind „Figure Gallery“ und „Diagram Label“ den MVC-Views zuzurechnen, während „Node“ und „Compartment“ dem Darstellungsmodell der MVC-Model-Ebene zuzurechnen sind.

Die „Figure Gallery“ enthält zum Beispiel „Figures“, für die es vordefinierte Standardformen z. B. Rechtecke, Polygone, Linien usw. gibt, oder solche, die man bei Bedarf selbst definiert hat. Jede Form kann über weitere Attribute verfügen, wie zum Beispiel Vorder- und Hintergrundfarbe oder Layout.

WERKZEUG MODELL (TOOLING MODELL GMFTOOL)

Das Werkzeugmodell (siehe Abbildung 5 links) beschreibt die Werkzeuge der Palette und Werkzeugleiste (siehe Abbildung 5 rechts), mit deren Hilfe grafische Elemente angelegt werden können, sowie deren Gruppierung. Die Werkzeuggruppe „ToolGroup ComponentTools“ enthält Werkzeuge, mit der verschiedene Comp-

Java-Elemente als Diagrammknoten angelegt werden, während die nicht im Detail dargestellte Werkzeuggruppe „ToolGroup Connection Tools“ Werkzeuge enthält, mit der verschiedene Diagrammknoten verbunden werden. Jedes Werkzeug (Tool) besteht aus einer Beschriftung, einem Tooltip und zwei Icons, die in der Toolbar dargestellt werden. Standardmäßig sind Default-Icons vorgegeben, die aber durch eigene Icons ersetzt werden können.

Das GMFTool-Modell kann als Baum editiert werden, in dem folgende Knoten interaktiv angelegt werden können:

- > Eine Palette (seitlich im Editor dargestellt)
- > sonstige Menüs, wie z. B. Kontextmenüs, Popupmenüs, Toolbars usw.

MAPPING MODELL (GMFMAP)

Das Mapping-Modell beschreibt, welchen Darstellungen aus der Figure Gallery des Grafik-Modells jeweils einer fachlichen Entität, wie z. B. einem Komponententyp, zugeordnet sind. Dieses Mapping-Modell führt die drei Modelle „Domain Model“, „Tooling Model“ und „Graph Model“ zusammen. Im Wesentlichen beschreibt es für die Code-Generierung, welche EditParts welchen Domain-Modell-Klassen zugeordnet sind und welcher View zu diesem EditPart gehört. Weiter wird beschrieben, was für eine Factory benutzt wird, um den EditPart und das Domain-Modell beim Klick auf einen

Eintrag in die Palette anzulegen. Aus den drei beschriebenen Modellen und dem Ecore-Domänenmodell wurde der CompJava-Designer als grafischer Editor generiert.

VOR- UND NACHTEILE VON GMF

GMF (genauer: die GMF Runtime, also der Teil, der vom generierten Code genutzt wird) gibt, wie beschrieben, konkrete Implementierungen der abstrakten Framework-Klassen von GEF für die verschiedensten Anwendungsfälle vor. Dies ist einerseits eine große Arbeitserleichterung, andererseits eine Einschränkung. Mit GMF kann man grafische Editoren mit weniger Arbeitsaufwand und schneller als mit GEF erzeugen, aber ihre Art, Arbeitsweise und Aussehen ist grob vorgegeben. Mit GEF lassen sich ganz unterschiedliche, aber auch aufwändigere Arten von grafischen Editoren erstellen, da die abstrakten Klassen selber implementiert werden.

Ein weiterer Vorteil ist, dass GMF die Trennung von grafischem Modell und Business Modell vorgibt. Man muss also das grafische Modell nicht selbst modellieren, sondern kann das von der GMF Runtime mitgelieferte Modell nutzen und muss nur sein Business Modell in EMF selbst modellieren. Andererseits geht dadurch wieder etwas Freiheit und Flexibilität verloren: Man ist in der Definition seiner Anwendungsdomäne etwas eingeschränkt.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Wir haben sehr gute Erfahrungen mit der Erstellung grafischer Editoren mit dem modellbasierten GMF-Framework nach der MDA-Technologie gemacht. Der CompJava-Designer, der von Christian Baranowski und Tobias Seckinger in dem sich über das 7. und 8. Semester erstreckenden Studienprojekts an der Fakultät für Informatik der HTWG Konstanz mithilfe von GMF erstellt wurde, hat bereits ein recht professionelles Niveau erreicht, was die gebotenen Möglichkeiten und die Oberfläche betrifft. Wäre er komplett mit GEF erstellt worden, wie das bei einem Prototyp der Fall war [SBWo6], hätte dies sehr viel mehr Aufwand und Zeit gekostet. Modellbasierte Frameworks stellen ein erfolgsversprechendes neues Konzept dar, das sich wahrscheinlich ebenso schnell verbreiten wird, wie sich das Konzept der

Frameworks vor einer Dekade in Hochschulen und in der praktischen Anwendung verbreitet hat. Dazu wird wohl auch die gute Werkzeugunterstützung aus verschiedenen Eclipse-Projekten einen wichtigen Beitrag leisten.

REFERENZEN

- EclipseCon 2006, Introduction to the Eclipse Graphical Modeling Framework, Borland und IBM, 2006
- Callisto Webinar, Using the Eclipse Modeling Framework https://admin.adobe.acrobat.com/_a300965365/p17835008/
- GMF Tutorial BPMN, http://wiki.eclipse.org/index.php/GMF_Tutorial_BPMN_2006
- GMF Help, GMF Runtime How To Guide, Diagram Services Layer - How-to Guide, IBM, 2005

GMF Help, Eclipse Graphical Modeling Framework (GMF), Runtime API Specification, IBM Corp., Borland Software Corp., and others 2005

Create an Eclipse-based application using the Graphical Editing Framework, Randy Hudson, IBM, 29 Jul 2003 Eclipse Modeling Project (<http://www.eclipse.org/modeling/>)

IBM Redbooks, Eclipse Development using the Graphical Editing Framework and the Eclipse Modeling Framework, William Moore, David Dean, Anna Gerber, Gunnar Wagenknecht, Philippe Vanderheyden

Hans Albrecht Schmid, Christian Baranowski und Rainer Weinhold: „Erstellung von Plugins für Eclipse: Ein grafischer Editor für die Konstanzer Komponentensprache CompJava“, Forum 2006/07, Forschung und Entwicklung, Das Forschungsmagazin der FH Konstanz

Bei uns sind Sie in guten Händen

werbe.ch

STROM
ERDGAS
WASSER

Kreuzlingen
Technische Betriebe
www.tbkruzlingen.ch

Nationalstrasse 27
Tel. 071 677 61 85

Die HTWG Konstanz pflegt mit 49 Partnerhochschulen in aller Welt den wissenschaftlichen Austausch. Der Gastaufsatz ist von der Jiangsu University, Zhenjiang, China, die seit 1995 Partnerhochschule der HTWG Konstanz ist (www.ujs.edu.cn).



PROF. DR. QI-YIN SHI,
Jiangsu University, Zhenjiang, China

1988-1993 Studium Bauingenieurwesen, Vertiefungsrichtung Konstruktiver Ingenieurbau, Xian University of Architecture and Technology. 1993-1999 Dozent, später Associate Professor und Prodekan des Fachbereichs Bauingenieurwesen am Shaanxi Institute of Science and Technology. 2000 Wechsel als Professor zur Jiangsu University, Zhenjiang. 2004 Promotion an der Southeast University, Nanjing. Seit 2005 Dekan der Fakultät Bauingenieurwesen, Jiangsu University, Zhenjiang. Im Sommersemester 2006 hielt sich Prof. Shi im Rahmen eines Forschungsemesters an der Fakultät Bauingenieurwesen der HTWG Konstanz auf.

In seinen Forschungsarbeiten befasst sich Prof. Shi mit den mechanischen Eigenschaften von Verbundbauteilen. Er führte Versuche über das Verhalten von Verbundbauteilen bei statischer und zyklischer Beanspruchung durch und entwickelte ein Modell zu deren Beschreibung. Im Bereich der Baudynamik untersuchte er die Erdbeben- und Windbeanspruchung hoher Turmbauwerke. Hierbei führte er auch Rütteltisch- und Windkanalversuche an der Southeast University, Nanjing, durch. In letzter Zeit liegt der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten von Prof. Shi wieder im Verbundbau. Prof. Shi untersuchte auch unterschiedliche Verstärkungsmaßnahmen von Betonbauteilen unter Verwendung von Kohlefaserwerkstoffen.

Prof. Shi ist Mitglied im Bauingenieurkomitee und im Komitee für Ausbildung der Provinz Jiangsu. Er ist auch als Berater in der Bauindustrie tätig.

ABSTRACT

The flexural stiffness of a reinforced concrete beam reflects the structural health of the beam. Based on the Technical Specification for Strengthening Concrete Structures with CFRP^[2] and conclusions from other studies and tests, the flexural stiffness of damaged reinforced concrete crane beams is calculated, and the development of the stiffness during fatigue loading is predicted analytically as a function of the number of load cycles. A series of half scale reinforced concrete beams retrofitted with carbon fiber reinforced plastic (CFRP) was tested under fatigue loading conditions at South East University in order to validate the analytical model. The test results are presented and compared with analytical predictions. It can be concluded that the analytical method is valid when used to compute the flexural fatigue stiffness of RC beams and RC beams strengthened with CFRP.

KEY WORDS: structural health, strengthening, flexural stiffness, fatigue stiffness, CFRP

INTRODUCTION

The flexural stiffness is one of the most important parameters in evaluating the structural health of a reinforced concrete crane beam. Many crane beams suffer excessive deformations or have insufficient load carrying capacity as time lapses so that they need to be strengthened for further use. External steel plate bonding and carbon fiber reinforced plastic (CFRP) bonding are the most popular ways to repair and rehabilitate existing RC structures. Although external steel plate bonding can provide a satisfactory solution in many cases, it does have some disadvantages such as the handling of heavy steel plates on site, potential steel corrosion, and the necessity of on-going maintenance. Carbon fiber reinforced plastic plates (CFRP)

offer several advantages over steel because of the ease and speed of installation, the structural efficiency of the repair, the corrosion resistance of the materials, and the minimal effect that these materials have on structural dimensions, aesthetics and versatility^[1]. Many tests of strengthened members under monotonic load have been performed and have given rise to many conclusions. A number of technical specifications for the rehabilitation of reinforced concrete beams using CFRP are available for practical applications^[2-3]. However, these specifications do not explicitly address the stiffness of the strengthened member, especially when the structure is subjected to fatigue loading. In this paper the stiffness of T-shaped RC beams strengthened with CFRP is analyzed as a function of the number of load cycles.

The flexural stiffness of a retrofitted reinforced concrete beam is influenced by many factors, such as the performance of the materials (steel, concrete and CFRP), the bonding between the different materials and the loading conditions. However, the British concrete design code^[4] for instance does not take these parameters into account for the design of structures subjected to fatigue loading. In the concrete specification^[2], RC members subjected to fatigue loading are designed without explicit consideration of the fatigue condition but by comparing the material stresses (concrete and steel) with specific limit values in order to insure sufficient fatigue strength.

In that specification, the fatigue stiffness is analyzed based on the elastic modulus of concrete. So the deterioration of the stiffness with the number of load cycles is not reflected, resulting in a unconservative design. In the second part of this paper the fatigue stiffness of crane beams strengthened with CFRP is analyzed as a function of the number of load cycles and a new method for analyzing the fatigue stiffness is given.

¹ Prof. of Civ. Engrg., Jiangsu Univ., Zhenjiang in Jiangsu Prov. E-mail: shiqiyin@ujs.edu.cn.

² Prof. of Civ. Engrg., Southeast Univ., Nanjing in Jiangsu Prov. Reviewed by Prof. Franz A. Zahn, Ph.D., HTWG Konstanz, University of Applied Sciences, Germany

1 DEFLECTION CALCULATION FOR A REINFORCED CONCRETE BEAM STRENGTHENED WITH CFRP

Many tests have confirmed that the load-deflection behavior of both RC beams and RC beams strengthened with CFRP can be represented by a tri-linear relationship. This tri-linear behavior corresponds to the three states a RC member may be in: the elastic uncracked state, the cracked state and the post yield state corresponding to the yielding of the reinforcing steel. The majority of RC beams are in the second state when the concrete in the tension zone is cracked but the reinforcing steel has not reached the yield stress. RC beams need to be repaired when cracking becomes excessive under working loads, indicating that steel stresses are close to the yield stress. After strengthening, the steel stresses are reduced which extends the life of the member. Repeated loading may lead to internal cracking of a member, that influencing its stiffness and load-carrying characteristics, and perhaps calling for earlier repair. A number of research projects^[5-9] have investigated the fatigue stiffness of RC beams strengthened with CFRP. The results of tests carried out by various research teams have confirmed the tri-linear force deflection rules corresponding to the three states of RC beams. In this paper the fatigue stiffness during the entire fatigue life of RC crane beam is analyzed considering the damage of the materials.

2 INITIAL RIGIDITY OF A CFRP STRENGTHENED BEAM

2.1 CONSTITUTIVE PROPERTIES OF THE MATERIALS AND MAIN ASSUMPTIONS

The stress-strain relationship of CFRP, steel and concrete is assumed to be perfectly elastic as long as the reinforcing steel stresses are below the yield stress. The main assumptions for the analysis are as follows:

* Plane sections are considered to remain plane after bending. It is generally accepted that this assumption is reasonable even well into the inelastic range. Measurements of strains along the height of the cross section show that this assumption is valid for beams.

* Perfect bond and no slipping is assumed between concrete and other materials (steel reinforcement and CFRP laminates).

* The tensile action of concrete is not accounted for. The tensile reinforcement and CFRP provide the tensile forces in the section.

2.2 THEORETICAL ANALYSIS

The stress-stain relationship of the critical section is shown in Fig.1. From Fig.1 we can derive the force equilibrium equation as follows:

$$\alpha_E A_s (h_0 - x) + \alpha_{cf} A_{cf} (h - x) = \alpha_E A_s (x - a_0) + \left\{ \begin{array}{l} b_f x^2 / 2 - (b_f - b)(x - h_f)^2 / 2 \quad (x > h_f) \\ b_f x^2 / 2 \quad (x \leq h_f) \end{array} \right. \quad (1)$$

using equation 1, we can compute the neutral axis depth of the beam, and then the second moment of area of the cracked cross section can be calculated as follows:

$$I_0 = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{3} [b_f x^3 - (b_f - b)(x - h_f)^3] + E_s A_s (x - a_0)^2 + E_s A_s (h_0 - x)^2 + E_{cf} A_{cf} (h - x)^2 \quad (x > h_f) \\ \frac{1}{3} b_f x^3 + E_s A_s (x - a_0)^2 + E_s A_s (h_0 - x)^2 + E_{cf} A_{cf} (h - x)^2 \quad (x \leq h_f) \end{array} \right. \quad (2)$$

the flexural stiffness and deflection of the beam are then given by:

$$B_0 = E_c I_0 \quad (3)$$

$$f = K_0 S \frac{M}{B_0} l_0^2 \quad (4)$$

where $S = 23/432$ is a factor derived from test results, and K_0 is a modification factor allowing for the uneven stress distribution along the CFRP. In the tests, K_0 was evaluated statistically as 1.732.

3 FATIGUE STIFFNESS OF CFRP STRENGTHENED BEAMS

3.1 CONSTITUTIVE PROPERTIES OF MATERIALS

When RC beams are subjected to repetitive cyclic loading, the stress conditions of the materials are not identical to those applying to monotonic loading conditions, resulting in a different failure mechanism. Therefore, the constitutive properties of materials are assumed to be as follows:

* Experimental results presented in many studies^[10] suggest that the modulus of elas-

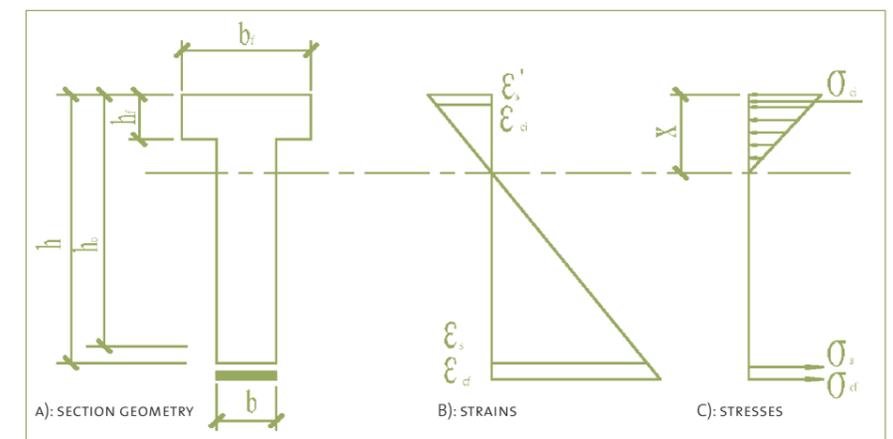


FIG. 1: STRESSES AND STRAINS AT THE CRITICAL SECTION

ticity for steel remains unchanged until just before failure by high cycle fatigue. In the following analysis, the modulus of elasticity for steel is therefore assumed to remain unchanged during cyclic loading.

* The CFRP fabric utilized in the tests was composed of unidirectional dry carbon material formed by weaving individual yarns into a fabric. The fracture of one yarn cannot influence the neighboring yarns, which causes a good fatigue resistance. The fatigue strength of CFRP can reach 70 or 80 percent of its rupture strength^[3]. Test data suggest that the behavior of CFRP is virtually unaffected by fatigue loading. Hence, the modulus of elasticity for CFRP remains constant.

* The fatigue behavior of concrete has been investigated by many researchers^[11-15]. Test results indicate a strongly nonlinear stress – strain relationship for concrete when subjected to fatigue loading, and various fatigue models have been developed. Most scholars propose that the elastic-plastic deformation of concrete is the sum of two components: elastic and residual deformation, which are denoted ε_e^f and ε_r^f .

$$\varepsilon^f = \varepsilon_e^f + \varepsilon_r^f = \sigma_c^f / E_c + \varepsilon_r^f \quad (5)$$

the modulus of elasticity of concrete can then be expressed as

$$E_{c,N}^f = \sigma_c^f / \varepsilon^f = \sigma_c^f / (\sigma_c^f / E_c + \varepsilon_r^f) \quad (6)$$

Balaguru and Shah^[9] established the residual deformation of concrete depending on the stress range, stress level and the number of load cycles as

$$\varepsilon_r^f = 129 * S_m * t^{1/3} + 17.8 * S_m * \Delta * N^{1/3} \quad (7)$$

where

$$\Delta = S_{max} - S_{min} = (\sigma_{c,max} - \sigma_{c,min}) / f_c$$

is the stress range;

$$S_m = (S_{max} + S_{min}) / 2 = (\sigma_{c,max} + \sigma_{c,min}) / 2 f_c$$

is the average stress level;

$$\sigma_{c,max} = M_{max}^f / I_0 \quad \text{and} \quad \sigma_{c,min} = M_{min}^f / I_0$$

are the maximum and minimum stress of

the concrete; t is the duration of cyclic loading in hours and N is the number of load cycles.

Because the stress distribution in the cross section of a beam subjected to bending moments is not uniform equation (7) must be modified to allow for the stress gradient:

$$\varepsilon_r^f = K_N (129 * S_m * t^{1/3} + 17.8 * S_m * \Delta * N^{1/3}) \quad (7.1)$$

Where $K_N=8.7$ is a modification factor obtained from a regression analysis of the test data.

* Concrete under tension is assumed to have no significant tensile strength during cyclic fatigue calculations.

* Furthermore, the epoxy between the CFRP laminates and concrete is assumed to be rigid and unaffected by cyclic loading. This is a reasonable assumption for beams where failure is initiated in the zone of large bending moments where shear stresses in the epoxy are low.

3.2 MAIN ASSUMPTIONS

The main assumptions in the following analysis are:

* Plane sections are considered to remain plane after bending.

* Perfect bond and no slipping is assumed between concrete and other materials (steel reinforcement and CFRP laminates).

* The tensile action of concrete is not accounted for. The tensile reinforcement and CFRP provide the tensile forces in the section. The stress – strain diagram of concrete in compression is triangular.

* The constitutive properties of the materials are as stated above.

3.3 THEORETICAL ANALYSIS

After a specific number (N) of load cycles, the neutral axis depth can be calculated by

$$b_j h_j (x_N - h_j / 2) + b (x_N - h_j)^2 / 2 + \alpha_E^f A_s (x_N - a_0)^2 = \alpha_E^f A_s (h_0 - x_N) + \alpha_{cf}^f A_{cf} (h - x_N) \quad (8)$$

where $\alpha_E^f = E_{cf} / E_c^f$, $\alpha_E^f = E_s / E_c^f$, $\alpha_E^f = E_s / E_c^f$

are the modulus ratios for CFRP, and for steel in compression and tension; $E_{c,N}^f$ is the modulus elasticity of concrete given by eq. (6).

