



FACHHOCHSCHULE TRIER

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung
University of Applied Sciences

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

2009-2010

Grußwort und Vorwort

Wissenschaftlich formuliert ist „Forschung und Entwicklung ... die Suche nach neuen Erkenntnissen unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden in geplanter Form. Forschung ist der generelle Erwerb neuer Kenntnisse, Entwicklung deren erstmalige konkretisierende Anwendung und praktische Umsetzung“. Diese nüchterne Beschreibung wird allerdings den tatsächlichen Umständen der praktischen Hochschulforschung nur unzureichend gerecht, so dass man diese Definition fast philosophisch ergänzen muss: Die konkrete Suche nach neuen Erkenntnissen entpuppt sich meist als höchst steiniger Weg des Entdeckens, mit Höhen und Tiefen, und als Weggefährten die kreative Freiheit, das vermeintlich Unmögliche erreichen zu wollen. Dazu gesellen sich Notwendigkeit und Zufall, Unabhängigkeit und Verantwortung sowie die – meist selbst-aufgelegte – Verpflichtung, aus einem positiven Forschungsergebnis konkrete Anwendungen zu entwickeln.


Insbesondere die Entwicklung praxisrelevanter Technologien und deren erfolgreicher Transfer in die Wirtschaft stehen mehr und mehr im Fokus anwendungsorientierter (Fach-)Hochschulen, wobei die Forschungsaktivitäten oft auch drittmittelfinanziert in Kooperation mit Unternehmen nicht nur der regionalen Wirtschaft betrieben werden. So konnten die Fachhochschulen des Landes Rheinland-Pfalz ihre Drittmiteinnahmen von 1998 bis 2008 um mehr als 120 % steigern, allen voran die Fachhochschule Trier mit Drittmiteinnahmen in 2008 von 3,4 Mio. €.

Mit diesem Forschungsbericht möchte die Fachhochschule Trier konkrete Ergebnisse ausgewählter Forschungs- und Entwicklungsprojekte dokumentieren und gleichzeitig der interessierten

Öffentlichkeit zeigen, dass unsere Hochschule nicht nur ein anerkannter Ort der Lehre und des Lernens ist, sondern ihrem Forschungsauftrag als anwendungsorientierte Hochschule gerecht wird. Insbesondere sollen die beispielhaften Projekte Entscheidungsträger in der Wirtschaft dazu anregen, mit unseren forschenden Hochschullehrern in Kontakt zu treten, um den Wissens- und Technologietransfer in beide Richtungen und zum beiderseitigen Nutzen zu fördern. Hierzu kann schon an dieser Stelle auf den Beitrag über das „Transferwissensnetz in Rheinland-Pfalz (twin-rlp)“ (vgl. hierzu den Bericht auf S. xx ff.) hingewiesen werden, das sich gerade zum hochschulübergreifenden Bindeglied zwischen Wissenschaft und Wirtschaft entwickelt.

An dieser Stelle möchten wir allen beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in den Fachbereichen, den Institutsleiterinnen und -leitern sowie ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die an der Entstehung dieses Forschungsberichts beteiligt waren, unseren herzlichen Dank aussprechen.

Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, danken wir herzlich für Ihr Interesse an unserer Fachhochschule und ihren Forschungsarbeiten. Sollten wir durch diesen Forschungsbericht Ihr Interesse geweckt haben, beispielsweise eine Forschungsidee oder ein Entwicklungsvorhaben mit uns anzupacken, dann freuen wir uns ganz besonders auf das Gespräch mit Ihnen.



Prof. Dr.
Jörg Wallmeier
Präsident

Prof. Dr.
Axel Kihm
Vizepräsident

Prof. Dr.
Norbert Kuhn
Vizepräsident

Inhaltsverzeichnis

| Technik und Informatik

proTRon AERIS - Entwicklung eines alltagstauglichen Energiesparfahrzeuges	4
Barrierefreie Bearbeitung von Dokumenten im E-Government	10
Messung der Rollreibung von Fahrradreifen	14
Mikroskopie in der laseroptischen Messtechnik zur Verformungs- und Dehnungsmessung von Mikrostrukturen	20
Hochwasserabflüsse der Mosel	31
Design eines Daten- und Informationsportals als Forschungsinfrastruktur für Großschutzgebiete	36
Optimierung von Mikro-Drohnen zur Unterstützung von Polizei und Katastrophenschutz	40
Schadstoffreduzierung bei Dieselmotoren durch den Einsatz von Diesel/Wasser-Emulsionen	43
Automatisierte Erstellung und Aktualisierung von Projektplänen im Multi-Projektmanagement	46
Evolution im Auto: vom Einzeller zum Mehrzeller - Migration von Echtzeitsoftware auf Mehrkernprozessoren	51
Mensch-Maschine-Interaktion im Automobil	56
Forschungsschwerpunkt Thermoelektrik	60
Optical Waveguide Computer Aided Design (OWCAD)	64
Automatisierte Generierung von Niederschlagabflussmodellen - multivariate Zeitreihenanalyse für die Identifikation von Zustandsgrößen	70
Strömungen in Radseitenräumen von Turbomaschinen	75

CFD-Modellierung von Zweiphasigen Freistrahlen und koaxialen Freistrahlen	81
Entwicklung einer energieeffizienten und emissionsarmen Kleinfeuerungsanlage zur Holzverbrennung mit Hilfe moderner Regelungs- und Filterungstechniken sowie innovativer Verbrennungsraumgestaltung	86

| Wirtschaft und Recht

Ertragsteuerermittlung bei Kapitalgesellschaften	90
Unternehmensbewertung in Krisenzeiten	99
Qualifikation von Mitgliedern der Aufsichtsgremien öffentlicher Unternehmen	103
Stoffstrommanagement als innovatives Instrument einer nachhaltigen Zukunftsgestaltung	107
Hochschulnetzwerk ETAP - Woche der Rechnungslegung in Trier mit über 100 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus 12 Ländern Europas -	116

| Gestaltung

Energetisches Konstruieren Gestalt- und Formfindungsprozesse	119
Entwicklung neuer Steinschliffe	123
SchmuckDenken - Auf der Suche nach einer Theorie des Schmucks	126

| Wissens- und Technologietransfer

Transferwissensnetz in Rheinland-Pfalz twin-rlp	130
Forschung, Entwicklung, Wissens- und Technologietransfer	134



**„Den Laden
schmeißen.“**

Jetzt
beraten
lassen!

Jeder Mensch hat etwas, das ihn antreibt.

Wir machen den Weg frei.

Der VR-FinanzPlan Mittelstand ist für alle, die unabhängig werden oder es bleiben wollen. Mit ihm finden Sie für jede Herausforderung die richtige finanzielle Lösung. Schnell und unkompliziert. Damit Sie sich voll und ganz auf Ihre Aufgabe als Inhaber konzentrieren können und der Laden läuft. Sprechen Sie einfach persönlich mit Ihrem Berater oder informieren Sie sich online.

**Volksbanken
Raiffeisenbanken**





proTRon AERIS - Entwicklung eines alltagstauglichen Energiesparfahrzeuges

Prof. Dr. Hartmut Zoppke, Dipl.-Ing.
Michael Hoffmann, Dipl.-Ing.
Sebastian Knauf, Dipl.-Ing.
Daniel Ruppert

Der Shell-Eco Marathon

Mit einem Liter Kraftstoff die größtmögliche Entfernung zurücklegen und so wenig Schadstoffe wie möglich ausstoßen, das ist der Grundgedanke des Shell Eco Marathons. Der derzeitige Rekord liegt bei 3836 km mit einem Liter Benzin oder einem Verbrauch von nur 0,026 Litern auf 100 km. Jedes Jahr lädt das Energieunternehmen Shell junge Menschen ein, ihre Ideen von zukünftiger Mobilität und verantwortungsbewusstem Umgang mit Energie umzusetzen und ein Fahrzeug zu entwerfen sowie zu konstruieren, das diesen Kriterien entspricht. Im Jahr 2009 feierte der Shell-Eco Marathon sein Debüt auf dem Eurospeedway Lausitzring.

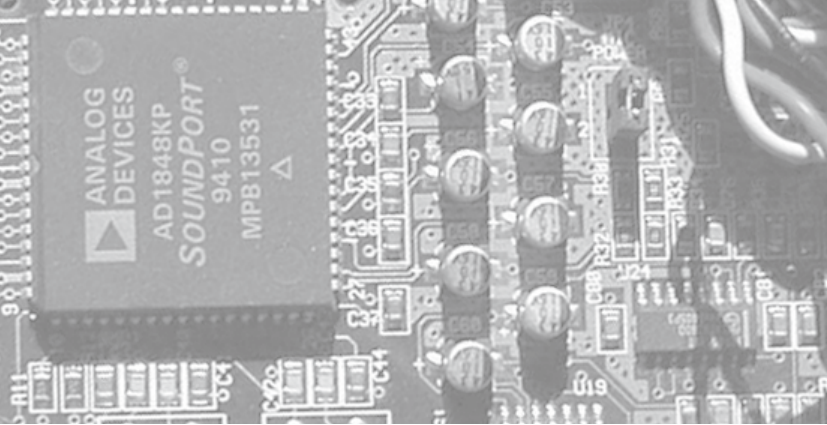
Egal, welches Antriebskonzept – alle Fahrzeuge der Prototypenklasse müssen acht Runden mit je 3,2km in 51 Minuten zurücklegen. In der Urbanklasse werden sieben Runden mit 3,17km absolviert. Inklusiv drei Stopps à 10 Sekunden ist dort eine Maximalzeit von 53 Minuten vorgegeben. Der beste von vier (Prototyp) bzw. drei (Urban) Versuchen wird gewertet. Die Verbrauchsdaten werden dann umgerechnet, um das Äquivalent „Fahrstrecke in Kilometern pro 1 Liter Superbenzin“ zu ermitteln. Der proTRon II erreichte beim diesjährigen Wettbewerb eine Laufleistung von 3178km/1l und der AERIS wurde mit dem Titel „Highly Recommended for Design“ ausgezeichnet.

Das Team proTRon der FH-Trier

Energieeffiziente Fahrzeuge und Fahrzeugantriebe stellen einen Lehr- und Forschungsschwerpunkt im Fachbereich Technik der FH Trier dar und



Abbildung 0 1: Das Team proTRon am Eurospeedway Lausitzring



so war es nur konsequent, dass sich im April 2006 ein studentisches Team formierte, um eine Teilnahme am Shell Eco Marathon mit einem eigenen Fahrzeug vorzubereiten. Professoren und Hochschulmitarbeiter unterstützen dieses eigenverantwortlich arbeitende Team.

Den größten Teil des heute 35 Personen zählenden Teams bilden Studierende der Fachrichtungen Maschinenbau/Fahrzeugtechnik und Elektrotechnik. Weiterhin arbeiten Studierende der Fachrichtungen Informatik und Kommunikationsdesign mit im Projekt, denn nicht nur die technische Umsetzung sondern auch die Öffentlichkeitsarbeit ist ein wichtiger Bestandteil des Projektes. Die Arbeit erfolgt größtenteils parallel zum normalen Semesterbetrieb, jedoch werden auch regelmäßig mehrere Diplom-/Bachelor- und Praxisarbeiten im Rahmen des Projektes angefertigt.

Zwei Jahre nach der ersten erfolgreichen Teilnahme am Shell-Eco Marathon im Jahr 2007 mit dem Fahrzeug proTRon I setzte sich das Team ein neues Ziel. Neben der Teilnahme in der Klasse der Prototypen sollte ein weiteres Fahrzeug für die Urban-Concept-Kategorie entwickelt werden. Der Startschuss für dieses neue Fahrzeug, den proTRon AERIS, fiel im Oktober 2008. Bereits acht Monate später im Mai 2009 drehte der AERIS seine ersten Runden aus eigener Kraft auf dem Eurospeedway Lausitzring im Rahmen des Shell-Eco Marathons 2009.

Entwicklung des proTRon AERIS

Die Idee des proTRon AERIS ist es, die erfolgreiche Technologie des weiter entwickelten proTRon II auf ein alltagstaugliches Fahrzeug zu übertragen. Dieses Forschungsfahrzeug soll an der FH Trier künftig auch als Versuchsträger für

verschiedene Projekte des Instituts für Fahrzeugtechnik Trier (IFT) und seiner Partner dienen. Bei der Konzeptfestlegung bedeutet Alltagstauglichkeit für das studentische Team, dass der AERIS ein Zweisitzer ist, der auch von Menschen mit 1,90m Körpergröße gefahren werden kann und in der Bedienung einem Serien-PKW entspricht. Selbstverständlich wurde für dieses straßentaugliche Stadtfahrzeug auch ein Kofferraum vorgesehen. Mit 3,5m Länge, 1,3m Breite und 1,1m Höhe hält das Fahrzeug die maximal zulässigen Maße im Reglement des Shell-Eco Marathons ein, geht aber in seinen Nutzungsmöglichkeiten weit über die dort geforderten Mindeststandards hinaus. Mit der bereits mit proTRon II unter Beweis gestellten Kompetenz und den neuen anspruchsvollen Anforderungen konnte neben weiteren Sponsoren die Wilhelm Karmann GmbH für eine Zusammenarbeit gewonnen werden. Das Karosseriedesign wurde in Workshops von den Studierenden und professionellen Industriedesignern von Karmann erarbeitet.

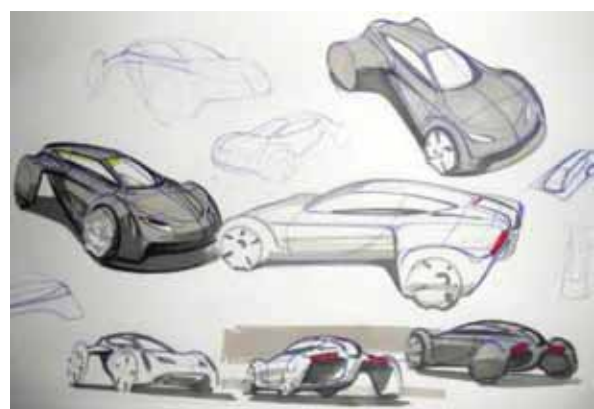


Abbildung 0 1: Erste Designskizzen

Aus ersten Designskizzen wurden 3D-CAD Modelle erstellt, welche von Studenten auf Ihre



Strömungseigenschaften untersucht und optimiert worden sind. Diese Optimierung wurde mit der CFD-Software (Computational Fluid Dynamics) ANSYS Fluent durchgeführt, einem High-End Berechnungstool, das auch in der Automobilindustrie verwendet wird.

Durch ständige Detailoptimierung konnte ein CW-Wert von 0,18 erreicht werden. Im Vergleich dazu hat ein besonders strömungsgünstiger PKW einen CW-Wert von 0,25.

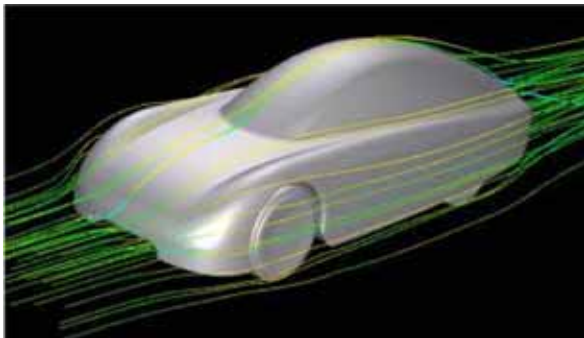


Abbildung 0 2: CFD-Simulation des Karosserie

Nach dem sogenannten Design-Freeze wurden alle weiteren konstruktiven Auslegungen und Details, Berechnungen bis hin zur Erstellung der Programme zur Fertigung von Einzelteilen im CAD/CAM Verbund mit dem CAE-System CATIA V5 durchgeführt.

Dieses CAE-System wird an der FH Trier, mit einer der größten Installationen in der Lehre und Forschung in Deutschland bereits seit 1990 in der Lehre eingesetzt. So entstand ein praxisnaher virtueller Entwicklungsprozess nach der Methode des Simultaneous Engineering, an dem ca. 40 ausgesprochen engagierte Studenten in verschiedenen Konstruktionsteams mitwirkten. Somit entstand bereits lange vor den ersten Fertigungsschritten ein virtuelles 3D-Modell des Gesamtfahrzeugs, an dem im Vorfeld bereits Feh-

ler wie z.B. Kollisionen oder Montageprobleme vermieden werden konnten. Durch den Einsatz dieser virtuellen Methoden lagen die Entwicklungszeiten beider Fahrzeuge deutlich unter denen der Fahrzeugindustrie.

Ergonomie

Die Auslegung aller ergonomischen Einflussgrößen auf Fahrer und Beifahrer wie Sitzposition, Erreichbarkeit von Bedienelementen, Sichtfeld laut Reglement und Ein-/Ausstieg wurden am virtuellen Modell in dem CAE-System Catia V5 vorgenommen. Dazu stand ein leistungsfähiges Modul zur Verfügung, mit dessen Hilfe virtuelle Menschmodelle zur Analyse der Mensch-Produkt-Interaktion erstellt und simuliert werden konnten.



Abbildung 3: Simulation der Sitzposition

Topologieoptimierung

Zur Ermittlung steifigkeits- und gewichtsoptimierter Bauteilgeometrien wurden Berechnungsmodelle zur Topologieoptimierung erstellt. Zum Einsatz kam hier das Modul CATOPO, ein Spezialmodul der Fa. CES Eckart, welches im Rahmen eines Sponsorings zur Verfügung gestellt wurde. Die Software errechnet nach mathematischen Algorithmen, z.B. aus der Evolutionstheorie aus vorgegebenen Bauraum- und Lastfallvorgaben einen dafür optimierten Bauteilentwurf, nach dem der Konstrukteur dann das Bauteil in CATIA V5 weiter gestalten kann.

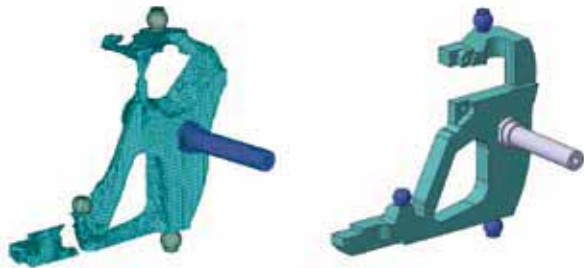
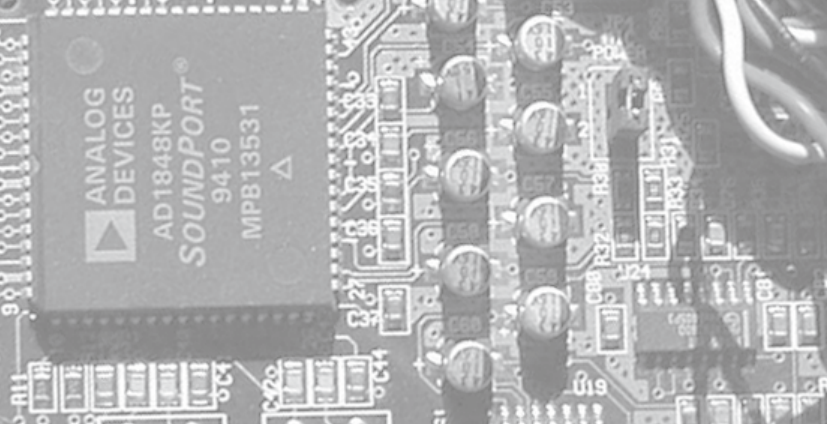


Abbildung 4: Berechnungsergebnis und endgültige Geometrie der Radaufhängung

Fahrwerk

Auch das Fahrwerk des AERIS wurde leicht und damit energiesparend ausgelegt. So besteht die Vorderradaufhängung aus einer leichten Aluminium Doppelquerlenker Konstruktion wie sie auch in PKWs eingesetzt wird. Die Lenkung erfolgt über eine nur 1,6kg schwere Zahnstangenlenkung und ermöglicht einen Lenkwinkel von bis zu 30° . Dies entspricht einem Kurvenradius von 6m und somit der gesetzlichen BOKraft Verordnung. Die Zahnstange wird konventionell über eine Lenkstange mit Lenkrad im Fahrgastraum gesteuert.

Durch die Auslegung nach Ackermann wurden die Schräglaufwinkel in Kurvenfahrten auf ein Minimum reduziert, was wiederum zu weniger Reibung zwischen Reifen und Fahrbahn führt und somit zu weniger Energieverlust. Auch dem Komfort wurde Rechnung getragen durch Einsatz extrem leichter Feder-Dämpfer-Elemente die eine Einfederbewegung bei Bodenwellen zulassen, aber auf der Rennstrecke starr eingestellt werden können.

Fertigung des proTRon AERIS

Aufgrund der formulierten Anforderungen an ein Energiesparfahrzeug und der Erfahrungen aus den zurückliegenden Projektjahren wurde

entschieden, die Karosserie vollständig aus Kohlefaserverbundwerkstoffen herzustellen. Die hohe Steifigkeit bezogen auf das Gewicht und die Möglichkeit die Struktur zum einen als Außenhaut und zum anderen als tragendes Chassis auszuführen ließen diesen Schritt sinnvoll erscheinen. Verwendet man in der Automobilindustrie Press- und Tiefziehteile mit hohen Investitionskosten, so stellt die Verwendung von Faserwerkstoffen und Laminierformen die kostengünstigste Variante für die Fertigung von Freiformflächen im Prototypenbau dar. Die Kosten für den Formenbau und die Kosten für das Endprodukt liegen sehr nahe beieinander, im Vergleich dazu unterscheiden sich in der Serienfertigung die Kosten für die Werkzeuge und die Kosten des Endproduktes um ein Vielfaches. Als Ausgangsmodell diente ein von der Fa. Karmann aus Hartstyropor gefrästes 1:1-Modell des Fahrzeuges, welches für die anschließende Herstellung der Formen oberflächenversiegelt und poliert wurde. Bei der Herstellung von Bauteilen ausgehend von einem Positiv entscheidet die Oberflächenqualität des Modells nahezu vollständig über die Qualität des späteren Bauteils. Kleine Lunker und Lufteinschlüsse können in der Form behoben werden, Fehler in der Flächenführung oder Beulen können nur mit erheblichem Aufwand ausgebessert werden. Deshalb griff das Team auf die Erfahrung eines langjährigen Karosseriebaumeisters zurück, welcher mit seinem Fingerspitzengefühl auch die letzten Unebenheiten aufspürte und den Studenten bei der Behebung Hilfestellung gab.

Der erste Schritt auf dem Weg zu einer hochwertigen Glasfaserverbundstoffform bestand im Auftragen von Oberflächenharz. Dieses stellt später die Oberfläche der Form dar und kann vor dem Laminieren aufpoliert werden. Im Anschluss



daran wurden mehrere Lagen Glasfasermatten aufgelegt und mit Epoxidharz getränkt, bis man eine Materialstärke von ca. 6mm erreichte. Nach Aushärtung und Temperung konnte die Form vom Modell gelöst werden. Da das Fahrzeug auf Grund von Hinterschnitten z.B. an den Radhäusern nicht in einem Schritt abgeformt werden konnte, mussten insgesamt neun Formen mit exakt passenden Trennstellen gefertigt werden. Diese wurden im nächsten Schritt zusammengesetzt, aufpoliert und mit einem speziellen Trennwachs versehen.

Der Aufbau des zuvor berechneten Laminats erfolgt unmittelbar auf die vorhandene Trennschicht und erfordert ein hohes Maß an Genauigkeit, da hiermit die mechanischen Eigenschaften des späteren Bauteils definiert werden. Der Zuschnitt der Kohlefaser und des eingesetzten Stützmaterials wurden mit Hilfe von Schnittschablonen aus den CAD-Daten des Fahrzeuges erstellt und wurde sorgfältig von den Studenten durchgeführt. Nach Einbringen der Kohlefaserlagen wurde ein PET-Schaum, zur Erhöhung der Materialstärke und damit einhergehend mit der Steigerung des Flächenwiderstandmomentes in die Zwischenlage eingelegt. Die Decklage aus Kohlefaser vervollständigt den Aufbau.

Beim angewendeten VaRTM-Verfahren (Vacuum-assisted-Resin-Transfer-Molding) wird die gesamte Form in eine reißfeste Folie gehüllt und anschließend vakuumiert. Dadurch wird zum einen das Laminat gegen die Formoberfläche gepresst und zum anderen fließt das Harz aufgrund der Druckdifferenz (Vakuum gegenüber Umgebungsdruck) über Zuleitungen in die einzelnen Lagen. Durch diese Art der Tränkung wird ein hoher Faservolumenanteil und damit eine hohe spezifische Steifigkeit erreicht, da die Faser nur mit soviel Harz getränkt wird, wie sie aufnehmen

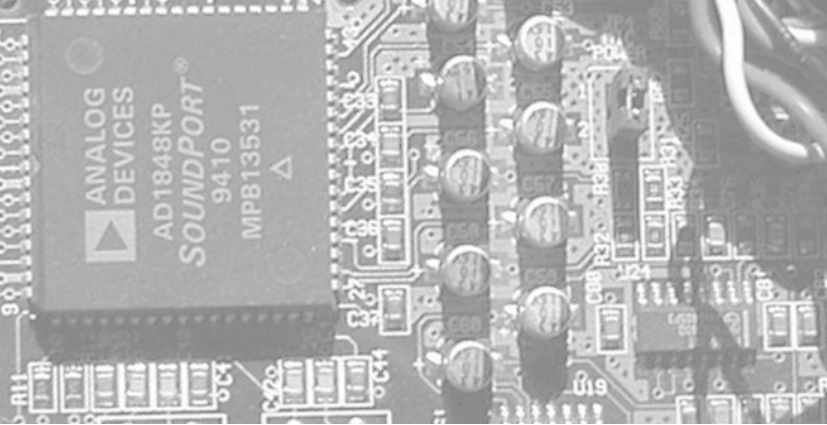
kann. Überschüssiges Harz sammelt sich in den Zu- und Ableitungen sowie in einem Vlies auf der Oberseite des Laminates. Dieses Verfahren wird seit dem Jahr 2006 an der Fachhochschule Trier eingesetzt und für unsere Spezifikationen weiterentwickelt. Zusammen mit verschiedenen Industriepartnern konnte bereits ein breites Wissensgebiet und die dazu notwendige technische Ausrüstung aufgebaut werden. Aus dieser Tatsache heraus haben sich zwei Absolventen und jetzige wissenschaftliche Mitarbeiter der FH Trier, Herr Dipl.-Ing. Bastian Morbach und Herr Dipl.-Ing. Daniel Ruppert, selbständig gemacht und bieten die Umsetzung des genannten Prozesses als Dienstleistung an. Nach Abschluss der Infusion wird das Bauteil wiederum getempert und anschließend entformt. Die Einzelteile können nun montiert und verklebt werden.



Abbildung 4: Vakuuminfusion der Felgen aus Kohlefaser

CAD/CAM Verbund

Viele der Bauteile wurden auf Basis der 3D-Geometrie im CAD/CAM Verbund an der FH Trier gefertigt. Dabei werden auf Basis der 3D-Geometrie der Bauteile in CATIA V5 fertigungs-



technische Informationen wie Werkzeugmaschinentyp, Aufspannung, verwendete Werkzeuge, Vorschübe, Schnittgeschwindigkeiten und Bearbeitungsstrategien vorgeben. Daraufhin kann die Fertigung an der Maschine (Drehen, Fräsen, Wasserstrahlschneiden, Drahterodieren) im CAE-System auf Erreichbarkeit, Kollisionskontrolle und zu erwartender Fertigungszeiten am Rechner simuliert werden, um so spätere Fertigungsfehler zu vermeiden.

Kontakt:

Prof. Dr. Helmut Zoppke
Fachbereich Technik
zoppke@fh-trier.de

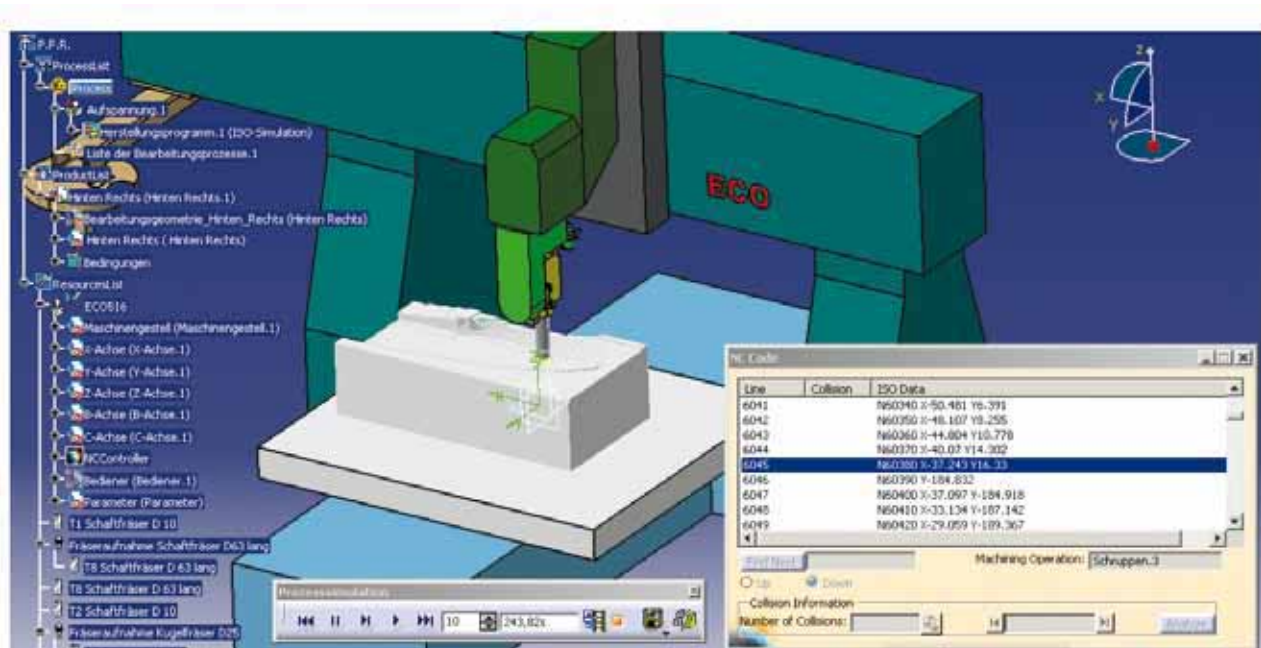


Abbildung 5: Fertigungssimulation in CATIA V5



COMP.CAT

COMPOSITES ENGINEERING
& PROTOTYPING

Konstruktion und Fertigung von Prototypen sowohl aus metallischen Werkstoffen sowie Kunststoffen. CAD/CAM-Verbund mit Nutzung des Maschinenparks der FH Trier. Dienstleistungen rund um den Produktentstehungsprozess.