The second moment of area of the cracked section can then be calculated as follows:

$$I_N^f = \frac{1}{3} [b_j x_N^3 - (b_j - b)(x_N - h_j)^3] + \alpha_E^f A_s (x_N - a_0)^2 + \alpha_E^f A_s (h_0 - x_N)^2 + \alpha_{cf}^f A_{cf} (h - x_N)^2 \quad \text{for } x > h_j$$

$$I_N^f = \frac{1}{3} b_j x_N^3 + \alpha_E^f A_s (x_N - a_0)^2 + \alpha_E^f A_s (h_0 - x_N)^2 + \alpha_{cf}^f A_{cf} (h - x_N)^2 \quad \text{for } x \leq h_j \quad (9)$$

The neutral axis depth of the beam at a given time can be obtained from equation (6) to (9), and then the expression for the fatigue stiffness depending on the number of load cycles is

$$B_N = f(N) = E_{c,N}^f I_N^f \quad (10)$$

the deformation of the beam is then given by

$$f = S \frac{M}{B_N} I_0^2$$

where $S = 23/432$ is a factor derived from test results.

4 TESTS CARRIED OUT TO VALIDATE THE THEORETICAL ANALYSIS

Three CFRP strengthened beams and one control beam (without strengthening) were tested to calibrate the proposed model to calculate the flexural stiffness under fatigue loading. Of particular interest in this study was the scale effect. The T-shaped beams used in this study were half scale models of a crane beam from an old industrial mill factory. The beams, whose details are shown in Fig.2, were 300 mm deep, having a 50 mm thick by 120 mm wide flange and a 60 mm wide web. Grade HRB335 deformed reinforcing bars were used as tensile steel, the yield and

tensile strengths were 409.5 and 578.7 MPa, respectively. The compression bars and stirrups were from grade HPB235 steel, with yield and tensile strengths of 338.3 and 509.1 MPa, respectively. Concrete of grade C30 was used for all beams. The beams were cast together and the actual 28-day strength obtained by standard specimens was 20.64 MPa, and the average elastic modulus was 39,500 MPa. The thickness of CFRP was 0.111 mm with strengths and elastic modulus of 4192.5 and 243149.2 MPa, respectively. The actual strengths of the adhesive was 3134 MPa, with an elastic modulus of 2,350 GPa and a fracture strain of 1.5%. The whole strengthening procedure was done by specialists. The beams were cured for more than 28-days, and the adhesive was cured for more than one week. All of the re-bars were tied rather than tack-welded, in order to reduce the risk of a premature fatigue failure. Furthermore, four steel plates were cast into the concrete at the supports and the load application points of the beams to prevent local failure of the concrete.

Three beams were retrofitted with CFRP materials on the soffit of the T-beam web. Two different CFRP systems were used. The retrofit extended over most of the length of the beam but not to the supports. No additional anchorage, apart from the adhesive system, was used in B1a. In contrast, the longitudinal CFRP of beam B1b and B1c was additionally anchored by U-shaped CFRP in the shear spans. B0 was left without retrofit and used as a control specimen. The test setup is shown in Fig. 2 and the particulars of the four beams are summarized in Table 1. In order to simulate the real condition of the crane beam, all the beams were preloaded to ensure that the width of primary cracks corresponded to the maximum width of 0.2 mm allowed by the specification^[2]. After that, B1a, B1b, B1c were strengthened and tested under fatigue loading conditions. Various technical specifications^[16] and other representative tests^[5-9] were used for reference during the tests.

BEAM IDENTIFICATION	P MIN	P MAX	STRENGTHENING
B0	5kn	30kn	Not strengthened
B1a	5kn	70kn	One layer of CFRP
B1b	5kn	70kn	One layer of CFRP and U-shaped anchorages
B1c	5kn	55kn	One layer of CFRP and U-shaped anchorages

TAB. 1: SUMMARY OF TEST BEAMS

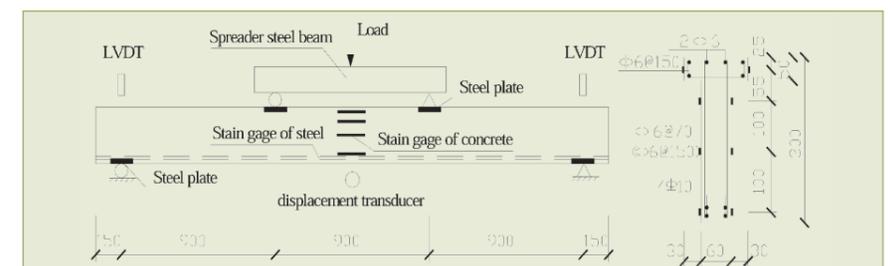


FIG. 2: DETAILS OF SPECIMENS AND TEST SETUP

The fatigue load was applied by means of electronically controlled hydraulic pulsators at the structural laboratory of Southeast University. The beam was loaded at two points via a spreader steel beam, each located 900 mm from the support. The load cycle frequency ranged from 4 to 6 Hz.

During each test, the following values were measured:

- * number of cycles;
- * applied force measured in dynamometer;
- * deformations and dynamic deflections measured by linear voltage displacement transducers located at midspan of the beam and at the two supports;
- * steel strains and dynamic strains measured by electrical resistance strain gauges;
- * strains in the concrete compression zone measured at the top edge of the beam and on the side faces;
- * strains of CFRP laminates.

The static and dynamic data was collected by a DH3818 and a DHDAS data logger, respectively, which were linked by a computer. The data was automatically recorded by the computer. Tests were carried out continuously up to beam failure or until 2 million cycles were reached.

In Fig. 3, the strains at the critical section are plotted over the height of the section for different numbers of load cycles. The relative life is used rather than the number of cycles, which is the actual number of applied cycles normalized by the maximum number of cycles to failure. It can be concluded from Fig.3 that the average strain at the critical section satisfies the plane section assumption. The steel strain is higher because the strain gauges were located close to a crack, so that the bar slip at the crack influenced the measured steel strain.

Fig.4 shows the load – deflection curves of the strengthened beams before and after strengthening. In Fig.4, “U” and “S” mean unstrengthened and strengthened, respectively. The stiffness of the beams after retrofitting is greater, as might be expected. The average flexural stiffness (EI) of the CFRP strengthened beams was 14.0%–16.1% greater than before strengthening, which demonstrates the effectiveness of the retrofit using CFRP.

Table 2 summarizes the analytically calculated and the measured mid-span deflections for increasing normalized number of

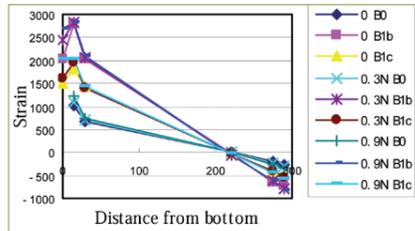


FIG. 3: STRAIN DISTRIBUTION AT THE CRITICAL SECTION

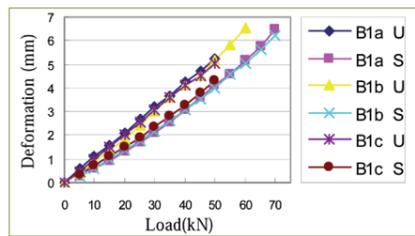


FIG. 4: LOAD – DEFLECTION CURVES OF STRENGTHENED BEAMS BEFORE AND AFTER STRENGTHENING

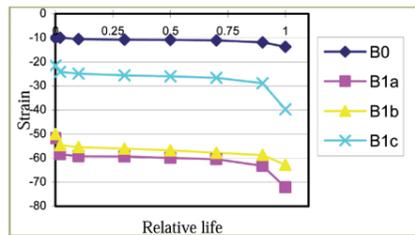


FIG. 5: RESIDUAL CONCRETE COMPRESSIVE STRAIN

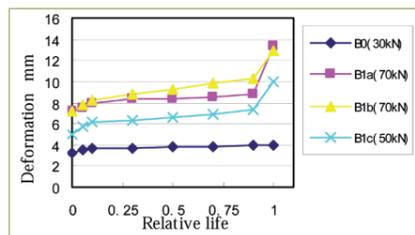


FIG. 6: DEFLECTION VERSUS NORMALIZED NUMBER OF LOAD CYCLES

load cycles. The analytical response correlates well with the experimental data at all stages of behavior up to failure.

The residual concrete compression strains are illustrated in Fig.5. It can be seen that strain development follows three distinct phases:

BEAM IDENTIFICATION	BEFORE STRENGTHENING	AFTER STRENGTHENING	0.1N	0.3N	0.5N	0.7N	0.9N	
MEASURED RESULTS	B0	3.18	-	3.65	3.69	3.79	3.82	3.91
	B1a	5.21	4.53	7.88	8.34	8.42	8.51	8.81
	B1b	5.14	4.31	8.21	8.77	9.23	9.81	10.21
ANALYTICAL RESULTS	B0	3.08	-	3.71	3.76	3.82	3.88	3.93
	B1a	5.51	4.11	7.99	8.28	8.55	8.83	9.02
	B1b	6.91	5.17	7.99	8.28	8.55	8.83	9.02
	B1c	6.21	4.59	6.22	6.48	6.75	7.02	7.41

TAB. 2: COMPARISON OF CALCULATED AND MEASURED MID-SPAN DEFLECTIONS IN [MM]

a rapid increase from 0 to about 10% of the total fatigue life; a uniform increase from 10 to about 80% of the fatigue life, and finally a rapid increase up to fatigue failure.

Fig 6 shows the mid span deflection versus the normalized number of load cycles for each beam. The applied upper load in [kN] is given in the diagram for each beam for reference. It is evident that the development of deformation is similar to the development of the residual concrete compression strain during the test. It can also be seen that the U-shaped CFRP anchorages provided for B1c effectively prevented the debonding of the CFRP laminates. By comparison the residual concrete strains as well as the deflections of B1a and B1b which did not have any U-shaped CFRP anchorages, were significantly greater, which can be attributed to some slip of the CFRP laminates.

5 CONCLUSIONS

The study demonstrates the feasibility of using unidirectional CFRP fabric for the rehabilitation and strengthening of RC structures with respect to both static and fatigue performance. The following conclusions can be drawn from this study:

- * The development of the deflection of CFRP - strengthened beams corresponds to the typical tri – linear load – deflection curve regardless whether subjected to monotonic static loads or repeated fatigue load cycles.

- * A model for computing the static and fatigue stiffness of reinforced concrete beams strengthened with CFRP is presented. The model has been implemented in a computer program and is verified by comparing analytical results to data from experimental investigations. The accuracy of this model illustrates that it can be used in engineering practice. However, because the data from the tests is rather limited, further investigations are needed.

- * The stiffness is enhanced after strengthening with CFRP laminates by 14.9% to 16.1%.

- * The observed increase in fatigue life, however, is limited by the quality of the bond between the CFRP and the concrete substrate. Once debonding has progressed, stresses are no longer transferred to the CFRP and the fatigue behavior of the beam reverts to that of an unstrengthened beam.

REFERENCES

- [1] Wang Fengquan, Yang Yongzin, Yue Qingrui: FRP Composite Material and Its Application to Civil Engineering[J]. Journal of Huaqiao University (Natural Science),2005,1.Vol 26:1–6.
- [2] National standard of people/s republic of China. Technical specification for strengthening concrete structures with carbon fiber reinforced polymer laminate (CECS146:2003) [S].Beijing: China Plan Press, 2002.
- [3] ACI Committee 440. Guide for the De-

sign and Construction of Externally bonded FRP systems for Strengthening Concrete structures.2000.7:53–54.

[4] National standard of people/s republic of China. Code for design of concrete structures (GB 50010–2002) [S].Beijing: Construction Industry Press of China, 2002.

[5] Liu Muyu, Li Kaibing: Fatigue performance of RC beams strengthened with CFRP[J]. China Civil Engineering Journal. 2005,Vol:38(9):32–36.

[6] Li Yuan, Zhang Xinghu, Zhang Baoyin, Wang Shisheng: Fatigue experimental study on concrete beam strengthened with carbon fiber reinforced plastic sheet[J]. Industrial Construction Vol34(4) :22–24.

[7] Barnes, R. A., and Mays, G. C. (1999): Fatigue performance of concrete beams strengthened with CFRP plates[J]. Compos. Constr., 3(2),63–72.

[8] P.J.Heffernan and M.A.Erki(2004): Fatigue Behavior of Reinforced Concrete Beams Strengthened with Carbon Fiber Reinforced Plastic Laminates[J]. Compos. Constr., 4(3),132–140.

[9] C.G.Papakonstantinou, P.N.Balaguru and M.F.Petrou: Analysis of Reinforced Concrete Beams Strengthened with Composites Subjected to Fatigue Loading. ASCE Journal of Structural Engineering.2001,127(3):1–8.

[10] Zeng Zhibin, Li Zhirong: Research on fatigue S–N curves of reinforcing bars in common reinforced concrete beams[J]. China Civil Engineering Journal. 1999,Vol:10(5): 10–14.

[11] Li Yongqiang, Che Huimin: A Study on the Cumulative Damage to Plain Concrete due to Flexural Fatigue[J]. China Railway Science. 1998,Vol9(2):52–59.

[12] Wang Ruimin, Zhao Guofan, Song-

Yupu: Fatigue performance of pressed concrete[J]. China Civil Engineering Journal. 1991, No.9:38–47.

[13] Corley, W. G., Hanson, J. M., and Helgason, T. (1978): “Design of reinforced concrete for fatigue.” J. Struct. Div., ASCE, 104(6), 921–932.

[14] Holmen, J. O. (1982): “Fatigue of concrete by constant and variable amplitude loading.” Fatigue of concrete structures, American Concrete Institute, Detroit, 71–110.

[15] Hordijk, D. A., and Reinhardt, H. W. (1992): “Numerical and experimental investigation into the fatigue behavior of plain concrete.” Proc., SEM VII Int. Congr. on Experimental Mech., Las Vegas NV.

[16] National standard of people/s republic of China. Standard methods for testing of concrete structures (GB 50152–92) [S]. Beijing: Construction Industry Press of China, 2002.

WAS WOLLEN SIE DENN WERDEN, WENN SIE EINMAL GROSS SIND?

Sie wollen etwas verändern. Weiterkommen. Herausforderungen meistern und an ihnen wachsen. Gute Arbeit abliefern. Und – klar, auch das – gutes Geld dafür bekommen. Vermuten wir einfach mal. Schließlich hätten wir uns sonst nicht ausgerechnet hier und heute getroffen. So weit, so gut. Aber noch nicht gut genug. Denn es geht um mehr. Um Herzblut. Mit einem ordentlichen Schuss Benzin drin. Haben Sie? Dann lesen Sie weiter.

MAHLE. Der Inbegriff für Präzision. Für wegweisende Innovationen. Konkret: für die Entwicklung und Fertigung hochwertiger Komponenten und Systeme für die internationale Kraftfahrzeug- und Motorenindustrie.

Rund 37.500 engagierte Mitarbeiter. Expansionsstärke. Leidenschaft für die Technik. Das ist das Erfolgskonzept des MAHLE Konzerns.

MAHLE

Driven by performance

Einstiegschance für Nachwuchs-Ingenieure (m/w) mit Leidenschaft für das Automobil

Das erwartet Sie:

Intensive Einarbeitung und permanenter Dialog. Herausforderungen und Perspektiven, die Sie weiterbringen. Kurze Entscheidungswege. Und bei entsprechender Eignung: die Option eines mehrmonatigen Auslandsaufenthalts im Rahmen unseres internationalen Traineeprogramms.

Das haben Sie hinter sich:

Die Theorie haben Sie glänzend absolviert (da spricht Ihr Studienergebnis für Sie). Und sich in ersten praktischen Erfahrungen bewiesen.

Das bringen Sie mit:

Sehr gutes Englisch. Mobilität. Kreativität. Strukturierte Denke. Und natürlich die richtigen Soft Skills: Kommunikationsstärke. Team Spirit. Engagement. Biss.

Und das sollten Sie jetzt tun:

Senden Sie Ihre aussagefähige Bewerbung an die Personalabteilung der MAHLE GmbH, Pragstraße 26–46, 70376 Stuttgart. Oder informieren Sie sich vorab bei Werner Hofmann: Telefon 07 11/501-124 09. Auch gerne via E-Mail: werner.hofmann@mahle.com. Oder im Web: www.jobs.mahle.com.



PROF. DR. GUIDO BALTES
Nach dem Studium der Luft- und Raumfahrt-technik (Dipl.-Ing.) und der Betriebswirtschaftslehre (Dipl.-Kaufm.) Promotion an der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik der Universität der Bundeswehr München.

Nach acht Jahren internationaler Management-Praxis in leitender Funktion der Siemens AG seit 2006 Professor für Strategie, Management und Marketing an der HTWG Konstanz. Leitung des eArchitecture Labs Konstanz.

Arbeitsschwerpunkte: Führungs- und Managementsysteme für dynamische strategische Führung, d.h. strategische Führungsprozesse und -methoden sowie unterstützende Informations- und Kommunikationsplattformen, Steuerung inter- und intra-organisationaler Netzwerkorganisationen.

ÜBERBLICK

Das Wettbewerbsumfeld in dem Unternehmen heute agieren hat stark an Dynamik gewonnen. Wesentliche Treiber dafür sind höhere Innovationsraten, wie z.B. in der Informations- und Kommunikationstechnologie (ICT). Einfluss nimmt in diesem Sinne auch das wirtschaftliche Aufwachen konkurrierender Ökonomien, wie z.B. das der BRIC-Staaten Brasilia, Russia, India, China. Auch die massiv erhöhte Kapitalverfügbarkeit, z.B. in Form von sogenannten Private-Equity- bzw. Hedge-Fonds, wirkt als zusätzlicher Treiber. Als Konsequenz ist von Unternehmen, die in diesem Umfeld strategisch bestehen wollen, die Fähigkeit zu schnellen, flexiblen Reaktion, damit also dynamische Entscheidungs- und Reaktionsfähigkeit gefordert. Obwohl diese Herausforderung wohl erkannt ist, gibt es heute keine befriedigende Antwort in Wissenschaft und Praxis. Wissenschaftlich diskutiert wird dieser Zusammenhang u. a. im konzeptionellen Rahmen der sogenannten „dynamischen Fähigkeiten“. In dieser Diskussion wird argumentiert, dass dynamische Fähigkeiten im Sinne organisationaler Routinen - also operationaler Abläufe bzw. Koordinationsmechanismen - geeignet sind, die Reaktionsfähigkeit eines Unternehmens zu verbessern. Somit würden Unternehmen in die Lage versetzt, dynamische Veränderungen ihres Umfeldes mehr als Chance nutzen zu können denn als Risiko betrachten zu müssen.

Somit besteht die Herausforderung, Konzepte strategischer Steuerung und Führung als auch entsprechend unterstützende Systeme zu entwickeln, die diesen Anforderungen gerecht werden. Der nachfolgende Artikel beleuchtet sowohl die angelegte Problemstellung als auch erste Lösungsansätze anhand ausgewählter Beispiele und leitet daraus Anforderungen an weitere Forschungsarbeit ab.

DER KONZEPTIONELLE RAHMEN DER „DYNAMISCHEN FÄHIGKEITEN“ – EINE KURZE EINFÜHRUNG

Das Konzept der „Dynamischen Fähigkeiten“ basiert auf dem Resource Based View (Barney 1996, Wernerfelt 1984), der Unternehmen als eine Ansammlung, einen Pool von Ressourcen begreift und erweitert diesen nach innen gerichteten Fokus um eine geeignete Marktperspektive. Dynamische Fähigkeiten folgen dem konzeptionellen Verständnis des Resource Based View indem sie den Prozess der (dynamischen) Rekonfiguration dieser Ressourcen betrachten. Sie werden definiert als die Fähigkeit, interne und externe Ressourcen zu integrieren, aufzubauen und neu zu konfigurieren. Aus dieser Neukonfiguration von - möglicherweise bestehenden - Ressourcen entstehen somit neue funktionale Kompetenzen, die es ermöglichen, dynamische Änderungen im Wettbewerbsumfeld zu antizipieren und neu entstehende Möglichkeiten zu nutzen.

In diesem Zusammenhang wird argumentiert, dass in hochdynamischen Wettbewerbsumfeldern, sogenannten „hyper-competitive markets“, ein nachhaltiger Wettbewerbsfolg nicht mehr durch eigene Ressourcen oder die Verteidigung von Wettbewerbspositionen allein gesichert werden kann, sondern nur noch durch die Fähigkeit, den Wandel von Industrie und Markt nachzuvollziehen, besser: Zu antizipieren – oder gar selber zu treiben. Die Fähigkeit eines Unternehmens, autonome Reaktionsfähigkeit der Organisation und des unternehmerischen Handelns auszubilden - also die „dynamischen Fähigkeiten“ („Dynamic Capability“) eines Unternehmens (Teece et al., 1997) - ermöglichen es in diesem Sinne, den stetigen Wandel im Zeit- und Innovationswettbewerb weniger als Bedrohung zu begreifen, sondern vielmehr die organisationelle Fähigkeit zu entwickeln, Wandel als Chance zu begreifen und nutzen zu können.