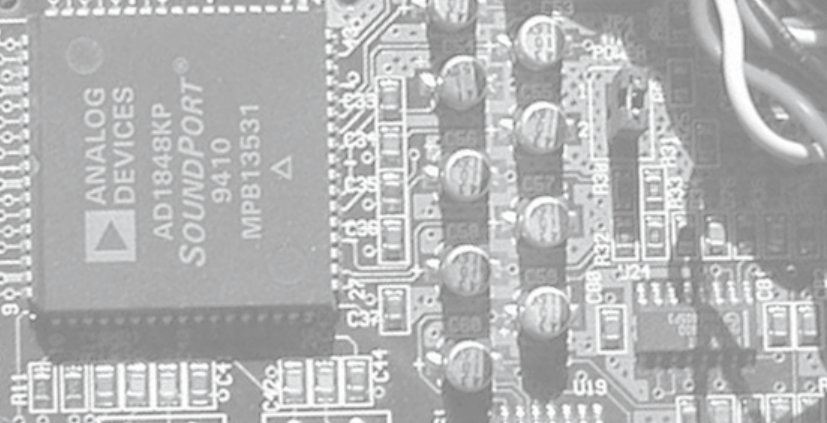
Kontakt:

comp.cat composites engineering & prototyping ruppert & morbach GbR

Am Schneidershof - 54293 Trier

info@comp-cat.de

0651 - 8103 397



Barrierefreie Bearbeitung von Dokumenten im E-Government

Projektleitung: Prof. Dr. Norbert Kuhn
Mitarbeiter: Dipl.-Inform. (FH) Stefan Richter
M.Sc. Michael Schmidt
Dipl.-Inform. (FH) Andreas Truar
Projektförderung: Bundesministerium für Forschung und Technik (BMFT)
Projektstatus: in Bearbeitung
(Laufzeit: 01.03.07 – 28.02.10)

Partner: - SilverCreations AG, Birkenfeld,
<http://www.silvercreations.de>
- Universität Trier,
center for european business
- Universität Augsburg
- Fachhochschule Augsburg
- Kreisverwaltung Birkenfeld

Zusammenfassung

Die barrierefreie Gestaltung von Services im E-Government ist das Ziel vieler Behörden. Der vorliegende Artikel beschreibt den Forschungsansatz, der im vom BMBF geförderten Projekt „Generating User-specific Interactive Documents (GUIDO)“ verfolgt wird. Dabei entsteht ein webbasierter Dienst, mit dem ein barrierefreier Zugang zu Formularen und Dokumenten in Verwaltungsvorgängen ermöglicht werden kann. Dadurch kann die Darstellung behördlicher Formulare, die in gedruckter Form vorliegen, an die individuellen Anforderungen der Benutzer angepasst werden. Mit Hilfe dieser Anpassung soll Menschen mit Sehstörung/ Sehbehinderung der Zugang zu behördlichen Formularen erleichtert werden. Darüber hinaus werden auch die Fähigkeiten des Endgerätes, das zur Darstellung benutzt wird bei der Transformation berücksichtigt. Dies erlaubt die Nutzung des Dienstes mit einer Vielzahl von Geräten, vom Desktopcomputer bis hin zum einfachen Mobiltelefon mit eingebauter Kamera. Somit trägt das Framework zur verein-

fachten barrierefreien Gestaltung der Interaktionsprozesse zwischen Bürger und Behörde bei. Der vorgestellte Ansatz richtet sich insbesondere an Verwaltungen der kommunalen Ebene.:

Einleitung

Die Kommunikation im Bereich E-Government zwischen den Verwaltungen des Bundes und dem Bürger ist geprägt durch Informationsdienste. D.h., die Prozesse zwischen den Bundesverwaltungen und dem Bürger bewegen sich überwiegend auf der Interaktionsebene „Information.“ Zur Bereitstellung der Informationen werden häufig Standardverfahren der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) eingesetzt. Auch die individuelle barrierefreie Gestaltung der Informationen ist dabei sehr gut möglich, insbesondere bei der Verwendung der CSS-Technologie (Cascading Style-Sheets). Damit kann z.B. ein sehbehinderter Bürger unter Verwendung seiner individuell angepassten CSS-Datei eine Behördenwebseite in eine für ihn erfassbare Form transformieren.

Im alltäglichen Umgang sind allerdings die kommunalen Behörden und Einrichtungen die Hauptansprechpartner der Bürger. Dies geht aus einer Studie des Deutschen Landkreistags hervor. Dabei beschränkt sich dieser Kontakt nicht vorwiegend auf die Informationsbeschaffung, wie es etwa auf Bundesebene meistens der Fall ist. Vielmehr sind es komplexere Interaktionsprozesse, die den Kontakt zwischen Bürger und kommunaler Behörde prägen und innerhalb derer es wiederholt zum Austausch von Daten und Informationen zwischen den Interaktionspartnern kommt. Das wichtigste Hilfsmittel für einen strukturierten Austausch von Daten sind Formulare. Daher sollten für eine Verbesserung der Barrierefreiheit der Zugang zu und die Verwendung von Formularen barrierefrei gestaltet



sein. Hierzu unterscheiden wir zunächst zwei Nutzungsszenarien für die Interaktionsprozesse. Einerseits kann eine Interaktion durch die Behörde initiiert werden, andererseits kann der Bürger die Interaktion anstoßen.

Startet die Behörde die Interaktion, wird im Regelfall ein entsprechendes gedrucktes Formular an den Bürger gesendet. Die Kommunikation wird somit zunächst papierbasiert gestartet, was besonders bezüglich der Barrierefreiheit deutliche Auswirkungen hat. Ein sehbehinderter Bürger muss zunächst das gedruckte Formular in eine für ihn verständliche Form transformieren, z.B. durch eine Sprachausgabe oder eine Vergrößerung des Formulars. Um den Interaktionsprozess fortzusetzen, werden die benötigten Daten in das Formular eingetragen und anschließend an die Behörde zurückgesandt. Auch für diesen Schritt wird eine Unterstützung benötigt. Im zweiten Nutzungsszenario, beim Start der Interaktion durch den Bürger, ist es möglich, die Formulare bereits in elektronischer Form zur Verfügung zu stellen. Auf Grund der notwendigen Plattformabhängigkeit ist dazu die Ablage von PDF-Formularen weit verbreitet. Im Jahr 2006 führte das European Research Center for Information Systems eine Umfrage unter den 100 größten Städten in Deutschland durch, wobei 84% der befragten kommunalen Verwaltungen angaben, Formulare im Internet anzubieten. In 41% dieser Gemeinden wurden die Formulare im PDF-Format hinterlegt. Dies zeigt, dass der Verwendung von PDF-Formularen im E-Government eine große Bedeutung zukommt. Das Ausfüllen und die Übertragung können dabei wahlweise in elektronischer Form oder papiergebunden erfolgen. Die Verwendung barrierefreier elektronischer Formulare stellt hierbei den Zugang für behinderte Bürger sicher. Dies zeigt, dass ein barrierefreier Zugang für

Informationsprozesse bereits recht weit fortgeschritten ist. Anders sieht es jedoch im Bereich der Interaktionsprozesse aus. Hier ist ein barrierefreier Zugang nur bedingt möglich. Eine Verbesserung der Barrierefreiheit für diesen Bereich wäre aber wünschenswert.

Umsetzung in GUIDO

Im Projekt GUIDO streben wir eine Lösung an, welche die individuellen Einschränkungen der Bürger berücksichtigt, um die Kommunikationsaktivitäten zu optimieren. Zudem sollte sich eine Lösung einfach in die bestehende IKT-Infrastruktur der Gemeinden und kommunalen Verwaltungen einpassen. Dazu entwickeln wir ein Framework, das noch einen Schritt weitergeht, indem es auch einen barrierefreien Zugang zu gedruckten Formularen integriert. Dies ist besonders wichtig, da heute immer noch viele Prozesse papiergebunden sind. Mit unserem Ansatz ist es möglich, ein papiergebundenes Formular in ein elektronisches Format zu transformieren.

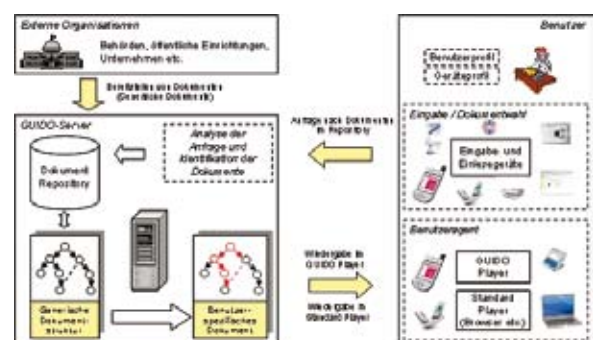
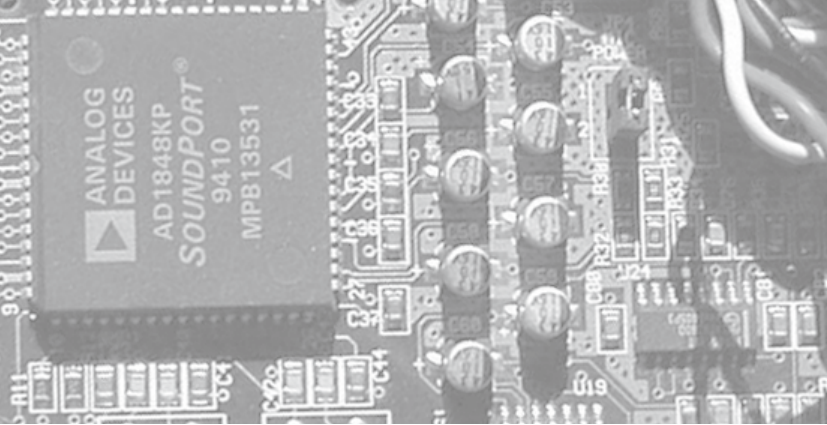


Abbildung 1: Systemarchitektur des GUIDO-Systems

Dabei wird die Formuldarstellung zusätzlich an die perzeptuellen Bedürfnisse des Benutzers angepasst. Das elektronische Formular kann dann vom Benutzer ausgefüllt und an die



Behörde zurückgeschickt werden. Somit unterstützt das Framework den Benutzer weitgehend bei der Interaktion mit der Behörde. Abbildung 1 beschreibt den prinzipiellen Ablauf dieses Prozesses.

Benutzerschnittstelle

Die Konzeption der Systemarchitektur (s. Abbildung 1) zielt auf die Entwicklung eines Dienstes ab, der mit einer Vielzahl von Endgeräten genutzt werden kann, vom Mobiltelefon bis zum Desktoprechner. Notwendig für die Nutzung ist eine



Abbildung 2: Mobiler Client mit Zugang zum Guido-SystemSystems

Clientsoftware auf dem Endgerät. Diese Software kann, abhängig von der Leistungsfähigkeit des Gerätes, unterschiedlich komplex gestaltet werden.

Im GUIDO-Projekt werden prototypische Clientanwendungen für unterschiedliche Plattformen entwickelt. Dies reicht von reinen Windowsapplikationen über einen in Java geschriebenen Client, der auch unter anderen Plattformen lauffähig ist, bis zur Variante für mobile Endgeräte, die auf einem Windows Betriebssystem für mobile Endgeräte aufsetzt. Die Benutzerschnittstelle eines solchen Clients zeigt Abbildung 2.

Die Prototypen beherrschen in unterschiedlichen Entwicklungsstufen die Fähigkeiten, die von einem solchen System gefordert werden. Sie können z.B. das Bild skaliert und in verschiedenen Farbkombinationen anzeigen und dabei den Text des Formulars als Audiodatei wiedergeben. Die Parameter zur Bildgenerierung kann der Benutzer über einfache Menus seinen Bedürfnissen anpassen.

Zusammenfassung

Formulare sind ein wesentlicher Bestandteil vieler Prozesse, die zwischen Bürgern und Verwaltungen ablaufen. Obwohl vermehrt Formulare elektronisch verfügbar gemacht und bearbeitet werden, beruht ein großer Teil der formularbasierten Interaktion auf dem Austausch von auf Papier gedruckten Dokumenten.

Im Projekt GUIDO wird eine Lösung entwickelt, die einen barrierefreien Zugang zu behördlichen Formularen ermöglicht. Die Formulare können dazu in eine benutzerspezifische Darstellungsform transformiert werden. Hierzu werden sowohl die individuellen Einschränkungen des Benutzers, als auch seine Hard- und Software Konfiguration berücksichtigt.



Veröffentlichungen

Die Arbeiten und Ergebnisse des Projekts wurden auf verschiedenen internationalen Konferenzen veröffentlicht. Zwei Referenzen dazu sind nachfolgend angegeben.

- Schmidt, Michael; Kuhn, Norbert; Richter, Stefan; Truar, Andreas; Naumann, Stefan: Ein Framework zur individualisierten barrierefreien Formulardarstellung im E-Government. in: H.R. Hansen, D. Karagiannis, H.-G. Fill (Hrsg.): Business Services: Konzepte, Technologien, Anwendungen (Tagungsband der Konferenz Wirtschaftsinformatik), Band 2, S. 595-604, Wien, 2009
- Kuhn, Norbert; Richter, Stefan; Schmidt, Michael; Truar, Andreas: Improving Accessibility to Governmental Forms. IFIP 20th World Computer Congress, Proceedings of the 1st TC 13 Human-Computer Interaction Symposium (HCIS 2008), 2008, Milano, Italy, ISBN: 978-0-387-09677-3, pp. 119-128

Kontakt:

Prof. Dr. Norbert Kuhn
Fachbereich Umweltplanung/-technik
n.kuhn@umwelt-campus

Wir machen Ihnen



DRUCK

Nutzen Sie unser umfangreiches Angebot

Hochwertige Werbedrucke:

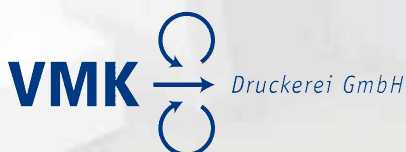
- / Flyer
- / Prospekte
- / Kataloge
- / Grußkarten aller Art
- / Imagemappen

Verlagsobjekte und Vereinsbedarf:

- / Broschüren mit Rückstichheftung
- / Broschüren mit Klebebindung
- / Zeitschriften
- / Bücher

Konventionelle Akzidenzen:

- / Geschäftspapiere
- / Briefbogen
- / Visitenkarten
- / Durchschreibesätze
- / Blocks



Faberstrasse 17
67590 Monsheim/Germany
P: +49.6243.909-110
F: +49.6243.909-100
E: info@vmk-druckerei.de
www.vmk-druckerei.de





Messung der Rollreibung von Fahrradreifen

Prof. Dr. Hubert Hinzen

Wenn sich der ambitionierte Radfahrer einen optimalen Reifen wünschen dürfte, so würde er eine detaillierte Liste von Wunschvorstellungen äußern. Die Aufgabe des Ingenieurs ist es zunächst einmal, diese zuweilen verwirrende Vielfalt zu ordnen und im Hinblick auf ein mögliches Optimierungspotential zu strukturieren. Dabei läßt sich die Problematik auf vier wesentliche Aspekte reduzieren:

- **Rollreibung:** Der Reifen soll möglichst leicht rollen, damit möglichst wenig Antriebsleistung verloren geht.
- **Haftung des Reifens auf der Fahrbahn:** Der Reifen soll möglichst gut auf der Fahrbahn haften. Dieser Aspekt spielt besonders bei Kurvenfahrt eine entscheidende Rolle, weil man entweder möglichst schnell oder auch möglichst sicher in die Kurve fahren will.
- **Pannensicherheit:** Der Reifen soll seine Funktion erfüllen und den Fahrer nicht etwa durch eine Panne in Verlegenheit bringen.
- **Verschleiß:** Der Reifen soll möglichst wenig Verschleiß aufweisen und damit möglichst lange seine Aufgabe erfüllen.

Der Fachbereich Technik deckt alle diese vier Aspekte mit insgesamt 6 Prüfständen ab, die an der Hochschule entwickelt und gebaut worden sind, in der Versuchshalle betrieben werden und teilweise auch beim Reifenhersteller installiert worden sind. Während über die Haftung des Reifens auf der Fahrbahn im Forschungsreport 2007 ausführlicher berichtet worden ist, soll an dieser Stelle von der Rollreibung die Rede sein. Zu dessen Verständnis ist zunächst einmal ein kleiner Exkurs in die Grundlagen der Mechanik sinnvoll.

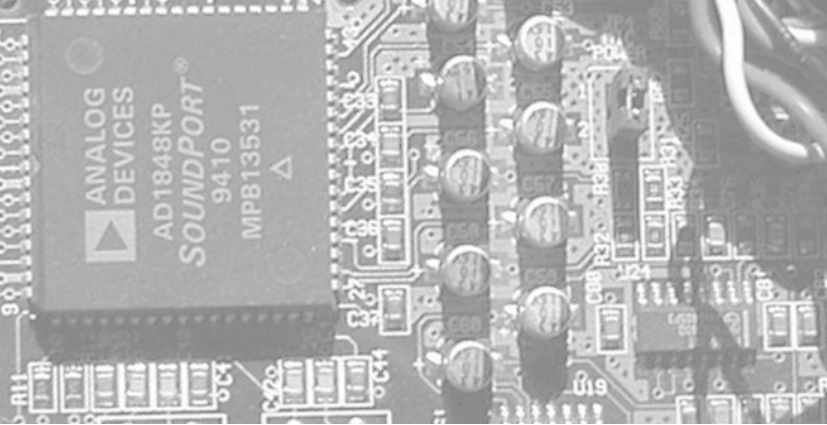
Fahrwiderstände

Der Radfahrer ist in der Lage, mit seiner Muskulatur eine gewisse Leistung P zu erbringen, die er für die Fortbewegung ausnutzt. Aus dem Physikunterricht ist die Leistung P als das Produkt aus Kraft F und Geschwindigkeit v bekannt:

$$P = F \cdot v = (F_{RR} + F_{LW} + F_{Steig} + F_{Beschl}) \cdot v \quad \text{Gl. 1}$$

Bei gegebener Leistung ist die Fahrgeschwindigkeit um so höher, je kleiner der „Fahrwiderstand“ F ist, der sich seinerseits aus den folgenden Anteilen zusammensetzt:

- **Rollwiderstand des Reifens F_{RR} :** Der Reifen rollt nicht „wie von selbst“ auf der Fahrbahn ab, sondern es bedarf einer Kraft, um ihn zu bewegen.
- **Luftwiderstand F_{LW} :** Der Radfahrer spürt den Luftwiderstand als „Gegenwind“, der auf seinen Körper drückt. Besonders bei hohen Fahrgeschwindigkeiten wächst dieser Fahrwiderstand überproportional mit der Fahrgeschwindigkeit an und gewinnt dadurch eine besondere Bedeutung. Rennradfahrer versuchen, diesen Fahrwiderstand durch Beugung des Oberkörpers zu reduzieren und Liegeradfahrer minimieren ihn durch eine in Fahrtrichtung besonders gestreckte Körperlage.
- **Steigungswiderstand F_{Steig} :** Bei Bergauffahrt muß wegen des Zugewinns an potentieller Energie ein teilweise beträchtlicher Steigungswiderstand überwunden werden. Bei Bergabfahrt wird dieser Sachverhalt umgekehrt, wobei die Summe der Fahrwiderstände sogar negativ wird und sich deshalb das Fahrrad ohne Leistungseintrag fortbewegt.



- **Beschleunigungswiderstand F_{Beschl} :** Soll die Fahrgeschwindigkeit erhöht werden, so muß vorübergehend ein zusätzlicher Fahrwiderstand überwunden werden.

Die folgenden Betrachtungen konzentrieren sich auf den erstgenannten Fahrwiderstand, den nicht nur der Reifenhersteller, sondern auch der Radfahrer selber in gewissen Grenzen beeinflussen kann. Charles Augustin de Coulomb hat bereits vor über 200 Jahren beobachtet, daß sich die Kraft F_R zur Überwindung der Reibung proportional zur Normalkraft F_N verhält:

$$\mu = \frac{F_R}{F_N} \quad \text{Gl. 2}$$

Auch wenn das Abrollen des Reifens auf der Fahrbahn keine Festkörperreibung ist, so wird auch dieser Sachverhalt traditionell mit dem Coulomb'sche Reibungsgesetz beschrieben, wobei die Rollreibung hier mit RR bezeichnet wird.

$$\mu_{RR} = \frac{F_{RR}}{F_N} \quad \text{bzw.} \quad F_{RR} = \mu_{RR} * F_N \quad \text{Gl. 3}$$

Mit der Masse von Fahrrad und Fahrer (F_N) steigt auch die Kraft F_{RR} , die an der Kontaktstelle zwischen Riefen und Fahrbahn zur Fortbewegung erforderlich ist. Für die Optimierung des Reifens ist es besonders wichtig, diesen Reibeinfluß meßtechnisch erfassen zu können.

Laborprüfstand

Zu diesem Zweck ist ein Prüfstand ausgeführt worden, der die Kraft nach dem Prinzip der Briefwaage erfaßt (s. Bild 1 und 2).

Das Laufrad des Fahrrades wird mit seinem Reifen bei B in einem waagerechten Balken gelagert, der seinerseits bei c gelenkig angebunden ist und am linken Ende mit der Belastungsmasse

Laborprüfstand Ruhelage

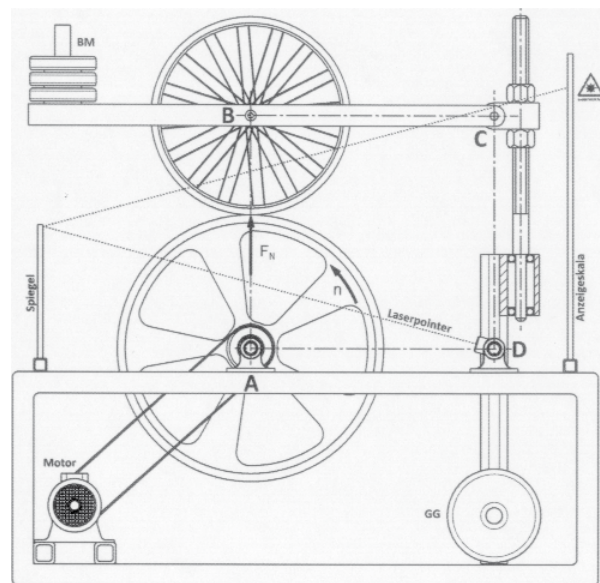


Bild 1: Laborprüfstand Ruhelage

Laborprüfstand ausgelenkte Lage

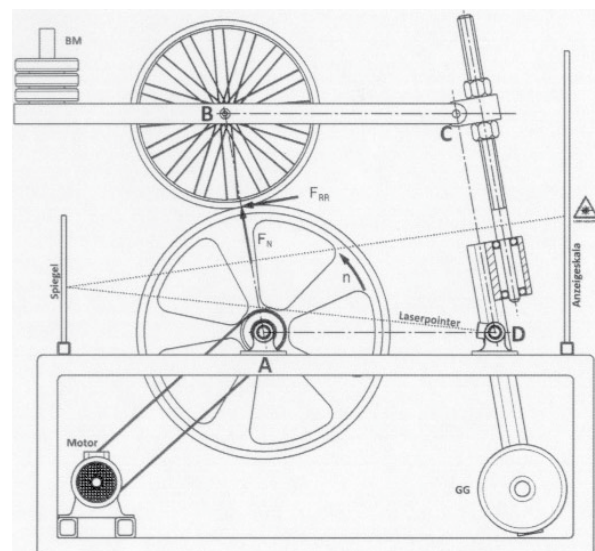


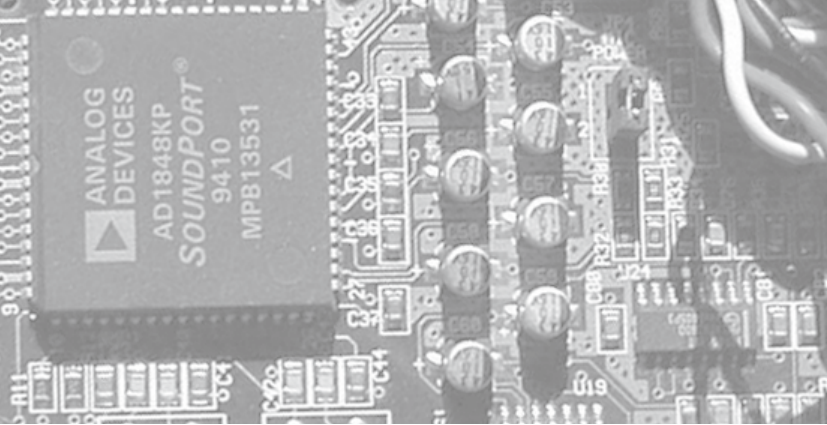
Bild 2: Laborprüfstand ausgelenkte Lage



BM belastet wird. Dadurch wird der Reifen auf die bei A gelagerte Lauftrommel gedrückt, die von einem Motor über einen Zahnriemen angetrieben wird. Der Gelenkpunkt C ist der obere rechte Eckpunkt des Rechtecks ABCD, dessen rechte Seite bei D gelenkig mit dem Gestell verbunden ist und die über D nach unten hinausgeführt wird, wo ein Gegengewicht GG angebracht ist. Dieses Gegengewicht zieht das an sich gelenkige Viereck ABCD in die dargestellte Rechtecklage.

Wenn der Motor die Lauftrommel antreibt, so wird am Kontaktpunkt zwischen Laufrad und Lauftrommel nicht nur die Normalkraft F_N , sondern auch die Reibkraft F_{RR} wirksam (Bild 2). Dadurch wird der obere waagerechte Balken nach links ausgelenkt und damit das ursprünglich rechtwinklige Viereck ABCD in ein Parallelogramm überführt. Mit größer werdender Reibkraft F_{RR} stellt sich also eine größere Auslenkung ein. Zur genauen Erfassung dieser Änderung wird auf der Achse des Gelenks D ein Laserpointer montiert, dessen Strahl wie ein hochpräziser Winkelmesser wirkt: Sein Strahlengang wird über den Spiegel am linken Ende des Gestells reflektiert und auf einen Anzeigeschirm auf der rechten Seite projiziert. Nach entsprechender Kalibrierung kann also mit der Auslenkung des Laserstrahls die Reibkraft und damit der Rollreibungswert ermittelt werden. Der Prüfstand zeichnet sich durch weitere Besonderheiten aus:

- Mit der Belastungsmasse BM (Bild 1 und 2) wird die Normalkraft beeinflusst, so daß schwere und leichte Fahrer und Fahrräder abgebildet werden können. Die Höhe des Gegengewichtes GG legt die Empfindlichkeit der Meßwaage fest: Je leichter diese Masse ist, desto größer wird der Ausschlag. Damit kann die Empfindlichkeit der Waage in weiten Grenzen variiert werden.
- Selbst kleinste Winkelfehler zwischen der Achse des Laufrades und der Trommel würden axiale Kräfte hervorrufen, die das Meßergebnis verfälschen. Da eine entsprechende Ausrichtung umständlich ist, wurde zwischen den Gelenken C und D eine um die Hochachse drehbare Lagerung eingeführt. Ähnlich wie die Laufrollen eines Supermarkt-Einkaufswagens stellt sich das Laufrad nun von selbst parallel zur Trommelachse ein.
- Werden Laufräder anderen Durchmessers montiert, so würde der Balken BC zunächst einmal die waagrechte Stellung verlassen. Um dies auszugleichen, wird das Gelenk C über Stellmuttern in vertikaler Richtung entsprechend angepaßt.
- Der Reifen ist nie perfekt rund. Dadurch wird die Normalkraft F_N mit einer dynamischen Komponente überlagert, die das Laufrad in vertikaler Richtung schwingen läßt. Um diesen störenden Einfluß unwirksam zu machen, wird das linke Ende des Balkens BC über einen Dämpfer an das Gestell angebunden (Bild 3). Dieser Dämpfer besteht aus einem ölgefüllten Zylinder-Kolben-System, enthält keinerlei Feder und ist möglichst reibungsarm ausgeführt, so daß er keine Kräfte entwickelt, die auf das Meßergebnis Einfluß nehmen. Er dient lediglich dazu, einem möglichen Aufschwingen des Systems entgegen zu wirken.
- Das Material der Lauftrommel ist Gußeisen. Damit stellt die Oberfläche eine genaue Referenz dar, mit der einzelne Reifen untereinander sehr gut verglichen werden können. Die reale Straße ist aber deutlich rauher. Um diesen Einfluß auf den Prüfstand zu übertragen, kann die Lauftrommel wahlweise mit



einem Zahnriemen bestückt werden, der im Gegensatz zum normalen Verwendungszweck mit der flachen Seite auf die Laufrolle aufgelegt wird (s. Bild 3). Die mit dem Reifen in Kontakt kommenden Zähne des Riemens stellen dann eine definierte Straßenrauheit dar, die mit der Teilung des Riemens in gewissen Grenzen variiert werden kann.

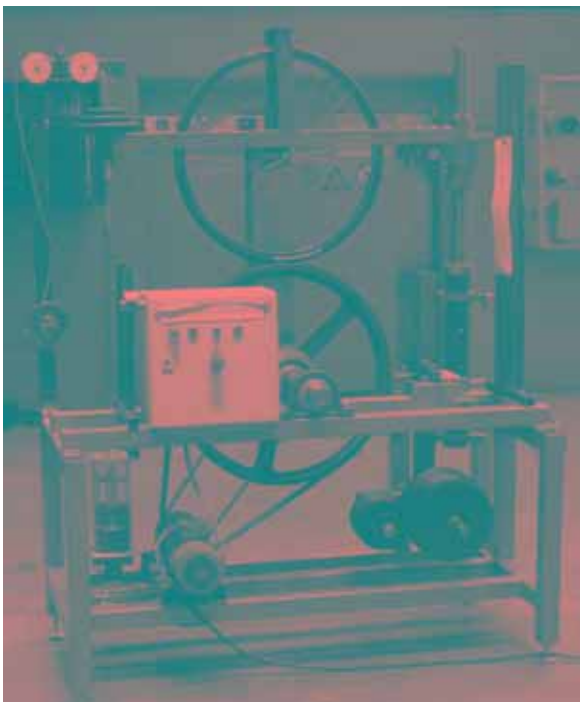


Bild 3: Laborprüfstand mit Straßenriemen

Der Laborprüfstand ist jederzeit einsetzbar und leicht zu bedienen, was ihn besonders für die Kontrolle der laufenden Fertigung prädestiniert.

Straßenprüffahrzeug

Der oben beschriebene Laborprüfstand läßt den Reifen auf einer definierten, in letzter Konsequenz eher unrealistischen Trommel abrollen und

soll und kann auch nicht den Einfluß der Straße berücksichtigen. Zur Erweiterung der Untersuchungen auf realer Fahrbahn wurde ein Straßenprüffahrzeug entwickelt.

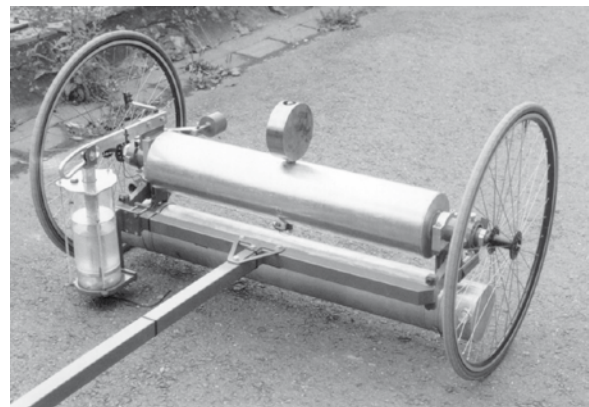


Bild 4: Straßenprüffahrzeug Rollreibung

Dieses Fahrzeug arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie der Laborprüfstand, wobei allerdings die „Briefwaage“ auf den Kopf gestellt ist. Dieses Fahrzeug wird von einem normalen Lieferwagen über eine normale Straße gezogen. Zur Sicherstellung der aufrechten Stellung des Reifens wird das Fahrzeug mit zwei Rädern ausgestattet. Das (variable) Belastungsgewicht befindet sich in dem oberen rohrförmigen Zylinder, das Gegengewicht zur Einstellung der Empfindlichkeit der Waage befindet sich darüber. Das Prüffahrzeug verfügt ebenfalls über einen Dämpfer (links) und einen Laserpointer (in der Mitte zwischen den beiden Zylindern), der auf einen hier nicht sichtbaren Schirm in der Nähe der Heckklappe des Schleppfahrzeuges projiziert, wo der Meßwert besser abgelesen werden kann. Straßenversuche bereiten aber noch zwei zusätzliche Probleme:

- Da der Rollreibungsbeiwert in Erweiterung zu Abschnitt 1 mit der Geschwindigkeit ansteigt, muß das Prüffahrzeug auch an-



nähernd so schnell fahren können wie der reale Radfahrer bei rasanter Talfahrt. Da in diesem Fall der Luftwiderstand die Meßwaage erheblich stören und damit den Meßwert verfälschen würde, muß er kompensiert werden. Zu diesem Zweck wird zusätzlich der untere rohrförmige Zylinder als Strömungskörper angebracht. Der Fahrtwind bläst also gleichzeitig auf beide Zylinder, die sich auf den beiden gegenüber liegenden Hebelarmen der Meßwaage befinden. Bei einer Kalibrierfahrt wird der Hebelarm des unteren Zylinder so lange zielstrebig variiert, bis sich die Meßwaage schließlich völlig indifferent gegenüber dem Fahrtwind verhält. Bei der anschließenden Meßfahrt hat dann der Luftwiderstand F_{LW} nach Gl. 1 keinen Einfluß auf das Meßergebnis.

- Bei den ersten Versuchsfahrten tauchte noch ein weiteres Problem auf: Eine völlig ebene Straße ist ebenso unrealistisch wie eine völlig konstante Fahrgeschwindigkeit, so daß der Steigungswiderstand F_{Steig} und der Beschleunigungswiderstand F_{Beschl} nach Gl. 1 noch nicht von der Rollreibung getrennt werden konnten. Zu diesem Zweck wurde im Schleppfahrzeug ein Pendel aufgehängt, welches nur in Fahrtrichtung schwingen kann. Dieses Pendel reagiert sowohl auf Steigung/Gefälle als auch auf Beschleunigung/Verzögerung. In dem Moment, wo das Pendel einen Nulldurchgang hat, kompensieren sich diese Fahrwiderstände gegenseitig, so daß genau in diesem Moment der Rollreibungswert ohne störende Einflüsse ermittelt werden kann.

Ergebnisse

Der Rollreibungsbeiwert hängt von einer Vielzahl von Parametern ab: Reifendruck, Radlast, Fahr-

geschwindigkeit, Reifenbreite, Straßenbeschaffenheit, Konstruktion und Material des Reifens. Die folgenden beiden Diagramme (Bild 5 und 6) konzentrieren sich auf die beiden wohl wichtigsten Einflußgrößen.

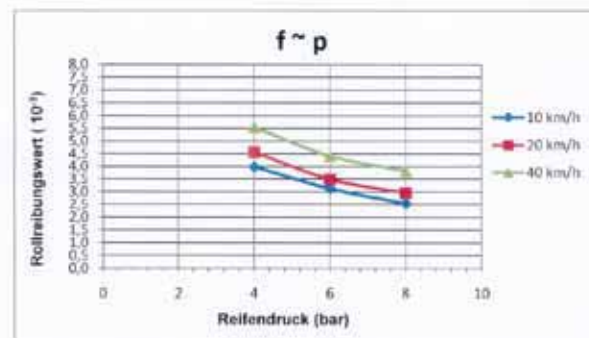


Bild 5: Rollreibungswert in Funktion des Reifendrucks

Für alle Fahrgeschwindigkeiten sinkt der Rollreibungsbeiwert mit steigendem Reifendruck. Dies steht im Widerspruch zu den Untersuchungen zum Kurvenverhalten von Fahrradreifen (s. Forschungsbericht 2007), bei denen festgestellt wird, daß ein eher niedriger Reifendruck die Rutsicherheit in Kurven begünstigt.

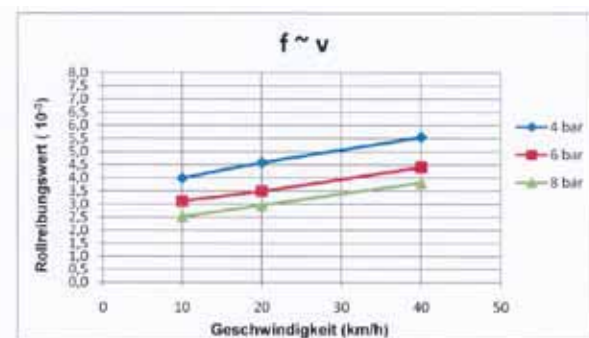
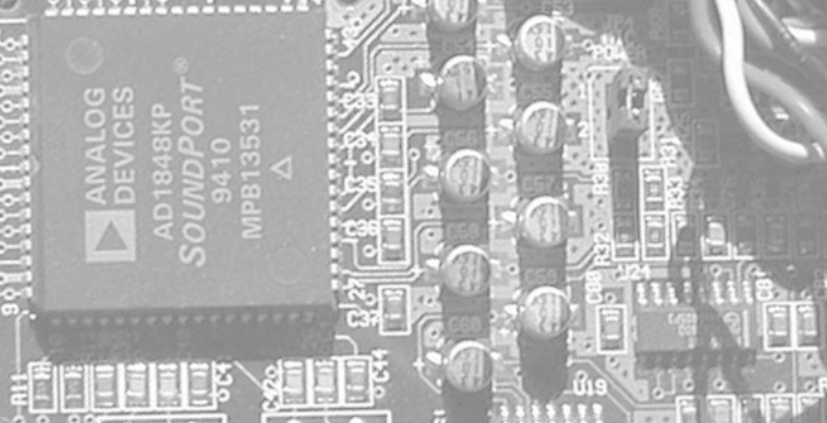


Bild 6: Rollreibungswert in Funktion der Fahrgeschwindigkeit



Technik und Informatik

Für alle Reifendrucke steigt der Rollreibungsbeiwert mit der Fahrgeschwindigkeit. Diese Darstellung macht klar, daß die Rollreibung nicht nur in Anlehnung an die Coulomb'sche Reibung nach Gl. 3 formuliert werden darf, sondern auch eine Dämpfungskomponente zu berücksichtigen hat: Je schneller man fährt, desto häufiger wird der Reifen pro Zeiteinheit verformt, wobei die dafür aufgewendete Energie nicht wieder vollständig abgegeben wird und sich deshalb in einem geschwindigkeitsproportional ansteigenden Rollreibungsbeiwert äußert.

Fazit

Die hier vorgestellten Prüfstände untersuchen das Rollreibungsverhalten des Fahrradreifens und führen schließlich dazu, diesen Fahrwiderstand über die klassische Betrachtungsweise der Coulomb'schen Reibung hinaus zu präzisieren. Sie klären einen wesentlichen Aspekt rund um den Fahrradreifen ab und helfen damit, den Reifen in seinen vielfältigen Belangen zu optimieren.

Kontakt:

Prof. Dr. Hubert Hinzen
Fachbereich Technik
hubert.hinzen@t-online.de

IT-HAUS
Let's do IT together!

Die ganze IT-Welt unter einem Dach

Vom Original Druckerzubehör über die Hard- und Software aller Markenhersteller bis hin zu komplexen IT-Netzwerklösungen – die IT-HAUS GmbH liefert Ihnen alles, was für Ihre EDV-Anforderungen benötigt wird.

Unser Technikteam repariert, wartet und installiert in einem Umkreis von 100 km beim Kunden, vor Ort oder im hauseigenen Reparaturzentrum.

Das bedeutet für Sie kurze Wege, gleiche Ansprechpartner und schnelle Hilfe im Falle des Falles.

IT-HAUS GmbH • Europa-Allee 28 • 54343 Föhren • Tel. (+49) 0 65 02 / 92 08-0
Fax (+49) 0 65 02 / 92 08-850 • info@it-haus.com • www.it-haus.com



Mikroskopie in der laseroptischen Messtechnik zur Verformungs- und Dehnungsmessung von Mikrostrukturen

Prof. Dr.-Ing. Michael Schuth
Daniel M. Nägel
Dietmar Robert

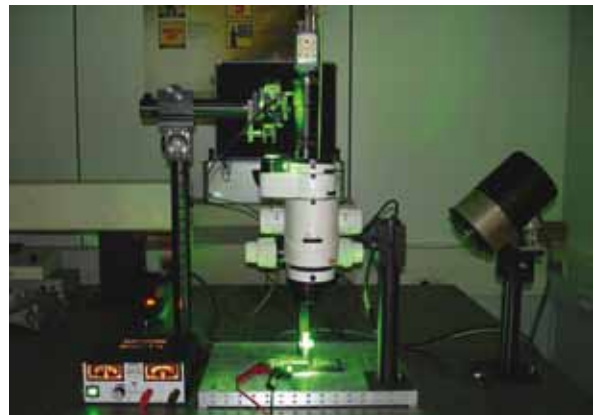
EINLEITUNG

Im Zuge der immer wichtiger werdenden Mikro-technologie ist das Verformungsverhalten von Mikrobauteilen, die einen Querschnitt von weniger als 1 mm^2 haben, von besonders großer Bedeutung. Da es zur Zeit noch keine bzw. nur sehr wenige Untersuchungen über das Verformungsverhalten von Mikrobauteilen gibt, wäre das Verständnis über das Verhalten der Verformungen und der damit entstehenden Dehnungen für eine Optimierung solcher Bauteile von großem Nutzen. In der experimentellen Festkörpermechanik finden die Laser Speckle Methoden auf den Gebieten der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, Bauteiloptimierung und der Verformungs- und Dehnungsmessung zunehmend breitere Anwendung. Sie messen hochgenau und benötigen gegenüber anderen Messverfahren einen geringeren Zeit- und Arbeitsaufwand zur Vorbereitung und Durchführung der experimentellen verformungsanalytischen Untersuchungen. Eine Anwendung der Laser Speckle Methoden auf Mikrobauelemente wird noch kaum durchgeführt, obwohl der Trend in der Industrie zu immer kleineren Bauteilen geht. In Folge der Miniaturisierung ist es auch immer mehr notwendig, ein berührungsloses Messverfahren zu entwickeln, welches der Industrie die notwendigen Materialkennwerte liefern kann.

OPTISCHE BASIS

Fundament des Mikroferoskops ist der Mikroskopkörper. Hier wird ein Mikroskop in Modulbauform verwendet (Bild 1).

Entscheidend ist die Möglichkeit des Zoomens zum Alternieren zwischen der Orientierung auf dem Messobjekt und der Vergrößerung zum Messen.



Weitere wichtige Forderungen sind die Kohärenzerhaltung, die Abbildung eines deutlichen Specklebildes und die Projektion einer günstigen Specklegröße auf den CCD-Chip der Kamera. Der modulare Aufbau ermöglicht den Einbau der interferometrischen Optik, die Anpassung

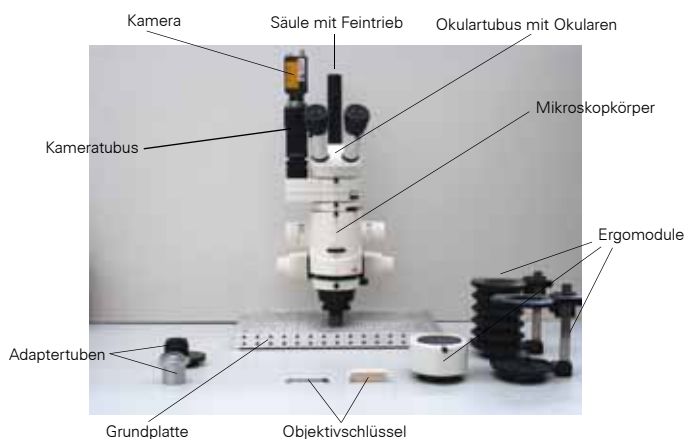
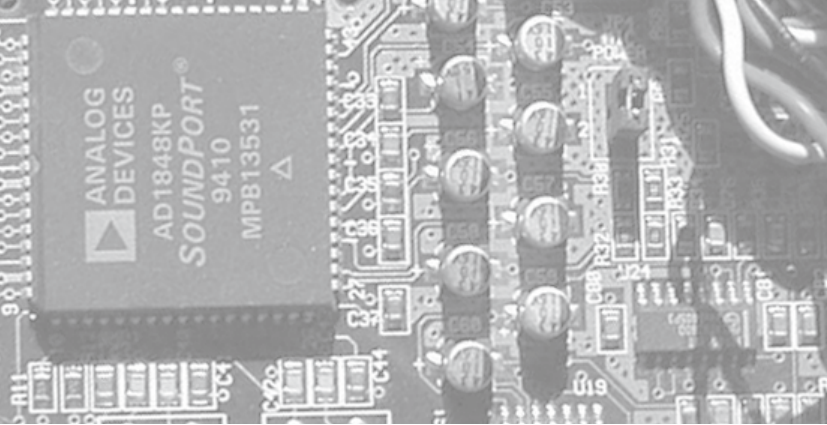


Bild 1: Mikroskop in Modulbauform



an verschiedene Messsysteme und eine große Variabilität in der Vergrößerung.

Der parallele Strahlengang unter- und oberhalb des Vergrößerungswechslers gestattet die Einrichtung von interferometrischen Schnittstellen.

THEORETISCHE GRUNDLAGEN

Elektronische holografische Interferometrie

Die Electronic-Speckle-Pattern-Interferometrie (ESPI), auch als „Digital-Holografie“ bezeichnet, ist ein kohärent optisches und berührungsloses Oberflächen-Messverfahren.

Zur Untersuchung der Verformungen in der Ebene (u, v) [in-plane] und senkrecht zur Ebene (w) [out-of-plane] werden zwei ähnliche Verfahren angewendet.

Beide Verfahren arbeiten im Doppelbelichtungsverfahren, d.h. in einer ersten Belichtung wird die Oberflächenform des unverformten Objektes mit einer CCD-Kamera holografisch aufgezeichnet.

Daraufhin wird das Objekt deformiert und eine zweite Aufnahme durchgeführt.

Im Rechner wird die Aufnahme des Ausgangszustandes gespeichert und in Echtzeit von der Aufnahme des verformten Zustands subtrahiert. Das Differenzbild wird nach Verarbeitung und Auswertung am Monitor dargestellt. Abschließend können die Ergebnisdaten als Falschfarbengrafik, mit Angabe der Verformungen, ausgegeben werden.

Der grundsätzliche Versuchsaufbau und -ablauf entspricht dem der klassischen Hologramminterferometrie. Anstelle der Hologrammplatte tritt jedoch, wie bereits erwähnt, eine CCD-Kamera, die über eine FireWire-Schnittstelle an einen Rechner angeschlossen ist.

Weiterhin wird der Umlenkspiegel eines Strahlenganges mit einer Piezoverstellung ausgerüstet, die über einen DA-Wandler ebenfalls an den Rechner angeschlossen ist. Dadurch können, für

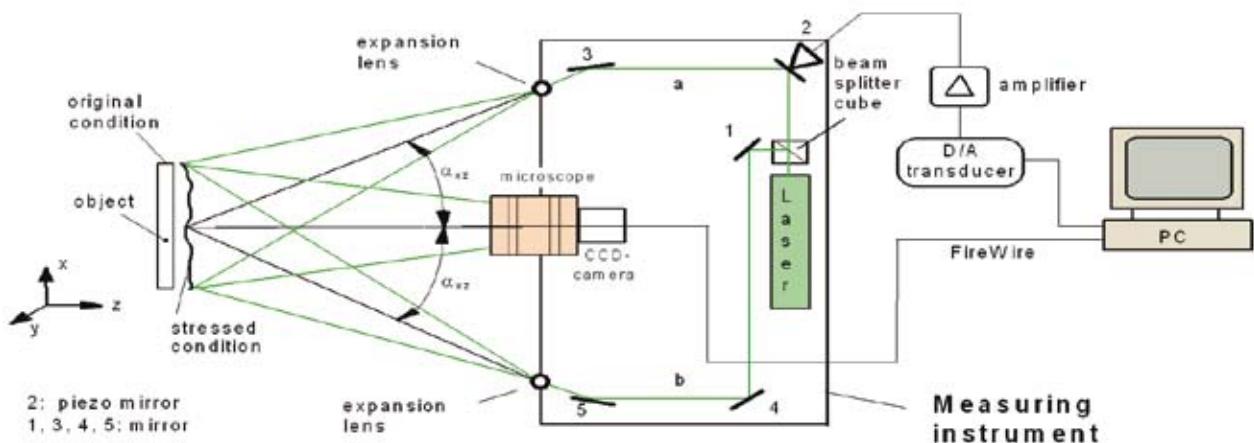


Bild 2: Schema der elektronischen in-plane-Microferometrie



die rechnergestützte Auswertung, die Wellenfronten beider Strahlengänge gegeneinander in der Phase verschoben werden.

Zur Bestimmung der relativen Phasenänderungen werden mit Hilfe dieses Phasenschiebesystems mehrere Aufnahmen, mit zueinander verschobenen Wellenfronten, erzeugt.

Ermittlung der in-plane-Verformungen (u, v)

Beim in-plane Aufbau wird bei der holografischen Verschiebungsmessung das zu untersuchende Objekt von beiden Seiten gleichzeitig beleuchtet.

Die reflektierten Laserstrahlen der Beleuchtungsrichtungen a und b interferieren miteinander. Dadurch ergibt sich ein Speckle-Interferenzmuster.

Der entsprechende Aufbau ist in Bild 2 dargestellt.

Nach der Belastung des Prüfkörpers wird ein zweites Speckle-Interferenzmuster aufgenommen. Die digitale Subtraktion der beiden Speckle-

Interferenzmuster lässt schließlich ebenfalls ein sichtbares Streifenmuster entstehen. Jeder Streifen des Streifenmusters stellt eine Linie der gleichen in-plane Verformung dar.

Durch die zusätzliche Anwendung der Phasenschiebetchnik erhält man die relative Phasenänderung in jedem Punkt des Bildes, welche proportional zur in-plane Verschiebung ist.

Ermittlung der out-of-plane Verformungen (w)

Das zu untersuchende Objekt wird mit einem kohärenten Laserstrahl (Objektstrahl) beleuchtet und das von der diffus streuenden Objektoberfläche reflektierte Laserlicht von einer CCD-Kamera registriert.

Ein zweiter Laserstrahl (Referenzstrahl) gelangt dagegen bei der out-of-plane Verschiebungsmessung über einen zweiten Strahlteiler direkt in die Fokussierebene der CCD-Kamera.

Die Überlagerung dieser beiden Strahlen erzeugt die gewünschte Interferenz. Dadurch ergibt sich

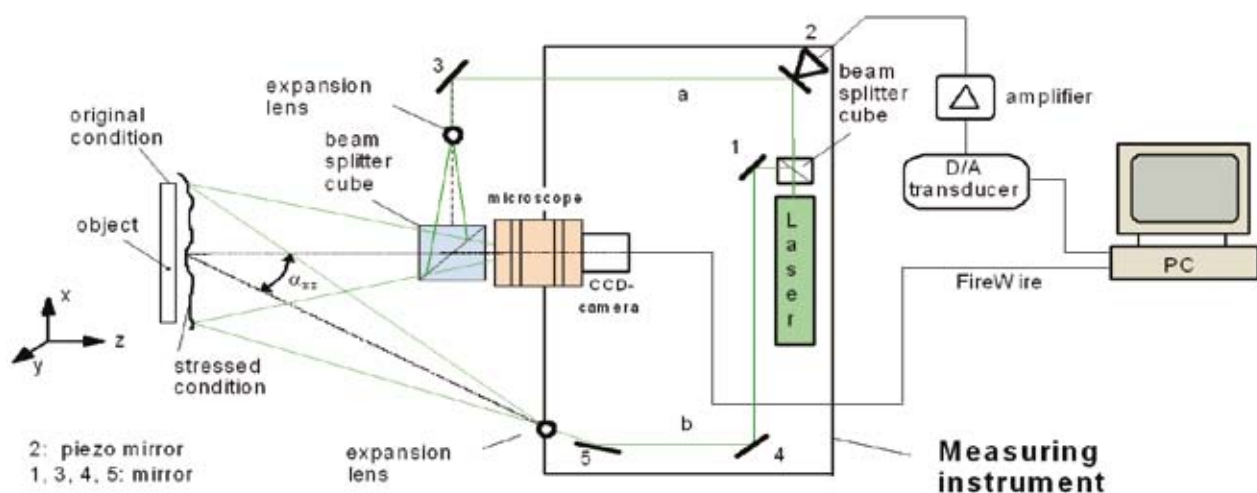
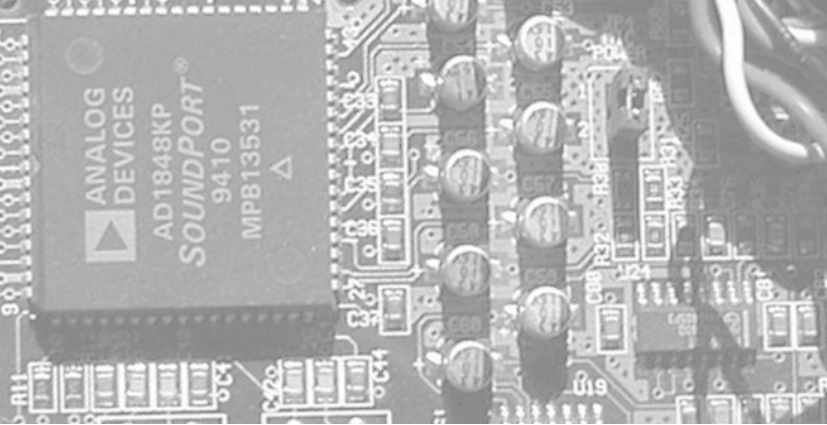


Bild 3: Schema der elektronischen out-of-plane-Microferometrie



ein Speckle-Interferenzmuster. Der entsprechende, vereinfachte Aufbau ist in Bild 3 dargestellt.

Nach der Belastung des Prüfkörpers wird ein zweites Speckle-Interferenzmuster aufgenommen. Die digitale Subtraktion der beiden Speckle-Interferenzmuster lässt schließlich ein sichtbares Streifenmuster entstehen. Jeder Streifen des Streifenmusters stellt eine Linie der gleichen out-of-plane Verformung dar.

Durch die zusätzliche Anwendung der Phasenschiebetechnik erhält man die relative Phasenänderung in jedem Punkt des Bildes, welche proportional zur out-of-plane Verschiebung ist.

DARSTELLUNG DES OPTISCHEN SYSTEMS

Das vorliegende holografische System ist eine Neuentwicklung. Es besteht im Wesentlichen aus Mikroskop, Nd-YAG-Laser mit Faserkoppler und zwei Monomodefasern, Piezospiegel zur Phasenschiebung, FireWire-CCD-Kamera sowie einem rechner-gestützten System zur Steuerung, Erfassung und Auswertung.

Das System ist konzipiert, um sowohl in-plane-, als auch out-of-plane-Verformungen messen zu können.

In-plane ESPI-MICROFEROSKOP

Das ausgeführte System (Bild 4) nutzt die beiden Monomodefasern, um das Objekt von zwei gegenüberliegenden Seiten, durch eine Linse aufgeweitet, zu beleuchten.

Die Ausrichtung des Beleuchtungsfeldes wird dadurch realisiert, dass beide Strahlen über einstellbare Spiegel geleitet werden, von dem einer als Piezo-Phasenschieber ausgeführt ist.

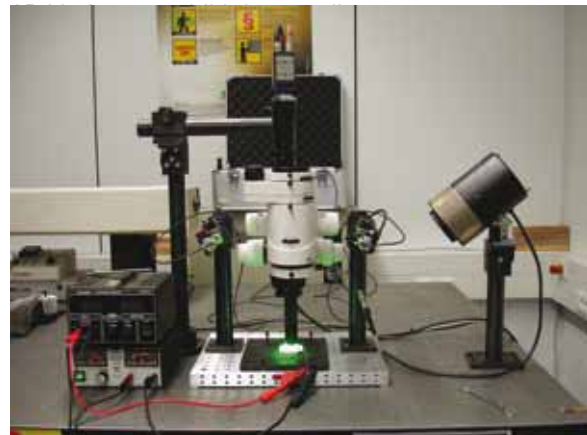


Bild 4: Microferometriesystem - in-plane (u , v)

Das auf der Messobjektoberfläche überlagerte und interferierende Licht der beiden Teilstrahlen wird diffus reflektiert, durch das Mikroskop auf den CCD-Chip der Kamera fokussiert und aufgenommen.

Out-of-plane ESPI-MICROFEROSKOP

Beim realisierten Aufbau (Bild 5) wird der Strahl einer Faser durch eine Linse aufgeweitet und als Referenzstrahl zur CCD-Kamera geführt.

Der Strahl der zweiten Faser dient nach der Umlenkung über den, zur Ausrichtung des Beleuchtungsfeldes einstellbaren, Piezo-Phasenschiebespiegel und der Strahlaufweitung durch eine Linse, als Objektstrahl zum Ausleuchten des Messobjektes.

Das vom Gegenstand diffus reflektierte Licht der Oberfläche wird durch das Mikroskop auf den CCD-Chip der Kamera fokussiert, interferiert dort mit dem Referenzstrahl und wird aufgenommen.



Bild 5: Microferometriesystem - out-of-plane (w)

INTERFEROMETRIE-SOFTWARE „OPTIS“

Zur Auswertung und Darstellung der Interferogramme wurde eine neue Interferometrie-Software mit dem Namen „OPTIS“ erstellt. Bei diesem Programm wurde speziell auf die Erfordernisse der optischen Messverfahren „Holografie“ und „Shearografie“ eingegangen.

Weiterhin erlaubt sie auch topografische Messungen mit Hilfe der Streifenlichtprojektion auszuwerten. Einige Programmfenster werden in Bild 6 für eine holografische out-of-plane Messung an einer Kreisplatte dargestellt. Alle Untersuchungen in diesem Beitrag wurden mit dieser Software durchgeführt.

MICROFEROMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN

Die nachfolgenden Untersuchungen sind mit dem vorgestellten Microferometriesystem durchgeführt worden.

In-plane Verformungsmessung eines Piezomotors

Der Aktuator besteht aus einer piezoelektrischen Keramik, die in einen Aluminiumrahmen eingepasst ist. Beim Anlegen einer elektrischen Spannung an die Piezokeramik dehnt sich diese aus und biegt den stabförmigen Aktuator. Die resultierende Bewegung kann direkt für die verschiedensten Anwendungen genutzt werden.

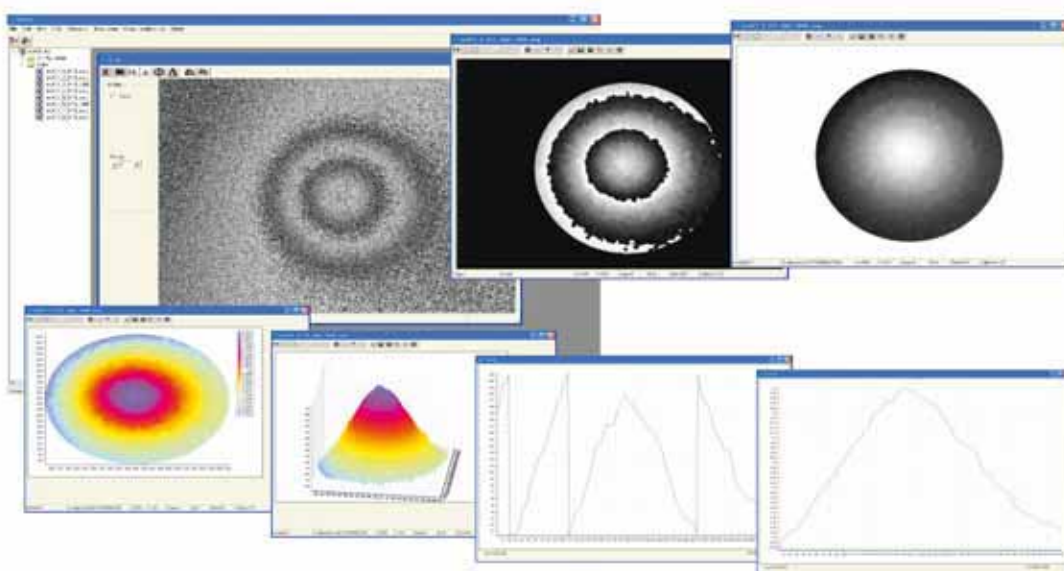
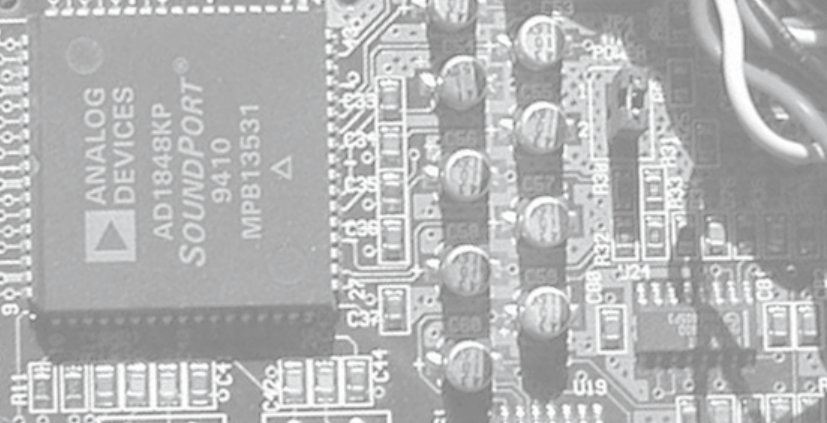


Bild 6:
Bildschirm-
fenster der
Software
„OPTIS“



Dabei hängt die erzielte Längenänderung davon ab, wie groß die mechanische Last ist, die mit dem Aktuator bewegt werden soll. Ohne Last wird eine maximale Bewegung erzeugt, bei einer Maximallast wird die Bewegung des Aktuators unterbunden.

Zur Untersuchung wurde der Piezoaktuator an eine Schneide gelehnt und durch Variation der mittels Netzgerät angelegten Gleichspannung ausgelenkt. Für die Positionierung des Messobjektes wurde ein Okulartubus auf dem Mikroskop montiert (Bild 7).



Bild 7: In-plane Messaufbau mit montiertem Okulartubus

Zur Ausrichtung der Messapparatur schaltet man zuerst auf das Live-Bild der Interferometrie-Software und richtet das Untersuchungsobjekt, bei kleinster Vergrößerung durch das Mikroskop, aus (Bild 8). Anschließend erhöht man die Vergrößerung auf den verlangten Wert (Bild 9).

Nachdem nun eine definierte mechanische Belastung entsprechend durch Veränderung der Gleichspannung aufgebracht wurde, ist das nötige Auswertungsschema durchlaufen worden.



Bild 8: Livebild Piezoaktuator

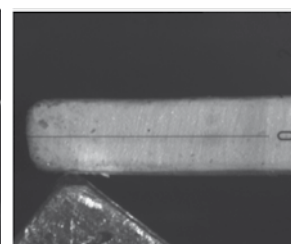


Bild 9: Vergrößerung

Daraufhin ist das in Bild 10 gezeigte Phasenbild aufgenommen worden. Zur Auswertung wurde anschließend das elektrische und optische Rauschen dieses Bildes mit einem Phasenfilter weitestgehend entfernt (Bild 11).

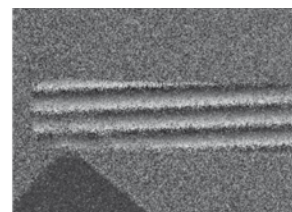


Bild 10: Phasenbild

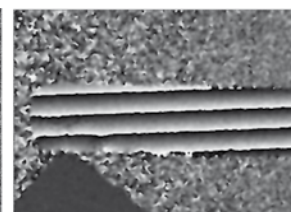


Bild 11: gefiltertes Bild

Mit einer Maske wird letztendlich nur der interessierende Bereich des Bildes ausgeschnitten (Bild 12) und das Phasenbild mit einer Demodulationsroutine in eine kontinuierliche Kurve überführt (Bild 13).