ABB. 1: KONZEPT DER DYNAMISCHEN FÄHIGKEITEN (VGL. TEECE D.J. ET AL (1997))

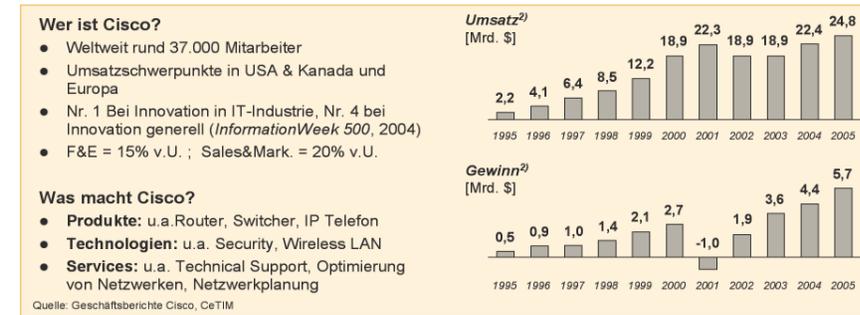


ABB. 2: CISCO IM ÜBERBLICK

Relevanz für die Praxis entwickelt dieses Konzept heute insbesondere im Zusammenhang von technologiebasierten Unternehmen und der Entwicklung neuer Produkte (new product development). In diesem Kontext wird Innovation als Quelle gesteigerten Kundennutzens betrachtet und die traditionell eher markt- und stabilitätsorientierten Managementtheorien werden in dem Sinne ergänzt, dass iterativer Kompetenzaufbau Ressourcen bereitstellt, die in neuer Zusammenstellung die schnelle Entwicklung profitabler Innovationen ermöglichen.

REAKTIONSFÄHIGKEIT IM DYNAMISCHEN WETTBEWERBSUMFELD – BEISPIELE UND HERAUSFORDERUNG FÜR STRATEGISCHE FÜHRUNGSSYSTEME

Beispiele, die den zunehmend dynamischen Charakter in der Veränderung heutiger Markt- und Wettbewerbsumfelder beschreiben, sind vielfältig. Einige

exemplarische, die neben der Umfeldveränderung auch die Konsequenz für strategische Führungssysteme aufzuzeigen, sind im Folgenden ausgeführt: Im Bereich der Telekommunikationsindustrie zeigen traditionelle Incumbent-Unternehmen, dass die bestehenden Routinen strategischer Steuerung und Führung mit den Veränderungen im Wettbewerbsumfeld kaum Schritt gehalten haben. Unternehmen wie die Deutsche Telekom oder auch France Telecom sehen sich insbesondere im Bereich der Festnetztelefonie mit Technologiewechseln und neuen Geschäftsmodellen, wie z.B. Skype konfrontiert, die zu deutlichen Umsatz- und noch deutlicheren Gewinneinbußen führen. So hat die France Telekom im letzten Jahr zwei Gewinnwarnungen in Folge herausgegeben – und wurde in Folge mit dem Vorwurf konfrontiert, dass auf Basis der fundamentalen Daten auch eine dritte Gewinnwarnung hätte folgen müssen. Bei der Deutschen Telekom wird seitens der Gewerkschaften argumentiert, dass heute

Kosteneinsparungen auf Seiten der Mitarbeiter getragen werden sollen, die weniger in operativer Ineffizienz sondern vielmehr durch ungeeignete strategische Führung begründet sind. Im Bereich der Telekommunikationsausrüstung zeigt der chinesische Hersteller Huawei, wie schnell sich heute die relevanten Spieler im Wettbewerbsumfeld ändern können. Vor wenigen Jahren, noch 2001, war Huawei auf den strategischen Agenden der etablierten Spieler eher unbedeutend – und wenn, dann nur für die unzureichende Qualität seiner Produkte bekannt. Heute jedoch ist Huawei auf eine Top3-Position in dieser Industrie gelangt und hat alte Traditionsfirmen verdrängt bzw. in die Konsolidierung gezwungen. Die Zusammenschlüsse von Nokia-Siemens und Lucent-Alcatel sind dafür nur zwei Beispiele. Einzig Cisco hat in diesem Bereich einen Weg gefunden, seine Marktführerschaft ungeachtet der neuen Wettbewerbslandschaft verteidigen zu können.

Cisco fokussiert sein Wettbewerbsverhalten (competitive behaviour) offensichtlich auf Innovation und erreicht so Marktführerschaft - ohne Kostenführerschaft etablieren zu können. Wie und warum dies Cisco gelingt, lässt sich in diesem Kontext natürlich nur unvollständig darstellen. Die Analyse des strategischen Führungssystems dieser Firma zeigt jedoch einige der wesentlichsten Aspekte dafür auf: Die Basis für das Führungssystem von Cisco wurde durch die Einführung eines proprietär entwickelten, internet-basierenden ERP-Systems und die direkte real-time Anbindung der 1st-tier Wertschöpfungspartner an dieses Netzwerk gelegt. Wertschöpfungs- oder besser Netzwerkpartner von Cisco sind so nicht nur mit Cisco selbst, sondern auch direkt mit den Kunden von Cisco verbunden: Bestellungen (>90%) und Customer-Service-Anfragen (>80%) erfolgen größtenteils über dieses Netzwerk, Bestell-, Bestands- und Customer-Service-Daten sind für die angebundenen Partner

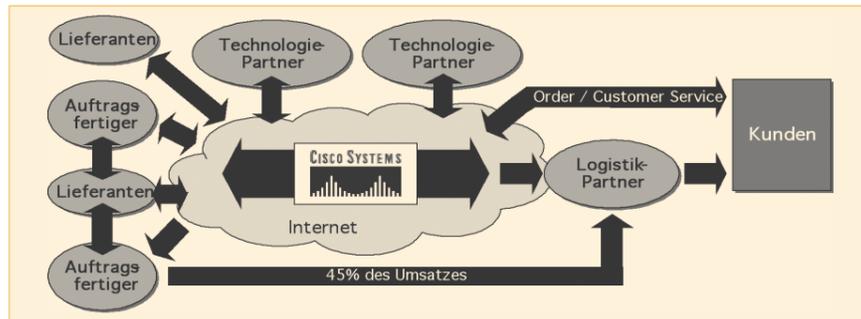


ABB. 3: DAS CISCO FÜHRUNGSSYSTEM IM ÜBERBLICK

im real-time Zugriff. Dies ermöglicht deren autonome Reaktion, wie z.B. Weiter- oder Neuentwicklungen - ohne Managementeingriff von Cisco.

Das Cisco-Netzwerk etabliert darüber hinaus eine echte Kollaborations- („Collaboration“)-Beziehung zwischen den Wertschöpfungspartnern (vgl. Miles/Snow 2005). Konsequenterweise entwickelt Cisco daher das Netzwerk weiter, um frühe Kommunikation von Produkt- und Technologie-Roadmaps sowie kollaborative Entwicklungs- und Design-Prozesse zu ermöglichen. Zudem wird das Netzwerk von Cisco geschützt und nur solche Wertschöpfungspartner zugelassen, die den wirtschaftlichen Wert für alle Beteiligten steigern. Überspitzt formuliert ist also der strategische Führungsprozess von Cisco darauf gerichtet, den „Wert“ des etablierten Netzwerkes zu steigern, die Mitgliedschaft

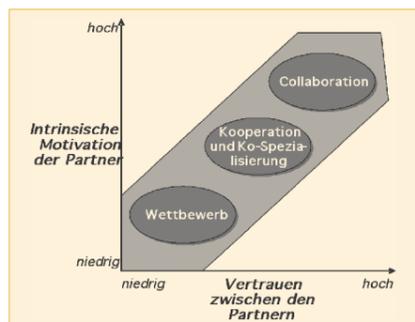


ABB. 4: KOLLABORATIVE PARTNERBEZIEHUNG (NACH MILES/ SNOW 2005)

darin attraktiv zu machen und somit einen Wettbewerb der Wertschöpfungspartner zu etablieren, der einer konsistenten intrinsischen Motivation folgt – Anpassung an veränderte Kundenbedürfnisse, mit anderen Worten: Innovation. Es ist also dieser Wettbewerb, der letztlich die Innovationsfähigkeit von Cisco treibt bzw. ermöglicht, mehr als die Investition in die Cisco eigenen F&E-Abteilungen. Innovationsfähigkeit in der ICT-Industrie ist sicher ein besonders markantes Beispiel für die Dynamisierung der Wettbewerbslandschaft und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für Führungssysteme, nicht zuletzt aufgrund des enormen technischen Wandels in diesem Bereich. Jedoch ist diese Entwicklung auch in anderen Branchen fest zu stellen, selbst wenn sie sich dort nicht in derselben Geschwindigkeit vollziehen mag. Dies zeigen die folgenden Beispiele, die bewusst aus Branchen gewählt sind, die fernab des ICT-Bereichs liegen. Exemplarisch deuten sie die wettbewerbsentscheidende Relevanz dynamischer Führungssysteme an:

In der Rückversicherungsbranche ist in den letzten 10 Jahren eine massive Konsolidierungswelle zu beobachten, die unter anderem dazu geführt hat, dass Spieler wie die HannoverRe in die globale Top5 Liga aufgestiegen sind. Betrachtet man die Konsolidierungsschritte der Branche, ist zu erkennen, dass diese insbesondere bei unvorhersehbaren „Ereignissen“ wie dem

Zusammenbruch regionaler Märkte (z.B. Kollaps der Haftpflicht-Rückversicherer in USA Ende der 90er Jahre) oder dem Auftreten neuer Schadensszenarien (9/11, Katrina) erfolgt sind.

Offensichtlich waren einige Rückversicherungsunternehmen, nicht zuletzt die deutschen Spieler HannoverRe und Münchner Rück, in der Lage, in diesen Situationen Marktanteile hinzuzugewinnen. Anders gesprochen: Offensichtlich waren einige Unternehmen in dieser Branche (mehr als andere) in der Lage, die plötzlich auftretenden Veränderungen in ihrem Umfeld als Chance zu nutzen, also im Sinne der dynamischen Fähigkeiten eben dynamisch zu „reagieren“. Überraschender Weise jedoch äußern gerade diese Unternehmen den Bedarf an dynamischen Führungssystemen. Dies deswegen, weil der Grund für die richtige „Reaktion“ oder anders gesprochen, die organisationellen Routinen, die für diese Reaktionsfähigkeit (in der Vergangenheit) verantwortlich gewesen sein könnten, nicht transparent sind – mithin nicht steuerbar sind.

Verschärfend kommt hinzu, dass in Rückversicherungsunternehmen in der Regel unternehmerisch selbstständige Business Centre Geschäfte, d.h. Verträge zeichnen. Die Profitabilität der Gesamtunternehmung basiert aber auf einem über alle Business Centre hinweg ausbalancierten Risikoportfolio. Die Rückversicherungsunternehmen stehen also - auch unabhängig von der beschriebenen „Ereignis“ Problematik - vor der Herausforderung, strategische Führungssysteme zu etablieren, die die dezentralen Business Centre in ihrer unternehmerischen Reaktionsfähigkeit auf veränderte Umweltbedingungen stärken, ohne gleichzeitig die offensichtlich notwendige zentrale Steuerung des Risikoportfolios aufzugeben.

Geht man vom Rückversicherungsbereich weiter hin zum Erstversicherergeschäft, erweitert sich die Fragestellung um eine weitere Facette: Das Versicherungsgeschäft für Sachschäden wie z.B. Fahrzeug-

versicherungen wird wesentlich geprägt durch eine vertriebsorientierte Steuerung entsprechender Geschäftsfelder. Seit längerer Zeit jedoch sind die durchschnittlichen Versicherungsprämien im Absinken, so dass ein profitables Betreiben des Geschäftes zunehmend schwieriger wird. Hauptwertschöpfungsteil des Erstversicherers für z.B. Fahrzeugschäden ist bei genauerer Betrachtung jedoch nicht die vertriebliche Verkaufs- und Beratungsleistung, sondern die Schadensregulierung in der gesamten Wertschöpfungskette von Aufnahme und Bearbeitung der Schadensmeldung bis hin zum Schadenausgleich, z.B. der Reparatur eines betroffenen Fahrzeugs. Diese Gesamt-Wertschöpfungskette wird allerdings heute aus den Erstversicherungen heraus nur unvollständig geführt. Und falls diese Gesamt-Wertschöpfungskette betrachtet wird, dann nur im Sinne eines Einkaufsnetzwerkes, ausgelegt auf die durch Bündelung erzielbaren Preissenkungseffekte z.B. beim Einkauf von Reparaturdienstleistungen. Die Ausbildung und strategische Steuerung eines Wertschöpfungsnetzwerkes hingegen - analog des oben ausgeführten Cisco-Netzwerkes - könnte es ermöglichen, Wertschöpfungspartner wie z.B. Reparaturwerkstätten konsistent intrinsisch motiviert einzubinden, so dass diese z.B. bei signifikant häufigem Auftreten bestimmter Schadenstypen autonom reagieren, z.B. indem sie systemisch kostengünstigere Reparaturverfahren dafür entwickeln.

DYNAMISCHE STRATEGISCHE FÜHRUNGSSYSTEME – ANFORDERUNGS- UND ENTWICKLUNGSHYPOTHESEN

Die ausgeführten Beispiele zeigen, dass auch in Branchen, die von ihrer Charakteristik (Dienstleistung) und grundsätzlichen „Dynamik“ als deutlich entfernt von schnelllebigen Branchen, wie z.B. der ICT-Branche betrachtet werden, in dennoch ähnlich unterschiedener Weise dynamische

strategische Führungssysteme gefordert sind, um Reaktionsfähigkeit zu ermöglichen und die Routinen strategischer Reaktion explizit und damit „führbar“ zu machen. Auch wenn die angeführten Beispiele nur exemplarischen Charakter haben können, so deutet die Unterschiedlichkeit der betrachteten Branchen (ICT vs. Versicherung) und Unternehmenscharakteristiken (Produkt vs. Dienstleistung) an, dass dynamische strategische Führungssysteme für breite Industriebereiche Relevanz entfalten können. Die diskutierte Analogie zeigt, dass der konzeptionelle Gedanke des autonom reaktionsfähigen Wertschöpfungsnetzwerkes auf verschiedene Branchen übertragbar ist und in ähnlicher Weise - wie im Beispiel Cisco diskutiert - wettbewerbsentscheidende Wirkung entfalten kann. In diesem Sinne scheinen nicht nur Großunternehmen gefordert, sondern auch sogenannte mittelständische Unternehmen, die in ähnlicher Weise mit zunehmender Konkurrenz aus dem asiatischen Raum und / oder der strategischen Steuerung ihrer in den letzten Jahren massiv entstandenen internationalen Wertschöpfungsstandorte konfrontiert sind.

Die Fallbeispiele mögen in diesem Rahmen nur erste Hinweise auf Anforderungen für zukünftige strategische Führungssysteme geben. Aus der Analyse der ausgeführten Beispiele können jedoch folgende Hypothesen über die Eigenschaften zukünftiger Führungssysteme abgeleitet werden:

- 1 Die Notwendigkeit für dynamische strategische Führungssysteme entsteht aus der Veränderung des Informationsflusses (hohe Veränderungsrate oder „Ereignisse“ erzeugen plötzliche Informationsflut, höhere Informationsdichte und -geschwindigkeit) und der sich daraus ergebenden Entscheidungsabläufe (Entscheidungsfähigkeit).
- 2 Technischer Informationsfluss alleine reicht nicht aus, dynamische Führungssysteme materialisieren sich vielmehr in kollaborativen Arbeits- und Führungsprozessen sowie Führungsgrößen, wobei eine konsistent

etablierte Kultur- und Wertewelt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle spielt.

3 Dynamische strategische Führungssysteme kombinieren Führungsprozesse und -methoden kollaborativer Art, konsistente intrinsische Motivation der Wertschöpfungspartner und flexibel vernetzte ICT-Systeme, um für alle Beteiligten barrierefreien, zeitnahen Zugriff auf eine gemeinsame Informationsbasis und Kommunikation zu ermöglichen.

Darüber hinaus zeigen die Fallbeispiele, dass Führungssysteme in unterschiedlichen Entwicklungs- bzw. Evolutionsstufen zu finden sind. Für diese Evolution von Führungssystemen können aus der Analyse der Fallbeispiele zumindest zwei Entwicklungsstufen abgeleitet werden:

1 In einer ersten, intraorganisationalen Entwicklungsstufe verbleibt das Führungssystem innerhalb der Grenzen der Unternehmung im engeren Sinne und ermöglicht autonome Reaktionsfähigkeit der Organisationsmitglieder oder -zellen bei veränderten Umweltbedingungen.

2 In einer zweiten, interorganisationalen Entwicklungsstufe können dynamische strategische Führungssysteme ihre Wirkung über die „klassischen“ Grenzen der Unternehmung hinaus erweitern und als Basis für dynamische Wertschöpfungsnetzwerke dienen. In dieser zweiten Stufe ist der Fokus des Führungssystems darauf gerichtet, eine strategische Steuerung des Transaktionsflusses im Wertschöpfungsnetzwerk zu etablieren. Unternehmen werden somit zunehmend „Betreiber“ von Netzwerken und ein Teil der Wertschöpfung liegt in der Steigerung des Wertes des Netzwerkes für die Transaktionspartner. Im Sinne dieser evolutionären Entwicklung können transaktionsorientierte Netzwerke, wie sie z.B. von ebay und Google bereitgestellt werden als dynamische Führungssysteme interpretiert werden. Das ausgeführte Cisco-Beispiel mag aufzeigen, wie ein „klassisches“ Industrieunternehmen sich Schritt für Schritt in diese Richtung wandeln kann.

AUSBLICK – ANFORDERUNGEN AN WEITERE FORSCHUNGSARBEIT

Für die Fundierung dieser Ableitungen und die konzeptionelle Fortentwicklung ist sicher weitere, insbesondere empirisch fundierte Forschungsarbeit notwendig. Dies wird auch in der wissenschaftlichen Diskussion zum Konzept der dynamischen Fähigkeiten als Stärkung des empirischen Nachweises gefordert. Eisenhart/Martin (2000) fordern in dieser Diskussion z.B. die konkrete Implementierung und empirische Validierung des Konzepts. Für diese Forschungsarbeit stellt neben der betriebswirtschaftlich motivierten Diskussion zu dynamischen Fähigkeiten auch die Forschung zu Informationssystemen konzeptionelle Einbettung bereit. Obwohl jeder dieser in verschiedene Disziplinen und Fachgebiete geteilten Bereiche einen wichtigen Beitrag dazu liefern kann, scheinen die jeweiligen Überlegungen und Ergebnisse heute doch zu großen Teilen unverbunden. Die integrationsorientierte Weiterentwicklung an den kritischen Schnittstellen sollte demnach ein Hauptschwerpunkt der weiteren Forschungsarbeit sein. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit ist Entwicklung und Einsatz von Führungssystemen anzustreben, wobei dies eine ganz grundsätzliche Herausforderung darstellt, weil zum gleichen Zeitpunkt Veränderungen strategischer Inhalte, Koordinationsmechanismen und technische Innovation erforderlich sind. Insofern ist es sinnvoll für diese Forschungsarbeit adäquate „Testmöglichkeiten“ bereitzustellen, die es erlauben, in realen Anwendungsszenarien die entwickelten Führungssysteme zu evaluieren. Daraus motiviert ist an der HTWG Konstanz das Projekt „Community of Practice for Strategic Management Architectures“ (CoPS) gestartet worden, das sich zum Ziel gesetzt hat, in diesem Sinne auf der Basis von Fallstudienforschung in Kooperation mit interessierten Industrieunternehmen dynamische Führungssysteme zu entwickeln und zum Einsatz zu bringen. Das wissen-

schaftliche Ziel ist ein fokussierter Beitrag zum besseren Verständnis von Koordinationsmechanismen an und zwischen Unternehmensschnittstellen. Als innovationsorientierte Testumgebung steht für dieses Projekt das an der HTWG Konstanz neu aufgebaute eArchitecture Lab zur Verfügung.