Bild 12: maskiertes Filterbild



Bild 13: demoduliertes Bild



Durch die Eingabe der notwendigen Randparameter, wie Beleuchtungswinkel, Messabstand und Laserwellenlänge ergibt sich das Ergebnis in Form eines so genannten „Falschfarbenbildes“ (Bild 14) und eines 3D-Bildes (Bild 15), jeweils mit einer Werteskala.

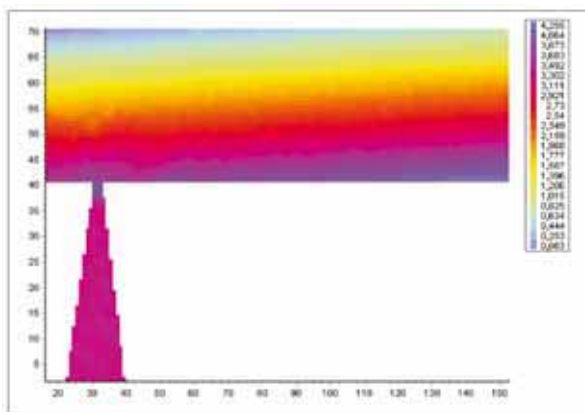


Bild 14: 2D-Farbgrafik der in-plane Verformung

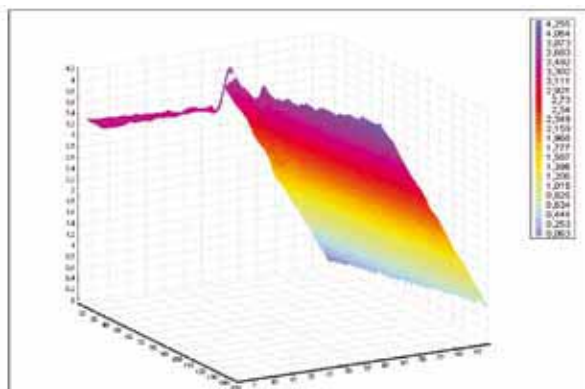


Bild 15: 3D-Bild

Zudem kann ein Profilschnitt des 3D-Bildes im 2D-System ausgegeben werden (Bild 16).

Wie man an den Bildern 10 bis 16 erkennen kann, besitzt der Aktuator keinerlei mechanische Anomalien und kann als „In Ordnung“ betrachtet werden. Fehler im Bauteil verursachen Unterbrechungen der Isotasen und können unmittelbar erkannt werden.

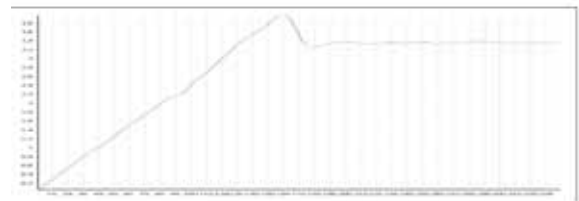


Bild 16: Schnitt (2D)

Out-of-plane Verformungsmessung des Piezomotors

Der zur out-of-plane Messung benötigte Referenzstrahl wird mittels eines Zwischenmoduls direkt in den Strahlengang zur Kamera eingeleitet.

Im gezeigten Aufbau (Bild 17) ist die Kamera auf einem zum linken Strahlengang und dem Objektiv koaxialen Kameratubus montiert.

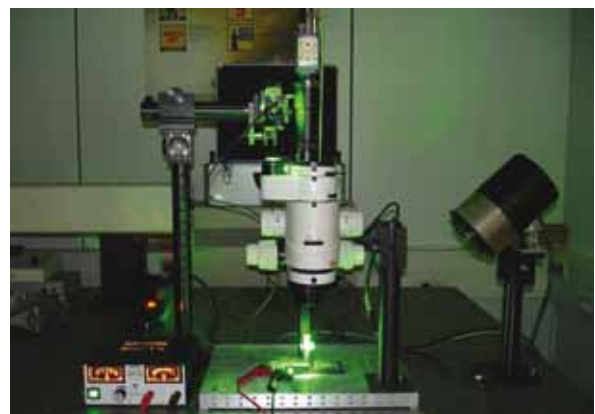
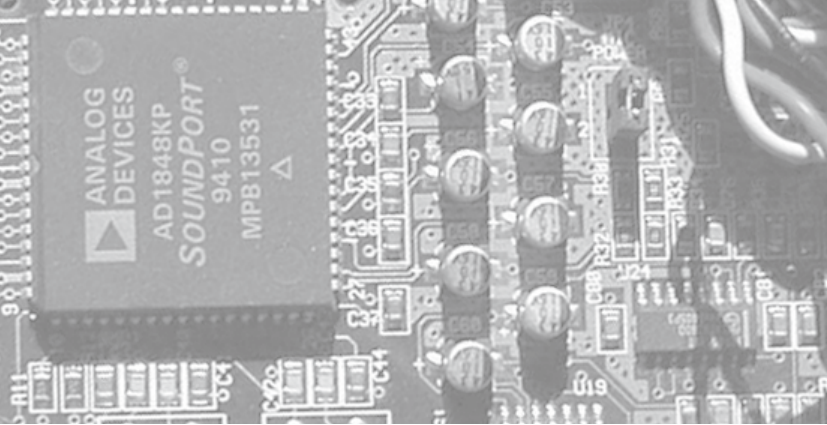


Bild 17: Out-of-plane Messaufbau



Bei der Aufnahme des Livebildes (Bild 18) wurde ein mm-Maßstab direkt auf das Messobjekt gelegt. Hier erkennt man, dass der Aktuator, von der Symmetrie-achse ausgehend, lediglich 1mm Breite nach jeder Seite aufweist. Weiterhin werden hierzu in den Bildern 19 bis 22 die Zwischenstufen bis zum

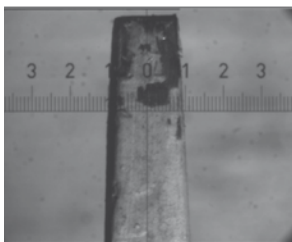


Bild 18: Livebild (Vergrößerung)

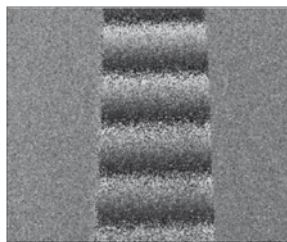


Bild 19: Phasenbild (Ausschnitt)

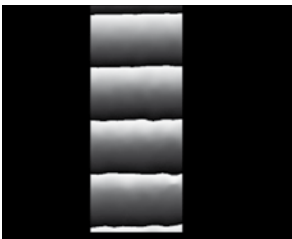


Bild 20: gefiltert + Maske

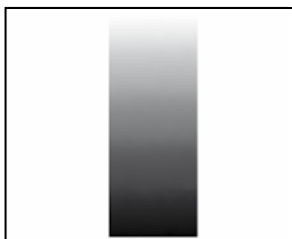


Bild 21: demoduliertes Bild

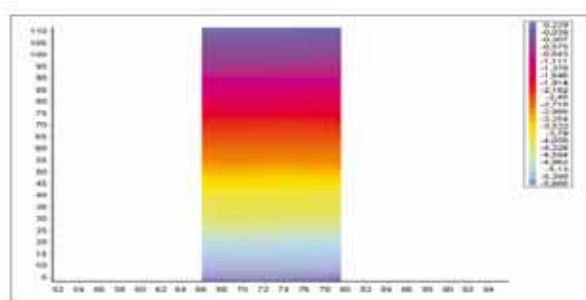


Bild 22: 2D-Farbgrafik der out-of-plane Verformung

Untersuchung einer Zahnradpaarung

Die Untersuchung eines Zahnradgetriebes zeigt den Praxiseinsatz des zuvor dargestellten Microferoskops. Es wird eine Zahnradpaarung eines Kleingetriebes (Bild 23) untersucht.

Die Zahnräder wurden mittels des beschriebenen Piezoaktuators bewegt. Die Reaktionskraft wird lediglich durch die Reibung, des ansonsten freilaufenden Getriebes aufgebracht.

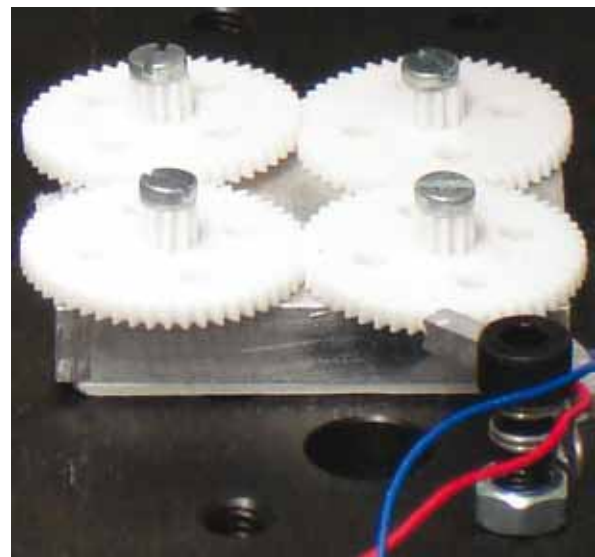


Bild 23: Zahnradkleingetriebe mit Piezoaktuator

Gemessen wurde die Out-of-plane-Verformung. Dies ist die Verformung senkrecht zur Bildebene, also in Blickrichtung auf die Zahnradpaarung in Bild 24 bzw. 25



Bild 24: Livebild

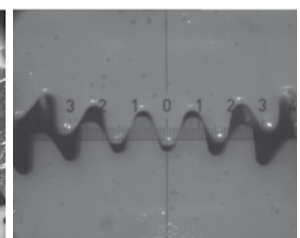


Bild 25: Livebild (Vergrößerung)



Der Streifenverlauf im Phasenbild (Bild 26) lässt bereits erkennen, dass die Zahnräder, ausgelöst durch eine minimal außermittige Krafteinleitung durch den Piezoaktuator, verbogen worden sind.

So können Folgeschäden, wie erhöhter Zahn-, Lager- oder allgemeiner Getriebeverschleiß, und die damit verbundenen Ausfälle, durch Früherkennung mithilfe der Microferometrie vermieden werden.

Diese Fälle treten nur in der Realität auf und können deshalb nur durch eine direkte Messung der Verformung, wie mit dem Microferometer, detektiert werden. Bei Computersimulationen würde eine grundsätzliche Annahme der mittigen Krafteinleitung die Erkennung dieser Fehlstellung von vorne herein ausschließen.

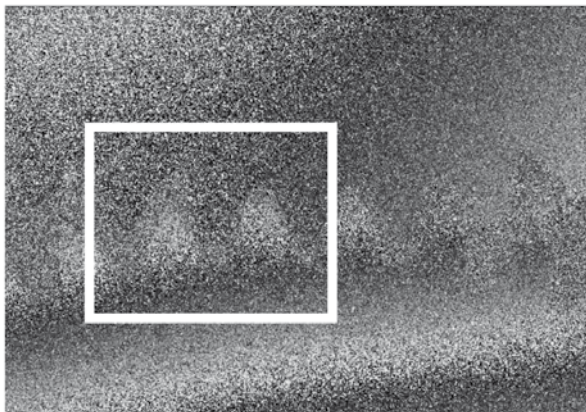


Bild 26: Phasenbild der Zahnradpaarung mit Auswertungsbereich

Zur Detailbetrachtung wird im Folgenden der in Bild 26 eingerahmte Bereich ausgewertet. Der Außenbereich wurde unter Zuhilfenahme der Maskenfunktion direkt in der Interferometrie-Software ausgeblendet. Auch hier werden in den Bildern 27 bis 30 die Zwischenstufen bis zum 3D-Verformungsmodell dargestellt.

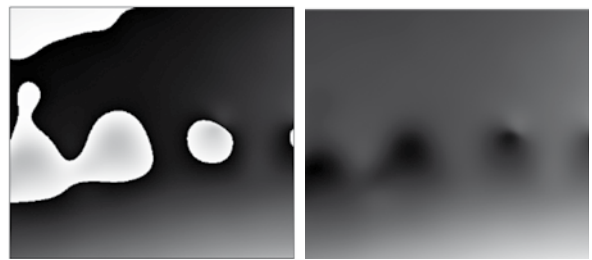


Bild 27: gefiltertes Bild Bild 28: demoduliertes Bild

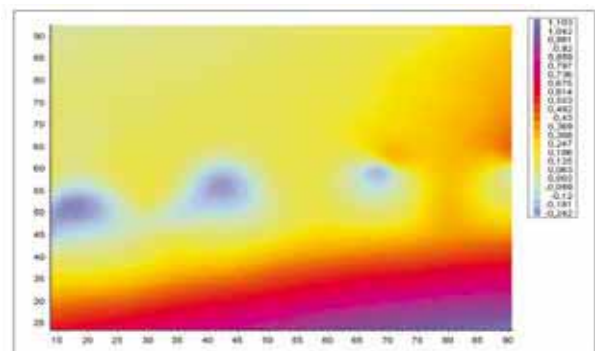


Bild 29: 2D-Farbgrafik der out-of-plane Verformung

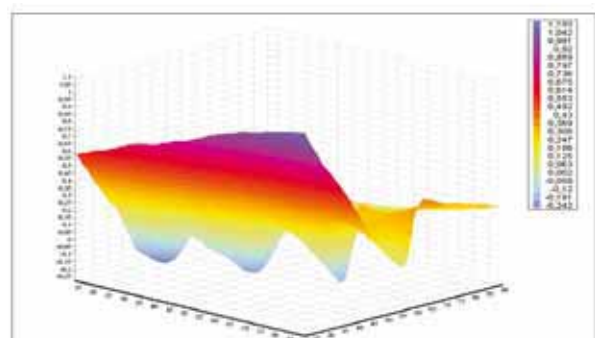
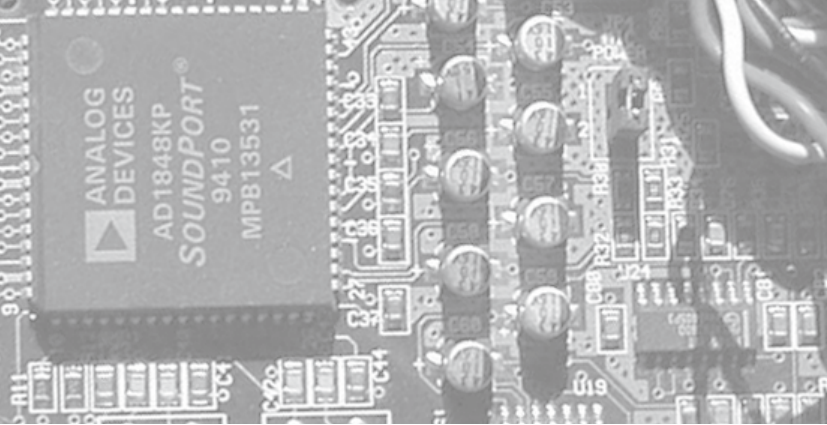


Bild 30: 3D-Bild



ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Bericht wurde gezeigt, dass die Implementierung des holografischen Messprinzips in ein Mikroskopsystem möglich ist, das so genannte Microferoskop. Dabei wurde ein Standard-Mikroskop in Modulbauweise verwendet. Das System wurde zur Verformungsmessung im Microbereich in der Ebene (u, v) [in-plane] und senkrecht zur Ebene (w) [out-of-plane] konzipiert. Nach der Darstellung des Mikroskops als Basisgerät wurden die Messverfahren erläutert und die realisierten Aufbauten vorgestellt. Zur praktischen Anwendung des Systems wurden ein Piezoaktuator und eine Zahnradpaarung untersucht und die Brauchbarkeit des Systems bewiesen. Es zeigt sich, dass das Microferoskop hervorragend in Bereichen eingesetzt werden kann, wo die Auflösung einer einfachen optischen Betrachtung kleiner Flächen, mangels Vergrößerung, nicht ausreicht. Zur Auswertung wurde zugleich eine neue Auswertesoftware „OPTIS“ vorgestellt.

DANKSAGUNG

Die Autoren danken der „Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation“ für die Förderzuschüsse, Förderkennzeichen: 961 - 38 62 61 / 738, der Firma OPTOTRON, im Besonderen Herrn Dipl.-Ing. Frank Vössing, für die Unterstützung, Herrn Rainer Kühn von der Firma Leica-Microsystems und Herrn Hans-Jörg Dethloff für die technische Beratung.

REFERENZLISTE

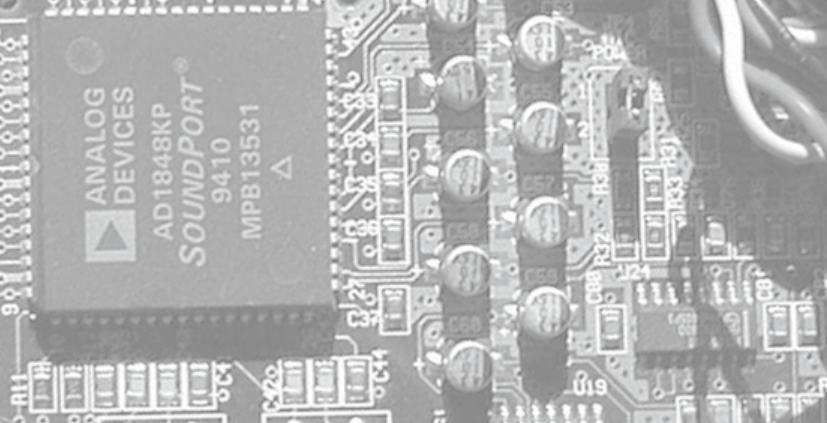
- [1] M. Schuth,
Aufbau und Anwendung der Shearografie als praxismgerechtes, optisches Prüf- und Messverfahren zur Dehnungsanalyse, Qualitätssicherung und Bauteiloptimierung, VDI Verlag – Fortschrittbericht Nr. 539, Düsseldorf, 1996
- [2] L.X. Yang,
Grundlagen und Anwendungen der Phasenschiebe-Shearografie zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, Dehnungsmessung und Schwingungsanalyse, VDI Verlag – Fortschrittbericht Nr. 682, Düsseldorf, 1998
- [3] C. M. Vest,
Holographic Interferometry, John Wiley & Sons, New York, 1979
- [4] P. K., Rastogi
Holographic Interferometry Springer-Verlag, 1994
- [5] G. Wernicke, W. Osten,
Holografische Interferometrie, VEB-Verlag, 1982
- [6] B. Jähne,
Digitale Bildverarbeitung, Springer Verlag, 2002, 5. Auflage
- [7] H. Haferkorn,
Bewertung optischer Systeme, VEB-Verlag, Berlin, 1986



- [8] Y. Fu, N. Kok, A. Bryan,
Microfabrication of microlens array by
focused ion beam technology,
Microelectronic Engineering, 54 (3-4),
pp. 211-221 (2000)
- [9] A. Ettemeyer,
Combination of 3-D deformation and shape
measurement by electronic speckle-pattern
interferometry for quantitative strain-stress
analysis,
Opt. Eng. 39 (1), 212-215 (2000)
- [10] C. Furlong, R.J. Pryputniewicz,
Absolute shape measurements using high-
resolution optoelectronic holography
methods,
Opt. Eng. 39 (1), 216-223 (2000)
- [11] C. Furlong,
Optoelectronic Holographic Testing on
Micro-electromechanical Systems,
Materials Evaluation, 64 (7),
pp. 710-716 (2006)
- [12] K. Creath,
Phase-shifting speckle interferometry,
Appl. Opt. 24 (18), 3053 –3058, (1985)
- [13] T. Kreis,
Holographic Interferometry,
Chapter 4: Quantitative Evaluation of the
Interference Phase,
Akademie Verlag, Berlin (1996)
- [14] R. Jones, C. Wykes,
Holographic and Speckle Interferometry,
Cambridge University Press (1989)
- [15] A.E. Ennos,
Speckle Interferometry,
in J.C. Dainty (ed.) "Laser Speckle and
related Phenomena,
Springer Verlag, Berlin, (1975)
- [16] L. Yang, P. Colbourne,
Digital laser micro-interferometer and its
applications, Optical Engineering, 42(5),
pp. 1417 – 1426 (2003)

Kontakt:

Prof. Dr. Michael Schuth
Fachbereich Technik
u.schuth@fh-trier.de



Zwischenbericht vom 12.03.09 zum Forschungsprojekt (ohne DM)

Hochwasserabflüsse der Mosel

Prof. Dr.-Ing. Joachim Sartor,
FR Bauingenieurwesen

Einleitung und Aufgabenstellung

Es ist weitgehend unstrittig, dass die **kleinen** Hochwasserereignisse der Mosel zunehmend häufiger auftreten, d.h. es liegt hierfür der in Fachwelt und Öffentlichkeit oft diskutierte **Verschärfungseffekt** vor. Gründe sind die Flächennutzung des Einzugsgebiets (Versiegelung/ Bebauung, Ackerbau etc.) sowie die Gewässer- ausbauten und sehr wahrscheinlich der Klima- wandel. Für Hochwasserabflüsse **mittlerer** Größe ist dieser Effekt aber kaum noch nachweisbar und (wissenschaftlich) auch nur noch bedingt erklärbar.

Dies gilt umso mehr für **Extremereignisse**, die sog. Jahrhunderthochwasser. Naturgemäß ist mit den amtlichen Pegelaufzeichnungen, welche Moselabflüsse von „nur“ ca. 100 Jahren umfassen, der Nachweis von eventuellen Veränderungen auf statistischem Weg nicht möglich. Falls vorhanden, ist ein solcher Verschärfungseffekt so gering, dass er auch jenseits der Nachweisgrenze von hydrologischen Ursache-Wirkungsanalysen (sog. deterministischen Verfahren) liegt.

Im Rahmen dieser Studie sollen deshalb mittels historischer Daten (Hochwassermarken an Gebäuden etc.) die o.g. Pegelaufzeichnungen verlängert sowie mit einem neuen Verfahren aus dem zugehörigen offiziellen Regelwerk entsprechende Hochwasserstatistiken aufgestellt werden. Durch diese Vorgehensweise sollen relativ konkrete Aussagen zu einem möglichen Verschärfungseffekt der Hochwasserabflüsse der Mosel gewonnen werden. Ähnliche Untersu-

chungen erfolgten bereits durch die Universitäten Cottbus und Leipzig für die Flussgebiete der Elbe und Oder.

Die Untersuchungen erfolgen in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) in Koblenz sowie einem ehemaligen Mitarbeiter der Wasserwirtschaftsverwaltung in Trier.

Vorgehensweise

Offizielle Pegelaufzeichnungen der Moselwasserstände begannen am 28.04.1817 in Cochem und am 01.09.1817 in Trier. Die BfG verwendet Scheitelabflüsse ab 1901 für die amtliche Hochwasserstatistik, wie sie z.T. in den sog. Gewässerkundlichen Jahrbüchern wiedergegeben wird. Hinsichtlich Pegeldaten wurde im Rahmen dieser Untersuchung nur auf die weitgehend gesicherten Werte von Cochem zurückgegriffen, da in Trier zwischenzeitlich der Pegelstandort wechselte und sich die Gerinnehydraulik ausbaubedingt änderte.

Zur Erfassung älterer Wasserstände wurde überwiegend auf historische Hochwassermarken zurückgegriffen, wie sie entlang der Mosel relativ zahlreich an Gebäuden o.ä. zu finden sind. Im Rahmen von zwei an der FH gefertigten Diplomarbeiten und einer an der Universität Luxemburg gefertigten Bachelor-Thesis wurden alle den Verfassern bekannte Marken zwischen Schengen und Cochem aufgemessen und u.a. zur Plausibilitätsprüfung als Längsschnitte aufgetragen¹. Marken zu Ereignissen aus der Zeit vor 1784, die zudem das Hochwasser vom April 1983 übertrafen, fanden sich allerdings nur an der unteren Mosel ab Lieser. Die wahrscheinlich älteste Marke dieser Art befindet sich an der Kirche von Zell-Merl und stammt von 1534.

¹ Die Längsschnitte und Lagepläne aus den 2 Diplomarbeiten finden sich im Internet unter www.biserver.bi.FH-Trier.de – downloads - Sonstige



Zusätzlich konnte auf Angaben der ehemaligen Wasserstraßendirektion Koblenz von 1940 zu heute nicht mehr existierenden Marken zurückgegriffen werden sowie eine Wasserstandshöhe an Hand eines detaillierten historischen Berichts rekonstruiert werden.

Da für statistische Analysen grundsätzlich nur Abflüsse verwendbar sind (Wasserstände sind ortsabhängig und ändern sich u.a. mit dem Gewässerprofil) wurde zur Umwandlung von historischen Wasserständen in Abflüsse eine sog. Abflusskurve der BfG für den Pegel Cochem verwendet. Danach entsprach z.B. der am Pegelhäuschen vermarktete „Jahrtausendwasserstand“ von $W = 1218 \text{ cm}$ vom 28.02.1784 einem Durchfluss von ca. $Q = 5750 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bild 1). Zum Vergleich betragen die entsprechenden Werte des „Jahrhunderthochwassers“ vom Dezember 1993

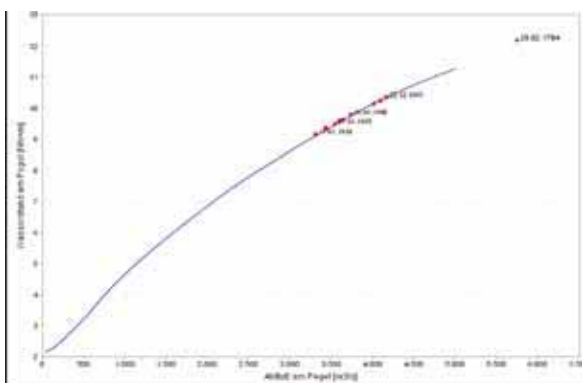


Bild 1: Abflusskurve für den Pegel Cochem mit großen Hochwasserereignissen

$W = 1034 \text{ cm}$ und $Q = 4170 \text{ m}^3/\text{s}$.

Eine weitere Plausibilitätsprüfung der Daten erfolgte an Hand der Wasserspiegelquerneigung beim Ereignis von 1784. Für die relativ enge Krümmung (Radius ca. 1 km) bei Traben-Trarbach weisen Hochwassermarken einen Unterschied

von 25 cm zwischen Außen- und Innenufer auf. Mit dem o.g. Durchfluss ergibt sich eine erstaunlich gute (fast cm-genaue) Übereinstimmung zwischen gerechnetem und gemessenem Wert.

Erste Ergebnisse

Zur Absicherung der zuvor genannten Wasserstands- und Abflussdaten aus der Zeit vor Beginn der offiziellen Pegelaufzeichnungen wird auch eine umfangreiche (noch laufende) Literaturstudie betrieben. Neben der in der Fachliteratur häufig zitierten Quellensammlung zur Witterungsgeschichte von Weikinn finden sich auch viele Berichte zur Hochwassergeschichte in lokalen und regionalen Chroniken. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick zu großen Ereignissen gegeben, die das sog. Jahrhundertereignis von 1993 übertroffen haben.

Das älteste, einigermaßen mit Zahlen belegbare Extremereignis der deutschen Mosel fand im Winter 1572/73 statt. Dazu findet sich in einer alten Chronik der Hinweis „Reben im Winter und Frühjahr erfroren, Hochwasser im Januar.“ Hochwassermarken finden sich hierzu in der Kirche St. Michael in Bernkastel, an einem Haus in Kinheim sowie an der Kirche in Merl. Im Mittel liegen diese Marken um ca. 30 cm über den Hochwasserständen von 1993. Auch wenn die in Sandstein gemeißelten Schriftzüge und Markierungen der beiden Kirchen sehr vertrauenswürdig sind, so ist die Übertragung des Wasserspiegelverlaufs bis zum relativ weit entfernten Pegelstandort Cochem mit großen Unsicherheiten behaftet. Daher wurde der sich aus Bild 1 ergebende Durchfluss von ca. $Q = 4400 \text{ m}^3/\text{s}$ zusätzlich mittels Wasserspiegellagenberechnung auf Plausibilität geprüft (Bild 2).

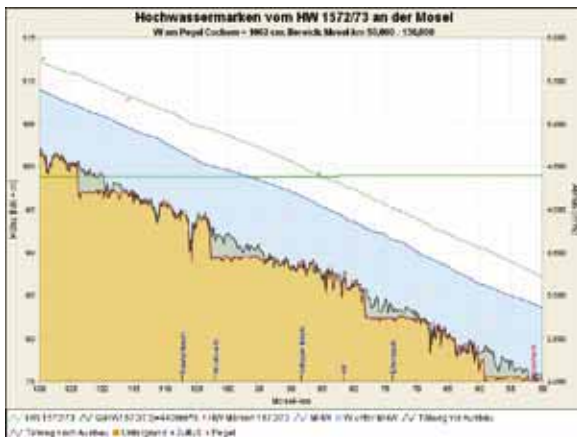
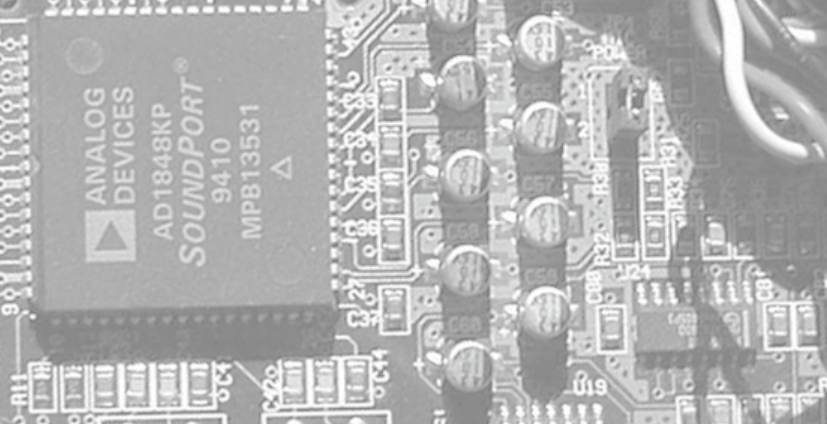


Bild 2: Hydraulische Berechnung zum Ereignis von 1572/73

Zur Rekonstruktion des Hochwasserspiegelverlaufs von 1651 (der zweithöchste nach 1784) wurden im Rahmen der genannten Diplomarbeiten zahlreiche Marken eingemessen, womit zumindest streckenweise ein plausibler Längsschnitt erstellt werden konnte. Damit lässt sich für den Pegelstandort Cochem ein Wasserstand von rund 10,8 m ableiten, dem gemäß Bild 1 ein Durchfluss von mindestens $Q = 4500 \text{ m}^3/\text{s}$ zugeordnet werden kann. In einem historischen Bericht ist von einer gewaltigen Überschwemmung die Rede, die mit derjenigen von 1784 vergleichbar war. Die Mosel soll danach 1651 in Ernst auf dem Altar der Pfarrkirche gestanden haben.

Für das Ereignis von 1740 lässt sich ähnlich wie für das Hochwasser von 1651 der Wasserspiegelverlauf streckenweise mit einiger Sicherheit rekonstruieren. Er lag danach bereichsweise sowohl etwas oberhalb wie auch etwas unterhalb von demjenigen des Jahres 1993. Für die weitere Analyse werden die Spiegellagen von 1740 und 1993 vereinfachend gleichgesetzt. In einer zeitgenössischen Schilderung der Zustände in Trier

lautet es: „ ... Nach dieser Kälte ist im Advent eine große Nässe eingefallen, dass durch die langwährenden Regen das Wasser so groß gewachsen ist, dass alles Flurland überschwemmt war. Zu Barbeln und im Krahen sind die Leut zu den oberen Fenstern auf den Nachen ein- und ausgefahren, und fast in allen Kellern der ganzen Stadt war Wasser und hat das Hohe Wasser gewährt bis in den März des Jahres 1741.“ Die beschriebene Hochwasserlage „im Krahen“ (heute Krahenstraße) weist auf einen Wasserspiegel über demjenigen von 1993 hin.