BIBLIOGRAPHIE

Argyres N.S. (1999): The impact of information technology on coordination, *Organization Science*, Vol. 10 No. 2, S. 162-180
Arthur W.B. (1996): *Increasing Returns and the new world of business*, Harvard Business Review, Vol. 74 No. 4, S. 100-109
Baltes, G. (2000): *Synergiemanagement in vernetzten Organisationen*, Neubiberg, Univ. der Bundeswehr München, Hochschulschrift, 2000
Barney, J. (1996): The Resource-based Theory of the Firm, *Organization Science*, 7(5)
Barney, J., Wright, M., Ketchen Jr., D.J. (2001): The resource-based view of the firm: ten years after 1991, *Journal of Management*, 27, S. 625-641
Beyer, G./Boessenkool, J./Johansson, A./Nielsen, P.I./van Oene, F. (2005): *How Top Innovators Get Innovation Right: Results from Arthur D. Little's Third Innovation Excellence Survey*, in *Prism*, No. 1 S. 81-95
Chesbrough, H.W. (2003): *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston MA: Harvard Business School Publishing.
Chiesa V., Barbeschi M. (1994): *Technology Strategy in Competition-based Competition* in: Hamel G., Heene A.: *Competence Based Competition*, London, John Wiley & Sons Inc., S. 293-314
Dissel, M.C., Katzy, B.R. (2004): *Managing complex product innovations in dynamic environments; a case from the telecommunications equipment manufacturing industry*, Paper presented at IAMOT 2004 - Washington, D.C., Hyatt Regency, Washington, DC, USA.
Dibrell C.C., Miller T.R. (2002): *Organization*

design: the continuing influence of information technology, *Management Decision*, Vol. 40 No. 6, S. 620-627
Dyer, W.G. and Wilkins, A.L. (1991): *Better Stories, Not Better Constructs, to Generate Better Theory: A Rejoinder to Eisenhardt*. *Academy of Management Review*, 16(3): 613-619.
Eisenhardt, K.M. (1989): *Building Theories from Case Study Research*. *Academy of Management Review*, 14(4), S. 532-550.
Eisenhardt, K.M. and Martin, J.A. (2000): *Dynamic Capabilities: What are they?* *Strategic Management Journal*, 40, S. 368-403.
Evans P.B., Wurster T.S. (2000): *Blown to Bits*, Harvard Business School Press, Cambridge, MA
Grover V., Ramanlal R. (1999): *Six Myths of information and Markets*, *MIS Quarterly*, Vol. 23 No. 4, S. 455-485
Hitt L.M., Brynjolfsson E. (1997): *Information technology and internal firm organization*, *Journal of Management Information Systems*, Vol. 14 No. 2, S. 81-101
Ilinitch A. Y. et al. (1996): *New Organizational Forms and Strategies for Managing in Hypercompetitive Environments*, *Organization Science*, Vol. 7 No. 2, S. 211-220
Katzy, B. R., Dissel, M.C. (2001): *Earnings vs. Innovations: Measuring Architectural Competencies*, *Proceedings of the 2001 IEEE International conference on Engineering Management: Albany, NY*
Katzy, B., Strehle, F. (2006): *Turning Creativity into Value Creation – the Growth Path of Start-up Firms*, Praeger Publishers, 2006
Kogut, B., Zander, U. (1992): *Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology*, *Organization Studies*, 3, S. 383-397
Kogut, B., Zander, U. (1996): *What do firms do? Coordination, identity and learning*, *Organization Science*, 7: S. 502-518
Linz, C. (2002): *Konzern als Gründer-Unternehmen*. *Revolutionäres Innovationsmanagement in beschleunigten Märkten*, DUV Verlag, 2002
Miles R.E., Snow C.C. (1995): *The new network firm*, *Organizational Dynamics*, Vol. 23 No. 4, S. 5-18

Miles, R. E., Miles, G., Snow C.C. (2005): *Collaborative Entrepreneurship*, Stanford Business Books, (Stanford: 2005)
Miller, D. (1986): *Configurations of strategy and structure: Towards a synthesis*, *Strategic Management Journal*, 7, S. 233-249
Mueller-Heumann, G. (1992): *Market and Technology Shifts in the 1990s: Market Fragmentation and Mass Customization*, *Journal of Marketing Management*; 8(4), S. 303-314
Nonaka Takeuchi (1995): *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation* (Oxford: 1995)
Penrose, E.T. (1959): *The Theory of the Growth of the Firm*, Oxford: Basil Blackwell
Porter, M.E. (1990): *The Competitive Advantage of Nations*. New York: Free Press.
Qiang, Tu, Vondermeise, M. and Ragu-Nathan, T. (2004): *Manufacturing practices: antecedents to mass customization*, *Production Planning & Control*, 15(4), S. 373-380
Roy, S., Sivakumar, K., Wilkinson, I. (2003): *Innovation Generation in Supply Chain Relationships*, *Journal of the Academy of Marketing Science*, 20 (10), S. 1-19
Sambamburthy V. et al. (2003): *Shaping Agility through digital Options*, *MIS Quarterly*, Vol. 27 No. 2, S. 237-263
Sarason, Y. and Tegarden, L.F. (2003): *The erosion of the competitive advantage of strategic planning: a configuration theory and resource based view*, *Journal of Business and Management*, 9(1), S. 1-20
Stumptner, M. (1997): *An overview of knowledge-based configuration*, *AI Communications*, 10, S. 111-125
Susman, G.I. and Evered, R.D. (1978): *An Assessment of the Scientific Merits of Action Research*. *Administrative Science Quarterly*, 23: S. 582-603.
Teece, D.J., Pisano, G.P., and Shuen, A. (1997): *Dynamic Capabilities and Strategic Management*. *Strategic Management Journal*, 18(7): S. 509-533.
Teece, D. J. (1998): *Research Directions for Knowledge Management*, *California Management Review*, 40(3), 289-292

Travica B. (1999): *New Organizational Designs: Information Aspects*, Ablex Publishing Company, Stamford, CT
Wernerfelt, B. (1984): *A Resource-Based View of the Firm*, *Strategic Management Journal*, (2), 171-181
Zollo, M., S.G. Winter (2002): *Deliberate Learning and the Evolution of Dynamic Capabilities*, *Organization Science*, 13(3), 339-351.

DAS eARCHITECTURE LAB

Die Forschungsarbeit zur Entwicklung dynamischer Führungsarchitekturen folgt anwendungsorientiert dem Forschungsansatz der Aktionsforschung (Action research): In Zyklen werden anhand von Fallstudien Problemsituationen analysiert und dann Lösungen und Verbesserungen entwickelt, die in einem weiteren Schritt praktisch eingesetzt und getestet werden. Jeder Zyklus schließt mit einer Lernphase, also der Auswertung von gewollten und ungewollten Konsequenzen des Einsatzes der entwickelten Lösung. Die Auswertung in der letzten Phase des Zyklus wird in der Regel weitere Handlungsfelder identifizieren und damit den folgenden Zyklus motivieren und einleiten. Der Vorteil dieser Methode liegt in der gleichzeitigen Schaffung praktischer Lösungen und theoretischer Erkenntnisse. Voraussetzung sind allerdings entsprechende Infrastrukturen, die als Test- und Evaluationsumgebung die Implementierung sowohl von realen Arbeitsprozessen als auch produktiven Informations- und Kommunikationsplattformen ermöglichen. Als „lebendes Labor“ (Living Lab) stellt in diesem Sinne das eArchitecture Lab Konstanz eine Laborinfrastruktur zur Implementierung und Evaluierung von Führungssystemen und Kollaborationsszenarien bereit und ermöglicht so die Erforschung von Führungsprozessen für strategische Managementarchitekturen. Um die Innovationsorientierung der offenen Testumgebung des „Living Lab“ zu gewährleisten,



PROJEKTARBEIT IM eARCHITECTURE LAB KONSTANZ

werden die neuen Routinen sowie System- / Softwarekomponenten interaktiv getestet. Daher arbeitet das Forschungsteam selbst in der Living Lab - Umgebung und stellt so die Kontinuität eines engen Kontaktes zwischen Nutzern und Entwicklern von Technologien bereit. Zusätzlich werden für professionelle Anwender auf diese Weise Funktionsfähigkeit und Auswirkungen innovativer Prozesse und Systeme praktisch erlebbar - „the proof of the pudding is to eat it“.

PROJEKTARBEIT IM eARCHITECTURE LAB KONSTANZ

Technisch besteht das eArchitecture Lab aus Daten-, Sprach-, und Videokommunikationssystemen, die die Implementierung und Evaluation von Systemen, Applikationen und Anwendungsszenarien unter „Real life“ Bedingungen in einer geschützten Umgebung ermöglichen. Die Laboreinrichtungen des eArchitecture Lab sind darüber hinaus im Rahmen einer Forschungskoooperation mit vergleichbaren Einrichtungen des Centre for Technology and Innovation Management (www.CETIM.org) zum „Knowledge Workers Productivity Living Lab“ vernetzt. Damit wird eine verteilte Struktur von kompatiblen Laboren innerhalb eines über Breitband-Internet verbundenen Netzwerks bereitgestellt. Der Aufbau des eArchitecture Lab erfolgte initial mit der Unterstützung der HTWG Konstanz und einiger Technologiepartner sowie im Rahmen laufender Forschungsprojekte.



Sie sind etwas ganz Besonderes!

Deshalb passen Sie gut zu uns. Denn bei HP geben wir uns mit dem Gewöhnlichen nicht ab. Vielmehr sind wir auf der Suche nach frischen Ideen, neuen Trends und Technologien, mit denen wir die Märkte auf den Kopf stellen können – und das in 170 Ländern der Erde. Im Grunde genommen sind wir also auf der Suche nach Ihnen. Oder haben Sie etwa nicht vor, in einem tollen Team die Konkurrenz in den Schatten zu stellen? Legen Sie also gleich los – egal, ob Sie auf dem Weg zum anerkannten Technikspezialisten oder piffigen Marktexperten sind. Erleben Sie mit, wie wir für unsere Kunden zur Höchstform auflaufen. Und was mit Ihrem Talent alles möglich ist, wenn das Drumherum stimmt. Warum HP? Es gibt keinen besseren Platz, um Ihre Karriere zu starten.

Entdecken Sie die faszinierende HP-Welt als einer unserer

Absolventen und Praktikanten (m/w) mit wirtschaftlicher oder IT-Ausrichtung

Warum gerade Sie? Weil sich Ausnahmetalente, engagierte Allrounder und motivierte Teamplayer bei uns schnell zu Hause fühlen. Auf unseren Karriereseiten finden Sie freie Positionen, alle Infos, die Sie brauchen, und die Möglichkeit, mit Ihrer Bewerbung direkt online zu punkten.

www.hp.com/go/jobs



Wir finden Antworten

Was Neugier und Innovation verbindet

Neugier ist ein starker Antrieb. Kinder entdecken mit ihrer Kraft Schritt für Schritt die Welt. Sie schauen, staunen, stellen Fragen – bis sie verstehen und begreifen. So wird aus Wundern Wissen.

Wer bei Endress+Hauser in Forschung und Entwicklung arbeitet, sollte sich deshalb ein Stück dieser Neugier bewahrt haben. Denn oft sind es die einfachen Fragen, die am Ende zur besten Lösung führen.

Endress+Hauser Process Solutions AG, der Spezialist für Automatisierungslösungen, lädt alle motivierten Nachwuchskräfte ein, Fragen zu stellen, Antworten zu finden und in die Zukunft zu schnuppern. Als Praktikant, Diplomand oder Karrierestarter. Willkommen.

www.solutions.endress.com

Endress+Hauser
Process Solutions AG
Kägenstrasse 2
CH-4153 Reinach
Telefon +41 61 715 73 00
Telefax +41 61 715 28 00
info@solutions.endress.com

Endress+Hauser People for Process Automation

topocrom

Unternehmen für hochwertige Oberflächen-Technologien

Hartchrom-Beschichtungen mit definierten Oberflächen nach dem Reaktorprinzip.

Entwicklung, Pilotserien und Verfahrensentwicklungen. Reaktorverchromungen von Druck- und Einzugswalzen, Abrasionsfeste Innenverchromungen.

Topocrom GmbH
Hardtring 29
D-78333 Stockach
Telefon 0049 (0)7771 93 630
Fax 0049 (0)7771 93 63 11
info@topocrom.com

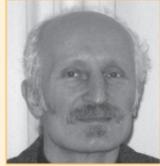
Internationaler Anlagenbau: Reaktor-Verchromungsanlagen für Feinblech-Dressierwalzen, System Topocrom® und Pretex®.

Topocrom Systems AG
Fohlenweide
CH-8570 Weinfelden
www.topocrom.com
info@topocrom.com



Your power. Our passion. Innovationen haben bei Sunways die Optimierung des Kundennutzens zum Ziel. Im Fall unserer neuen Solar Inverter Baureihe mit Advanced Technology sind wir aus diesem Grund – von der ersten Idee über die Produktkonzeption bis zur Markterprobung – gleich in mehrfacher Hinsicht neue technologische Wege gegangen. Das Resultat: AT Solar Inverter ermöglichen die flexible Auslegung von Photovoltaikanlagen – unabhängig von Solar Modulen und Dachflächen. Sie eignen sich für den professionellen Betrieb mit kristallinen Solar Modulen und Dünnschichtmodulen. Ihr hoher Wirkungsgrad und ihre Zuverlässigkeit sichern dauerhaft hohe Erträge. Wir entwickeln und produzieren hochwertige Solar Cells, Solar Module und Solar Inverter im Bereich der Photovoltaik. Weitere Informationen über uns erhalten Sie bei Sunways AG, Photovoltaic Technology, Macairestraße 3-5, D-78467 Konstanz oder unter www.sunways.de.

sunways
Photovoltaic Technology



PROF. DR. LEO SCHUBERT
BWL-Studienschwerpunkte an der Universität Augsburg: Marketing und Unternehmensforschung.
1985: Promotion über Methoden der Datenanalyse
bis 1991: CEO-Stabstelle einer Großbank
seit 1991: Professor für Marketing an der HTWG Konstanz
Forschungsaufenthalte und Kurzzweitdozenturen in Mittelamerika.
Forschungsschwerpunkte: Marktforschung (insb. Kapitalmarkt- und Zufriedenheitsforschung)

1 EINLEITUNG

Marktunabhängig wird ein Anlageinstrument genannt, falls sein Ertrag nicht mit den Auf- und Abbewegungen des Kapitalmarktes korreliert, sondern eben davon unabhängig ist. Ein triviales Beispiel hierfür sind risikolose Anlagen mit fixen Erträgen. Ob einzelne Aktien oder Portfolios aus mehreren Aktien marktunabhängig sind, ist nicht so offensichtlich und bedarf deshalb quantitativer Maße bzw. Ansätze; insbesondere dann, wenn die Eigenschaft nicht nur bestimmt, sondern durch eine Mischung von Aktien in einem Portfolio mit dieser Eigenschaft erzeugt werden soll. Zwei Ansätze zur Konstruktion von **MARKTUNABHÄNGIGEN PORTFOLIOS** werden in dieser Arbeit vorgestellt.

2 LONG-SHORT-PORTFOLIOS UND STATISTISCHE ARBITRAGE

Das sog. **AKTIVE PORTFOLIOMANAGEMENT**, das Aktien so in einem Portfolio zu mischen versucht, dass ein vorgegebenes Renditeniveau mit minimalem Risiko erreicht wird, wurde in den letzten Jahren zunehmend differenziert. Einerseits begannen Fonds-Manager Portfolios zu mischen, die möglichst genau und kostengünstig dem Marktindex (z.B. DAX) oder einer anderen Benchmark entsprechen (sog. **PASSIVES PORTFOLIOMANAGEMENT**). Andererseits wurden daneben höher riskante sog. **LONG-SHORT-PORTFOLIOS** konstruiert. Dabei werden Aktien mit Gewinnpotential gekauft (long-position) und Aktien mit Verlustpotential verkauft (short-position)². Vereinfacht kann der Verkauf von Aktien auch mit einer Kreditaufnahme verglichen werden, bei der der Kreditzins der Rendite der Aktie entspricht. Produziert die Aktie nun Verluste, so stellt sich dieser Kredit als äußerst vorteilhaft heraus, da statt einer Zinszahlung quasi eine Zinsgutschrift erfolgt. Zudem können mit diesem Kredit Aktien mit Gewinnpotential erworben werden.

1 vgl. insbesondere Markowitz H. (1952); Sharpe W. F. (1964).
2 Dies kann anhand von short Futures (originäre für Aktienindizes oder synthetische Future für einzelne Aktien) oder via Leerverkäufe von Aktien geschehen. Bei Letzterem werden Aktien gegen geringe Gebühr ausgeliehen und am Markt verkauft um später dann bei niedrigerem Kurs wieder zurückgekauft und zurückgegeben zu werden.
3 Rutkis A. (2002) gibt einen Überblick zu Hedge-Fonds Strategien, zu denen insbesondere Long-Short-Strategien zählen. Der Überblick führt Arbitragegeschäfte, die ebenfalls auf Long-Short-Strategien basieren, separat auf. Nach neueren Schätzungen existieren heute weltweit ca. 8000 Hedge-Fonds, die ein Volumen von ca. 1 500 Milliarden Dollar verwalten (vgl. DIE ZEIT vom 21.09.2006, S. 39).

Die Sicherheit, mit der die angestrebte Rendite erreicht wird, hängt primär von den Annahmen über das Gewinnpotential bzw. Verlustpotential ab. Diese können auf einem unbegründeten Glauben an inkorrekte Marktpreise basieren (**Spekulation**) oder im anderen Extrem auf offensichtliche Abweichungen der Preise vom Marktgleichgewicht (**Arbitrage**). Während im ersten Falle große Unsicherheit bzgl. der angestrebten Rendite besteht, ist die Arbitrage durch hohe Sicherheit gekennzeichnet. Zwischen den beiden Extremen kann der Fall positioniert werden, bei dem sich die Annahme über das Gewinnpotential bzw. Verlustpotential an statistischen Größen orientiert (**STATISTISCHE ARBITRAGE**). Schwanken z.B. die Preise von Aktien um einen Mittelwert, so kann bei Preisabweichungen davon ausgegangen werden, dass der Preis früher oder später wieder zum Mittel zurückkehrt. Die Abweichungen von diesem Mittelwert können im Rahmen von Long-Short-Strategien genutzt werden wie dies u.a. die sog. Hedge-Fonds³ tun. Bei der Arbitrage bzw. statistischen Arbitrage werden durch die Long-Short-Strategie die Preise zum Gleichgewicht bzw. dem angenommenen statistischen Erwartungswert hin korrigiert⁴. Die Unsicherheit bzgl. der angestrebten Rendite im Falle der statistischen Arbitrage hängt einerseits von der Häufigkeit der Beobachtung des statistischen Phänomens (quasi Stichprobengröße), der Überprüfungsmöglichkeit der Annahme (quasi Test der Hypothese), als auch der ökonomischen Begründbarkeit der Annahme ab. Häufig stützen sich Long-Short-Strategien lediglich auf plausible Begründungen⁵.

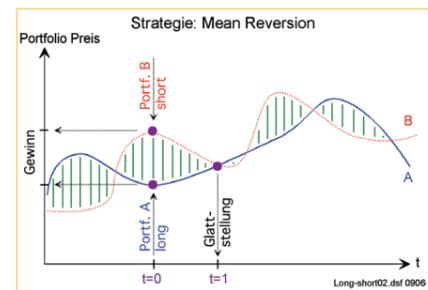


ABB. 1: MEAN REVERSION

4 Wird z.B. die gleiche Aktie an unterschiedlichen Börsen zu differierenden Preisen gehandelt, so bewirkt im Rahmen einer Long-Short-Strategie der Kauf der Aktie am „billigeren“ Börsenplatz (long-position) bei gleichzeitigem Verkauf am teureren Börsenplatz (short-position) einen sicheren Arbitragegewinn. Am „billigeren“ Börsenplatz werden die Preise durch den Kauf erhöht und am „teureren“ entsprechend erniedrigt.
5 Häufig ersetzt die Erfahrung die statistischen Maße. Beispiel: Versucht die Aktengesellschaft A das Unternehmen B zu übernehmen, so muß sie den Aktionären des Unternehmens mehr bieten, als den Wert, den die Börse als angemessen festgelegt hat, d.h. der Kurs der Aktie B wird steigen. Damit einher geht, dass Aktiengesellschaft A ein wenig zu viel zahlt als sie an Wert durch den Kauf von B gewinnt, mit der Folge, dass der Kurs der Aktie A

mischen Begründbarkeit der Annahme ab. Häufig stützen sich Long-Short-Strategien lediglich auf plausible Begründungen⁵.

3 MEAN REVERSION

Das oben angesprochene Schwanken der Marktpreise um einen Mittelwert wurde auf Kapitalmärkten wiederholt beobachtet⁶. Dieser als „Mean Reversion“ in der Kapitalmarkttheorie bekannte Effekt stellt die theoretischen Grundlagen der entwickelten Optimierungsmodelle dar. Falls die Preise jeweils um einen Mittelwert schwanken, können Aktien so in einem Portfolio zusammengefasst werden, dass diese Schwingungen verstärkt werden (Portfolio A) oder in einem anderen Portfolio diese Schwingungen zu A gegenläufig sind (Portfolio B). Abbildung 1 zeigt die Portfolios A bzw. B, die in t=0 gekauft bzw. verkauft werden um dann in t=1 wieder verkauft bzw. gekauft zu werden. Dieser auflösende Akt wird Glättstellung genannt. Die Preisdifferenz von A und B in t=0 kann durch die Glättstellung in t=1 als Gewinn realisiert werden. Zu diesem Zeitpunkt schneiden sich die Preiscurven der beiden Portfolios. Der realisierte Gewinn ist von der Entwicklung des Marktes unabhängig. Sowohl bei einer Hausse (verschlungene Linien steigen an) als auch in einer Baisse (verschlungene Linien fallen ab) bildet die Preisdifferenz von A und B die Gewinnbasis.

4 MODELLE „MAX TAU“ UND „MAX SUM“

Um die Portfolios A und B mit der oben beschriebenen „Mean-Reversion“ Eigenschaft zu bestimmen wurden zwei Modelle entwickelt, die mit „Max Tau“ und „Max Sum“ bezeichnet werden. Dazu wird der zur Optimierung verwendete Daten-Zeitraum t=1, ..., T in m Abschnitte T_k, k=1, ..., m unterteilt. Beide Portfoliomodelle streben an, dass die Preisdifferenzen d_t der beiden Portfolios für (t ∈ T_k) möglichst positiv sind und für (t ∈ T_{k+1}) möglichst negativ sind etc. (vgl. Abb. 2).

fallen wird. Eine Long-Short-Strategie (Kauf von Aktie B bei gleichzeitigem Verkauf von A) wird i.d.R. erfolgreich sein, es sei denn, dass z.B. die Information über den Unternehmenskauf bereits von anderen ausgenutzt wurde oder das Unternehmen B sich zum Kauf anbot.
6 Fama E., French K. R. (1988) und Poterba J. M., Summers L. H. (1987) entdeckten die Schwingungen aufgrund positiver Autokorrelationen in den Aktienkurs-Zeitreihen.
7 Exakte mathematische Darstellung der beiden Optimierungsansätze: vgl. Schubert L. (2006).

Das Modell „**MAX TAU**“ führt ein Limit τ bzw. -τ für die Werte d_t ein. Dieses Limit muß je Zeitabschnitt T_k bzw. T_{k+1} mindestens einmal über- bzw. unterschritten werden. Das Optimierungsmodell mischt dabei die Aktien in den Portfolios A und B, so dass dieses zu unter- bzw. überschreitende Limit τ maximal wird (vgl. Abbildung 2). Das resultierende Modell ist linear und gemischt ganzzahlig. Im Modell „**MAX SUM**“ dagegen werden die Preisunterschiede d_t (t ∈ T_k) zwischen den beiden Portfolios je Zeitabschnitt aufsummiert (k=1, ..., m). Die Zielfunktion mischt hier die Aktien in den Portfolios A und B in der Weise, dass die kleinste der Summen je Zeitabschnitt T_k bzw. T_{k+1} etc. (d.h. Σd_t für t ∈ T_k bzw. -Σd_t (für t ∈ T_{k+1}) etc.) maximal wird. Der resultierende Optimierungsansatz hierzu ist linear⁷. Die beiden beschriebenen Modelle beinhalten zudem **BUDGETRESTRIKTIONEN**. Diese steuern bei der Optimierung die Größe der Portfolios als auch die Vorgabe, dass genau der Betrag, der durch den Verkauf des Portfolios B erzielt wird, zum Kauf des Portfolios A verwendet werden soll. Dadurch reduziert sich die Berechnung der Rendite des eingesetzten Eigenkapitals, auf die Betrachtung des absoluten erzielten Gewinns. Um die Realisierung der Portfolios zu erleichtern bzw. die Managementkosten zu reduzieren sind z.T. Restriktionen eingesetzt worden, die die **ANZAHL DER AKTIEN IN DEN PORTFOLIOS** - insbesondere im verkauften Portfolio B – reduzieren.

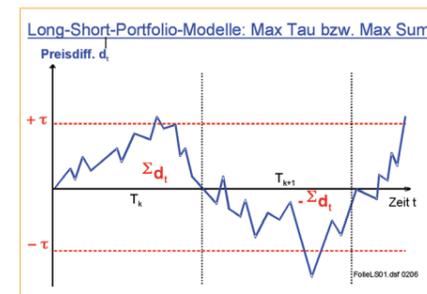


ABB. 2: KONZEPT ZU DEN MODELLEN „MAX TAU“ UND „MAX SUM“

5 EMPIRISCHER TEST

Die Modelle wurden an empirischen Daten des japanischen Kapitalmarktes getestet. Dazu wurden die 86 größten japanischen Aktien verwendet, die an der Wertpapierbörse in Tokyo durchgehend in dem Zeitraum vom 5.9.1988 bis 1.11.1999 notiert waren. In die Optimierung selbst wurden die Tageskurse zu diesen 86 Aktien aus dem Zeitraum vom 3.1.1994 bis 31.12.1998 einbezogen; d.h. zu jeder Aktie standen 1304 Kurse zur Verfügung. Die 217 Kurswerte der 10 Monate nach dem 31.12.1998 bis 1.11.1999 dienten als Kontrollperiode. Die Kontrollphase dient zur Beurteilung des Verhaltens des optimierten Long-Short-Portfolios. Die Abbildung 3a bzw. 3b zeigt die Ergebnisse zum Modell „Max Tau“ bzw. „Max Sum“. Die blaue Linie repräsentiert den Verlauf des Portfolios A und die rote das Portfolio B. Die lila Linie zeigt die Wertdifferenz d_t von (Portfolio A – Portfolio B); d.h. des Long-Short-Portfolios. Die ersten 5 Jahre entsprechen den ersten 5 Spalten in den Grafiken (von links nach rechts). Anhand der Daten dieses Zeitraums wurden die Portfolios optimal gemischt. Die Anzahl der Aktien wurde auf 3 im Falle des Portfolios A und 1 im Falle des Portfolios B beschränkt. Die Kontrollphase ist der Zeitraum nach dem 31.12.1998. Das Budget von 1 Mio Yen bedeutet, dass am 2.1.1999 für 0.5 Mio Yen Aktien gekauft und für 0.5 Mio Yen Aktien verkauft wurden (vgl. gepunktete schwarze Linie in den Abb. 3a und 3b). Das maximale Tau (τ), das in jedem der 5 Zeitabschnitte gerade noch über- bzw. unterschritten wurde, ist 0.123 Mio Yen. Dieses Niveau wurde in den Grafiken durch die rote Strich-Punkt-Linie markiert und wird von dem Long-Short-Portfolio in dem dritten Zeitabschnitt (T₃) gerade noch überschritten. Beim Modell „Max Sum“, bei dem die Abweichungen d_t in jedem der 5 Zeitabschnitte bzw. Jahre zu einer Summe zusammengefasst wurden, betrug die zu maximierende minimale Summe 22.4 Mio Yen. Auch hier scheint die minimale Sum-

8 Für die Berechnung wurde ein Linearer Ansatz verwendet, der approximativ Mean-Variance Portfolios ermittelt (vgl. Feinstein, C. D., Thapa, M. N., (1993) und Konno, H., Yamazaki, H., (1991)).
9 vgl. Sharpe W. F. (1964).

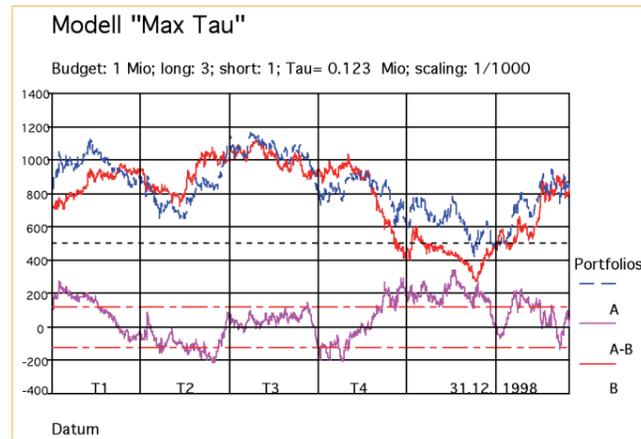


Abb. 3A: EMPIRISCHER TEST DES MODELLS „MAX TAU“

me in dem 3. Zeitabschnitt vorzuliegen (vgl. Fläche zwischen Null-Linie und lila Linie zum Long-Short-Portfolio (A-B)).

Beide Ansätze selektierten Aktien so aus, dass das Long-Short-Portfolio die angestrebte Eigenschaft bekam, einen um Null schwankenden Wert zu besitzen (vgl. auch Abbildung 2), obgleich lediglich 86 Aktien (vgl. Anhang) zur Verfügung standen. In der Kontrollphase nach der Optimierung behielten die Portfolios diese Eigenschaft bei. Das „Mean-Reversion“ Verhalten einzelner Aktien kann durch die Optimierungsansätze scheinbar auf Portfolios übertragen werden.

Die Lösungen der beiden Modelle zeigt Tabelle 1. Beide Modelle wählten für das Portfolio B die Aktie der „Mitsubishi Electronic Corporation“. Das Portfolio A wird von den Modellen unterschiedlich zusammengestellt. Trotzdem ist der Chart der Long-short-Portfolios beider Modelle ähnlich. Obgleich die Long-Short-Portfolios keinen hohen Renditeerwartungswert bei minimaler Varianz, sondern kurzfristig anhand von Preisdifferenzen Gewinne anstreben, wird eine Positionierung dieser Long-Short-Portfolios im Mean-Variance-Kontext vorgenommen (vgl. Abbildung 4). Wie erwartet sind diese Modelle nicht effizient im klassischen Sinne: Erstens wird

ein um den Wert Null schwankender Chart auf lange Sicht nur eine Rendite nahe dem Wert Null ermöglichen und zweitens wird das Bestreben, die Amplitude dieser Schwankungen zu maximieren, die Varianz eher groß ausfallen lassen. Neben einigen Mean-Variance⁸ effizienten Portfolios sind auch die in die Berechnungen einbezogenen 86 Aktien in der Abbildung 4 positioniert worden.

Um die Unabhängigkeit der Portfolios von der Marktentwicklung quantitativ zu erfassen, wurde der Parameter β des „Single Index Modells“ von W. F. Sharpe⁹ verwendet. Der Parameter β drückt dabei das marktbezogene oder systematische Risiko aus. Ist $\beta < 1$ bzw. $\beta > 1$, so ist das Risiko des Portfolios kleiner bzw. größer als das des Marktes. Ein Portfolio mit $\beta = 0$ wird als völlig marktunabhängig bezeichnet. Zur Konstruktion des Index wurden alle 86 Aktien gleich gewichtet. Das Portfolio zum Modell „Max-Tau“ besitzt ein marktbezogenes Risiko von $\beta = 0.38$ und das Portfolio zum Modell „Max-Sum“ $\beta = 0.10$. Weitere Berechnungsbeispiele lassen vermuten, dass das marktbezogene Risiko mit der Anzahl der Aktien im Portfolio schrumpft, d.h. $|\beta| < 0.1$ wird.

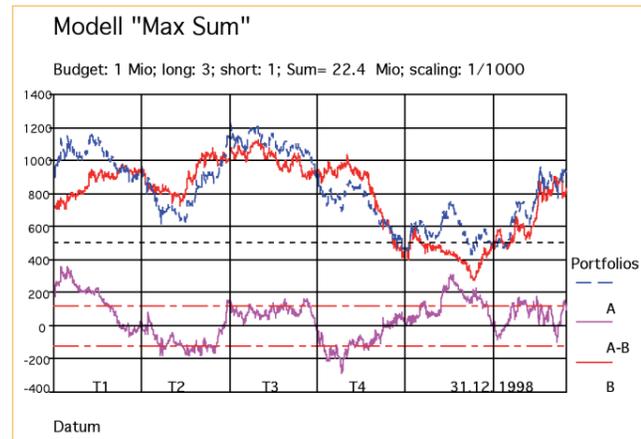


Abb. 3B: EMPIRISCHER TEST DES MODELLS „MAX SUM“

AKTIEN	MAX-TAU ABB. 3A	MAX-TAU ABB. 3A
26. JUSCO	0,0000	0,2227
33. MARUI	0,0000	0,3626
38. MITSUBISHI ELECTRIC	-1,0000	-1,0000
39. MITSUBISHI ESTATE	0,6831	0,0000
46. NIKKO SECURITIES	0,3102	0,4147
58. SAKURA BANK	0,0067	0,0000

TAB. 1: LÖSUNGEN DER MODELLE MAX-TAU UND MAX-SUM

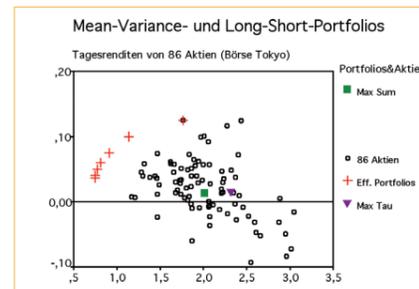


Abb. 4: MEAN-VARIANCE- UND LONG-SHORT-PORTFOLIOS

6 ZUSAMMENFASSUNG

Bezüglich der CPU-Zeit ist das Modell „Max Sum“ eindeutig zu präferieren. Trotz der Beschränkung der Anzahl Aktien in den Portfolios wurde die optimale Lösung in weniger als einer Sekunde ermittelt. Das Modell „Max Tau“ dagegen benötigt Stunden zur Ermittlung einer akzeptablen Lösung. Der comparative Nachteil des Modells „Max

Sum“ ist die stärkere Beschränkung durch die vorgegebene Zeiteinteilung in der Form der Intervalle T_k ($k = 1, \dots, m$). Diese Beschränkung kann durch zwei Maßnahmen reduziert werden. Erstens muss nicht jeder Zeitpunkt eines Intervalls T_k in die Optimierung einfließen. Dadurch wären auch negative und positive Preisdifferenzen d_t (zwischen den Portfolios A und B) innerhalb eines Zeitintervalls T_k nicht schädlich im Sinne der Zielfunktion des Modells. Zweitens können die Grenzen der Intervalle T_k auch in einem alternierenden Optimierungsprozess verschoben werden. In Abbildung 3b erkennt man, dass eine Verschiebung der Grenze zwischen T_1 und T_2 die Summenflächen (lila Linie) der beiden Intervalle vergrößern würde etc.. Nach dem Verschieben der Intervallgrenzen müssten die Portfolios neu berechnet werden. Dieser Prozess wird so lange wiederholt, bis der Zielfunktionswert an einem Fixpunkt verweilt.

Die angestrebten statistischen Arbitragegewinne der vorgestellten Ansätze sind nicht ohne Risiko. Wie hoch dieses Risiko ist, kann durch Monte-Carlo-Simulation anhand empirischer Daten abgeschätzt werden. Wird das „Mean-Reversion“ Verhalten bei einem hohen Anteil der simulierten Fälle eingehalten, so kann der Einsatz in der Praxis lohnend sein. Die Optimierungsansätze können auch lediglich dazu eingesetzt werden, um zwei Aktien aufzuspüren, die evtl. ein ökonomisch begründbares „Mean-Reversion“ Verhalten zeigen.

Betrachtet man die oft als schöne Spekulation deklarierte Vorgehensweise, kurzfristig Gewinne zu erzielen von ihrer Auswirkung auf Marktpreise, so müsste dieses Ausnutzen von Mean-Reversion Effekten zu einer Glättung bzw. Stabilisierung von Marktpreisen führen. Deshalb kann der Einsatz der Modelle jeweils nur zeitlich befristet und sporadisch erfolgen.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Fama, E.; French, K. R. (1988): Permanent and Temporary Components of Stock Pri-

ces, The Journal of Political Economy, Vol. 96, Nr. 2, S. 246-273.

2. Feinstein, C. D., Thapa, M. N., (1993): A Reformation of a Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model, Management Science, Vol. 39, S. 1552-1553.

3. John, O.W. (2000): Anlagestrategie: Rendite ohne Marktrisiko, Die Bank, 11/2000, S. 768-770.

4. Konno, H., Yamazaki, H., (1991): Mean – Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and its Applications to Tokyo Stock Markets, Management Science, Vol. 37, May, S. 519-531.

5. Markowitz, H. (1952): Portfolio Selection, Journal of Finance, Vol. 7, S. 77-91.

6. Poterba, J. M., Summers, L. H. (1987): Mean Reversion in Stock Prices: Evidence and Implications, National Bureau of Economic Research Inc., working paper Nr. 2343.

7. Rutkis, A. (2002): Hedge-Fonds als Alternative Investments – Stilrichtungen, Risiken, Performance, Bankakademie Verlag GmbH.

8. Schubert Leo: Long-Short Portfolio, Economics Analysis Working Papers, Vol. 5 No 15, 2006, ISSN 15791475, <http://www.economistacoruna.org/eawp/eawp.asp?qsa=ES&qsb=1&qsc=142&qsd=190>.

9. Sharpe, W. F., (1964): Capital Asset Prices: A Theory of markets equilibriums under conditions of risk, Journal of Finance, Nr. 19, S. 425-442.

AKTIEN

- ADVATEST CORP
- AJINOMOTO CO
- ALL NIPPON AIRWAYS Y
- ASAHI BANK
- ASAHI BREWERIES
- ASAHI CHEMICAL IND CO
- ASAHI GLASS CO
- BANK TOKYO-MITSUBISHI
- BRIDGESTONE CORP
- CANON INC
- CASIO COMPUTER CO
- CITIZEN WATCH CO
- DAI NIPPON PRINTING CO
- DAI-ICHI KANGYO BANK Y50
- DAIWA SECURITIES GROUP
- DENSO CORP
- FANUC
- FUJII BANK
- FUJII PHOTO FILM CO
- FUJITSU
- HITACHI
- HONDA MOTOR CO
- INDUSTRIAL BANK OF JAPAN
- ITO-YOKADO CO
- JAPAN AIRCRAFT MFG CO
- JUSCO CO
- KANSAI ELECTRIC POWER CO
- KAO CORP
- KAWASAKI STEEL CORP
- KIRIN BREWERY CO
- KOMATSU
- KYOCERA CORP
- MARUI CO
- MATSUSHITA ELECT IND'L
- MATSUSHITA ELECTRIC WORKS
- MINOLTA Y50
- MITSUBISHI CORP
- MITSUBISHI ELECTRIC CORP
- MITSUBISHI ESTATE CO
- MITSUBISHI HEAVY IND
- MITSUBISHI TRUST
- MITSUI & CO
- MITSUI FUDOSAN CO
- MURATA MANUFACTURING CO
- NEC CORP
- NIKKO SECURITIES Y50
- NINTENDO CO
- NIPPON EXPRESS CO
- NIPPON STEEL CORP
- NIPPON TELEVISION NETWORK
- NISSAN MOTOR CO
- NOMURA SECURITIES CO
- OJI PAPER CO
- ORIX CORP
- OSAKA GAS CO
- RICOH Y50
- ROHM CO
- SAKURA BANK
- SANKYO CO
- SANWA BANK
- SANYO ELECTRIC CO
- SECOM CO
- SEKISUI HOUSE
- SEVEN-ELEVEN JAPAN NPV
- SHARP CORP
- SHIN-ETSU CHEMICAL CO
- SHISEIDO CO
- SONY CORP
- SUMITOMO BANK
- SUMITOMO CHEMICAL CO
- SUMITOMO CORP
- SUMITOMO ELECTRIC IND
- TAISHO PHARMACEUTICAL CO
- TAKEDA CHEMICAL IND
- TDK CORP Y50
- TOKAI BANK
- TOKIO MARINE & FIRE
- TOKYO ELECTRIC POWER CO
- TOKYO ELECTRON
- TOKYO GAS CO
- TOPPAN PRINTING CO
- TOSHIBA CORP
- TOYOTA MOTOR CORP
- YAMANOUCHI PHARM.
- YAMATO TRANSPORT CO
- YASUDA FIRE & MARINE INS Y50



PROF. CENGIZ DICLELI
geboren in Istanbul,
Studium des Bau-
ingenieurwesens 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 HTWG Konstanz in der Fakultät Architektur und Gestaltung, zahlreiche Veröffentlichungen und Vorträge zur Geschichte der Gestaltung von Ingenieurbauten sowie zur Geschichte der Architektur in der Türkei.

„Alle diese anspruchsvollen Konstruktionen wurden von der Genialität von Dr. Finsterwalder begleitet. Seine überragenden Fähigkeiten im Umgang mit dem Spiel der Kräfte und das Umsetzen in die Wirklichkeit versetzten jedem von uns ins Staunen [...]. Ich durfte auch noch an seinem 90. Geburtstag erleben, wie sehr ihm an der Gestaltung des Querschnitts vom in der Planung befindlichen Brennerbasistunnel gelegen war, und an dem er selbst am Reißbrett arbeitete.“ So berichtet Leonhard Obermeyer, ein ehemaliger Mitarbeiter Finsterwalders und später Inhaber eines der größten Ingenieurbüros für Bauwesen in Deutschland¹. Dabei hatte ihm sein Vater vom Studium des Bauingenieurwesens abgeraten, weil seine Recherchen ergeben hatten, dass auf diesem Gebiet kaum noch neue Erfindungen gemacht werden können, weil der Stand der Technik schon so hoch sei^{2,3}.

Über Finsterwalder haben sehr viele Autoren geschrieben; darunter Kollegen und Freunde aus allen seinen Lebensabschnitten. Es dürfte äußerst selten der Fall sein, dass fachliche wie menschliche Qualitäten eines Ingenieurs übereinstimmend so enthusiastisch und ausführlich gewürdigt werden.

SEIN LEBENSWEG

Dr.-Ing. E. h., Dr.-Ing. E. h., Dr.-Ing. Ulrich Finsterwalder wird am 25. 12. 1897 in Mün-



ABB. 1: ULRICH FINSTERWALDER ZU SEINEM FÜNFZIGSTEN DIENSTJUBILÄUM, IN Festschrift ULRICH FINSTERWALDER, Hrsg. DYCKERHOFF & WIDMANN, G. BRAUN, KARLSRUHE, 1973

chen geboren. Seine Mutter Franziska stammt aus Brixen im Tirol. Ihr wird sein Sinn für unternehmerisches Handeln und seine Ausdauer und Zähigkeit zugeschrieben. Sein Vater Sebastian ist Professor für Geometrie in der Technischen Hochschule München, von wem er die mathematisch-technische Begabung geerbt haben soll⁴. 1916 legt er an der Luitpold-Oberrealschule in München sein Abitur ab und wird sogleich zu den Pionieren eingezogen; es ist der erste Weltkrieg. 1918 bis 1920 verbringt er in der französischen Kriegsgefangenschaft, die er zum Teil für seine Weiterbildung in Mathematik benutzt.

Der Dreiundzwanzigjährige schreibt sich nach Anraten seines Vaters zum Wintersemester 1920/21 an der TH München zunächst in der Fachrichtung Maschinenbau ein, wechselt jedoch zum Sommersemester 1921 zum Bauingenieurwesen; ein Glück für die Entwicklung des Stahlbetonbaus, wie es sich herausstellen wird. Sein Mechanikprofessor ist Ludwig Föppl, Sohn eines der Begründer der technischen Mechanik, der in ihm das Interesse für die Schalen erweckt, was ihn wiederum dazu führt, dass er sich in seiner Diplomarbeit mit der Theorie der Netzwerkschalen beschäftigt. Gleichzeitig entwickelt er die Theorie der querversteiften Zylinderschalen.