Zumindest alle seit dem Mittelalter beobachteten Moselhochwasser wurden von der Katastrophe vom Februar 1784 weit übertroffen. Den ausführlichsten Bericht darüber hat der Trierer Privatgelehrte Ludwig Müller verfasst, in dem es u.a. heißt: „Einen solchen Winter, wie jener des 1784 Jahres erlebt zu haben, wissen die ältesten Leut sich nicht zu erinnern. Er drohte vielen Tausend Menschen mit dem schreckbarsten Tod, der sicher erfolgt, wenn nicht Wunder dazwischen gekommen wärn. Indessen haben doch sehr viele ihre Leben müssen hergeben, theils wegen Schnee, theils wegen Kält, theils wegen Eis und großem Gewässer.“ Nach seinen weiteren Aufzeichnungen brach das Eis der in den vorangegangenen Monaten mehrfach zugefrorenen Mosel am 23.2. um 19 Uhr, während der Hochwasserscheitel am 28.2. zwischen 12 und 13 Uhr erreicht wurde. Dies ist deshalb erwähnenswert, da dieser extreme Scheitelwasserstand oftmals auf Eisstau zurückgeführt wird. Dagegen spricht zum einen der genannte große zeitliche Abstand zwischen dem Aufbrechen der Eisdecke auf Grund der anlaufenden Hochwasserwelle und dem Wellenscheitel. Zum anderen weisen weder ein offizieller, von 1905 stammender noch die im Rahmen der genann-



ten Diplomarbeiten angefertigten Längsschnitte nennenswerte Unstetigkeiten auf. Dennoch traten gemäß zeitgenössischen Berichten lokale Eisstaus in einigen der engen Moselkrümmungen auf, wo sich abtreibende Eisschollen verkeilten. Hierdurch kam es dann wohl zu rasanten Wasserspiegelanstiegen mit springflutartigen Überschwemmungen. Berichten zu Folge konnte sich z.B. ein Schäfer im Moselvorland bei Müden davor gerade noch auf einen Baum retten und seinen Hund hinter herziehen, während seine Schafe ertranken. Dies alles ist wahrscheinlich losgelöst von dem erst vier Tage später eintretenden Maximalwasserstand zu sehen, der in erster Linie

durch das Abschmelzen extremer Schneemengen (es wird indirekt von ca. 1,5 m Höhe berichtet) in Verbindung mit relativ wärmerem Regen verursacht wurde. Weiterhin erscheint die quasi kontinuierlich zunehmende Spiegeldifferenz zwischen Trier (knapp 1 m) und Cochem (1,84 m) zum Hochwasser von 1993 beachtenswert. Dies lässt auf seinerzeitige, außergewöhnlich hohe Zuflüsse aus Eifel und Hunsrück schließen. Ein Indiz hierfür dürften auch Berichte sein, wonach in Klüsserath ein Haus von den Fluten der Mosel und der dort mündenden Salm zerstört wurde, in das zuvor rund vierzig Menschen geflüchtet waren. Sechzehn von ihnen kamen dabei ums Leben.

Jahreshöchstwasserstände der Mosel am Pegel Cochem

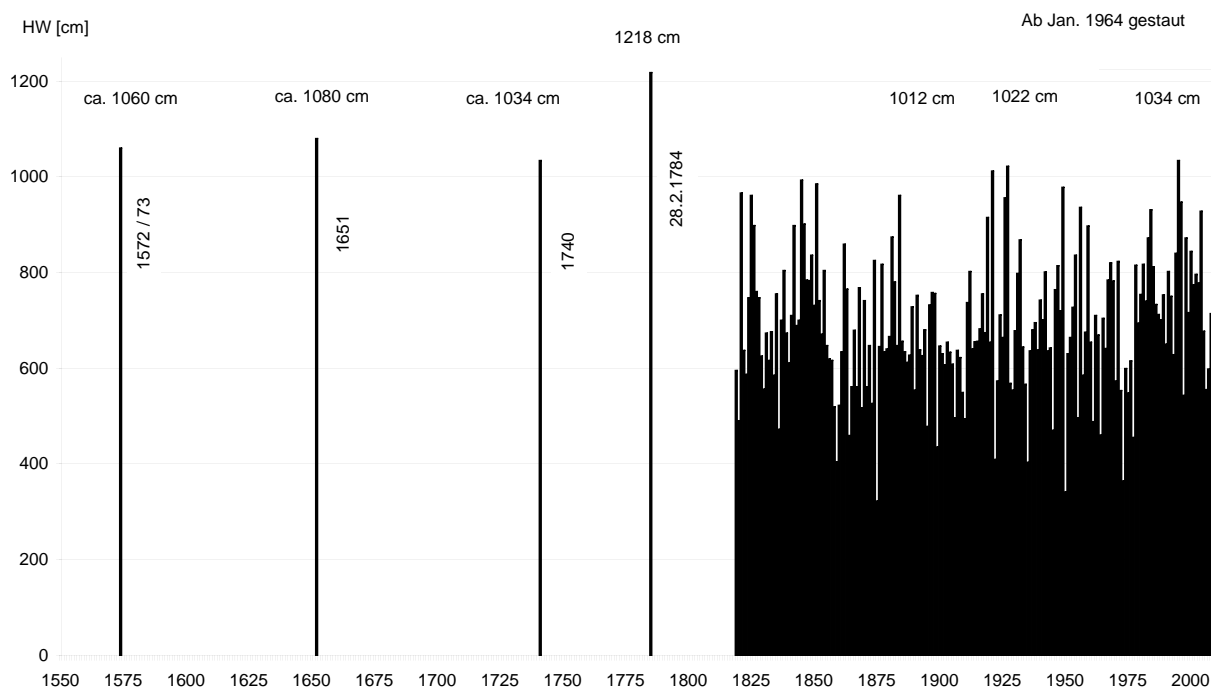
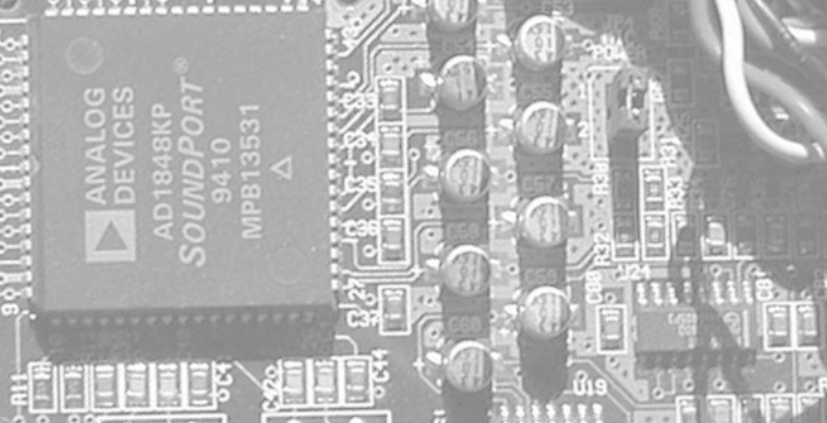


Bild 3: Jahreshöchstwasserstände seit 1818 sowie vier historische Extremwasserstände am Pegelstandort Cochem



Technik und Informatik

Zusammenfassend wäre festzuhalten, dass bereits vor dem Beginn der Pegelaufzeichnungen von 1817 mit großer Sicherheit die Hochwasser von 1572/73, 1651, 1740 und 1784 das „Jahrhundertereignis“ von 1993 erreicht oder übertroffen haben. Eine graphische Darstellung findet sich in Bild 3.

Ausblick

Neben der Fortsetzung der Literaturstudie ist als nächster großer Arbeitsabschnitt die statistische Analyse vorgesehen, in welche nach derzeitigem Stand die Daten aus Bild 3 eingehen werden. Ein relativ neues Verfahren aus dem zugehörigen offiziellen Regelwerk erlaubt die Einbeziehung solcher isolierter historischer Extremereignisse. Ergänzend werden Trendanalysen und die Betrachtung kleiner und mittlerer Abflüsse durchgeführt werden. Zudem ist eine erste Veröffentlichung (gemeinsam mit den zwei Mitarbeitern) in Vorbereitung. Mindestens eine Weitere ist vorgesehen.

Kontakt:

Prof. Dr. Joachim Sartor
Fachbereich BLV
j.sartor@fh-trier.de





Design eines Daten- und Informationsportals als Forschungsinfrastruktur für Großschutzgebiete

Prof. Dr. Peter Fischer-Stabel
Prof. Dr. Rolf Krieger

Hintergrundinformation

In Großschutzgebieten wie z.B. in den UNESCO MaB Biosphärenreservaten ist –neben dem traditionellen Monitoring- auch angewandte, umsetzungsorientierte Forschung durchzuführen. Diese umfasst sowohl sozialwissenschaftliche als auch wirtschafts- und umweltwissenschaftliche Forschungsfelder [1].

Um allen Forschenden der verschiedensten Institutionen einen zentralen und effizienten Einstieg in den Literatur- und Datenbestand über ein solches Großschutzgebiet zu ermöglichen, soll für das UNESCO Biosphärenreservat Bliesgau ein Forschungsserver aufgebaut und allen beteiligten und künftigen Forschungsgruppen als wissenschaftliches Informationsportal zur Verfügung gestellt werden. Ziel hierbei ist es, kostspielige, redundante Datenerhebungen sowie zeitraubende Rechercharbeiten für die einzelnen Arbeitsgruppen künftig zu vermeiden. Zudem wird die stattfindende Forschung transparenter, mögliche Synergie-Effekte können somit eher genutzt werden.

Eine im September 2007 vom Institut für Softwaresysteme (ISS) durchgeführte Telefonbefragung über vergleichbare Einrichtungen in den anderen deutschen Biosphärenreservaten bestätigte den innovativen und bis heute einmaligen Ansatz eines Forschungsservers als Teil der Forschungsinfrastruktur für eine Biosphärenregion.

Das UNESCO MaB Biosphärenreservat Bliesgau

Im Vergleich zu anderen deutschen UNESCO-Biosphärenreservaten liegt die Besonderheit des Bliesgaus einerseits in seinem einzigartigen naturschutzfachlichen Wert sowie andererseits in der höchsten Bevölkerungsdichte aller bisheriger Biosphärenreservate. Das Gebiet liegt teilweise in der Randzone des saarländischen Verdichtungsraumes, unmittelbar angrenzend an die Kernzone des Verdichtungsraumes mit den Städten Homburg, St. Ingbert und Saarbrücken. Aufgrund dieser räumlichen Struktur spielen die Stadt-Land-Verflechtungen für die weitere Entwicklung der Biosphärenregion Bliesgau eine besondere Rolle [2].

Neben einem biologischen und sozialwissenschaftlichen Forschungskonzept existieren verschiedene Leitprojekte zu den unterschiedlichsten Themenbereichen. Diese werden von Forschergruppen aus verschiedenen Hochschulen Deutschlands bearbeitet.

Nachfolgende Abbildung zeigt das Zonierungskonzept des Biosphärenreservates Bliesgau, welches in Kern-, Pflege- und Entwicklungszonen gegliedert ist. Diese zeigen die räumliche Verteilung der jeweils angestrebten Entwicklungs- und Bewirtschaftungsmöglichkeiten an.

Grobkonzept

Die Bedeutung eines Forschungsservers zur Informationsrecherche wird im Wesentlichen durch die Erreichbarkeit, die Datenqualität, den Grad der Übereinstimmung von Informationsangebot und Informationsnachfrage sowie seiner Integration in die vorhandene Systemlandschaft bestimmt [3]. Demzufolge wird vor dem Systemaufbau eine Anforderungsanalyse durchgeführt,

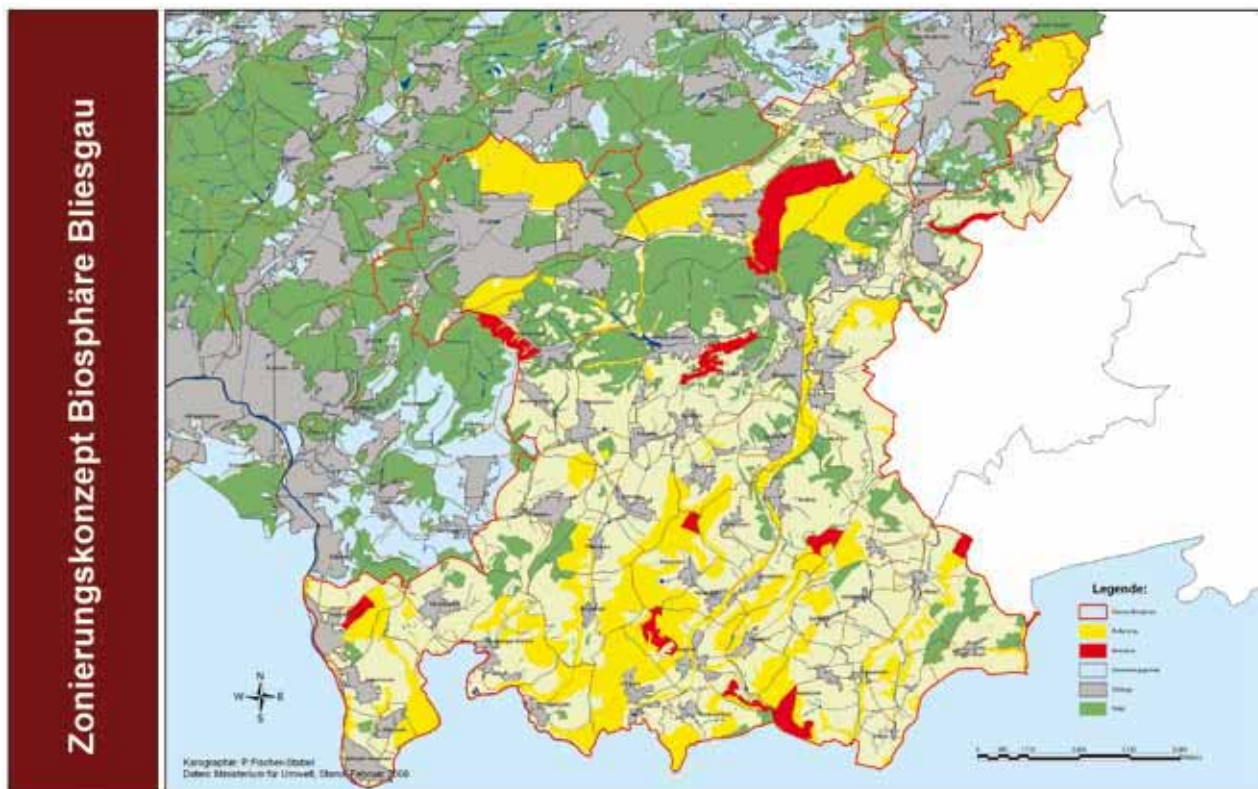
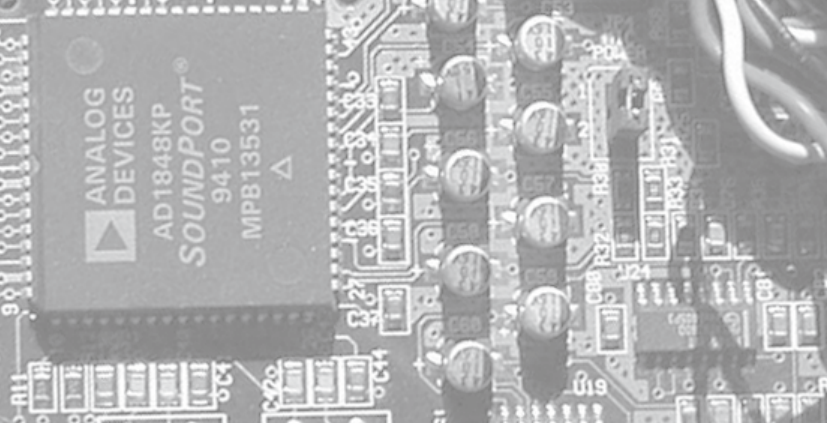


Abb.1: Karte zum Zonierungskonzept im Biosphärenreservat Bliesgau

welche anschließend unter Berücksichtigung der bestehenden Standards technisch umgesetzt wird.

In der ersten Ausbaustufe erfolgt das Design sowie die Implementierung einer Metadatenbank einschließlich der Metadatenerfassung zu der den Bliesgau betreffenden Literatur, georeferenzierter Geodaten, Messdaten, Datenbanken, Kartenwerke etc. sowohl hinsichtlich floristisch-faunistischer Quellen als auch hinsichtlich der den Naturraum beschreibenden Quellen. Die Erfahrungen im Umgang mit den Metadaten in diesen Forschungsfeldern soll ein Feedback für die Konzeption der im künftigen Systemausbau vorgesehenen Erfassung weiterer Themenbe-

reiche (z.B. Sozialwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften) liefern. Dem Systemnutzer soll der Forschungsserver die Frage beantworten, Wer Wo über Welche Information verfügt und wie diese abrufbar ist.

Neben dem Metadatendienst wird in der ersten Ausbaustufe zudem ein OGC-konformer Internet Kartendienst (WMS-Dienst) aufgebaut werden, welcher den Wissenschaftlern die vorhandenen GeoInformationen systemunabhängig über das Internet bereitstellt. Daneben ist ein internetbasierter Client für die Metadatenerfassung sowie ein Recherchewerkzeug zum Zugriff auf die Daten zu entwickeln und zu implementieren (vgl. Abb.2).



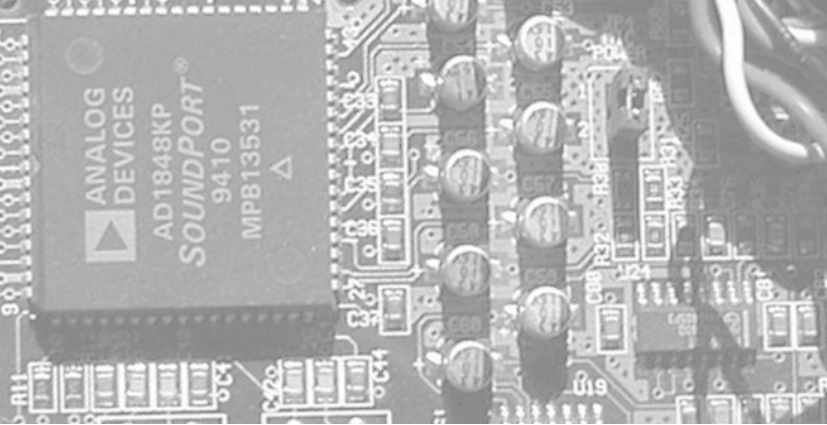
Abb.2: Generische Architektur des Forschungsservers. Die geklammerten Komponenten werden erst in der zweiten Phase des Systemaufbaus realisiert

In einer weiteren Ausbaustufe ist die Bereitstellung von vektor- und rasterbasierten Geodaten vorgesehen. Diese sollen ebenfalls über OGC-konforme, standardisierte Dienste, den Web Feature Service (WFS) sowie den Web Coverage Service (WCS) realisiert werden. Eine detaillierte Beschreibung der verfügbaren OGC-Dienste kann [4] entnommen werden. Ebenso ist für diese Phase die Online - Einbindung von Umweltinformationen der unterschiedlichen Messnetze, die im Biosphärenreservat betrieben werden, angestrebt. Erste Vorarbeiten zur regionalisierten Aufbereitung von Umweltinformationen aus Messnetzen werden am Institut für Softwaresysteme bereits durchgeführt [5].

Datenqualitätsaspekte

Die Implementierung eines Systems, wie es durch den Forschungsserver bereitgestellt werden soll, läuft in verschiedenen Phasen ab. Nach der technischen Installation erfolgt eine erstmalige Datenerhebung und -erfassung.

Schon in dieser Phase müssen Maßnahmen zur Sicherung der Datenqualität getroffen werden. Datenqualität drückt aus, inwieweit die bereitgestellten Informationen als auch die Art der Bereitstellung geeignet sind, den Benutzer bei Erledigung seiner Aufgaben beispielsweise in Planungs- und Entscheidungsprozessen zu unterstützen. Die Qualität wird dabei nach verschiedenen Kriterien beurteilt. Wichtige Kriterien sind beispielsweise Fehlerfreiheit, Relevanz, Vollständigkeit, Erreichbarkeit oder Aktualität. Qualitative Mängel bei der Ersterfassung der Daten sind nachträglich nur mit einem hohen Zusatzaufwand zu beheben. Die Praxis hat gezeigt, dass über Richtlinien für die Datenerfassung grundlegende Qualitätsanforderungen erfüllt werden können. Entsprechende Richtlinien müssen daher vor der erstmaligen Erfassung der Daten erarbeitet werden. Auch muss festgelegt werden, wie die Daten kontinuierlich überprüft und -aktualisiert werden sollen. Bei der Einführung des Umweltdatenkataloges im Saarland wurde beispielsweise festgelegt, dass nach der Ersterfassung der Daten eine kontinuierliche Überprüfung durch eine Befragung der verantwortlichen Mitarbeiter erfolgen soll. Um diesen Prozess zu unterstützen, wurden bei der Datenerhebung entsprechende Hinweise auf verantwortliche Mitarbeiter, Datenhalter, Aktualisierungszyklus, etc. mit erhoben. Damit kann bei einer späteren Datenaktualisierung oder Qualitätsprüfung die Zuordnung der Metadatenobjekte an die verantwortlichen Mitarbeiter ohne größeren Aufwand automatisiert erfolgen. Ein solches Konzept ist auch beim Aufbau des Forschungsservers für das UNESCO Biosphärenreservat Bliesgau zu entwickeln und umzusetzen.



Interdisziplinarität

Neben dem Institut für Softwaresysteme (ISS) des Umwelt-Campus als Initiator und Koordinator des Projektes sind das Zentrum für Biodokumentation des Saarlandes (ZfB) sowie die Fachrichtung Geografie, Physische Geografie und Umweltforschung der Universität des Saarlandes an der Umsetzung der ersten Ausbaustufe des Forschungsservers beteiligt. Dabei zeichnet das ZfB für die faunistischen und floristischen Quellen, die Geographie der Universität des Saarlandes für die naturraumbezogenen Informationen Verantwortung, während das ISS die zum Systemdesign erforderliche informationstechnische Kompetenz einbringt. Um eine Integration des Forschungsservers in das globale Netz der UNESCO MaB Biosphärenreservate zu ermöglichen findet hinsichtlich Fragen der Interoperabilität und zu definierenden Schnittstellen eine enge Zusammenarbeit mit dem Institut für Biosphärenforschung der Universität Greifswald sowie dem UNESCO Headquarter in Paris statt.

Weiterführende Informationen zum aktuellen Vorhaben sowie zu den F&E-Aktivitäten des Institutes für Softwaresysteme können bei den Autoren erfragt bzw. unter <http://iss.umwelt-campus.de/> abgerufen werden.

Weiterführende Quellen:

- [1] Recent Developments on BRIM; report of the seventeenth session of the International Coordinating Council of the Man and the Biosphere (MAB) Programme, UNESCO Headquarters, Paris, 18 - 22 March 2002
- [2] Taurus Institut (2007): Integriertes ländliches Entwicklungskonzept für die Region Bliesgau.- Taurus Institut, Universität Trier, 54286Trier
- [3] Open Source GIS – Architecture sharing Data and Knowledge in an UNESCO MAB Biosphere Reserve.- Fischer-Stabel, P., Wannemacher S. (2004), Proceedings EnviroInfo 2004, CERN, Genf
- [4] Open Geospatial Consortium (OGC) (2009): OGC – Standards.- <http://www.opengeospatial.org/standards>; letzter Aufruf 15.7.2009
- [5] Krieger, R. & B. Schmitt (2009): Entwicklung einer TYPO3-Erweiterung zur Abfrage und Darstellung kommunaler Umweltinformationen.- In: Proceedings of the Enviroinfo 2009 conference, Berlin

Kontakt:

Prof. Dr. Peter Fischer-Stabel
Institut für Softwaresysteme in Wirtschaft, Umwelt und Verwaltung (ISS)
Umwelt - Campus Birkenfeld
Fachhochschule Trier
p.fischer-stabel@umwelt-campus.de



Optimierung von Mikro-Drohnen zur Unterstützung von Polizei und Katastrophenschutz

Prof. Dr. Peter Fischer-Stabel

Hintergrund

Mikrodrohnen (Micro Unmanned Aircraft Systems = micro-UAS) sind leichtgewichtige Minihelikopter, ausgestattet mit anwendungsspezifischer Sensorik (Minikamera, Mikrofon, Wärmesensor, Gasdetektoren, etc.) die in Echtzeit Daten aus der Luft geocodiert an eine Bodenstation senden können. Die Einsatzfelder sind vielfältig und reichen von Sicherheitsanwendungen über das Umweltmonitoring bis hin zum Katastrophenmanagement. Nachfolgende Liste von Anwendungsfeldern verdeutlicht das Potential von Mikrodrohnen im zivilen Bereich:

- Lageklärung bei technischen Katastrophen und Naturkatastrophen sowohl im Freiland als auch innerhalb von Gebäuden
- Verkehrssteuerung und -überwachung
- Inspektion von schwer zugänglichen Bauwerken wie bspw. Brücken, Kirchen, Windräder
- Baufortschrittskontrolle von Immobilienobjekten
- Erstellung von Luftbildern und Geländemodellen
- Dokumentation von Raum – Zeit - Phänomena in der Ökosystemforschung
- Archäologische Aufnahmen
- Störungsarme Dokumentation gefährdeter Tierarten
- Echtzeitüberwachung von Umweltereignissen
- Live Dokumentation von Veranstaltungen aus der Vogelperspektive
-

Entsprechend hoch wird das wirtschaftliche Potential eingeschätzt. In Fachkreisen wird die Fernerkundung mittels Mikrodrohnen zudem

als eine der künftigen Schlüsseltechnologien im Bereich des Remote Sensing angesehen.



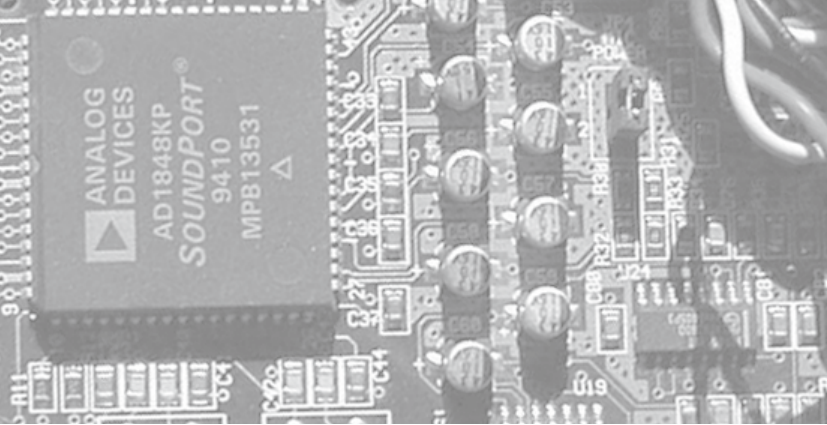
Abb.1: Mit Videokamera ausgestattete Mikrodrohne des ISS im Landeanflug

In verschiedenen nationalen und internationalen Forschungsvorhaben wurden die potentiellen Möglichkeiten, dieser, im zivilen Anwendungsbereich erst rezent eingesetzten Technologie, zur Unterstützung taktischer Maßnahmen in der polizeilichen Arbeit sowie im Bereich des Katastrophenschutzes bereits gewürdigt. Die Schwerpunkte der Forschungsarbeiten liegen dabei überwiegend im Bereich der Flugsteuerung, der Kommunikation sowie bei den bildgebenden Verfahren.

Daneben eröffnen sich mit der aufkommenden zivilen Nutzung dieser Technologie aber auch weitere Forschungsfelder, die zum Teil Gegenstand des vorliegenden und vom Ministerium für Inneres und Sport des Landes Rheinland-Pfalz (ISM) geförderten Vorhabens sind.

Ziele des F&E - Projektes

Gerade in sicherheitskritischen Anwendungsfeldern wie z.B. der taktischen Aufklärung oder im Bereich der Aufklärung und Einsatzleitung bei technischen- bzw. Naturkatastrophen sind erhöhte Anforderungen an Kommunikations-



technik und Sensorik gegeben. Diese werden aktuell durch die Systemhersteller jedoch nur unzureichend abgedeckt. Die hier bestehende Forschungslücke soll unter anderem durch vorliegendes F&E - Vorhaben geschlossen werden. Demzufolge können folgende technischen und wissenschaftlichen Ziele des Vorhabens genannt werden:

Technische Arbeitsziele des F&E-Vorhabens sind:

- Optimierung der Betriebssicherheit von Mikrodrohnen (micro-UAS) für o.g. Einsatzfelder.
- Erweiterung des möglichen Anwendungsspektrums durch Weiter- bzw. Neuentwicklung von Payload-Komponenten, insbesondere im Bereich der ABC- Sensorik.

Wissenschaftliche Ziele sind:

- Identifizierung von Nutzeranforderungen zum Design eines idealtypischen Referenzsystems im Anwendungsbereich taktische Aufklärung und Gefahrenabwehr bei technischen Katastrophen bzw. Naturkatastrophen

Aktueller Entwicklungsstand

Dem im Monat Juni 2009 begonnen Forschungsprojekt lief seit dem Wintersemester 2008/09 ein studentisches Projekt „Fliegendes Auge“ voraus. Hier konnten mit einem kanadischen Quadropter-Modell erste praktische Erfahrungen mit Luftaufnahmen durch Drohnen gesammelt werden. Schnell wurde jedoch klar,

dass dieses Modell sowohl aufgrund seiner Beschränkungen bei der Nutzlast als auch bezüglich der mangelnden Ausbaufähigkeit für einen praxistauglichen Betrieb ungeeignet ist. Dementsprechend fiel die Entscheidung für den Aufbau eines eigenen Modells, basierend auf Standard-Bauteilen und quelloffener Software.



Abb.2: Aufbau eines Quadropters im Rahmen eines studentischen Projektes

Hierbei zeigte sich auch, dass die Beschäftigung mit der Drohnentechnologie einen interdisziplinären Ansatz erfordert. Neben der Ingenieurinformatik (z.B. Mikrokontroller, Regelungstechnik), der Medien- (z.B. Drahtlose Bildübertragung, Luftbildaufnahmen) und der Geo-Informatik (z.B. autonome Navigation, 3D-Vermessung) sind insbesondere auf dem Gebiet der Optimierung von Payload-Komponenten tiefgehende Kenntnisse in Physik und Chemie Voraussetzung für eine erfolgreiche Systementwicklung.

Ein Forschungsschwerpunkt im aktuellen Vorhaben ist die Analyse der Möglichkeiten zur Beeinträchtigung von micro-UAS durch Dritte. Wie in Abbildung 3 ersichtlich ist, kann sowohl im Bereich der Flugsteuerung als auch bei der

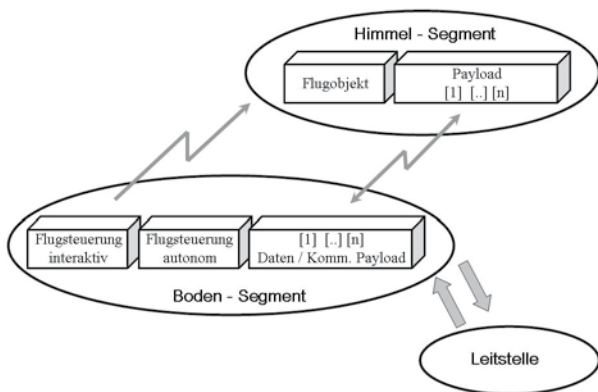


Abb.3: Kommunikationswege zwischen den Komponenten eines micro UAV - Systemes eines studentischen Projektes

bi-direktionalen Datenübertragung zwischen Bodensegment und Payload-Komponenten leicht eine externe Einflussnahme erfolgen, wenn hier keine gesicherten Kommunikationswege eingesetzt werden.