1923 arbeiten Franz Dischinger, der in Konstruktionsfragen führender Oberingenieur der Firma Dyckerhoff & Widmann, und Walter Bauersfeld, ein bekannter Physiker und Forschungsleiter der Zeiss-Werke in Jena, an der Theorie und Herstellung von dünnwandigen Kugelschalen für Planetariumskuppeln. Der junge Absolvent bewirbt sich mit Erfolg bei D&W und wird zunächst als Verbindungsmann für die Weiterentwicklung der Schalenbauweise zu Carl Zeiss nach Jena geschickt. In den folgenden zwei Jahren arbeitet er dort an der 40 m weit gespannten Schalenkuppel der Glaswerke Schott & Gen.⁵ und studiert an Blechmodellen die Wirkungsweise der zylind-

- 1 Obermeyer, Leonhard in „Bauingenieure und ihr Werk“, Hrsg. Stiglat, Klaus; Ernst & Sohn, Berlin, 2004
- 2 Rausch, Heinz: Ulrich Finsterwalder in „Wegbereiter der Bautechnik“, Hrsg. VDI-Gesellschaft Bautechnik, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1990.
- 3 Schambeck, Herbert: Ulrich Finsterwalder, in Stiglat, Klaus, Bauingenieure und ihr Werk, Ernst & Sohn, Berlin, 2004.
- 4 Kupfer, Herbert: Erinnerung an Ulrich Finsterwalder (1897–1988), Bautechnik 74 (1997), Heft 12
- 5 Rüscher, Hubert: Ulrich Finsterwalder zu seinem fünfzigsten Dienstjubiläum, in Festschrift Ulrich Finsterwalder, Hrsg. Dyckerhoff & Widmann, G. Braun, Karlsruhe, 1973

- 6 Günschel, Günter: Große Konstrukteure 1: Bauwelt Fundamente 17, Ullstein, Berlin, Frankfurt a.M., Wien, 1966
- 7 Kupfer, ebd.
- 8 Rüscher, Hubert: Ulrich Finsterwalder zu seinem fünfzigsten Dienstjubiläum, in Festschrift Ulrich Finsterwalder, Hrsg. Dyckerhoff & Widmann, G. Braun, Karlsruhe, 1973
- 9 Rausch, ebd.
- 10 Fröschl, Cornelia: Finsterwalder-Hof in Bernau-Hittenkirchen, deutsche bauzeitung, 2001, Heft 8

rischen Schalen. Diese Erkenntnisse baut er zur Biegetheorie der freitragenden Kreis-zylindersegmentenschale aus und promoviert 1930 bei Ludwig Föppl mit Auszeichnung^{6,7}. Diese Arbeit ist die theoretische Grundlage der „Zeiss-Dywidag-Schalenbauweise“.

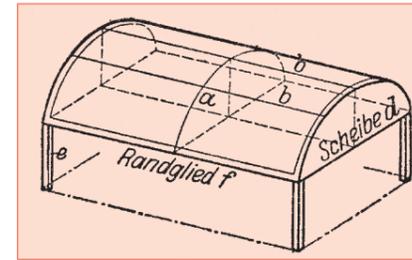


ABB. 2: EINFACH GEKRÜMMTE ZEISS-DYWIDAG-SCHALE
GÜNSCHEL, GÜNTER: GROSSE KONSTRUKTEURE 1: BAUWELT FUNDAMENTE 17, ULLSTEIN, BERLIN, FRANKFURT A.M., WIEN, 1966, S.174

1925 kommt Finsterwalder in das Konstruktionsbüro der Hauptverwaltung nach Wiesbaden-Biebrich, wo er mit dem zehn Jahre älteren Franz Dischinger zusammenarbeiten kann. Hubert Rüscher schildert diese Zusammenarbeit wie folgt⁸: „Wenn er sich einmal für ein Arbeitsgebiet interessiert hatte, kam er davon nicht los, ehe nicht seine Ideen in allen Details ausgearbeitet waren und sich auch in der Praxis durchgesetzt hatten. So wird verständlich, dass Finsterwalder immer noch voll und ganz mit der Weiterentwicklung der zylindrischen Tonnengewölbe beschäftigt war, als Dischinger sich schon längst anderen Schalenformen zugewandt hatte [...] sowohl Dischinger als auch Finsterwalder, zeichneten sich nicht nur durch ihre schöpferische Begabung aus, sondern auch durch eine wahre Besessenheit, die sie oft ihre Umwelt fast völlig vergessen lies. Selbst auf Paddeltouren [...] konnte den jungen Finsterwalder die Gesellschaft der hübschesten Mädchen nicht davon abhalten, Probleme der Schalentheorie zu erörtern.“

Nach der Berufung von Dischinger an die Technische Hochschule Berlin Charlot-

tenburg wird Dr. Finsterwalder Chefkonstrukteur der Firma Dywidag und dient ihr und formt sie ununterbrochen insgesamt 50 Jahre lang. 1941 während des Zweiten Weltkriegs wird er Mitglied der Geschäftsleitung, 1948 avanciert er zum persönlich haftenden Gesellschafter und übernimmt die Aufgabe, die Konstruktionsbüros der Firma wieder aufzubauen. Einen Ruf an den Lehrstuhl für Massivbau der Technischen Hochschule München lehnt er ab; sicherlich die richtige Entscheidung für ihn, der seine Vorstellungen unbedingt in die Praxis umsetzen will. So stehen ihm als Chefkonstrukteur einer Großfirma ein technisches Büro mit versierten und engagierten Ingenieuren aller im Bau beteiligten Fachrichtungen von Statik bis Kalkulation und Baubetrieb sowie eine materialtechnische Versuchsanstalt zur Verfügung. Es gelingt ihm, zahlreiche Erfindungen zu machen, die den Stahlbetonbau weiterentwickeln und Bauwerke jeder Art in einer Qualität und Quantität selber zu bauen oder mittelbar zu beeinflussen, wie es kaum von einem anderen Ingenieur bekannt ist. Er bildet mehrere Generationen von hervorragenden Ingenieuren in „seiner“ Firma aus. Durch seine Schule gehen zahlreiche spätere Professoren für Stahlbetonbau und Statik sowie Inhaber weltweit bedeutender Ingenieurbüros, wie z.B. Dieter Jungwirth, Herbert Schambeck, Helmut Bomhard, Anton Tedesko, Leonhard Obermeyer, Herbert Kupfer und der nur sechs Jahre jüngere Hubert Rüscher. Einer seiner Schüler erinnert sich, dass er „halb ehrfurchtsvoll, halb despektierlich Fi“ genannt wird⁹. „Der Fi“ kennt und nutzt Rechenverfahren, von denen die jüngeren Mitarbeiter noch nie gehört haben. In konzentrierten, anstrengenden Gesprächen mit seinen engeren Mitarbeitern, die meist bis in die Nacht hinein dauern, besteht das Handwerkszeug des „Altmeisters“ aus einem 15 cm langen Rechenschieber, einem Bleistift und einem Blatt kariertem Papier. Auf diesem stehen links oben die vorgegebenen Zwangspunkte und die Belastung – rechts

unten der Preis. Für sein Lebenswerk wird er mehrfach geehrt. Unter anderem erhält er 1950 die Ehrendoktorwürde der TH Darmstadt, 1968 die der TU München. 1953 wird ihm die Emil-Mörsch-Gedenkmünze des Deutschen Beton-Vereins, 1963 das Große Verdienstkreuz der Bundesrepublik Deutschland, 1967 die Charles S. Withney-Medaille des American Concrete Instituts verliehen. 1968 wird er zum Außerordentlichen Mitglied der Akademie der Künste Berlin ernannt. 1976 wird er als erster Ausländer Mitglied der National Academy of Engineering der Vereinigten Staaten. Ein Jahr später erhält er als erster Brückenbauer den Preis der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau IVBH. In über 80 Aufsätzen und Vorträgen veröffentlicht Finsterwalder sehr eingehend und verständlich seine Erfindungen und Entwürfe, die den Ingenieurbau nicht nur in Deutschland sondern weltweit beeinflussen.

Mit 76 Jahren und nach 50-jähriger Berufstätigkeit scheidet Finsterwalder 1973 aus dem aktiven Firmendienst aus und beschäftigt sich weitere 15 Jahre als unabhängiger Beratender Ingenieur. Sein Zimmer bei Dywidag behält er jedoch bei. U.a. wird er bei Großprojekten wie die Brücke über die Meerenge von Messina und der Brenner Basistunnel als Berater hinzugezogen.

Ein Zeichen seiner Vielseitigkeit ist der Bauernhof, den er 1971 mit dem Architekten Franz Riepl in Hittenkirchen am Chiemsee baut, den er selbstverständlich mit Dywidag-Kreissegmentenschalen eindeckt¹⁰. Damit will er einen Beitrag zur Verbesserung der Arbeitsmethoden in der Landwirtschaft leisten. Von vielen Kollegen und Freunden wird Finsterwalder als ein ausgesprochener Familienmensch beschrieben. Drei Söhne, zwei Töchter und ein Dutzend Enkelkinder beweisen diese Aussage. Am 5. Dezember 1988 stirbt er in München.

Dieser Artikel ist in ähnlicher Form in der Ausgabe 10/06 der deutschen Bauzeitung db erschienen.

SEIN WERK

Finsterwalders Werk ist an Vielseitigkeit kaum zu überbieten. Hier können nur einige der wichtigsten Erfindungen und Bauten angesprochen werden.

Nachdem erkannt wurde, dass einfachgekrümmte Tonnenschalen sich für die Überdeckung von rechteckigen Grundrissen besser eignen als Kuppelschalen, gelingt ihm der Durchbruch. Zusammen mit Dischinger und mit dem Architekten Martin Elsaesser baut er eine Großmarkthalle in Frankfurt a.M. (1928), die ein Meilenstein in der Entwicklung der Schalenbauweise ist. Der Entwurf siegt bei einem großen Wettbewerb,



ABB. 3A: GROSSMARKTHALLE FRANKFURT A.M. VOM CAEMENTUM ZUM SPANNBETON, BAND I, TEIL B

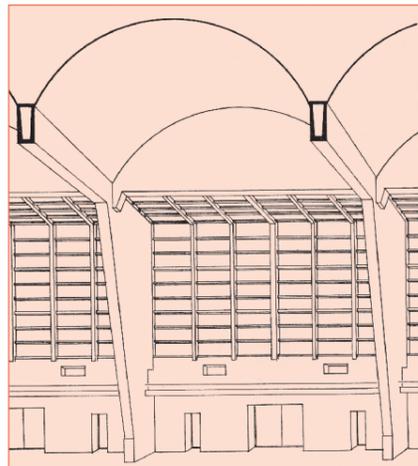


ABB. 3B: GROSSMARKTHALLE FRANKFURT, SKIZZE INNENANSICHT; HART, FRANZ: KUNST UND TECHNIK DER WÖLBUNG, CALLWEY, MÜNCHEN, 1965, SEITE 106

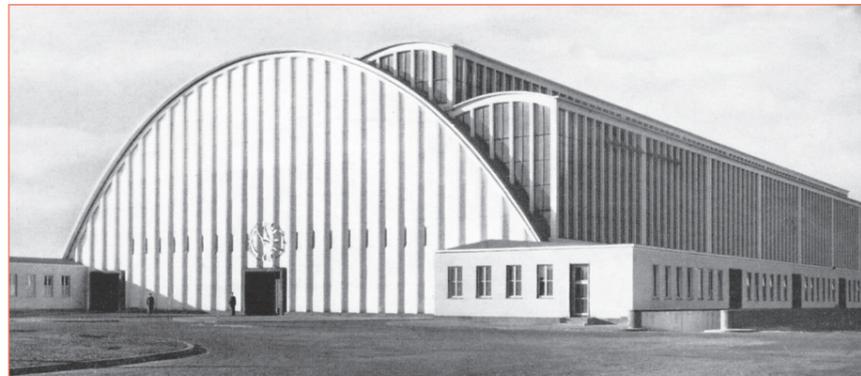


ABB. 4: GROSSMARKTHALLE KÖLN; KLASS, GERT V.: WEIT SPANNT SICH DER BOGEN, DIE GESCHICHTE DER BAUUNTERNEHMUNG DYCKERHOFF & WIDMANN KG., 1955

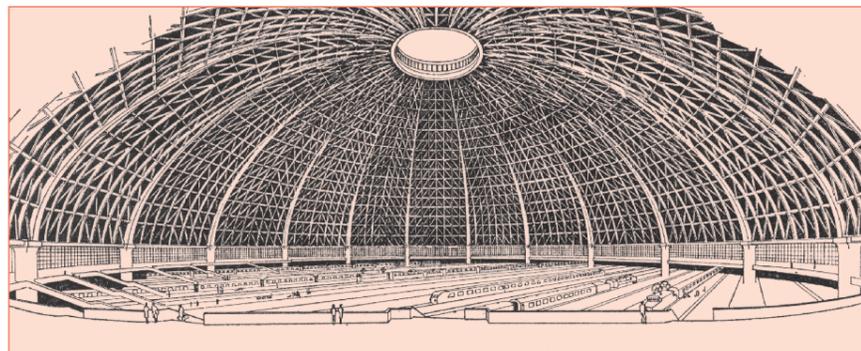


ABB. 4: PROJEKT EINER KUPPELHALLE VON 280 M SPANNWEITE FÜR DEN MÜNCHNER HAUPTBAHNHOF HART, FRANZ: KUNST UND TECHNIK DER WÖLBUNG, CALLWEY, MÜNCHEN, 1965, SEITE 103

an der sich alle großen deutschen Holz-, Stahl- und Stahlbetonbaufirmen beteiligen. Mit 14 m breiten und 37 m langen Tonnenschalen wird eine Fläche von 50 x 220 m stützenfrei überdacht. Die Schalendicke beträgt im Scheitel nur 7 cm. Finsterwalder bringt den Mut auf, während der Bauphase die Höhe der Schalen von 6 auf 4 m zu reduzieren, ohne Dischinger zu informieren¹¹. Es folgen weitere Großmarkthallen: 1928 Basel (Arch. Gönner & Rhyner), 1930 Budapest (Arch. A.v. Münnich) und 1937 Köln (Arch. Theodor Teichen). 1939 entwirft er eine Flechtwerkkupele aus Stahlbeton für den Hauptbahnhof in München mit 280 m Spannweite und 100 m Höhe¹². Sie wird jedoch nicht ausgeführt wie auch Dischingers Kongresshallen Entwurf von 1934, eine

Doppelkupele, die er nach Plänen von Albert Speer für die Reichshauptstadt Berlin mit 250 m Spannweite entworfen hatte, da Hitler Betonbauten als „antivölkische“ Architektur verpönte¹³. Finsterwalder versucht hier offensichtlich die Stahlkonstruktion des offiziellen Wettbewerbs zu übertreffen, übersieht dabei aber die politischen und ästhetischen Dimensionen eines so gigantischen Bauwerks.

Bis zum Krieg werden noch unzählige Industrie-, Sport- und Flugzeughallen mit Kreissegmentenschalen unter maßgeblicher Mitarbeit von Huber Rüschi überdacht. 1933 stürzt eine Flugzeughalle in Cottbus ein. Finsterwalder kommt in Untersuchungshaft, wird verhört und mit Todesstrafe we-

11 Coop Himmelb(l)au wird bis 2009 auf dem Gelände des denkmalgeschützten Bauwerks noch ein Hochhaus für die Europäische Zentralbank bauen, wobei die Markthalle als Foyer und Kongresszentrum integriert werden soll.
12 Günschel, ebd.
13 Weischede, Dietger: Schalenbauwerke der 50-er Jahre, Seminarbericht WS 1996/97, TU Darmstadt
14 Kupfer, ebd.
15 Rausch, ebd.
16 Finsterwalder, Ulrich: Dywidag-Spannbeton, Der Bauingenieur, 1952, Heft 5

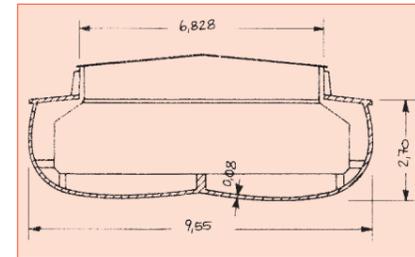


ABB. 6: QUERSCHNITT EINES GÜTERKAHNS; RAUSCH, HEINZ: ULRICH FINSTERWALDER IN „WEGBEREITER DER BAUTECHNIK“, HRSG. VDI-GESELLSCHAFT BAUTECHNIK, VDI-VERLAG GMBH, DÜSSELDORF 1990, SEITE 96

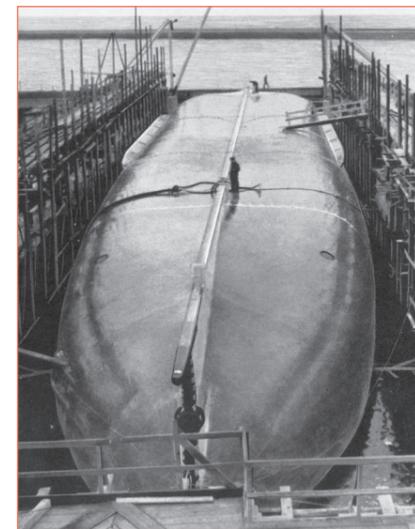


ABB. 7: TANKSCHIFF IN SCHALENBÄUWEISE VOR DEM STAPELLAUF; RAUSCH, HEINZ: ULRICH FINSTERWALDER IN „WEGBEREITER DER BAUTECHNIK“, HRSG. VDI-GESELLSCHAFT BAUTECHNIK, VDI-VERLAG GMBH, DÜSSELDORF 1990, SEITE 97

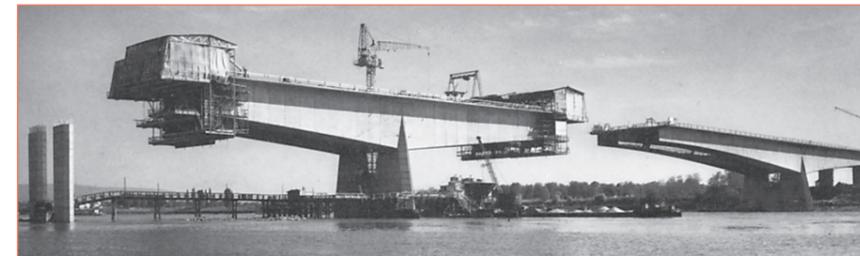


ABB. 8: RHEINBRÜCKE BENDORF – FREIER VORBAU; WITTFOHT, HANS: BETON-VERLAG DÜSSELDORF 1972, S. 210 ER HAT ES ÜBERNOMMEN AUS: BEYER, E., THUL, H., HOCHSTRASSEN, BETON-VERLAG, DÜSSELDORF

gen Sabotage bedroht. Da die Überprüfung der Statik und Konstruktion die einwandfreie Qualität der Planung und Ausführung bestätigt, wird er freigelassen. Man sucht und findet den Fehler im Kriechen des Betons, dessen Auswirkungen nach dem damaligen Stand der Technik noch nicht berücksichtigt worden waren¹⁴.

Der zweite Weltkrieg stellt auch die Baufirmen vor neue Aufgaben. Finsterwalder entwickelt die Stahl sparende Spiralbewehrung für Luftschutzbunker, die bis dahin mit der üppigen kubischen Bewehrung versehen werden. Die von ihm entwickelte Dywidag-Halbkreisbewehrung rettet vielen Menschen das Leben, indem sie bei Schutzbauten den Durchschlag von Sprengbomben verhindert. Insgesamt werden 100.000 t dieser Bewehrung eingebaut¹⁵.

Die Stahlknappheit führt 1942 auch zu einer speziellen, heute kaum mehr bekannten Entwicklung: Finsterwalder wendet die Schalentheorie beim Bau von Stahlbetonschiffen an. Die Boote werden aus einem speziell entwickelten hochfesten Leichtbetonkielob hergestellt, damit die Außenseite glatt bearbeitet werden kann. Anschließend werden sie durch einseitiges Fluten aufgerichtet. So stellt Dywidag insgesamt rund 300 Schwimmkörper her, darunter viele Pontons und Docks sowie über 60 Schiffe bis zu 6000 t.

Finsterwalders größter Beitrag ist die Entwicklung des Dywidag-Spannverfahrens¹⁶

und die Erfindung des freien Vorbaus von Spannbetonbrücken. Schon 1930 beim Wettbewerb für die Drei-Rosen-Brücke bei Basel schlägt er die Vorspannung für beidseits der Pfeiler auskragenden Gewölbehälften vor, aus denen sich die Brücke zusammensetzen soll. Als zu riskant wird der Entwurf nicht angenommen. Seine Absichten bei der Vorspannung sind neben der Beschränkung der Rißbreiten in der Zugzone von Betonkonstruktionen die Gewichtsreduktion und Einsparung von Stahl. Die Basis für sein Spannverfahren sind die aufgerollten spanlos hergestellten Gewinde bei den Spannstäben, deren einwandfreie Verankerung mittels Verankerungsglocken und deren Stoßausbildung mit Hilfe von Gewindemuffen, die eine praktisch endlose Verlängerung der Spannstäbe ermöglicht. Nach diesem Verfahren entstehen neben Brücken auch unzählige Überdachungen, Hallen (Großmarkthalle Hamburg, Schwarzwaldhalle Karlsruhe), Faul- und Wasserbehälter, ja sogar Eisenbahnschwellen und vieles mehr.

Die erste frei vorgebaute Brücke ist die Lahnbrücke bei Balduinstein (1950), dem 1952 die Wormser Nibelungenbrücke mit einer größten Spannweite von 132 m folgt. Von den Pfeilern aus werden die Kragträger ohne Rüstung und ohne Behinderung des regen Schiffsverkehrs auf dem Rhein abschnittsweise vorgebaut und vorgespannt bis sie sich in der Mitte treffen. Mit einer Öffnung von 208 m erreicht Finsterwalder den Höhepunkt seines Bauverfahrens im



ABB. 9: GLOCKENVERANKERUNG UND MUFFENSTOSS ULRICH FINSTERWALDER ZU SEINEM FÜNFZIGSTEN DIENSTJUBILÄUM, IN FESTSCHRIFT ULRICH FINSTERWALDER, HRSG. DYCKERHOFF & WIDMANN, G. BRAUN, KARLSRUHE, 1973, SEITE 61

Inland mit der Brücke in Bendorf, während weltweit noch über 100 Brücken teils mit größeren Spannweiten im freien Vorbau errichtet werden. 1959 entsteht auf der Autobahn München-Salzburg ebenfalls nach diesem Verfahren die Mangfallbrücke; ein doppelstöckiger Fachwerk-Durchlaufträger, was er als „perforierte Wand“ bezeichnet¹⁷. Architekt ist, wie bei den meisten seiner Brücken, der als Brückenarchitekt bekannt gewordene Gerd Lohmer. Großes Aufsehen erweckt Finsterwalder 1960 mit einem Entwurf einer nur 30 cm dicken Spannbandbrücke über den Bosphorus, der jedoch aus verkehrstechnischen und politischen Gründen nicht zur Ausführung kommt¹⁸.

Finsterwalder hat im Unterschied zu manch anderem Vollblutingenieur keine wesentlichen Probleme mit Architekten. Er kann sie bei Ingenieurbauten nach eigenem Ermessen zur Beratung hinzu ziehen. Bei Hochbauten arbeitet er mit zahlreichen bedeutenden Architekten seiner Zeit zusammen. In seinen Vorträgen und Veröffentlichungen äußert er sich oft zu Fragen der Ästhetik und Gestaltung: „Beide (Architekt und Ingenieur A.d.V.) müssen von dem Bestreben durchdrungen sein, ein Kunstwerk zu schaffen. Jeder von beiden muss von seinem Standpunkt aus die Arbeit des Partners nach bestem Vermögen zu fördern suchen. So werden beide zusam-

men Besseres schaffen, als es der Einzelne allein vermag.“¹⁹ „Das Streben, über die Erfüllung des unmittelbaren Zwecks hinaus ein Kunstwerk zu schaffen, scheint [...] des Schweißes der Edlen wert zu sein.“²⁰

17 Finsterwalder, Ulrich: Über das Entwerfen von Spannbandbrücken, Baumeister, 1960, Heft 6
18 Aus heutiger Sicht ist es ein glücklicher Umstand, dass an dieser Stelle eine Hängebrücke mit Uferpfeilern gebaut wurde, wenn man den regen Öltankerverkehr im Bosphorus bedenkt.
19 Finsterwalder, ebd.
20 Finsterwalder, ebd.



Abb. 10: MANGFALLBRÜCKE; LEONHARDT, FRITZ: BRÜCKEN, DEUTSCHER VERLAGS-ANSTALT, STUTTGART, 1994, SEITE 203



Abb. 11: ENTWURF SPANNBANDBRÜCKE ÜBER DEN BOSPORUS; VOM CAEMENTUM ZUM SPANNBETON, BAND II

www.binder-karriere.de ▶

Best conditions for your ideas.

BINDER, die Marke für höchste Ansprüche, ist weltweit der größte Spezialist für Simulationsschränke für das wissenschaftliche und industrielle Labor. Praktikanten, Diplomanden und Absolventen, die etwas bewegen wollen, bieten wir die besten Bedingungen, gemeinsam mit der Marke BINDER erfolgreich zu sein.

BINDER GmbH
Human Resources
Im Mittleren Ösch 5
D-78532 Tuttlingen

Best conditions for your success

Für beste Verbindungen zueinander.

Besuchen Sie Brugg Cables im Internet. Dort finden Sie Informationen zu Themen von A wie aktuelle Stellenangebote bis Z wie Zubehör für Telekommunikations-, Industrie- und Energiekabel. Tel. +41 (0)56 460 33 33, Fax +41 (0)56 460 35 36, E-Mail: info@brugg.com, http://www.brugg.com.

Well connected.

Innovative Technologie mit Weltformat

Turbokompressoren und Turbinen von MAN TURBO

MAN TURBO gehört zu den «top 3» der weltweit führenden Hersteller von Turbomaschinen. In einem einzigartigen Produkt-Portfolio von Kompressoren, Turbinen und Expandern verbindet sich innovative Technologie mit hoher Verfügbarkeit. Langjährige Erfahrungen aus Engineering, Produktion und Service setzen wir gezielt in die wirtschaftlichste Lösung um. Gemeinsam mit unseren Kunden entwickeln wir Anlagenkonzepte, um die industriellen Prozesse für höchste Marktansprüche zu optimieren. Komplett montiert und mit Gewichten bis ca. 600 Tonnen sind diese Maschinenmodule das Herz von Anwendungen in der Öl- und Gasindustrie, der Chemie und Petrochemie, der Luftzerlegung und Energieerzeugung für Anlagenbetreiber rund um den Globus.

MAN TURBO AG
Hardstrasse 319 · 8005 Zürich · Tel +41. 44. 278-2211 / Steinbrinkstrasse 1 · 46145 Oberhausen · Tel +49. 208. 692-01 / Egellsstrasse 21 · 13507 Berlin · Tel +49. 30. 4301-03

www.man-turbo.com

BAUINGENIEURWESEN

AUFBAU EINES DIGITALEN PRODUKTENTSTEHUNGSPROZESSES IN DER PROZESSKETTE PLANUNG, PRODUKTION, HANDEL UND VERKAUF VON KÜCHENMÖBELN – OPTIMAR

Optimar soll schrittweise durch immersive Virtual Reality die gesamte Prozesskette von der Planung, Konstruktion, Produktion, Handel und den Verkauf ermöglichen. Optimar ist der Aufbau eines digitalen Produktentstehungsprozesses, der nicht nur eine innovative Produktentwicklung sondern die prozessorientierte Entwicklung, Funktionalität, Kostenreduktion bis hin zum Kundenservice beinhaltet. Gelöst werden soll die Frage, wie aus dem Planungs- und Herstellungsprozess stammende 3D-Daten in der virtuellen Realität nicht nur betrachtet sondern auch verändert werden können. Die VR-Technologie in einer immersiven Umgebung (IVR) wird als neues 3D-Medium eingesetzt. Durch eine intuitive und interaktive Arbeitsweise wird der Benutzer frühzeitig sein Handeln überprüfen und gravierende Fehler in der Planung und der übrigen Prozesskette vermeiden.

Prof. Constantin Boytscheff
Tel.: +49 (0)7531 206- 619
e-Mail: boyt@htwg-konstanz.de

FLEXIBLE RAUMZELLE IN KOMPOSITBAUWEISE

Ausgehend vom vorhandenen und prognostizierten steigenden Bedarf an preiswerten, weitgehend vorgefertigten kleinen Wohneinheiten wird eine Raumzelle entwickelt, deren Anwendungsbereich vom Einzimmerapartment, über Geschoss/Maisonette-Wohnungen, Einfamilienhäuser bis hin zu Bürobauten reicht. Die einzelnen Raumzellen sind als vollständig entkoppelte Module, sowohl horizontal als auch vertikal, addierbar. Es sollen bis maximal sechs Geschosse realisiert werden und sowohl autarke Einzelzellen, als auch offene Raumstrukturen über mehrere Zellen und Geschosse hinweg möglich sein. Auf der Basis theoretischer und wissenschaftlicher Analysen sowie experimenteller Untersuchungen gemeinsam mit der HTWG Konstanz entwickelt die Carl Platz GmbH&Co KG eine neue Kompositbauweise. Innovative Kerne werden neben einer ganzen Reihe von Neuentwicklungen besonders ein neuartiges Stahlbetonteil für Decken und Böden sein, sowie eine neu zu entwickelnde Klebetechnik.

Prof. Dr. Wolfgang Francke
Tel.: +49 (0)7531/206-217
e-Mail: francke@htwg-konstanz.de

SELF-PURIFICATION OF SEWERAGE SYSTEMS CAUSED BY VARIATION OF RUNOFF CHARACTERISTICS BY DISCHARGE BRAKES WITH FLUSHING DEVICE

In combined water sewers sedimentation occurs during dry water flow that causes obstructions of flow. This leads to great transport of high loads into the receiving waters and the sewer treatment plant. At present the sewerage systems have to be cleaned in regular intervals. The existing discharge brake will be remodelled and used instead of these time-consuming and expensive methods. The effects of the discharge brake on sediments in sewage systems have to be analysed but it is expected that it will reduce the amount of sediments on the sewer. Additionally the discharge brake enables the precautionary cleaning of the sewers disregarding the occurrence of high precipitation. One or several pilot-plants will be developed. The planned research will be implemented at these experimental plants in the laboratory. Brakes arranged in form of a cascade of brakes helps to evaluate the current flow conditions. It has to be analyzed if the existing flow conditions avoid sediments or if intermittent flush wave has to be. If experimental models bring successful results the new technique will be computer simulated (hydraulic and load simulations) and tested in existing sewage systems. If necessary it is possible to change construction details of the brakes at this stage. In a next step practical tests in cities and communities will be carried out which demonstrate the brakes advantages in general use.

Prof. Dr. Werner Lutz
Tel.: +49 (0)7531 206-218
e-Mail: wlutz@htwg-konstanz.de

ENTWICKLUNG EINES TOURISTISCHEN LEIT- UND ORIENTIERUNGSSYSTEMS

Es wurde ein touristisches Leit- und Orientierungssystem für alle Verkehrsteilnehmer, aber vordringlich Pkws, insbesondere eine Wegeleitsystematik und entsprechende Visualisierungen für die Gemeinde Reichenau entwickelt.

Prof. Brian Switzer
Tel.: +49 (0)7531 3659273
e-Mail: switzer@htwg-konstanz.de

FEMBAU – FINITE-ELEMENT-MODELLIERUNG IM KONSTRUKTIVEN INGENIEURBAU

Im Projekt FEMBAU werden Konzepte zur Modellierung von Tragwerkselementen des konstruktiven Ingenieurbaus für die Finite-Element-Methode entwickelt. Darüber hinaus werden Tools für den Einsatz neuer Medien für die Vermittlung der Finite-Element-Methode in der Lehre konzipiert.

Prof. Dr.-Ing. Horst Werkle
Tel.: +49 (0)7531 206-212 / -164
e-Mail: werkle@htwg-konstanz.de

BÜRO-EFFIZIENZ

Im Projekt wird untersucht, welchen Einfluss bauphysikalische Parameter (Schall, Licht, Wärme, Luftfeuchtigkeit etc.) auf die Arbeitsleistung der Nutzer von Büros haben. Dabei wird die Wechselwirkung der bauphysikalischen Einflussparameter, Arbeitsabläufe und Arbeitsorganisation untersucht.

Prof. Dr. Bernd Jödicke
Tel.: +49 (0)7531 206-245
e-Mail: joedicke@htwg-konstanz.de

WEGGESTEUERTE ABNAHMEPRÜFUNGEN AN ZEMENTGEBUNDENEN STABILISIERUNGSSÄULEN

Im Rahmen der Qualitätssicherung werden Zementgebundene Stabilisierungssäulen in Laststufen von 160 kN belastet. Aus dem Last-Setzungsverhalten der Probesäulen können die Tragfähigkeit, das Verformungsverhalten und die langzeitliche Kriechvorgänge abgeschätzt werden. Mit der Zielsetzung eines möglichst geringen Prüfaufwandes bei gleichzeitig höherwertigen Prüfergebnissen, wurde eine Weggesteuerte Belastungseinrichtung entwickelt. Diese Spezialausrüstung wird bundesweit für die Qualitätssicherung zur Untergrundstabilisierung eingesetzt und dient damit indirekt auch als Instrument für eine praxisorientierte Forschung.

Prof. Dr. Wolfgang Reitmeier
Tel.: +49 (0)7531 206-224
e-Mail: reitmeier@htwg-konstanz.de

SPEZIELLE UNTERSUCHUNGEN AN BAUPRODUKTEN

In diesem Arbeitsbereich sind Prüfaufträge an Bauprodukten zusammengefasst, die nicht im Rahmen der von der Bauaufsicht geforderten Güteüberwachung, sondern im Auftrag im Zusammenhang mit speziellen Baumaßnahmen oder mit der Entwicklung neuer Bauprodukte durchgeführt werden. Beispiele hierfür sind Spezialprüfungen an Styroporblöcken, die bei Dammschüttungen im Straßenbau verwendet werden, Spezialprüfungen an glasfaserverstärkten Betonelementen, an Schalungsankern, Verwahrkästen

(Abschalelemente mit Anschlussbewehrung), neu entwickelten Estrichen, Festigkeitsprüfungen an Gewebeschaufen, die im Auftrag der Hersteller auf bestimmte Eigenschaften und Eignungen hin untersucht werden sollen. Da es sich hier oft nicht um Standardprüfungen handelt, für die es Prüfnormen gibt, müssen nicht selten geeignete Prüfverfahren entwickelt werden.

Prof. Franz Zahn PhD
Tel.: +49 (0)7531 206-216
e-Mail: zahn@htwg-konstanz.de

ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

QUALITÄTSKONTROLLE VON SPRITZGUSSTEILEN MITTELST MESSUNG

Die Qualität eines Kunststoffspritzgusses ist bei Verwendung metallischer Gehäuse unter anderem durch Röntgen zu untersuchen. Im Rahmen des Projektes wurde versucht, die zerstörungsfreie Methode der Teilentladungsmessung anzuwenden um Hohlräume im Spritzguss zu detektieren. Die Anwendbarkeit als Routineprüfung wurde orientierend überprüft.

Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt
Tel.: +49 (0)7531 206-112
e-mail: gvoigt@htwg-konstanz.de

BRENNSTOFFZELLENSCHIFF MIT DREHSTROMANTRIEB

Ein Schiff mit optimiertem Rumpf wird mit Brennstoffzelle (BZ), H₂-Speicher, PV-Generator und Batterie ausgerüstet. Die Ergänzung der PV durch den regelbaren Energiewandler BZ benötigt eine optimierte Betriebsführung (Energiemanagement) und gestattet damit eine 100%ig sichere Energieversorgung. Eine Funkverbindung zu einem Server an Land erlaubt die Beobachtung und die Beeinflussung der Anlage sowie die Kopplung mit dem Internet. Forschungsthemen umfassen unter anderem: Untersuchung und Anpassung der BZ-Technologie an Wasserfahrzeuge, Optimierung des Energiemanagements („predictive control“), Funkanbindung, Langzeiterprobung, Vergleich mit Landfahrzeugen. Ergänzend wird hierbei das Planungswerkzeug MODES zur technischen und wirtschaftlichen Simulation integrierter Energiesysteme (Strom und Wärme) eingesetzt.

Prof. Dr.-Ing. Christian Schaffrin
Tel.: +49 (0)7531 206-248
e-Mail: iaf-ewis@htwg-konstanz.de

TEILENTLADUNGSMESSUNG AN MEDIUM VOLTAGE (MV) KABELN

An kurzen Kabelstücken als Prüflinge mit serienmäßigen Endverschlüssen bzw. Muffen werden Teilentladungsmessungen bei 0,1 Hz und 50 Hz an realen Fehlern verglichen. Gemessen wird die TE Einsatzspannung, TE Pegel und Phasenverteilung sowie TE Aussetzungsspannung an ungestörten Kabeln sowie an Prüflingen mit künstlichen Fehlstellen.

Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt
Tel.: +49 (0)7531 206-510
e-Mail: gvoigt@htwg-konstanz.de

INFORMATIK

KONVEXE UNTERE SCHRANKENFUNKTIONEN UND IHRE ANWENDUNG IN DER GLOBALEN OPTIMIERUNG

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung neuer konvexer unterer Schrankenfunktionen für Polynome in mehreren Variablen. Diese basieren auf der Entwicklung eines Polynoms in Bernstein-Polynome und werden im Rahmen vorhandener Branch-und-Bound-Verfahren eingesetzt werden um restringierte globale Optimierungsprobleme zu lösen im Fall, dass die funktionalen Zusammenhänge durch Polynome beschrieben werden.

Die mit Hilfe dieser Schrankenfunktionen erhaltenen Ersatzprobleme sind konvex. Schranken für den Approximationsfehler sowie die Frage der Konvergenz der Folge der Näherungslösungen, die das Verfahren liefert, sind weitere Punkte des Arbeitsprogramms. Die Anwendung dieser unteren Schrankenfunktionen wird mittels Taylor-Entwicklung auf beliebige, hinreichend oft differenzierbare Funktionen erweitert werden. Ferner werden alle während der Rechnung auftretenden Rundungsfehler unter Kontrolle gebracht werden, so dass die erhaltenen Schranken auch wirklich garantiert werden können. Die entwickelten Schrankenfunktionen werden in Kombination mit Methoden des interval constraint solving auf das Problem der Parametermengenschätzung angewendet. Sie werden ferner eingesetzt werden, um die Lösungen von nichtlinearen Gleichungssystemen einzuschließen.

URL des Projektes: <http://www-home.htwg-konstanz.de/~garloff/>

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff
Tel.: +49 (0)7531 206-597, -627
e-Mail: garloff@htwg-konstanz.de

BUSINESS-KOMPONENTEN-ARCHITEKTUR UND FRAMEWORK FÜR WEB-BROWSER- UND APPLLET-BASIERENDE UNTERNEHMENSWEITE ANWENDUNGEN MIT ENTERPRISE JAVA BEANS

Das Vorhaben hat das Ziel, eine einheitliche Business-Komponenten-Architektur für Web-Browser- und Applet-basierende, unternehmensweite Anwendungen mit Enterprise Java Beans zu erstellen, mit der Unternehmen, die Internet- bzw. Intranet-Anwendungen für e-Business und e-Commerce erstellen, ihre Geschäftsprozesse möglichst schnell und einfach implementieren können. Die erstellten Komponenten sollen sich in verschiedenen Geschäftsvorfällen und Anwendungen wiederverwenden lassen. Unterstützende Werkzeuge wie etwa ein Klassen-Framework, das zur Erstellung anwendungsspezifischer Komponenten benutzt wird, sollen die Entwicklung der Komponenten erleichtern und vereinfachen. Anhand von Demonstrationsanwendungen, die sich in einem größeren, realitätsgetreuen Rahmen bewegen sollen, wird der Einsatz der Komponentenarchitektur und Werkzeuge evaluiert und demonstriert, so dass die in diesem Projekt entwickelte Architektur und Komponentenstruktur möglichst einfach, leicht und schnell in die Praxis transferiert werden können.

Prof. Dr. rer. nat. Hans-Albrecht Schmid
Tel.: +49 (0)7531 206-631
e-Mail: schmidha@htwg-konstanz.de

PARAMETERMENGENSCHÄTZUNG

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Parametermengenschätzung und dessen Anwendung beispielsweise in der Pharmakokinetik. Bei stark nichtlinearen Modellen sind die Annahmen der statistischen Schätztheorie fragwürdig. Zugrundegelegt wird daher ein deterministischer Ansatz, bei dem für jeden Messwert Schranken angegeben werden können. Durch Kombination von Methoden zur Verkleinerung des Suchraumes (durch interval constrained propagation) und unter Zuhilfenahme von Branch-and-Bound-Techniken zur Feinsuche erhält man ein Verfahren, mit dem die Menge aller Parameter, die konsistent mit den Messdaten sind, eingeschlossen werden. Durch Anwendung von Methoden zur Rundungsfehlerkontrolle (durch Intervall-Rechnung) kann diese Einschließung auch hinsichtlich der Rundungsfehler garantiert werden. Hieraus können dann nach weiteren Kriterien klinisch nützliche Parameter bestimmt werden.

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff
Tel.: +49 (0)7531 206-627
e-Mail: garloff@htwg-konstanz.de
<http://www-home.htwg-konstanz.de/~garloff/>

BADEN-WÜRTTEMBERG & SHANGHAI – PORTAL FÜR WISSENSCHAFT UND WIRTSCHAFT

Das Centrum für internationale Terminologie und angewandte Linguistik (CiTaL) der HTWG Konstanz wurde von der Landesregierung Baden-Württemberg (MWK und Wirtschaftsministerium) beauftragt, das mit der Shanghai-Regierung vereinbarte F&E-Projekt: „Internetportal Baden-Württemberg und Shanghai für Wissenschaft und Wirtschaft“ durchzuführen. Für die Region Shanghai wurde die Zusammenarbeit mit der Shanghai Jiaotong Universität (SJTU) eingerichtet. Auf dem Portal werden Plattformen bereitgestellt für die baden-württembergischen Hochschulen und Forschungsinstitute, sowie für Wirtschaftsorganisationen und Unternehmen. Die Web-Auftritte werden in drei Sprachen – Deutsch, Chinesisch, Englisch – präsentiert. Das Portal dient auch für Serviceangebote und aktuelle Nachrichten. Im Rahmen des Hochschulmarketings soll das BW/Shanghai-Portal den Zugang zu Bildungs- und Forschungsdatenbanken für beide Regionen ermöglichen. Durch die Erstellung von Referenz-Datenbanken in beiden Regionen wird ein multilinguales Suchsystem entwickelt. Eine Erweiterung des Suchsystems für den Wirtschaftsbereich ist vorgesehen. Als Expertenbereich wird eine Human Resources – Datenbank für beide Regionen eingerichtet. Dieses F&E-Projekt soll das Marketing und die Kooperation unter Verwendung modernster Kommunikationstechnologie im Bildungs-, Wissenschafts- und Wirtschaftsbereich unterstützen und fördern.