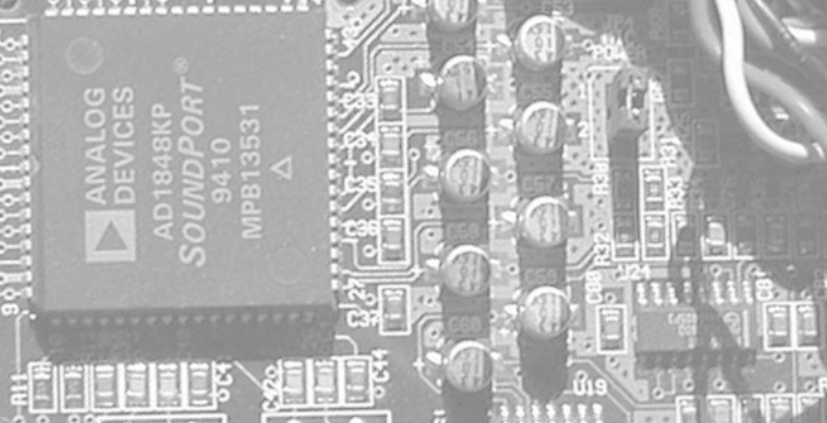
Ein weiterer Schwerpunkt unserer Arbeiten wird in der Analyse und Bewertung der verfügbaren Messtechnik zur Erfassung einer ABC-Kontamination liegen. In diesem Arbeitspaket ist eine Modifikation praxistauglicher Sensorik für den Einsatz auf micro-UAS in Zusammenarbeit mit dem Katastrophenschutz vorgesehen. Ebenso sollen Szenarien zur Probennahme mithilfe von Mikrodrohnen durchgespielt werden.

Aktuell steht im Rahmen des F&E-Vorhabens der Aufbau eines Informationssystems im Focus der Arbeiten, um neben einer globalen Übersicht zu verfügbaren UAS – Systemen auch die Stakeholder und Akteure (Industrie, Wissenschaft, Modellflugbau, etc.) zu identifizieren, sowie Kenntnis der rezenten Entwicklungen zu erlangen.

Den aktuellen Stand der Forschungsarbeiten zum Thema Mikrodrohne sowie weiterführende Informationen zu den F&E-Aktivitäten des Institutes für Softwaresysteme in Wirtschaft, Umwelt und Verwaltung (ISS) können beim Autor erfragt bzw. unter <http://iss.umwelt-campus.de/> abgerufen werden.

Kontakt

Prof. Dr. Peter Fischer-Stabel
Institut für Softwaresysteme in Wirtschaft, Umwelt und Verwaltung (ISS)
Umwelt - Campus Birkenfeld
Fachhochschule Trier
p.fischer-stabel@umwelt-campus.de



Schadstoffreduzierung bei Dieselmotoren durch den Einsatz von Diesel/Wasser-Emulsionen

Andreas Berenz
Heinrich Dörksen
Andreas Franzen
Christian Mengel
Prof. Dr. Christof Simon

Einleitung

Auch heute gehört der Dieselmotor immer noch zu den wirtschaftlichsten Kraftmaschinen überhaupt. Sein Einsatzgebiet erstreckt von der Fahrzeug- und Schiffstechnik über die Energietechnik bis hin zur Blockheizkraftwerkstechnik.

Erweist er sich hinsichtlich der Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffbildung eher als unproblematisch, so stellt der direkte Zusammenhang zwischen Stickoxid- und Russbildung ein großes Problem dar.

Zunehmend verschärfte Abgasgrenzwerte zwingen die Automobilindustrie zu weiteren Maßnahmen hinsichtlich der Schadstoffreduzierung, insbesondere der beiden Komponenten Russ und NO_x. Dazu stehen ihnen grundsätzlich zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- die innermotorischen Verfahren, bei denen über die Einstellung bestimmter Motorparameter Einfluss auf den Verbrennungsablauf und damit auf die Schadstoffbildung genommen werden kann
- die Abgasnachbehandlungsverfahren, bei denen die Schadstoffe im motorischen Abgas durch eine entsprechend geeignete Nachbehandlung (Russfilter und Stickoxid-Katalysatoren) weitgehend in umweltverträgliche Stoffe umgewandelt werden können.

Die Problematik beim Dieselmotor resultiert vor allem daraus, dass eine innermotorische Maß-

nahme zur Reduzierung der NO_x-Konzentration in der Regel eine Anhebung der Russbelastung des Abgases zur Folge hat und umgekehrt (Russ-NO_x-Trade Off).

Abgasnachbehandlungssysteme, wie Russfilter zur Reduzierung der Russbelastung oder Stickoxid-Katalysatoren zur Umwandlung der Stickoxide, haben zwar eine hohe Konvertierungsrate, arbeiten aber in der Regel nicht verbrauchsneutral.

Im Gegensatz hierzu bietet der Einsatz von Diesel/Wasser-Emulsionen bzw. Mikroemulsionen (Mikroemulsionen sind thermodynamisch stabile Mischungen aus Diesel, Wasser und Tensiden) die Möglichkeit, den Russ- und NO_x-Anteil gleichzeitig zu reduzieren und damit den Russ- NO_x-Trade-Off merklich abzuschwächen ohne den Kraftstoffverbrauch dabei anzuheben.

Eine optimale Schadstoffreduzierung mittels Diesel/Wasser-Emulsionen ist jedoch nur dann gegeben, wenn zu jedem beliebigen Motorbetriebspunkt ein entsprechendes Diesel/Wasser-Mischungsverhältnis eingestellt werden kann. Als besonders problematisch erweist sich der Motorstart und die gesamte Warmlaufphase des Motors. Grundsätzlich sollte dem Diesel während des Startvorganges, bis zum Erreichen einer Mindestbetriebstemperatur des Motors, kein Wasser beigemischt werden. Das setzt jedoch voraus, dass die Diesel/Wasser-Emulsion individuell während des Motorbetriebs bedarfsgerecht erzeugt werden kann.

Da über den Zusammenhang zwischen Motorbetriebspunkt und Diesel/Wasser-Mischungsverhältnis bisher keine wissenschaftlichen Erkenntnisse vorlagen, wurde die Abhängigkeit der Schadstoffbildung von der Diesel/Wasser-



Mischung im Rahmen verschiedener industriell und öffentlich geförderter Projekte (u.a. Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation und AiF) im Motorenlabor des FB-Technik der FH-Trier untersucht.

Hierzu wird niederdruckseitig, d. h. vor der Einspritzpumpe eines Dieselmotors, eine Diesel/Wasser-Mischereinrichtung installiert, mit der die unterschiedlichen Diesel/Wasser-Mischungsverhältnisse kontinuierlich bis zu einem Wassergehalt von ca. 30 Gewichtsprozent, bezogen auf die zugeführte Kraftstoffmenge, eingestellt werden konnten (Abbildung 1).



Abbildung 1: Versuchsmotor mit Diesel/Wasser-Mischanlage

Messergebnisse

Bei dem Versuchsmotor (Abbildung 1) handelt es sich um einen Dieselmotor mit Direkteinspritzung, Abgasturboaufladung und Ladeluftkühlung. Die maximale effektive Leistung des Motors ist mit 191 kW bei 2000 min⁻¹ gegeben. Das maximale Motordrehmoment beträgt ca. 1000 Nm. Unmittelbar neben dem Motor befindet sich

das Diesel/Wasser-Mischsystem der Fa. SCARABAEUS, in dem Diesel und Wasser, unter Beimischung eines Emulgators, zu einer Emulsion gemischt werden. Zur Herstellung dieser Emulsion werden dem Mischsystem Diesel und Wasser von außen zugeführt, wobei sowohl die Kraftstoffmenge als auch die Wassermenge durch zwei separate Mengeneinrichtungen erfasst werden. Die einzuspritzende erforderliche Dieselmengenergibt sich direkt aus der Motorleistung, die Wassermenge kann dann beliebig eingestellt, bzw. der Kraftstoffmenge angepasst werden. Untersucht wurde neben den gasförmigen Abgaskomponenten (Kohlenmonoxid CO, Kohlenwasserstoffe CH, Kohlendioxid CO₂, Restsauerstoff O₂ und Stickoxide NO_x) gleichzeitig auch die Russbelastung im Abgas. Da die Kohlenwasserstoffe und das Kohlenmonoxid in einem Oxidationskatalysator, der bei einem modernen Motor serienmäßig im Abgassystem des Motors integriert ist, ohne Probleme in Schadstofffreie Produkte umgewandelt werden können, orientiert sich die Optimierung der Emulsionszusammensetzung in erster Linie an der NO_x- und Russbelastung des Abgases sowie dem Kraftstoffverbrauch des Motors. Zum Vergleich der Abgas- und Verbrauchswerte wurde der stationäre 13-Punktetest für Nutzfahrzeugmotoren herangezogen. Bei diesem Testzyklus handelt es sich um einen europaweit geltenden Prüfstandstest in dem 13 vorgegebene, unterschiedliche Lastpunkte des Motors untersucht werden.

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die Stickoxid- und Russreduzierungen beim Betrieb des Prüfmotors mit optimierten Diesel/Wasser-Mischungsverhältnissen im Vergleich zu reinem Dieselmotorbetrieb für jeden Punkt des 13-Punktetests.

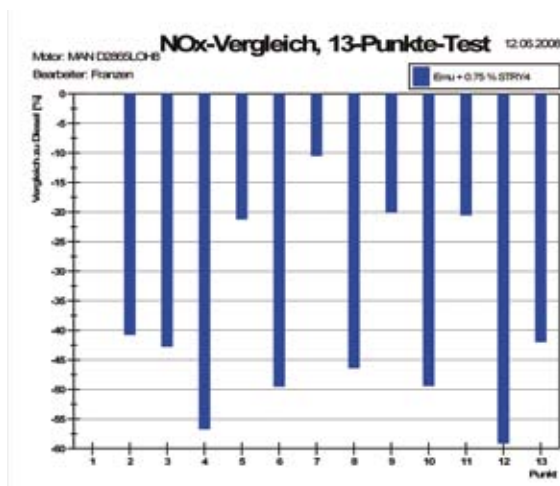
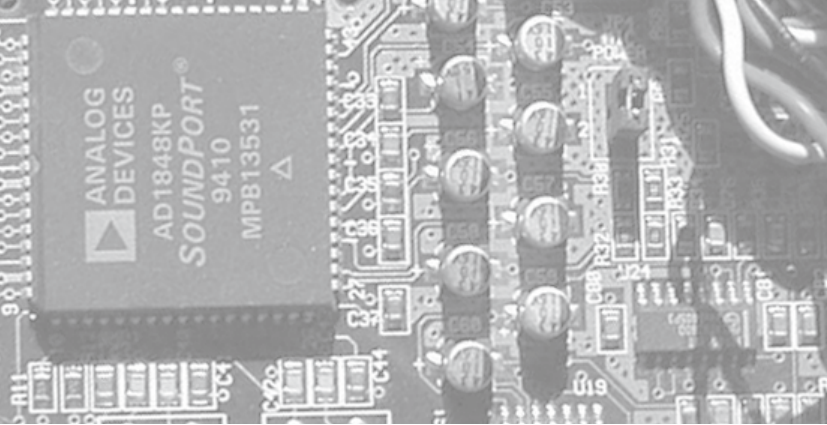


Abbildung 2: NO_x-Reduzierung Diesel/Wasser-Emulsion gegenüber reinem Dieselbetrieb

Auf Abb. 2 sind für die verschiedenen Punkte des 13-Punktetests die NO_x-Reduzierungen gegenüber reinem Dieselbetrieb dargestellt. Dabei sind Stickoxid-Reduzierungen von bis zu 60% (im Mittel etwa 30 bis 35%) sichtbar.

Ähnlich gute Ergebnisse stellt man für die Russabsenkung fest (Abbildung 3). Die Russbelastung wird ausgedrückt durch die sogenannte Filter Smoke Number (FSN). Sie stellt ein Maß für die Russkonzentration im Abgas dar. Hier ist eine maximale Russreduzierung von 85% zu beobachten. Die über dem Testzyklus gemittelte Russabsenkung liegt immerhin noch bei etwa 75%. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen somit eindeutig, dass mit Diesel/Wasser-Emulsionen erhebliche Russ- und NO_x-Reduzierungen erreicht werden können. Wasseranteile zwischen 15 und 30%, bezogen auf die eingespritzte Kraftstoffmenge, erwiesen sich dabei als optimal.

Kontakt:

Prof. Dr. Christof Simon
Fachbereich Technik
simon@fh-trier.de

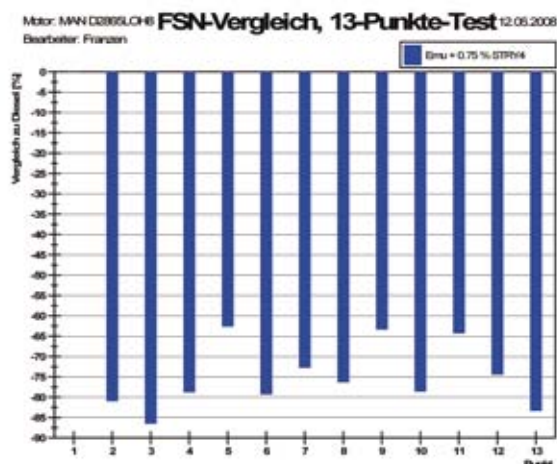


Abbildung 3: Russ-Reduzierung Diesel/Wasser-Emulsion gegenüber reinem Dieselbetrieb



Automatisierte Erstellung und Aktualisierung von Projektplänen im Multi-Projektmanagement

Prof. Dr. Walter Jakoby,
Fachgebiet Automation
im Fachbereich Technik
der Fachhochschule Trier

Ausgangssituation und Zielsetzung

Projekte sind einmalige Vorhaben, bei denen ein neuartiges Produkt in begrenzter Zeit und mit begrenzten Ressourcen geschaffen wird. Aufgrund zunehmenden Zeitdrucks und globaler Wettbewerbsbedingungen müssen immer mehr Vorhaben als Projekte durchgeführt werden. Um dabei die Anforderungen hinsichtlich Produktqualität, Terminen und Kosten einzuhalten, ist ein systematisches Projektmanagement erforderlich. Das Projektmanagement als eigenständige Disziplin hat sich zunächst bei großen Bauvorhaben und militärischen Projekten etabliert. Daraus resultiert die immer noch anzutreffende Vorstellung, dass ein eigenständiges Projektmanagement nur bei sehr großen Vorhaben, in der Größenordnung von mehreren hundert Personajahren sinnvoll sei. Immer wieder begegnet man dem Argument, dass ein Projektmanagement für kleine Projekte viel zu aufwändig sei. In der Praxis wird daher auch heute noch oft auf systematisches Projektmanagement ganz verzichtet oder die Projekte werden zu Beginn noch detailliert geplant, aber beim unvermeidlichen Auftreten von Abweichungen während der Durchführung werden die Ablauf- und Terminpläne „ad acta“ gelegt, die Projektsteuerung kommt in der Alltagsstress „unter die Räder“ und die Projekte enden in Termin- und Kostenüberschreitungen. Gerade bei kleinen und mittelständischen Unternehmen kommt ein weiteres Problem hinzu.

Die hier durchgeführten Projekte sind hier in der Regel von kleinem oder mittlerem Umfang, aber zahlreich, so dass die beteiligten Mitarbeiter oft in mehreren Projekten gleichzeitig oder abwechselnd eingesetzt werden. Das Management derartiger vernetzter Projekte erfordert ein so genanntes Multi-Projektmanagement, das bislang noch nicht in ausreichendem Maße durch Planungs- und Steuerungswerkzeuge unterstützt wird.

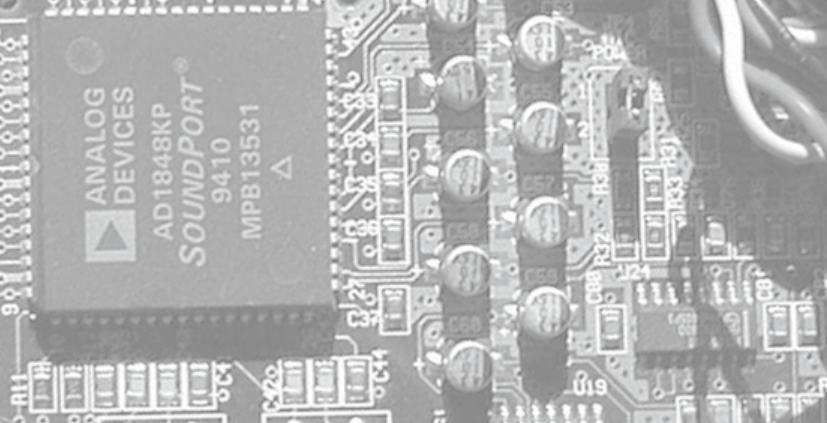
Das Ziel des hier beschriebenen F&E-Projekts an der FH Trier war es, ein Konzept zu entwickeln, das es ermöglicht, den Aufwand für die Erstellung und regelmäßige Aktualisierung von Projektplänen gerade bei kleinen und mittleren Multi-Projekten zu reduzieren und damit ein durchgängiges Projektmanagement zu ermöglichen.

Potential eingeschätzt. In Fachkreisen wird die Fernerkundung mittels Mikrodrohnen zudem als eine der künftigen Schlüsseltechnologien im Bereich des Remote Sensing angesehen.

Problemursachen

Projekte bestehen aus vielen einzelnen Arbeitspaketen, die von mehreren Personen unter Nutzung verschiedener Ressourcen durchgeführt werden. Zwischen den Arbeitspaketen, den beteiligten Personen und den Ressourcen gibt es dabei vielfältige Wechselwirkungen, die zeitlicher oder kausaler Natur sein können. Die Planung eines solchen Projekts mit dem Ziel, innerhalb enger Termine das gewünschte Ergebnis mit der geforderten Qualität zu liefern, ist daher an sich schon eine anspruchsvolle Aufgabe.

Noch schwieriger ist die Steuerung eines Projekts, da während der Durchführung eine Vielzahl von Einflussfaktoren auf das Projekt wirken und



Technik und Informatik

viele unerwartete Ereignisse auftreten, die in der Planung nicht berücksichtigt wurden. Besitzt die Planung keinen ausreichenden Puffer, muss sie beim Auftreten von Störungen aktualisiert werden. Bei seltenen, gravierenden Ereignissen ist der Aufwand für die Planaktualisierung noch vertretbar. Bei kleineren, öfter auftretenden Störungen ist dies nicht der Fall und daher werden derartige Ereignisse außer Acht gelassen. Allerdings summieren sich die Störeffekte im Laufe der Zeit auf, so dass auch sie im Lauf der Zeit zu gravierenden Planabweichungen führen können. Um dies zu vermeiden, ist es notwendig, alle störenden Ereignisse systematisch und sofort beim Auftreten zu erfassen, die daraus resultierenden Maßnahmen und die Korrekturen mit möglichst geringem Aufwand in den Plänen umzusetzen.

Das Lösungskonzept

Ein Projekt wird in der Regel hierarchisch in Teilprojekte und Arbeitspakete gegliedert. Bei maximaler Detaillierung besteht ein Projektplan aus einer Vielzahl von Arbeitspaketen. Jedes Arbeitspaket fasst zusammenhängende Arbeiten zusammen. Es wird von einer einzigen Person bearbeitet, liefert ein überprüfbares Ergebnis und besitzt klare Start- und Zieltermine. Der Ablauf des Projekts wird durch die Anordnungsbeziehungen festgelegt, die zwischen den Arbeitspaketen bestehen. Derartige Beziehungen können die Normalfolge (B kann beginnen, wenn A beendet ist), die Anfangsfolge, die Endfolge oder die Sprungfolge sein.

Datentechnisch kann ein Projekt als eine relationale Datenbank mit den Arbeitspaketen als Datensätzen und den zugeordneten Personen,

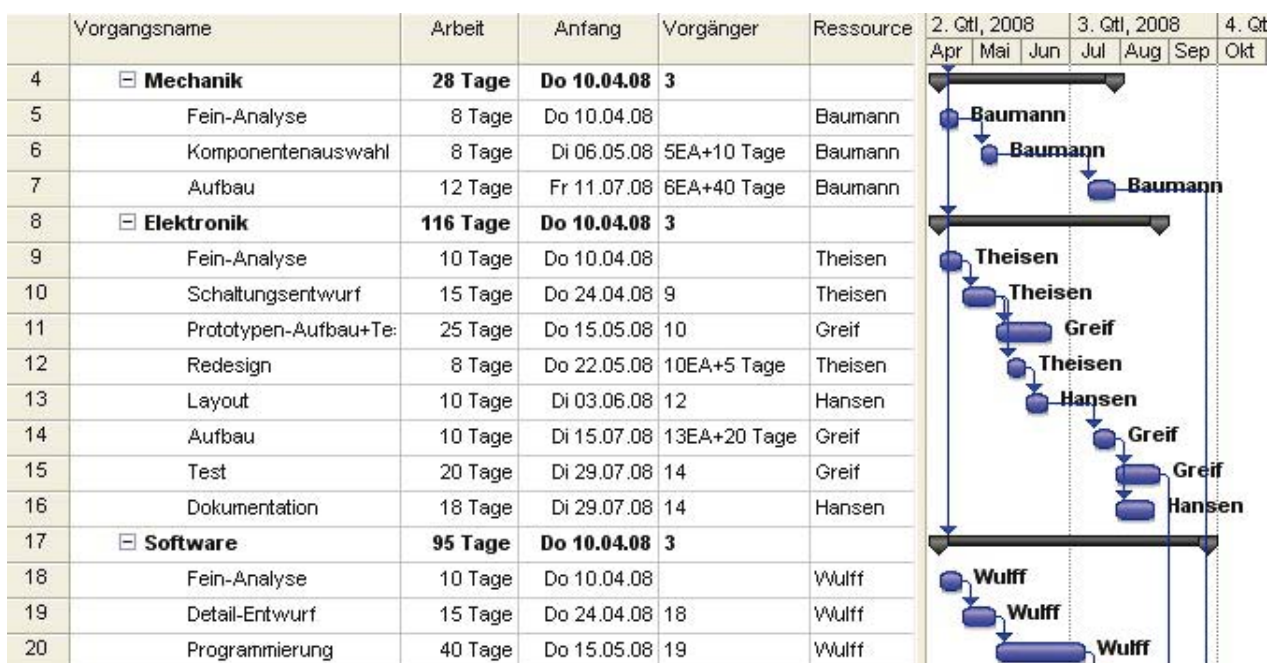


Abb. 1: Arbeitspakete und Balkendiagramm eines Projekts (Ausschnitt)



Zeitaufwänden, Ressourcen und Terminen als Merkmale modelliert werden. Anschaulich kann man sich eine derartige Datenbank als Tabelle vorstellen, während der Zeitbezug in graphischer Darstellung als Balkendiagramm gut nachvollziehbar zum Ausdruck kommt.

Bei der Durchführung eines Projekts gibt es zwei Formen von Störungen: der Plan ist falsch oder die Realität ist falsch. In beiden Fällen muss auf die Störung reagiert werden. Im Projektplan wirkt sich das so aus, dass sich vorhandene Arbeitspakete ändern (Mehr- oder Minderaufwand), dass neue Arbeitspakete hinzu kommen oder dass Arbeitspakete wegfallen. Alle Auswirkungen spielen sich also in erster Linie auf der untersten Ebene, der Ebene der Arbeitspakete ab. Erst in zweiter Linie wird man versuchen, die Gesamtplanung zu ändern, indem Anordnungsbeziehungen zwischen den Paketen modifiziert werden.

Wenn sich nun Projektstörungen zunächst innerhalb eines Arbeitspakets bemerkbar machen, ist es naheliegend, diese auch dort direkt zu erfassen. Der Lösungsansatz ist es daher, dass die Projektbeteiligten, die eine notwendige Abweichung vom Plan in ihren Arbeitspaketen erfassen, diese selbst und sofort in der Projektdatenbank eingeben. Hierzu ist es natürlich notwendig, dass das Projektplanungswerkzeug dies auch unterstützt. Dies ist bei den heutigen Tools alles andere als selbstverständlich. Zudem ist die Bedienung der Tools zu aufwändig, als dass jeder Projektbeteiligte sie beherrschen könnte. Daher ist es notwendig, eine Projektdatenbank zu schaffen, die für jede im Projekt beteiligte Person physikalisch zugänglich und in der Bedienung einfach ist. Am ehesten gelingt dies, wenn die Datenbank mit einem Office-Tool erstellt wird,

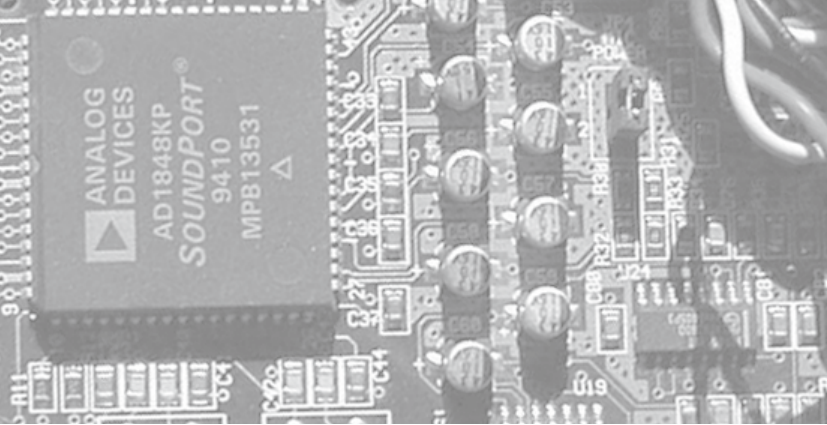
das jeder kennt, oder wenn die Datenbank ein Web-Interface besitzt.

Die Eingaben der Projektbeteiligten werden unmittelbar bei der Eingabe automatisch auf Konsistenz überprüft. Inkonsistenzen werden sofort gemeldet und können noch bei der Eingabe korrigiert werden. Durch diese Maßnahmen steht der Projektleitung zu jedem Zeitpunkt eine Datenbank mit allen Arbeitspaketen zur Verfügung, die den vollständigen, im Projektteam aktuell vorhandenen und für die Projektplanung notwendigen Kenntnisstand wiedergibt.

Die Aufgabe der Projektleitung ist es nun, in kurzen regelmäßigen Zeitabständen, die neu hinzu gekommen und die geänderten Informationen in Steuerungseingriffe umzusetzen. Dort wo sich akzeptable Veränderungen ergeben haben, werden diese in die neue Planung übernommen. Veränderungen, die nicht akzeptabel sind, werden mit den Betroffenen oder im Projektteam besprochen und durch geeignete Maßnahmen korrigiert. Alle Änderungen müssen aber in die aktualisierte Projektplanung übernommen werden.

Ein zentrales Merkmal des neuen Konzepts ist es nun, dass ein neuer Projektplan direkt aus der Arbeitspaketdatenbank automatisch erstellt werden kann. Dadurch müssen die erforderlichen Änderungen bei den Arbeitspaketen nicht aufwändig manuell in den Projektplan eingearbeitet werden, sondern sie erscheinen „auf Knopfdruck.“ Zusammengefasst besteht der Algorithmus für das automatische Erstellen und Aktualisieren der Projektpläne aus folgenden Schritten:

1. Schritt: Einsatz eines Datenbanktools mit intuitiv bedienbarer Oberfläche und Zugangsberechtigung für alle Projektbeteiligten.
2. Schritt: Bei der Projektplanung wird der



terminierte Ablaufplan als Arbeitspaketdatenbank erstmalig angelegt mit allen Arbeitspaketen und allen zugehörigen Merkmalen.

- Schritt: Während der Projektdurchführung überwacht jeder Projektbeteiligte die ihm zugeordneten Arbeitspakete. Im Falle von Planabweichungen werden die erforderlichen Maßnahmen und Änderungen durch die Beteiligten in der Arbeitspaketdatenbank eingetragen.
- Schritt: Regelmäßige Kontrolle der aufgetretenen Änderung durch die Projektleitung und Umsetzung der notwendigen Maßnahmen.
- Schritt: Automatische Generierung der aktualisierten Projektpläne aus der Arbeitspaketdatenbank.

Realisierung

Das hier skizzierte Konzept ist unabhängig von der Art der Projekte und unabhängig von konkreten Software-Werkzeugen. Es kann daher mit unterschiedlichen Datenbank- und Projektplanungstools praktisch umgesetzt werden. Beispielhaft wird eine konkrete Anwendung beschrieben, die im Jahre 2008 durch die Ar-

beitsgruppe Automation der Fachhochschule Trier im Auftrag eines mittelständischen Unternehmens erstellt wurde.

Die Entwicklungsabteilung des Unternehmens besteht aus etwa 20 Mitarbeitern, die im Laufe eines Jahres durchschnittlich ca. 12-15 Projekte bearbeiten. Die Laufzeit typischer Projekte liegt zwischen 3 Monaten und 2 Jahren, mit einem Personalaufwand zwischen einigen Personalmonaten und mehreren Personaljahren.

Schon seit längerer Zeit wurden die Entwicklungsprojekte mit Hilfe des Software-Werkzeugs MS-Project vom Entwicklungsleiter vor Projektbeginn geplant. Durch vielfältige praktische Probleme kam es aber immer wieder zu Abweichungen von den Plänen, auf die dann im Rahmen der Projektsteuerung reagiert werden musste. Da die meisten Mitarbeiter in mehreren Projekten eingesetzt waren, führte fast jeder Eingriff in einem Projekt auch zu Änderungen in anderen Projekten. Die entsprechende manuelle Nachführung aller Projektpläne war sehr aufwändig. Sie wurde deshalb im Laufe der Zeit immer wieder vernachlässigt, so dass sich die Projektrealität immer mehr von den veralteten Plänen entfernte. Das Ergebnis waren daher regelmäßig nicht eingehaltene Termin- und Kostenpläne.

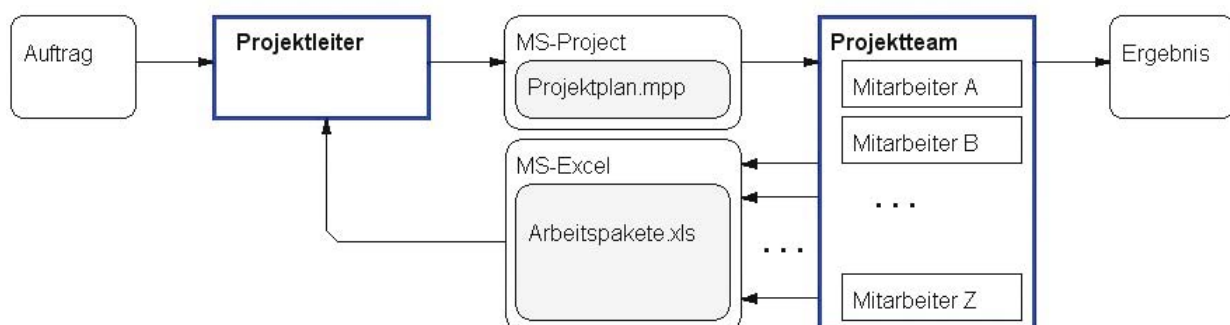


Abb. 2: Automatische Projektplangenerierung als Modul einer Projektsteuerung

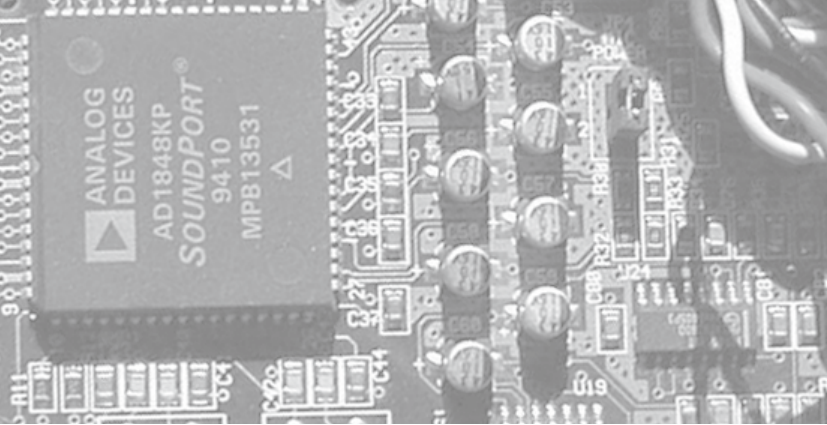


Da alle Personen der Entwicklungsabteilung den Umgang mit Office-Werkzeugen zur Textverarbeitung und Tabellenkalkulation beherrschten, niemand mit einer Datenbank arbeitete und nur der Entwicklungsleiter ausreichende Erfahrungen im Umgang mit MS-Project besaß, wurde entschieden, die Arbeitspaketdatenbank als Excel-Arbeitsmappe auf einem Netzwerklaufwerk abzulegen, auf die alle Personen der Entwicklungsabteilung Zugriff erhielten. Die Eingabe und Änderung der Daten wurde durch entsprechende Masken unterstützt, so dass nur eine minimale Einarbeitung nötig und das unmittelbare Abfangen von Eingabefehlern möglich war. Außerdem konnte die Sicherung der Datenbank im Rahmen der bereits bestehenden, regelmäßigen Archivierung der Netzlaufwerke genutzt werden.