Prof. Dr. Wolfgang Thomassen, Prof. Dr. Reinhard Nürnberg
Tel.: +49 (0)7531 983620
e-Mail: cital@htwg-konstanz.de, nurnberg@htwg-konstanz.de
<http://www.bw-shanghai.de/>

MASCHINENBAU

AUFPRALLSIMULATOR FÜR MESSTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN IM BEREICH KFZ – SICHERHEITSSENSORIK

Das Projekt befasst sich mit der Entwicklung, der Konstruktion und dem Bau eines mobilen Aufprallsimulators, mit dem Fahrzeugcrashes für Menschen „erfahrbar“ gemacht werden. Es steht modernstes Equipment der Messtechnik und Kfz-Sensorik zur messtechnischen Untersuchung der bei Fahrzeugunfällen auf Menschen auftretenden Belastungen.

Prof. Dr. Klaus Durst
Tel.: +49 (0)7531 206-344
e-Mail: durst@htwg-konstanz.de

TROCKNUNG VON FRÜCHTEN UND GEMÜSEN

Es wird ein Verfahren entwickelt zur Trocknung von Früchten und Gemüse mittels Konvektion und/oder Strahlung.

Prof. Dr. Werner Hofacker
Tel.: +49 (0)7531 206-593
e-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

FORMULA-STUDENT-RENNWAGEN

Ziel des Projektes ist die Konstruktion und der Bau eines Rennwagens nach einer Ausschreibung der „Society of Automotive Engineering“ und dem Reglement der „Formula Student“. Das Bodensee-Racing-Team baut einen Monocoque-Rennwagen mit Duplex-Stahlrahmen, GFK-Chassis und Suzuki-Reihenvierzylinder-Mittelmotor mit 600 ccm, Mini-Cooper-Kompressor, Trockensumpfschmierung und eigens entwickelter Einspritzanlage.

Prof. Dr. Michael Butsch, Prof. Dr. Peter Kuchar
Tel.: +49 (0)7531 206-321
e-Mail: kuchar@htwg-konstanz.de
<http://www.brt-konstanz.de>

AUTOMATISCHE GENERIERUNG VON MATHEMATISCHEN MODELLEN IN DER ANTRIEBSTECHNIK, HYPAS

Verfahren und Software zur rechnergestützten, automatischen Generierung mathematischer Modelle, Analyse und Synthese der hydraulischen und pneumatischen Elemente, Antriebsanlagen und deren komplianten, mechanischen Strukturen.

Prof. Dr. Florin Ionescu
Tel.: +49 (0)7531 206-289 / -320
e-Mail: ionescu@htwg-konstanz.de

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@htwg-konstanz.de

FORMGEDÄCHTNIS-MARKNAGEL ZUR KNOCHENVERLÄNGERUNG

Knochendefekte können beispielsweise durch einen Tumor oder Unfall entstehen. Während der chirurgischen Behandlung dient der Marknagel zur Stabilisierung und ermöglicht bei geeigneter Gestaltung die körpereigene Neubildung von Knochenmaterial. Gegenstand des Projektes ist die Entwicklung eines aktiven Marknagels mit einem Antrieb durch Formgedächtnislegierungen (FGL) zur Knochenverlängerung und Defektüberbrückung entsprechend der Methode nach Betz und Baumgart.

Nach der Knochendurchtrennung wird der Marknagel in die Markhöhle des Röhrenknochens eingeführt und an den beiden Knochenfragmenten fixiert. Durch Hochfrequenz-Energieeinkopplung erfolgt die Erwärmung des Formgedächtniselementes und bewirkt anschließend die Knochenverlängerung. Die Operationswunde wird nach der Implantation wieder vollständig geschlossen, so dass das Infektionsrisiko minimal bleibt. Beim Auseinanderwandern der Knochenfragmente - ca. 1 mm pro Tag - wird Knochenmaterial nachgebildet, welches später die hervorragenden mechanischen Eigenschaften eines Röhrenknochens besitzt. Derzeit im klinischen Einsatz befindliche Marknägel besitzen gegenüber allen bisherigen Lösungen entscheidende Vorteile; jedoch sind 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@htwg-konstanz.de

ENTWICKLUNG EINES AKTUATORS 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@htwg-konstanz.de

SCHNELLSCHALTENDE AKTOREN FÜR ADAPTIVE SICHERHEITSSYSTEME IM KRAFTFAHRZEUGBAU

Gegenstand des Projektes ist die werkstoffkundliche Entwicklung eines adaptiven Sicherheitssystems mit Formgedächtnislegierungen zum Einsatz in Kraftfahrzeugen. Durch die spontane Umwandlung der FGL beim Überschreiten einer kritischen Temperatur können sehr schnell und funktionssicher Linearbewegungen ausgeführt werden. Das Problem der Langzeitstabilität des Formgedächtniseffektes soll in diesem Forschungsvorhaben betrachtet werden. Hierzu werden Auslagerungsversuche sowohl die Auswirkungen von Ausscheidungen als auch die metallkundlichen Hintergründe für die Entstehung der Ausscheidungen betrachtet. Durch die Kenntnis der ablaufenden Vorgänge sollte es möglich sein, Legierungen einzusetzen, die die erforderliche Langzeitstabilität aufweisen. In einem weiteren Projektschritt werden Schnellerwärmungssysteme entwickelt und erprobt, die es ermöglichen, mit den vorhandenen Borstromnetzen eine schnellstmögliche und sichere Erwärmung der FGL-Elemente zu gewährleisten.

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel
Tel.: +49 (0)7531 206-316
e-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

PRÜFSTANDSENTWICKLUNG UND OPTIMIERUNG DER TRIBOLOGISCHEN EIGENSCHAFTEN BEI MAGNETISCHEN KURZHUBIGEN LINEARANTRIEBEN

Der Einsatz von kurzhubigen magnetischen Linearantrieben wird auch in Zukunft ständig zunehmen. Deshalb ist es notwendig durch innovative Weiterentwicklung und Optimierung der Produkte die Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer zu steigern und somit die globale Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens weiter zu entwickeln. Gegenstand dieses Forschungsvorhabens ist die Untersuchung von Materialpaarungen und Schichtsystemen auf deren individuelles Reibungs- und Verschleißverhalten. Dazu soll ein Prüfstand entwickelt werden, mit dessen Hilfe es möglich ist, das tribologische System von kurzhubigen, magnetischen Linearantrieben möglichst einfach abzubilden. In einem weiteren Projektschritt soll der bestehende Prüfstand so erweitert werden, dass das zu untersuchende tribologische System eines kurzhu-

bigen, magnetischen Linearantriebs möglichst realistisch abgebildet werden kann.

Während des Forschungsprojektes sollen unterschiedliche Materialpaarungen und Schichtsysteme in den einzelnen Entwicklungsstufen des Prüfstandes auf dessen Reibungs- und Verschleißverhalten untersucht werden. Die daraus gewonnenen Ergebnisse sollen verwendet werden, um die Reibung in den untersuchten Systemen zu minimieren und somit die Produktqualität zu verbessern.

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel
Tel.: +49 (0)7531 206-316, -579
e-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

ANLAGEN- UND VERFAHRENTWICKLUNG ZUR SCHONENDEN UND ENERGIEEFFIZIENTEN PRODUKTION GETROCKNETER, BIOLOGISCHER GÜTER

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur Trocknung empfindlicher biologischer Güter. Dieses, vor allem für die Herstellung von Trockenfrüchten einsetzbare Verfahren, soll im Gegensatz zum Stand der Technik, erstmals die Temperatur des Trocknungsgutes als Führungsgröße nutzen und somit so effizient als möglich bei geringstmöglichen Qualitätsveränderungen während des Trocknungsprozesses arbeiten. Dadurch sollen sowohl Nachhaltigkeitseffekte durch die effizientere Energieausnutzung als auch signifikante Qualitätsverbesserungen erzielt werden.

Prof. Dr. Werner Hofacker
Tel.: +49 (0)7531 206- 593
e-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

EUI-NET - EUROPEAN UNIVERSITY-INDUSTRY NETWORK

The EUI-Net Thematic Network approaches the transversal theme of the university role in a knowledge-driven society. The project aims to create a European network of universities and industrial partners in the field of education, research and services. The main objectives are to define an update generic and specific competences relevant to the industrial sector using the „Tuning“ methodology, in particular for the practical stages of the students as part of the curriculum and to promote synergies between teaching - learning - research in the Higher Education European for a better integration of research results in the teaching programmes.

Prof. Dr. Peter Kuchar
Tel.: +49 (0)7531 206-321
e-Mail: kuchar@htwg-konstanz.de

LABORUNTERSUCHUNGEN ZUR KRAFTSTOFFQUALITÄT AN EINEM RAPSÖL-BHKW

In Kooperation mit der Firma Sener-Tec GmbH, dem Technologie- und Förderzentrum Straubing sowie dem Lehrstuhl für Technologie Biogener Rohstoffe der TU München wird der Einfluss verschiedener Rapsölkraftstoffkomponenten auf das Betriebs- und Emissionsverhalten eines Rapsöl-Blockheizkraftwerkes (BHKW) untersucht. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf den durch Kraftstoffkomponenten verursachten Ablagerungen an innermotorischen Bauteilen und Abgasnachbehandlungskomponenten (Rußfilter).

Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner
Tel.: +49 (0)7531 206-307
e-Mail: schreiner@htwg-konstanz.de

ONLINE-ERKENNUNG VON MOTORSCHÄDLICHER ABLAGERUNGSBILDUNG

Ein Problem von Rapsöl ist, dass es bei schlechter Qualität zu Ablagerungen in Verbrennungsmotoren und nachfolgend zu Schäden am Motor führen kann. Durch die vom DIN UA 632.2 unter Federführung des TFZ in Straubing entwickelte DIN-Vornorm 51605 wurde ein wichtiger Schritt unternommen, um die physikalisch-chemischen Eigenschaften von Rapsöl-Kraftstoffen so festzulegen, dass Schäden ausgeschlossen werden können. Diese Grenzwerte der Vornorm müssen jedoch noch durch umfangreiche motorische Untersuchungen untermauert werden, um insbesondere den Einfluss bestimmter Elementgehalte von Rapsöl besser kennen zu lernen.

Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner
Tel.: +49 (0) 7531 206- 307
e-Mail: schreiner@htwg-konstanz.de

VERFAHREN ZUM MONITORING DER BIOLOGISCHEN BELASTUNG IN DER TIERHALTUNG

Es wird ein neuartiges Verfahren zum Monitoring biologischer Belastungen in der Tierhaltung entwickelt. Der Lösungsansatz basiert auf der Erfassung von biologischen, pyrogenen (fieberinduzierenden) Schadstoffen in der Stallluft bei ausgewählten Nutztierarten (Schwerpunkt: Schweine, Hühner). Ziel ist es, erstmals ein geeignetes Messverfahren für die Tierhaltung bereitzustellen und somit eine Verbesserung und Überwachung der Lebensbedingungen von Tieren in der Massentierhaltung zu ermöglichen.

Prof. Dr. Dieter Schwechten
Tel.: +49 (0) 7531 206-535
e-Mail: schwecht@htwg-konstanz.de

WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN

PRODUCTIVITY IN THE EUROPEAN UNION: A COMPARATIVE INDUSTRY APPROACH (EU KLEMS)

This project aims to create a database on measures of economic growth, productivity, employment creation, capital formation and technological change at the industry level for all European Union member states from 1970 onwards. This work will provide an important input to policy evaluation, in particular for the assessment of the goals concerning competitiveness and economic growth potential as established by the Lisbon and Barcelona summit goals. The database should facilitate the sustainable production of high quality statistics using the methodologies of national accounts and input-output analysis. The input measures will include various categories of capital, labour, energy, material and service inputs. Productivity measures will be developed, in particular with growth accounting techniques. Several measures on knowledge creation will also be constructed. Substantial methodological and data research on these measures will be carried out to improve international comparability. There will be ample attention for the development of a flexible database structure, and for the progressive implementation of the database in official statistics over the course of the project. The database will be used for analytical and policy-related purposes, in particular by studying the relationship between skill formation, technological progress and innovation on the one hand, and productivity, on the other. To facilitate this type of analysis a link will also be sought with existing micro (firm level) databases. The balance in academic, statistical and policy input in this project is realised by the participation of 15 organisations from across the EU, representing a mix of academic institutions and national economic policy research institutes and with the support from various statistical offices and the OECD.

Prof. Dr. Jörg Beutel
Tel.: +49 (0)7531 206-251
e-Mail: beutel@htwg-konstanz.de

WEB.MBA - ENTWICKLUNG VON FERNSTUDIENMODULEN FÜR DEUTSCH- UND ENGLISCHSPRACHIGE MBA-STUDIENGÄNGE

Das Projekt wird internetgerecht didaktisierte Inhalte für Lehrveranstaltungen in drei MBA entwickeln und für den Einsatz auf einer virtuellen Lernplattform medialisieren. Für fünf Lehrveranstaltungen in den berufsbegleitenden Masterstudiengängen Internationales Management Asien, Human Capital Management und Accounting and Corporate Finance werden Inhalte entwickelt und auf einer virtuellen Lernplattform dargestellt. Diese mediale Vermittlungsform bietet den Teilnehmern der berufsbegleitenden Aufbaustudiengänge den Vorteil einer teilweisen zeitlichen und räumlichen Unabhängigkeit. Das vom baden-württembergischen

Wissenschaftsministerium geförderte Projekt dauert von 2001 bis 2006. Zu den Inhalten zählen einerseits englischsprachige Veranstaltungen über „Interkulturelles Management“ und „Interkulturelles Marketing“, andererseits Kurse in Wirtschaftsenglisch. Sie sollen die Internationalität der vermittelten Qualifizierung erhöhen. Es sollen extensive Online-Lehrveranstaltungen entstehen, deren Form die effektive und effiziente Vermittlung der Lerninhalte sowie Diskurs- und Feedbackmechanismen ermöglichen, die in den Präsenzphasen etablierte „Wissensgemeinschaft“ unterstützt und ergänzt, und ein Maximum an zeitlicher Flexibilität für die Teilnehmer gewährleistet. Dafür wird ein Konzept für eine Ressourcen-basierte Lernumgebung entwickelt, die eine Reihe von internetgerechten Vermittlungs- und Kommunikationsformen beinhaltet. Wesentlicher Bestandteil des Projekts ist die Erstellung von digitalisierten Lerninhalten zu den Lehrveranstaltungen in Form von Hypertext und die Entwicklung anderer Lernressourcen in medial angemessener Form, zum Beispiel Audio-Sequenzen mit Experteninterviews und Vortragsausschnitten, Graphiken, Animation und kommentierten Internet-Verknüpfungen zu anderen frei verfügbaren Wissensbeständen. Synchron und asynchrone Kommunikationswerkzeuge, etwa Audio-Konferenzen, Whiteboarding und Foren, werden in das didaktische Gesamtkonzept angemessen integriert. Plattform für die zu entwickelnde Lernumgebung ist die vom Projektleiter mitentwickelte Delta Intercultural Academy (www.dialogin.com), eine virtuelle ‚knowledge and learning community‘ zum Thema ‚Interkulturelle Wirtschafts- und Managementkommunikation‘.
URL des Projektes: <http://www.fhk-mba.de>

Prof. Peter Franklin
Tel.: +49 (0)7531 206-396
e-Mail: franklin@htwg-konstanz.de

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 Wirtschafts-

leben 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 USA zu leisten.

Prof. Peter Franklin
Tel.: +49 (0)7531 206-396
e-Mail: franklin@fh-konstanz.de

WORKING WITH CANADA AND FRANCE: EFFEKTIVE INTERKULTURELLE MANAGEMENTKOMMUNIKATION UND -KOOPERATION

Bei diesem Projekt handelt es sich um eine Untersuchung zur Managementkommunikation auf den höchsten Führungsebenen zwischen einem nordamerikanischen Konzern und einer deutschen Tochtergesellschaft und zwischen derselben deutschen Firma und einer französischen Schwestergesellschaft. Es werden Daten über die Sprache, Form, Medium, Funktion und Schwierigkeiten aus deutscher Sicht der erlebten Kommunikation erhoben und auf dieser Grundlage werden Konzepte zur Optimierung der Kommunikation und Kooperation entwickelt und in Form von Personal- und Organisationsentwicklungsmaßnahmen umgesetzt.

Prof. Peter Franklin
Tel.: +49 (0)7531 206-396
e-Mail: franklin@htwg-konstanz.de

DER VORKENNTNISSE AUSLÄNDISCHER STUDIENBEWERBER AN FACHHOCHSCHULEN BADEN-WÜRTTEMBERGS

In enger Kooperation mit den Fachhochschulen Baden-Württembergs werden aussagekräftige Prüfungen der Vorkenntnisse entwickelt und erprobt. Die Prüfungen sollen vom Ausländerstudienkolleg der Fachhochschulen in Baden-Württemberg an der Fachhochschule Konstanz durchgeführt werden. Das Projekt umfasst die Entwicklung der Prüfungen und des Informationsmaterials für die Studienbewerber, die Implementierung an den Fachhochschulen in Baden-Württemberg sowie die Entwicklung eines Kurscurriculums.

Prof. Christian Krekeler
Tel.: +49 (0)7531 206-395
e-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

ÖKOM - 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 53781
e-Mail: fearnis@htwg-konstanz.de

ENTWICKLUNG UND IMPLEMENTIERUNG VON PRÜFUNGEN

UNTERSUCHUNG DER EIGNUNG VON STAKEHOLDER-MANAGEMENT

UND NETZWERKGovernance ZUR REDUZIERUNG INSTITUTIONELLER DEFIZITE DER GLOBALISIERUNG (CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY - CSR)

Gegenstand der Forschungsinitiative ist die Frage, welchen Beitrag Organisationen der Wirtschaft bei der Lösung gesellschaftlicher Aufgaben, die auf der Schnittstelle von Politik und Wirtschaft angesiedelt sind, leisten können und sollen. Diese Diskussion wird heute in Europa unter dem Stichwort „Corporate Social Responsibility“ (CSR) geführt. Dabei wird insbesondere die Rolle der Unternehmen in interorganisationalen Netzwerken thematisiert. Ziel des Forschungsvorhabens ist es zu untersuchen, inwieweit und in welcher Hinsicht das neue Phänomen der Netzwerk-governance eine sachlich geeignete und moralisch glaubwürdige Organisationsform ist, das institutionelle Defizit der Globalisierung zu füllen.

Prof. Dr. habil. Josef Wieland
Tel.: +49 (0)7531 206-404
e-Mail: wieland@htwg-konstanz.de

OPERATIONALISIERUNG EINES WERTEADJUSTIERTEN, VERHALTENS-ORIENTIERTEN 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@htwg-konstanz.de

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-organisationalen 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 Lieferantenmanagements 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@htwg-konstanz.de
www.kiem.htwg-konstanz.de

ERARBEITUNG EINES INTERNATIONALEN ISO-STANDARDS SOCIAL RESPONSIBILITY

Im Projekt wird ein ISO-Standard erarbeitet, der es allen Arten von Organisationen in allen Ländern der Welt möglich machen soll, Prozesse der Wahrnehmung sozialer und ökologischer Verantwortung in den jeweiligen Gesellschaften zu implementieren und zu leben.

Prof. Dr. habil. Josef Wieland
Tel.: +49 (0)7531 206-404
e-Mail: wieland@htwg-konstanz.de
www.kiem.htwg-konstanz.de

INTEGRITÄTSORIENTIERTES LIEFERANTENMANAGEMENT

think globally, act locally

BorgWarner, synonym for innovation & product leadership

For over 100 years, our commitment to the automotive industry has been evidenced by the momentum of our technological advances.



BorgWarner Cooling Systems GmbH
Planck Str. 4 & 6
88677 Markdorf
Germany
Tel: ++49-7544-969-0

For more information:
www.borgwarner.com



ZF sollte drin sein.
Denn mit unserer innovativen
Antriebs- und Fahrwerktechnik
fahren Sie spürbar besser.



www.zf.com

An moderne Autos werden ständig höhere Anforderungen gestellt. Unsere Ingenieure nehmen die Herausforderung an. ZF entwickelt neue Produkte, die allen Ansprüchen gerecht werden: 6-Gang-Automatgetriebe, manuelle und automatisierte 6-Gang-Schaltgetriebe, Doppelkupplungsgetriebe, variable Dämpfungssysteme wie CDC[®], Aktive Wankstabilisierung ARS, Fahrwerkkomponenten und komplette Achssysteme und Lenksysteme wie Servotronic[®], Servolelectric[®] und Aktivlenkung.

Antriebs- und Fahrwerktechnik