Die Aufbereitung der Datenbank in MS-Excel, deren Export nach MS-Project und die Ausgabe als Projektplan wurde durch VBA-Makros programmiert. Dadurch konnten alle Routine-Aufgaben in automatisierter Form durch den Rechner ausgeführt werden. Durch weitere VBA-Makros konnten zusätzliche, für die Projektplanung hilfreiche Funktionen eingebaut werden, die z.B. die Auslastung der Projektbeteiligten berechnen, die Verwendung von Projekttemplates unterstützen oder den Import von Ist-Daten aus der Betriebsdatenerfassung ermöglichen.

Kontakt:

Prof. Dr. Walter Jakoby
Fachbereich Technik
jakoby@etech.fh-trier.de



Evolution im Auto: vom Einzeller zum Mehrzeller – Migration von Echtzeitsoftware auf Mehrkernprozessoren

Prof. Dr.-Ing. Jörn Schneider

Stand der Technik – Elektronik im Kraftfahrzeug, heute

Wer ein modernes Automobil fährt, bewegt ein Rechnernetz aus bis zu hundert elektronischen Steuergeräten auf Rädern. Jedes dieser Steuergeräte besitzt einen Prozessorchip, auf dem die Anwendungssoftware rechnet. Noch sind diese Chips einkernig aufgebaut, d.h. zu einem gegebenen Zeitpunkt kann nur ein Programm abgearbeitet werden. Um mehrere Programme ausführen zu können, schaltet ein Multitasking Betriebssystem zwischen diesen hin und her. Bislang kam diese Technologie mit den widrigen Umweltbedingungen im Kraftfahrzeug gut zu recht. Trotz erheblicher Anforderungen an die Sicherheit und Zuverlässigkeit haben sich die Einkernprozessoren bei hohen Temperaturen und wechselhaften elektromagnetischen Einflüssen ohne aktive Kühlung und nennenswerte Abschirmung bewährt. Nun bricht eine neue Zeit an – die Ära der Mehrkernprozessoren.



Bild 1: Multi-Core und Automobil (im Bild u.a. 2 Quad-Core AMD Opteron Prozessoren)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Eine neue Ära – Mehrkernprozessoren

Es sind nicht wechselnde Umweltbedingungen, die die Evolution zu Mehrkernsystemen vorantreiben; es ist der steigende Leistungshunger der Software, im Duett mit den nachwievor widrigen Umgebungstemperaturen, elektromagnetischen Einflüssen und kosmischen Strahlungspartikeln. Der stetig anwachsende Hunger nach Rechenleistung ließe sich sättigen, indem man die Prozessortaktfrequenz erhöht. Allerdings bedeutet dies höhere Verlustwärme und, über die mit steigender Taktfrequenz feiner werdenden Strukturen, höhere Empfindlichkeit für kosmische Strahlung und elektromagnetische Einflüsse. Theoretisch wäre Abhilfe möglich durch Gegenmaßnahmen wie aktive Kühlung und elektromagnetische Abschirmung. Der Praxis werden diese Ansätze jedoch nicht gerecht, da sie teuer sind und den Kraftstoffverbrauch erhöhen. Was die Problematik verschärft, ist das erklärte Ziel der Automobilindustrie, die Anzahl der Steuergeräte pro Fahrzeug durch Hochintegration (Bündelung zuvor verteilter Rechenkapazität in wenigen zentralen Steuergeräten) zu reduzieren, was, anders als der kontinuierliche Zuwachs an Funktionalität, zu einem sprunghaften Anstieg der benötigten Rechenleistung führt. Den Ausweg aus diesem Dilemma hat die Branche im Umstieg auf Multi-Core Systeme erkannt, die bei gleicher oder höherer Rechenleistung mit moderaten Frequenzen betrieben werden können.



Ein wertvolles Erbe – sequentielle Anwendungssoftware

Alle namhaften Hardwarehersteller haben bereits Mehrkernprozessoren für den Automobilmarkt angekündigt bzw. bereits solche im Programm. Im Rahmen des AUTOSAR Konsortiums wird derzeit an einer ersten Adaption des gleichnamigen Standards für Infrastruktursoftware an Mehrkernprozessoren gearbeitet. Die Automobilindustrie hat also bereits begonnen, den Boden zu bereiten für die Migration der Milliarden Zeilen bewährter Anwendungssoftware auf Mehrkernprozessoren.

Allerdings ist die existierende Software derart auf Einkernprozessoren zugeschnitten, dass sie sich den Umstand der sequentiellen Abarbeitung, an zahlreichen versteckten Stellen, zunutze macht. Beispielsweise werden Interrupts gesperrt, um exklusiven Zugriff auf gemeinsam genutzte Ressourcen zu gewährleisten. Damit die existierenden Programme auf Mehrkernprozessoren migriert werden können, müssen alle Stellen an denen implizit ein sequentielles System unterstellt wird, identifiziert und umprogrammiert werden, um einen sicheren und zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten.

Probleme, die der PC nicht kennt – Echtzeit

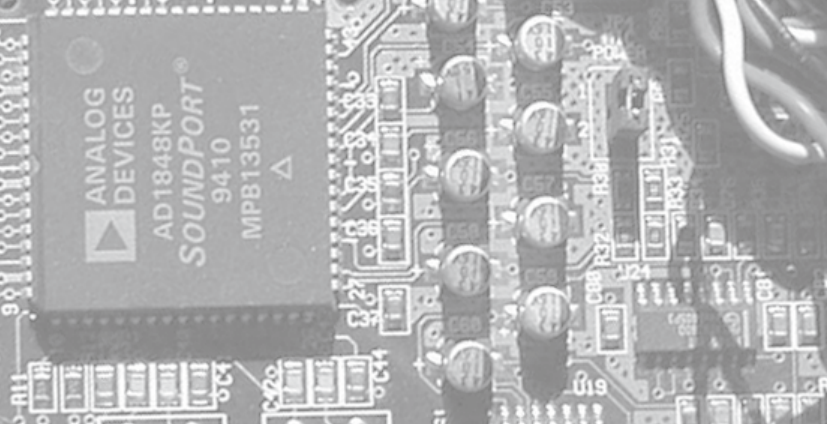
In vielen Domänen der Automobilelektronik muss diese harte Echtzeitanforderungen erfüllen. Beispielsweise muss im Falle eines Unfalles der Fahrerairbag innerhalb von 40 ms entfaltet sein. Um diese äußeren zeitlichen Anforderungen erfüllen zu können, wird die Software in Tasks organisiert, die vom Echtzeitbetriebssystem verwaltet und zu festgelegten Zeitpunkten aktiviert werden. Nach der Aktivierung bringt das Betriebssystem einen Task dann zur Ausführung, wenn er über die höchste Priorität im System

verfügt, alle anderen aktiven Tasks müssen warten. Bei der Verteilung der Tasks auf verschiedene Prozessorkerne ergibt sich zunächst ein ganz anderes zeitliches Verhalten. Es müssen also Wege gefunden werden, das zeitliche Verhalten der zu migrierenden Software auf einem Mehrkernsystem insofern zu erhalten, als dass die Echtzeitanforderungen weiterhin erfüllt werden.

Forschungsprojekt ProSyMig

Die Einführung von Multi-Core Systemen stellt für die Automobilindustrie einen disruptiven Technologiesprung dar. Die existierenden Systeme sind völlig auf sequentielle Abarbeitung ausgelegt und es gibt praktisch keine Softwareentwickler am Markt, die über Erfahrung mit echt parallelen Systemen verfügen. Die Herausforderung, die sich daraus ergibt, ist die Notwendigkeit Werkzeuge zu entwickeln, die den Entwickler bei der Migration eingebetteter Software auf Multi-Core Systeme derart unterstützen, dass sowohl seine Arbeitseffizienz als auch die Verlässlichkeit der migrierten Software im Vergleich zu einer manuellen Umsetzung erheblich gesteigert wird. Das Projekt ProSyMig (Programm- und Systemanalysewerkzeuge zur Migration eingebetteter Software auf Multi-Core Systeme) geht genau diese Herausforderung an. Das im Juni 2009 gestartete Vorhaben hat eine Laufzeit von drei Jahren und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit 260.000 Euro gefördert.

Unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Jörn Schneider werden Methoden und Werkzeuge entwickelt, die zukünftig das nahezu automatische Parallelisieren existierender Echtzeitsoftware für die Steuerung von Airbag, Bremse und Motor sowie anderer Steuergeräte im Automobil ermöglichen sollen. Die hauseigene Kompetenz



der Fachhochschule Trier wird dabei hervorragend ergänzt durch die Partnerschaft mit einem auf dem Gebiet der statischen Analyse von Binär-code führenden mittelständischen Unternehmen (AbsInt GmbH, Saarbrücken) und der Universität des Saarlandes (Prof. Dr. Reinhard Wilhelm). Der KMU Partner (AbsInt GmbH, Saarbrücken) ist Träger des European Information Society Technology (IST) Preises und stellt u.a. seine in langjähriger Arbeit aufgebaute Entwicklungsinfrastruktur für statische Programmanalysen bereit. Prof. Dr. Reinhard Wilhelm (Universität des Saarlandes) ist Träger der Konrad-Zuse-Medaille sowie wissenschaftlicher Direktor des Leibniz-Zentrums für Informatik, Schloss Dagstuhl und bringt seine immense Erfahrung auf dem Gebiet statische Programmanalyse ein.

Technische Ausgangssituation

Kaum ein Stück Software in Automobilsteuergereäten ist so programmiert, dass es ohne weiteres tatsächlich parallel zu den anderen Softwareteilen ausgeführt werden kann. Zwar ist Software in Tasks organisiert, die vom Echtzeitbetriebssystem (OSEK oder AUTOSAR OS) verwaltet werden, aber eine Verteilung existierender Tasks auf mehrere Prozessorkerne ist meist nicht ohne weiteres möglich. Es gibt zu viele verdeckte Abhängigkeiten zwischen Tasks. Das können Reihenfolgebedingungen sein, eine bestimmte Aktion in einem Task muss vor einer weiteren in einem anderen Task ausgeführt werden, das kann die Notwendigkeit zum wechselseitigen Ausschluss sein, zwei Tasks teilen sich Ressourcen, das kann eine zeitliche Bedingung sein, Aktion 1 in Task A muss $x \mu\text{s}$ vor Aktion 2 in Task B erfolgen. Die erzwungene Sequentialisierung in einem System mit einer CPU bietet zahlreiche Möglichkeiten, um Reihenfolgebedingungen,

wechselseitigen Ausschluss oder zeitliche Bedingungen zu implementieren, die bei Multi-Core Systemen schlicht nicht funktionieren. Für die sichere Umsetzung in einem Multi-Core System müssen alle verdeckten Abhängigkeiten gefunden werden und es muss mit Hilfe sicherer Mechanismen im neuen System explizit gewährleistet werden, dass die mit den Abhängigkeiten einhergehenden Bedingungen für eine korrekte Ausführung nicht verletzt werden. Es ist Aufgabe zukünftiger Multi-Core Echtzeitbetriebssysteme, diese sicheren Mechanismen bereitzustellen.

Mögliche Ansätze für Multi-Core Echtzeitbetriebssysteme

Für zukünftige Multi-Core Echtzeitbetriebssysteme gibt es folgende Basiskonzepte:

- a) AMP – Asymmetric Multiprocessing
 - Jeder Prozessorkern wird von einem separaten Betriebssystem verwaltet, d.h. es gibt so viele Betriebssysteminstanzen wie relevante Prozessorkerne und die einzelnen Instanzen wissen nichts von der Existenz weiterer Prozessorkerne.
- b) SMP – Symmetric Multiprocessing
 - Alle relevanten Prozessorkerne werden von einem Betriebssystem verwaltet, d.h. logisch betrachtet existiert nur eine Verwaltungsautorität – wiewohl das Betriebssystem in parallelen Tasks realisiert sein kann.
 - Tasks der Anwendungssoftware können auf beliebigen Prozessorkernen ausgeführt werden, man spricht hier von, zwischen Prozessorkernen migrierenden Tasks.
- c) BMP - Bound Multiprocessing
 - Alle relevanten Prozessorkerne werden von einem Betriebssystem verwaltet.
 - Tasks der Anwendungssoftware werden stets auf den gleichen Prozessorkernen



ausgeführt, man spricht hier von, an Prozessorkerne gebundenen Tasks.

d) HMP – Hybrid Multiprocessing

- Alle relevanten Prozessorkerne werden von einem Betriebssystem verwaltet.
- Es gibt sowohl migrierende als auch gebundene Tasks.

Im Projekt ProSyMig wird ein Betriebssystem nach dem BMP Ansatz angenommen. AMP Lösungen stellen eine Sackgasse dar, weil die gemeinsame Nutzung von Ressourcen durch Anwendungen auf verschiedenen Cores nicht unter Echtzeitanforderungen realisiert werden kann. SMP und HMP bringen das Problem mit sich, dass sie Task-Migration erlauben. Im Kontext von Kfz-Steuergeräten mit zum Teil harten Echtzeitanforderungen und knappen Ressourcen macht dies nach dem aktuellen Stand der Forschung keinen Sinn. Task-Migration bringt zwar im Mittel unter Umständen Performanzvorteile, nicht aber für die Grenzfälle, auf die sicherheitsrelevante Systeme ausgelegt werden müssen. Weiterhin ist die Vorhersage des Echtzeitverhaltens aufgrund der mit Task-Migration einhergehenden Schedulinganomalien extrem schwierig.

Lösungsansatz

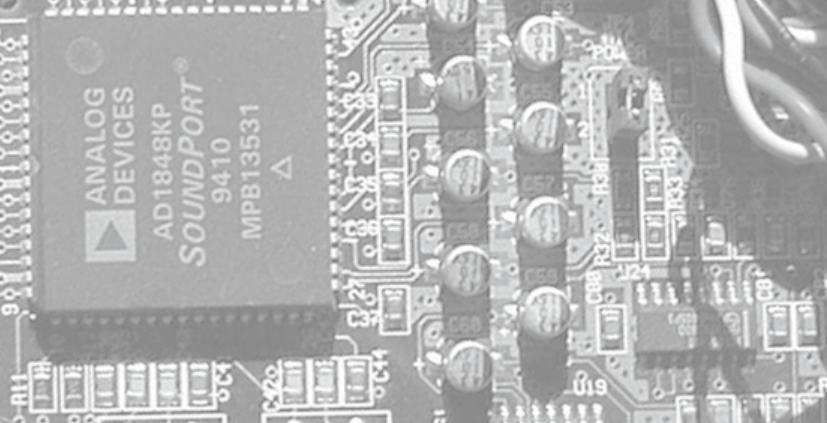
Im Projekt ProSyMig werden Werkzeuge entwickelt, die verdeckte Abhängigkeiten zwischen Tasks sicher identifizieren und dem Entwickler so mitteilen, welche Teile der vorhandenen Software parallelisiert werden können. Weiterhin sollen die Maßnahmen identifiziert werden, die notwendig sind, um die korrekte Parallelverarbeitung zu garantieren (z.B. Ersatz Interruptsperr durch Betriebssystemmechanismus zum wechselseitigen Ausschluss).

Um das Ziel zu erreichen, müssen Informationen auf Ebene sequentieller Programme (z.B. Tasks)

und auf der Systemebene (Scheduling, Vorgaben aus der physikalischen Umgebung, z.B. Einspritzen muss vor Zünden des Gemisches passieren) berücksichtigt werden.

Die Basis für die im Projekt angewandten Methoden ist statische Programmanalyse, eine Technik mit der Laufzeiteigenschaften von Programmen vorab ermittelt werden können. Dabei werden die interessierenden Eigenschaften näherungsweise bestimmt, um Berechenbarkeit der Probleme zu gewährleisten. In der Regel erfolgt die Approximation der Programmeigenschaften von der sicheren Seite, d.h. es werden nur solche Approximationen zugelassen, die das Analyseergebnis in seiner zentralen Aussage nicht fehlerhaft werden lassen. Beispielsweise ist das Ziel einer Worst Case Execution Time (WCET) Analyse die Ermittlung der maximalen Ausführungszeit eines Programmes. Die zentrale Aussage ist also: ein Programm x benötigt maximal t Sekunden für seine Ausführung; die zulässigen Approximationen dürfen somit zu Überschätzungen von t führen, keinesfalls aber zu Unterschätzungen. Es soll erforscht werden, welche weiteren Methoden erforderlich sind und wie diese gekoppelt werden müssen, um die gewünschten Aussagen für den Entwickler zu liefern. Insbesondere wird untersucht, welche Möglichkeiten es gibt, die Echtzeitanforderungen eines Systems in die Analyseergebnisse einfließen zu lassen, mit dem Ziel, diese bei der Migration auf ein Multi-Core System bereits im Ansatz berücksichtigen zu können.

Mit dem über die neuentwickelten Werkzeuge erhaltenen Wissen, kann der Entwickler die kritischen Stellen im Programmcode der existierenden Software sicher für die Ausführung auf Multi-Core Systemen machen, etwa indem ein geeigneter Mechanismus des Multi-Core Echt-



Technik und Informatik

zeitbetriebssystemen anstelle eines nur für Einzelkernsysteme tauglichen Programmabschnittes verwendet wird.

Zusammenfassung

Die Migration existierender Software auf Multi-Core Systeme ist eine zentrale und schwer zu lösende Aufgabe für die Automobilindustrie. Ohne Übertreibung lässt sich sagen, dass der Paradigmenwechsel zu echter Nebenläufigkeit die größte softwaretechnische Herausforderung ist, die diese Branche auf absehbare Zeit zu bewältigen hat. Im Projekt ProSyMig (Programm- und Systemanalysewerkzeuge zur Migration eingebetteter Software auf Multi-Core Systeme) von Prof. Jörn Schneider werden in Zusammenarbeit mit der AbsInt GmbH (Saarbrücken) und Prof. Reinhard Wilhelm (Universität des Saarlandes) Werkzeuge entwickelt, auf deren Basis in Zukunft das nahezu automatische Parallelisieren existierender Echtzeitsoftware für die Steuerung von Airbag, Bremse und Motor sowie anderer Steuergeräte im Automobil möglich werden soll.

Kontakt:

Prof. Dr. Jörn Schneider
Fachbereich Informatik
j.schneider@fh-trier.de



Career-Service an der FH

Der gemeinsame Career-Service der Fachhochschule und des Hochschulteams der Agentur für Arbeit informiert Studierende zu den Themen:

- Studium und Beruf
- Minijobs
- Praktika
- Kooperationsbetriebe für Bachelor- und Masterarbeiten
- Möglichkeiten auf dem Arbeitsmarkt und konkrete Unterstützung

Öffnungszeiten:
Mo, Di, Do, Fr 9 bis 12 Uhr (Ausführliche Beratungsgespräche Mittwochs nach Terminvereinbarung)
in der Servicezeile der Mensa am Schneidershof

Information und Kontakt:
Internet: www.fh-trier.de/go/careerservice
E-mail: career-service@fh-trier.de
Telefon : 0651/8103-556



Bundesagentur für Arbeit



Mensch-Maschine-Interaktion im Automobil

Prof. Dr. Rolf Linn

Früher gab das Armaturenbrett eines Automobils wenig Rätsel auf: Je ein Schalter für den Fahrtrichtungsanzeiger, den Scheibenwischer und das Licht, dazu eine Geschwindigkeitsanzeige und ein paar Kontrollleuchten, das war alles (Bild 1).



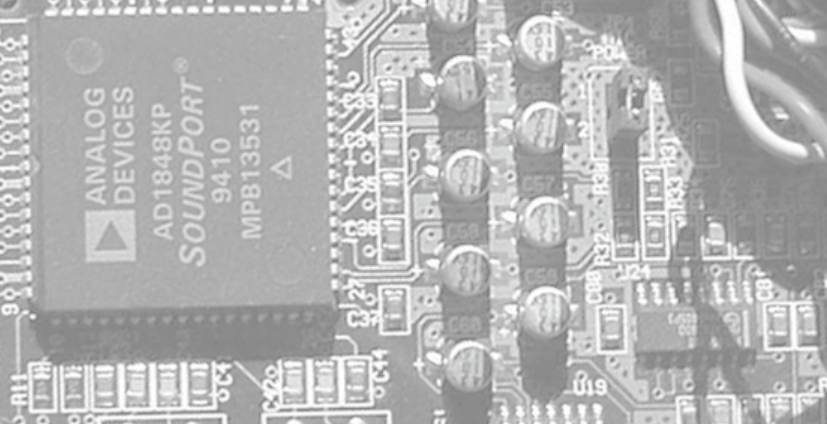
Bild 1: Volkswagen 1949

Bei heutigen Oberklassefahrzeugen kommen mehrere hundert Bedienungsfunktionen zusammen, zu den ursprünglichen Funktionen kamen Fahrerassistenzsysteme (wie z.B. Navigation oder Adaptive Cruise Control), Infotainment, Telefon, Klima und andere Komfortfunktionen hinzu. Diese Funktionsvielfalt kann nicht mehr durch einzelne Schalter oder Drehknöpfe bedient werden. Als Ausweg bietet sich die Verwendung von Menüs an, wie sie von Computern bekannt sind. Allerdings sind Menüs problematisch, wenn die Zahl der Alternativen sehr groß ist. Sie haben dann entweder auf einer Ebene zu viele Auswahlmöglichkeiten oder zu viele Ebenen oder beides. Die Auswahl einer Funktion dauert dann zu lange oder die gewünschte Funktion wird überhaupt nicht gefunden, weil die Menüstruktur dem Bediener nicht präsent ist. Außerdem erfordert die Auswahl aus Menüs eine Blickabwendung von

der primären Fahraufgabe, je länger dies dauert desto stärker ist die Fahrsicherheit gefährdet. Die genannten Probleme können vermieden werden, wenn jede Funktion durch einen Namen oder eine Geste direkt angesprochen werden kann. Die Eingabe von Namen ist auch zur Zieleingabe beim Navigationssystem erforderlich. Namen können entweder manuell oder per Spracherkennung eingegeben werden. Die manuelle Eingabe kann entweder durch sukzessive Auswahl der Buchstaben oder mithilfe einer Tastatur z.B. auf einem Touchscreen oder durch Schrifterkennung, indem mit dem Finger auf einer berührungssensitiven Oberfläche geschrieben wird, erfolgen. Auswahl und Tastatur sind in Bezug auf Zeit und Blickabwendung noch schlechter als Menüs. Im Forschungsverbund Verkehrstechnik und Verkehrssicherheit untersuchen wir daher Schrift- und Gestenerkennung mithilfe berührungssensitiver Oberflächen. Man könnte nun die ideale Lösung in der akustischen Spracheingabe sehen. Doch auch diese ist nicht frei von Problemen: Trotz aller Fortschritte in der Spracherkennung werden Wörter nicht immer eindeutig erkannt, insbesondere wenn der Benutzer undeutlich spricht. Außerdem kann ein Computer Worte erkennen aber nicht „verstehen“ und daher nicht immer die Unterhaltung mit einem Mitfahrer von Anweisungen an ihn unterscheiden. Es ist davon auszugehen, dass sich eine multimodale Interaktion, d.h. eine Kombination von manueller, akustischer und eventuell auch visueller (Gesichtsausdruck) Eingabe als beste Lösung erweisen wird.

Forschungsverbund Verkehrstechnik und Verkehrssicherheit

Um die Interaktion des Menschen mit komplexen technischen Systemen, wie sie Automobile



darstellen, umfassend beurteilen zu können, werden interdisziplinäre Ansätze benötigt. Im Forschungsverbund Verkehrstechnik und Verkehrssicherheit arbeiten daher das Institut für Fahrzeugtechnik IFT (Prof. Dr.-Ing. H. Zoppke), das Institut für Energieeffiziente Systeme IES (Prof. Dr.-Ing. M. Scherer) und das Institut für Innovative Informatik-Anwendungen i3A (Prof. Dr. R. Linn) der Fachhochschule Trier sowie die Abteilung für Allgemeine und Kognitive Psychologie (Prof. Dr. K. F. Wender) der Universität Trier zusammen (Bild 2).

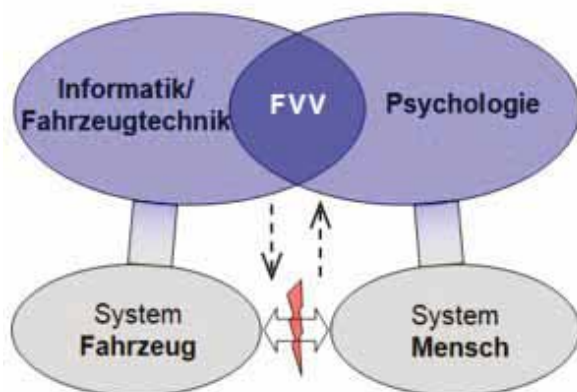


Bild 2: Forschungsverbund Verkehrstechnik und Verkehrssicherheit

Neben dem hier beschriebenen Projekt beschäftigt und beschäftigt sich der Forschungsverbund mit verschiedenen anderen Fragestellungen, wie z.B. Sicherheitsaspekte asphärischer Außenspiegel, Sicherheit in Reisebussen, Navigationssysteme sowie akustische und visuelle Beeinflussung des Fahrverhaltens. Siehe unter www.fvv-trier.de.

Berührungssensitive Oberfläche

Als berührungssensitive Oberfläche wird im Projekt eine neuartige Sensortechnologie verwendet (Kinotex Sensor). Das System besteht aus einer

nur wenige Millimeter dicken Schaumstoffmatte. Durch Berührung der Oberfläche können – ähnlich wie bei einem Touchpad eines Notebooks – Steuerungs- und Eingabeaufgaben realisiert werden. Dabei werden nicht nur die Positionen der Berührungsstellen zurückgemeldet (Multi-Touch), sondern auch der jeweils ausgeübte Druck. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass eine solche Sensormatte durch ihre weiche Konsistenz jeder beliebigen Oberfläche angepasst werden kann. Der Sensor könnte beispielsweise auch in den Pralltopf eines Fahrzeuglenkrads integriert werden, ohne dass die Funktion des Airbags gestört wird. Bild 3 zeigt einige der im Automobil denkbaren Positionen für diese Sensorfolie.



Bild 3: Mögliche Orte für die Sensorfolie

Untersuchungen

Der Forschungsverbund steht in engem Kontakt mit dem patentinhabenden Unternehmen der Sensortechnologie (Kinotex Sensor GmbH). Das Unternehmen ist an der Ausweitung und wissenschaftlichen Erforschung und Evaluierung der Anwendung interessiert und unterstützt den Forschungsverbund zurzeit mit der nötigen Hardware und technischem Know-how bei der Umsetzung des Forschungsvorhabens. Weiter bestehen Kon-



takte zur Daimler AG, die das Projekt durch die Spezifikation von Forschungsfragen unterstützt hat und an einer weiteren Kooperation interessiert ist.

Im Projekt soll erforscht werden, welche neuen Möglichkeiten für Bedienkonzepte im Automobil sich mit der beschriebenen Sensortechnologie ergeben. Ins Auge gefasst ist hier z.B. die Eingabe alphanumerischer Information, die Eingabe mit zwei oder mehr Fingern (Multi-Touch), die Verwendung spezieller Fingergestiken, die Erkennung der Anspannung des Fahrers mit einer Sensorfolie am Lenkradkranz und anderes mehr.

In einem ersten Schritt wurde der Frage nachgegangen, wie die gegenüber üblichen Touchpads zusätzliche Information des ausgeübten Druckes genutzt werden kann. Dazu interessieren zunächst folgende Fragen:

- Gibt es eine einheitliche Druckschwelle über die Versuchspersonen hinweg?
- Was ist eine geeignete Druckschwelle für eine Schrift- bzw. Symbolerkennung?
- In welchem Druckbereich sollte das Touchpad auf Eingaben reagieren?
- Gibt es sinnvoll unterscheidbare Druckschwellen, falls ja, wie viele Druckschwellen können unterschieden werden und sind im gegebenen Kontext auch zweckmäßig?

Die für diese Versuche erforderliche Software wurde vom Institut für Innovative Informatik-Anwendungen der Fachhochschule Trier entwickelt, während die Versuche selbst von der Abteilung für Allgemeine und Kognitive Psychologie der Universität Trier durchgeführt wurden.

Erste Ergebnisse

Die Versuchspersonen wurden gebeten, in einer jeweils angegebenen Stärke (sehr leicht, leicht, mittel, schwer, sehr schwer) auf die Sensorfolie

zu drücken. Nach einer ersten Erhebung ohne Training wurde eine Trainingsphase durchgeführt und danach eine zweite Erhebung. In der Trainingsphase erhielten die Versuchspersonen auf dem Bildschirm jedoch zusätzlich eine Rückmeldung über den gerade ausgeübten Druck. Bei den Erhebungen und der Trainingsphase wurde jede Druckstärke in einer zufälligen Reihenfolge zwei Mal erfragt.

Die durchgeführten Erhebungen zeigten, dass sowohl vor als auch nach Training fünf Druckstufen signifikant unterscheidbar sind. Bild 4 zeigt die Mittelwerte der 40 Versuchspersonen vor und nach dem Training.

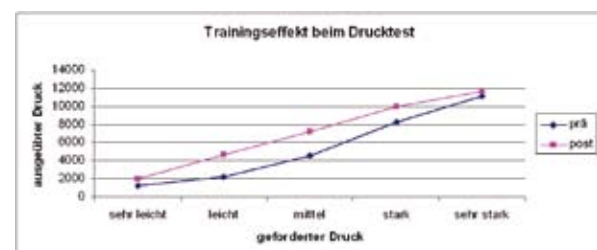
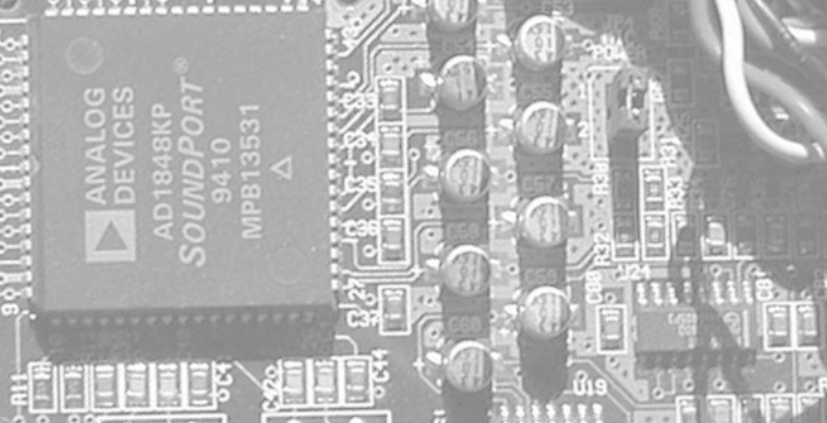


Bild 4: Mittelwerte beim Drucktest

In der Trainingsphase wurde der gesamte Druckbereich der Sensorfolie trainiert, dies führte in der Erhebung nach dem Training zu einer signifikanten Steigerung des Druckes in der jeweiligen Druckstufe.



Bild 5: Individuelle Druckstärken



Technik und Informatik

Weiteres Vorgehen

Aufgrund dieser Ergebnisse soll in weiteren Experimenten von drei Druckstufen (1500, 6000 und 11000) ausgegangen werden. Diese sollen im fahrenden Fahrzeug durchgeführt werden. Für diese Versuche kann abseits vom öffentlichen Verkehr das Versuchsgelände der Wehrtechnischen Dienststelle für Kraftfahrzeuge und Panzer in Trier (WTD 41) genutzt werden. Im Weiteren können dann die Eingabe alphanumerischer Information und die Verwendung spezieller Fingergestiken untersucht werden. Auf dieser Basis können dann

neuartige Bedienkonzepte entworfen und untersucht werden. Schließlich ist geplant, diese in das Versuchsfahrzeug proTRon AERIS des Fachbereiches Technik einzubauen, um dort die entwickelten Konzepte realitätsnah zu demonstrieren und zu evaluieren.

Kontakt:

Prof. Dr. Rolf Linn
 Fachbereich Informatik
 linn@fh-trier.de
 www.informatik.fh-trier.de/~linn

Technologie-Entwicklung und Produktions-Automation



konzeptionelle
 Technologie-Entwicklung
 Produkt- und
 Prozess-Entwicklung
 Engineering-Struktur
 Fertigungsplanung
 Software-Entwicklung
 Einzelteil-Erstellung
 Anlagenmontage
 Test- und -Timing
 Anwendung der gängigen
 Qualitäts-Werkzeuge
 Weltweiter Kundendienst

Speziallösungen für die
 Automobil-Industrie
 Elektrotechnik
 Consumer-Elektronik
 Medizintechnik
 Maschinenbau-Industrie

Grohmann Engineering GmbH

Rheinland

Telefon

Mail: info@grohmann.com
 - - www.grohmann.com



Forschungsschwerpunkt Thermoelektrik

Dipl.-Phys. A. Vogelsang, Dipl.-Ing (FH) M.Sc.
Dimitri Tararinov,
Prof. Dr. rer.nat. Georg Bastian

In den Physiklaboren der FH-Trier werden im Rahmen von zwei Promotionen und zahlreichen Bachelor-, Studien-, und Diplomarbeiten thermoelektrische Systeme und Materialien erforscht. Was die Faszination dieses Forschungsgebiets ausmacht, welche neuen Trends hinsichtlich Materialien und Anwendungen sich ergeben, und welche Fragestellungen an der FH-Trier untersucht werden, soll der folgende Artikel kurz anreißen.

Historie und Motivation

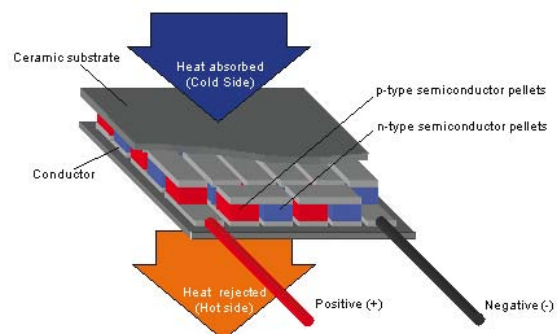
Das Forschungsgebiet der Thermoelektrik ist sehr alt – überraschenderweise sogar älter als die Elektrizitätslehre selbst. Schon vor 200 Jahren hat Alessandro Volta durch Verschaltung von Drähten aus verschiedenen Metallen elektrische Energie erzeugt, indem die verschiedenen Knotenpunkte in unterschiedliche Temperaturbäder getaucht wurden. Damit konnte er seine berühmten Experimente mit der Stimulation von Froschmuskeln durchführen.

Dieser grundlegende Effekt ist jedem Elektrotechniker wohl bekannt und findet eine wichtige Anwendung in der Messung von Temperaturen. Derartige Thermoelemente liefern ein messbares Spannungssignal, allerdings keine nennenswerten Ausgangsströme und somit auch keine großen Leistungen.

Thermoelektrische Generatoren sind nun Bauteile, durch die ein Wärmestrom fließt (also Wärmeenergie vom heißen zum kalten Ende gelangt) und damit verbunden auch ein elektrischer Strom auftritt. Wenn man bedenkt, dass Wärme in einem Festkörper in Bewegungsenergie von Elektronen gespeichert sein kann und eine gerichtete

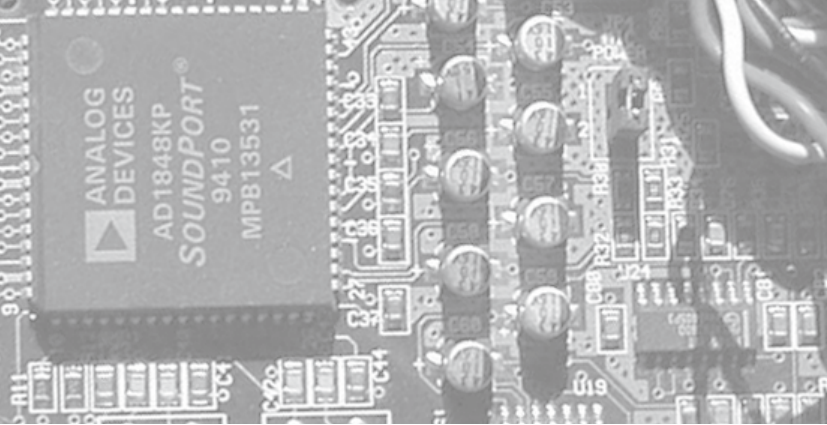
Bewegung von Elektronen ein elektrischer Strom ist, hat man das Grundprinzip schon verstanden. Es gibt aber auch eine andere Möglichkeit für den Wärmetransport ohne die Bewegung von Elektronen und somit ohne elektrischen Ausgangsstrom. Um möglichst hohe Wirkungsgrade der Wandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie zu realisieren, muss man Materialien verwenden, bei denen die Wärmeleitfähigkeit aufgrund von ausbreitenden Schwingungen der Atome im Festkörper möglichst stark behindert wird. Die Suche nach solchen Materialien steht im Widerspruch zu dem sogenannten Wiedemann-Franz-Gesetz, wonach gute elektrische Leiter oft auch gute thermische Leiter sind. Man denke hier etwa an Metalle, Kunststoffe oder Holz.

Thermoelektrische Generatoren führen seit vielen Jahrzehnten ein Schattendasein, wurden jedoch in großen Stückzahlen für Anwendungen im Militär und bei sonnenfernen Weltraummis-



*Aufbau eines thermoelektrischen Moduls;
Quelle: www.panco.de*

sionen eingesetzt. Dabei wurde die Wärme bei einem natürlich zerfallenden radioaktiven Isotop zu einem Bruchteil in elektrische Energie umgewandelt. Aufgrund der sehr hohen Energiedichte von Kernenergie im Vergleich zu chemischer Energie arbeiten derartige Radionuklidbatterien



jahrzehntelang, wenn auch mit unspektakulärem Wirkungsgrad.

Die Umkehrung des Effekte hingegen, die Umwandlung eines elektrischen Stroms zum Pumpen von Wärme, ist beliebt bei Anwendungen z.B. in Kühlboxen fürs Auto. Solche Peltiermodule konnten bisher aber weder im Preis noch im Wirkungsgrad mit klassischen Kühltechniken wie Verdampfungskühlung mithalten.

Nanotechnologie

Warum also sollte man sich mit einem derart alten und unwichtigen Effekt beschäftigen? Neue Inspiration hat die Thermoelektrik vor etwa 10 Jahren erfahren, als theoretische und später auch experimentelle Arbeiten gezeigt haben, welche hervorragenden Vorteile der Einsatz von Nanotechnologie in der Thermoelektrik haben kann. Untersuchte Strukturen bestanden beispielsweise aus extrem dünnen leitfähigen Drähten, in denen die Elektronen nur noch „im Gänsemarsch“ hintereinander hindurch passen. Die damit veränderten elektrischen Transporteigenschaften und Energiebeiträge der Elektronen haben einen massiven positiven Einfluss auf den Wirkungsgrad von thermoelektrischen Generatoren. So konnte der Wirkungsgrad um einen Faktor 3 gesteigert werden. Weitere Verbesserungsmöglichkeiten sind theoretisch vorhergesagt worden. Gleichzeitig konnten nanotechnologische Verfahren zur Herstellung solcher Strukturen etabliert werden.

Das erklärte Ziel der modernen Thermoelektrik ist es, in die Nähe des Wirkungsgrad von konkurrierenden Prozessen zur Konversion von Wärme in andere Energieformen (wie etwa Stirling-, Verbrennungsmotoren oder Dampfturbinen) zu gelangen, dies aber ohne jegliche bewegliche Teile in Form eines Halbleiter-Moduls.

Anwendungspotenziale

Im Jahr 2008 trat BMW als erster Automobilhersteller mit den Forschungsarbeiten zur Thermoelektrik in die Öffentlichkeit: Die bei einem Verbrennungsmotor entstehende (ungenutzte) Wärme wurde am Auspuff in elektrische Energie umgewandelt und der Batterie zugeführt. Das Marktpotenzial solcher Ansätze für den Einsatz in Hybridfahrzeugen ist enorm, wenn es gelingt, effiziente Systeme und moderne kostengünstige Materialien zu entwickeln.

In Zeiten von hohen Energiekosten können an sehr vielen Stellen sinnvolle Maßnahmen ergriffen werden, um Abwärme, Prozesswärme, Verbrennungswärme oder Sonnenwärme direkt in elektrische Energie zu konvertieren.



Blick auf thermoelektrische Generatoren, die an den Auspuff eines PKW angebaut sind; Quelle: BMW

Forschungsarbeiten

Die Arbeiten an der FH-Trier umfassen Fragen der Ankopplung und den effektiven Einsatz von thermoelektrischen Generatoren in einer Vielzahl von Anwendungsfeldern. Bei der diesjährigen internationalen Konferenz für Thermoelektrik konnten wir in vier wissenschaftlichen Beiträgen unsere aktuellen Forschungsergebnisse präsentieren.

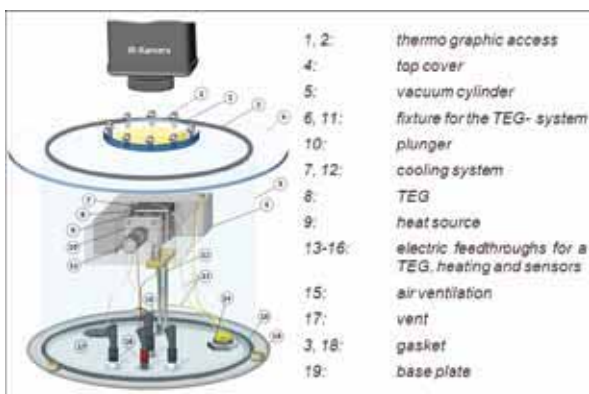


Systeme und Charakterisierung

Eine wichtige Aufgabe liegt in der möglichst exakten Charakterisierung von bestehenden Modulen und Systemen, um die Temperaturverteilung, die Wärmeströme und die elektrischen Ströme zu optimieren. Dies ist der Schwerpunkt der laufenden Promotion von Dimitri Tatarinov. Da der Wärmetransport über Konvektion, Strahlung und Leitung ablaufen kann, müssen recht komplexe Vorgänge geometrieabhängig identifiziert werden. Dies gelingt mit einem Abgleich von thermografischen Messtechniken einerseits und numerischen Simulationen andererseits.

Abwärme aus industriellen Prozessen

Im Rahmen eines öffentlich geförderten Projekts (Prolnno) arbeiten wir in Kooperation mit den Firmen PSI Technics Ltd. und Panco GmbH an der



Aufbau des Charakterisierungssystems für thermoelektrische Module und Wärmeströme

Nutzung von Abwärme aus Industrieprozessen. Exemplarisch versuchen wir in einem Aluminiumwerk die bisher ungenutzte Energie bei der Abkühlung von Blöcken zu gewinnen. Hierbei ist es uns wichtig, Kosten der neuen Technologie aufzudecken und dem möglichen Nutzen gegen-

über zu stellen. Nach den Erfolg versprechenden Vorarbeiten hoffen wir, eine Vielzahl von weiteren Einsatzmöglichkeiten zur Abwärmennutzung in der Glas-, Keramik-, Stahl- oder chemischen Industrie eröffnen zu können.

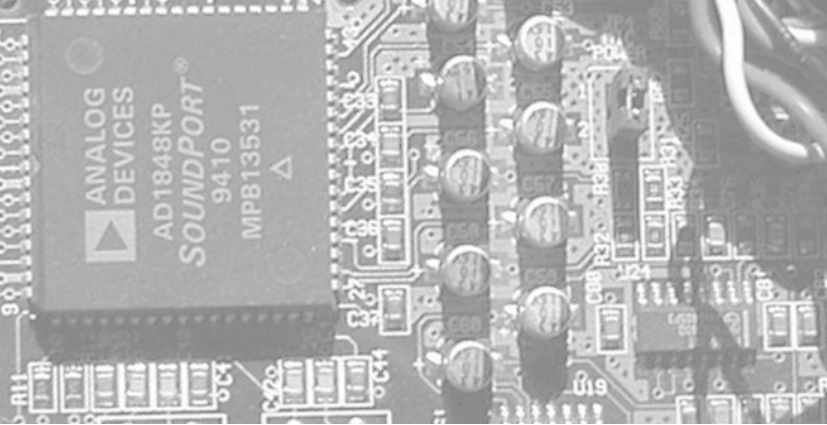
Weitere Informationen hierzu findet man unter www.abwaerme.eu

Abwärme aus Leuchtdioden und Lasern

In ähnlicher Weise entsteht massiv Abwärme in optoelektronischen Komponenten bzw. Leuchten. Anders als das Image von LEDs vermuten lässt, wird ein Großteil der elektrischen Energie in Wärme umgesetzt, wenn auch nicht ganz so viel wie in der guten alten Glühlampe. In Systemen wie mobilen LED-Projektoren untersuchen wir nun, in wie weit Abwärme wieder in elektrische Energie zurück geführt werden kann. Dies setzt eine genaue Analyse der Halbleiteroptik und der temperaturabhängigen Wirkungsgrade voraus. Im Rahmen der Promotion von Arne Vogelsang wird ferner die Abwärme aus Leuchtstoffen konvertiert, was wir mit Simulationen und verschiedenen lichttechnischen Messverfahren bewerkstelligen. Unterstützt werden wir in dieser Forschungsrichtung von verschiedenen Firmen der Optoelektronik, Nanotechnologie und Lichttechnik.

Abwärme aus Verbrennungsmotoren

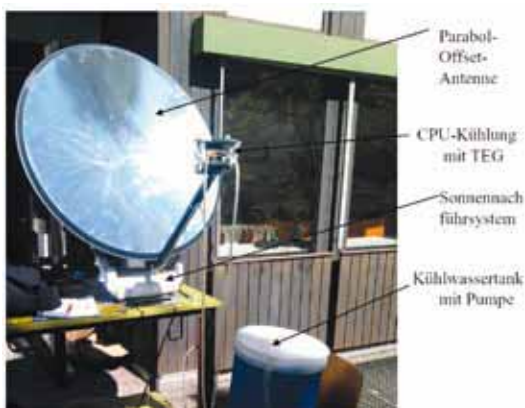
Im Rahmen einer externen Diplomarbeit bei den Daimler Forschungslaboren in Ulm werden thermoelektrische Systeme integriert in die Abgas- und Kühlanlage eines PKW untersucht. Thermische, elektrische, kalorische, fluidische und mechanische Messtechniken müssen für das Problem angepasst und ausgewertet werden. Das geschieht in engem Austausch zu den Arbeiten im Physiklabor in Schneidershof.



Solare Thermoelektrik

Untersuchungen zur Kombination von Thermoelektrik und Solarthermie knüpfen an den Aufbaustudiengang Regenerative Energietechnik und das neue Kompetenzzentrum Solar der FH-Trier an. Im Gegensatz zu solaren Kraftwerken, wie sie in Nordafrika entstehen sollen, möchten wir Systeme für den Hausgebrauch entwickeln. Grundidee ist, die solar erzeugte Wärme durch einen thermoelektrischen Generator hindurch zum Kühlwasser anzukoppeln. Unsere Vision ist, zusätzlich zur Erzeugung von Warmwasser, mit minimalen Extrakomponenten auch in elektrische Energie zu wandeln. Bei der Bewertung dieses Ansatzes muss man wissen, dass in Laboren neuartige Materialien für thermoelektrische Generatoren hergestellt werden konnten, die Kosten im Bereich von nur 0,1€/Watt verursachen. Im Vergleich zur konkurrierenden Fotovoltaik mit 2-4€/Watt also ein viel versprechender Ansatz.

Mögliche Umsetzungen dieser Vision basieren auf Vakuumröhrenkollektoren und verschiedenen konzentrierenden Systemen. Dankenswerter Weise



Prototyp eines konzentrierenden solarthermischen thermoelektrischen Generators; entwickelt im Rahmen der Bachelorarbeit von Daniel Schnell

werden wir in diesen Bestrebungen unterstützt unter anderem von den Firmen ten Haaft GmbH mit Nachführungssystemen und SMA AG mit Wechselrichtern.

Materialentwicklungen

Zur Herstellung von neuen Materialien konnten bereits einige sehr interessante Impulse gegeben werden. Zum einen ist es uns gelungen, mit einem vergleichsweise einfachen Herstellungsverfahren großflächig Halbleiterdrähte mit nur etwa 20nm Dicke aus Bismuth-Tellurid abzuscheiden. Dies ist mit den Techniken unseres kleinen neu aufgebauten Reinraums möglich geworden. Zum anderen konnten wir theoretisch zeigen, dass eine völlig neuartige Klasse von Schichtsystemen bestehende thermoelektrische Materialien massiv verbessern kann. Hierzu dient eine Folge von Halbleiterschichten, die aus verschiedenen Isotopen besteht. Die leicht unterschiedlich schweren Atome führen zu einer ständig wechselnden Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schwingungen im Kristall. Für die Wärmeausbreitung über Gitterschwingungen bedeutet dies eine starke Reduktion. So kann mit Schichten von deutlich weniger als 1µm Dicke eine nahezu perfekte thermische Isolation vorhergesagt werden. Parallel zu unseren Simulationen basierend auf Molekulardynamik konnten wir in ersten Experimenten qualitativ zeigen, dass unsere Vorhersagen stimmen. Damit haben wir die Tür geöffnet für ein völlig neues spektakuläres Forschungsfeld.

Kontakt:

Prof. Dr. Georg Bastian
Fachbereich Technik
bastian@fh-trier.de



Optical Waveguide Computer Aided Design (OWCAD)

Prof. Dr.-Ing. Otfried Georg



Einführung

Die Summe aller Daten der weiter ansteigenden kupferbasierten DSL-, Kabel- und LAN-Bitraten wollen weltweit verteilt werden. Optische Wellenleiter bilden hierzu heute das Rückgrat der Hochgeschwindigkeitsübertragung von Information zwischen den Knoten öffentlicher und auch lokaler Netze. Vom Endteilnehmer weitgehend unbemerkt ermöglichen sie mit kaum wahrnehmbaren Verzögerungen die Datenübertragung zwischen den Kontinenten als auch im inländischen Bereich. Während im Teilnehmeranschlussbereich die Lichtwellenleiter-Technik kaum Fuß fassen konnte (Fiber to the Home), ist sie im Fernbereich unabdingbar.

Um praxisnah moderne Hochleistungs-Lichtwellenleiter effizient designen (Synthese) als auch gefertigte Lichtwellenleiter beurteilen (Analyse) zu können, ist eine detaillierte Kenntnis der wellenoptischen Ausbreitungsbedingungen auf der Basis der Maxwell-Gleichungen unerlässlich. Dazu wird im Rahmen des Projekts eine Software auf der Plattform des Computeralgebra-Programmpakets MATHCAD entwickelt, die alle nennenswerten Aspekte der Lichtausbreitung in optischen Wellenleitern berechnet.

Lichtwellenleiter-Labor

Das Lichtwellenleiter-Labor des Fachbereichs verfügt über drei im Rahmen von Diplomarbeiten aufgebauten Messplätzen zur Messung grundlegender Eigenschaften von Lichtwellenleitern:

Dämpfungs-Messplatz

zur Messung der Lichtwellenleiter-Dämpfung über der Wellenlänge λ zwecks Erfassung von Rayleigh-Streuung, Infrarot-Absorption und OH-Ionen-Dämpfung.

Brechzahlprofil-Messplatz

zur Messung des Brechzahlprofils $n(r)$ über dem Faserradius bei festen Wellenlängen zur Erfassung der Wellenleiterdispersion.

Materialdispersions-Messplatz

zur Messung der Materialdispersion des Fasermaterials über der Wellenlänge. Materialdispersion verursacht z.B. den Regenbogen.

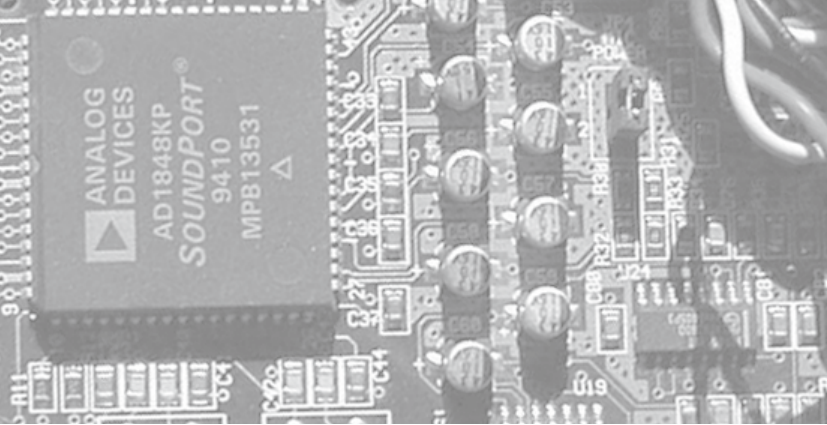
Typen optischer Wellenleiter

Bei den Messobjekten handelt es sich um die für die Übertragungstechnik bekannten zylindersymmetrischen Glasfasern.

Folgende Typen optischer Wellenleiter können berechnet werden:

Klassische Glasfasern mit zylindrischer Geometrie bestehend aus einer Kernzone höherer und einer Mantelzone niedriger Brechzahl: Multimode, Monomode, Dispersionsverschobene und -verflichte Fasern (W-Typ).

Photonic Crystal Fibers (Holey Fibers; im Aufbau begriffen)



Kartesische Filmwellenleiter z.B. der integrierten Optik für optische Chips

Buried Strips mit inhomogener Transversalstruktur (im Aufbau begriffen)

Erfasste Parameter

Zur Beurteilung der Qualität eines Lichtwellenleiters sind die drei oben genannten Messplätze grundlegend. Darüber hinaus sind aber zahlreiche weitere Eigenschaften, die den Lichtwellenleiter erst umfassend charakterisieren, von Bedeutung. Diese Parameter sind aus den oben gemessenen berechenbar. Dazu gehören u.a.:

- Einpflegen von Materialparametern (Sellmeier-Reihe) zur Bestimmung von $n(r, \lambda)$
- Ausbreitungskonstanten aller Moden (Wellenformen) für die interessierenden Wellenlängen
- Gruppenlaufzeiten gemessen in ns/km
- Intermoden-Dispersion, Material-, Wellenleiter-, Chromatische Dispersion, Polarisationsmoden-Dispersion gemessen in ps/(km*nm)
- Modenkopplungs-Koeffizienten bei Einkopplung mit gaußschen Laserstrahlen; beim Spleißen von Lichtwellenleitern
- Impulsantworten
- Strahlgänge
- Nahfelder, Fernfelder, Leistungsverteilung über Faserkern- und Mantel

- Grenzwellenlängen (Cutoff) und die oben angegebene Parameter bei Cutoff
- Energieflüsse

Entwicklungsumgebung

Es wird ein MATHCAD-basiertes Software-Paket entwickelt, das typisch die mit den drei vorhandenen Messplätzen gemessenen Größen als Eingabe-Parameter verarbeitet und die anderen o.a. Kenngrößen berechnet, visualisiert und optimiert. Der Algorithmus besteht im wesentlichen aus folgenden Schritten:

1. Erstellen eines präzisen Modells zur Lösung der (auch vektoriellen) Wellengleichung in inhomogenen Medien
2. Transformation des Algorithmus in das Programmpaket MATHCAD
3. Programmierung und Test in MATHCAD
4. Aufbereitung der aus den vorhandenen Messplätzen vorhandenen Daten zur Eingabe in das Programmpaket
5. Auswertung der Ergebnisse und Beurteilung der Optischen Wellenleiter
6. Synthese verbesserter Wellenleiter, deren Kenndaten als Eingabe-Parameter verwendet werden können
7. Weiter bei 3, bis ausreichende Optimierung erfolgt ist

Da MATHCAD auch einen selbst dokumentierender Texteditor integriert, wird als Textsprache durchgängig Englisch verwendet.



Mittlerweile ist mit dem Programmpaket die Analyse klassischer Fasern in skalarer und vektoriel-ler Optik abgeschlossen.

Insbesondere werden derzeit die seit etwa 2003 erhältliche neue Generation von Glasfasern: Photonic Crystal Fibers (PCF), auch Holey Fibers (Löchrige Fasern) genannt, in Angriff genommen, bei denen ein Satz achsenparalleler LöcherQuanteneffekte von einzelnen Photonen verursacht, ähnlich wie bei Elektronen in Halbleiterkristallen.

Dabei wird zum einen das klassische Rechenverfahren auf diese auch mathematisch wesentlich anspruchsvolleren Fasern erweitert, zum andern werden andere Verfahren zur Kontrolle der Ergebnisse implementiert (Finite Differenzen, Finite Elemente).

Analysemethode

Für technisch/mathematisch/physikalisch Interessierte:

Als Analysemethode wird ein Ansatz gewählt, der das Feld der einzelnen Moden (Wellenformen) in Form einer Fourier-Reihe auf der Basis von Gauß-Laguerre-Funktionen synthetisiert. Die Grundlagen des Verfahrens selbst wurden vom Autor im Rahmen einer Dissertation in den 1980er Jahren entwickelt und konsequent der Rechnerleistungsfähigkeit angepasst. Gauß-Laguerre-Funktionen bilden die Lösung der Wellengleichung in einem bestimmten Lichtwellenleitertyp mit parabolischem Brechzahlprofil, der aufgrund seiner Übertragungseigenschaften für Multimode-Fasern besonders interessant ist. Für Filmwellenleiter werden als Ansatzfunktionen Gauß-Hermite-Funktionen verwendet.

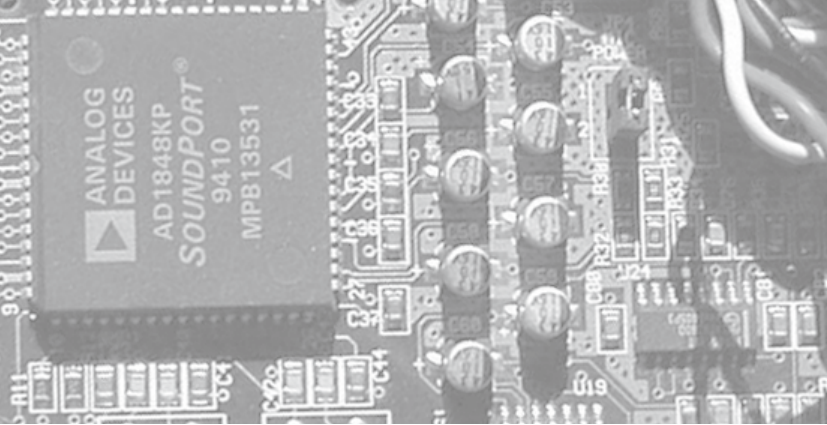
Das zu Beginn des Berichts dargestellte Logo trägt dem Rechnung: es zeigt im Vordergrund typisch die Innereien eines aus mehreren Lichtwellenleitern bestehenden Glasfaser-Kabels und im Hintergrund das Fourier-Spektrum eines Modus, gemeinsam mit einem Muster des zugehörigen Feldverlaufs.

Alternativ können auch klassische sin/cos-Funktionen in Form einer FFT als Basis verwendet werden.

Nach Rayleigh-Ritz werden die Wellengleichungen in Form von Leistungsausdrücken aufintegriert und als Ergebnis resultiert zunächst eine lineare Eigenwert-Matrix-Gleichung, die mit Standard-Lösungsalgorithmen der Computeralgebra gelöst werden kann.

Parameter sind zunächst primär die Wellenlängen und azimuthale und radiale Modenkennzahlen. Darüber hinaus können weitere Kenngrößen variiert werden, wie Profilgestalt-Parameter, Matrizen-Größen, Skalierungs-Parameter des Ansatzes u.ä.

Vor allem für Lichtwellenleiter mit konstantem Mantelprofil und bekanntem Feldverlauf in Form Modifizierter Bessel-Funktionen kann der o.a.Grundansatz zu einer kompakten nichtlinearen Eigenwertgleichung modifiziert werden. Deren Lösung ist zwar komplizierter, sie reduziert jedoch deutlich die Matrizen-Größen und die Genauigkeit ist auf allen Ebenen extrem hoch. Es existiert ein Referenzprofil mit Stufenprofilform, dessen Lösungen im Faserkern exakt zu Bessel-Funktionen bekannt ist. Das Referenzprofil ist relativ zu den Ansatzfunktionen stark fehl angepasst. Dennoch lassen sich vor allem mit



der nichtlinearen Optimierung Ergebnisse erzielen, die für alle Ergebnis-Parameter numerische Unterschiede erst in der sechsten Nachkommastelle oder noch deutlich genauer ergeben.

Ergebnisse

Ergebnisse können auf verschiedene Weisen dargestellt werden:

Zum einen handelt es sich für numerische Darstellungen um klassische Matrizen, die auch in verbreiteten Tabellenkalkulationsprogramme, wie EXCEL oder Derivate, exportiert werden können.

Darüber hinaus ist eine graphische Visualisierung der Ergebnisse wichtig. Diese erfolgt typisch in Form zweidimensionaler Kurvenscharen, aber auch die dreidimensionale Darstellung von Matrizen kann sehr hilfreich in der Beurteilung der Konvergenz eines Ansatzes oder das Erkennen optimaler Arbeitspunkte als Extrema von Verteilungen nützlich sein.



Abb.1 Gemessenes Brechzahlprofil $n(r)$ einer Multimode-Faser

Beispielhaft wird in Abb. 1 das mit dem vor Ort vorhandenen Brechzahlprofilmessplatz gemessene Brechzahlprofil $n(r)$ einer Multimode (Vielwellen)-Faser dargestellt:

Die Messpunkte dieses Profils werden mit Hilfe einer Spline-Interpolation zu einer quasi analytischen Funktion transformiert und nach Abb. 2 visualisiert. Deutlich erkennbar ist der unerwünschte Brechzahlenbruch (Dip), der häufig beim Erkalten der heiß gezogenen Faser im Zentrum entsteht, sowie einige umgebende Ripples.

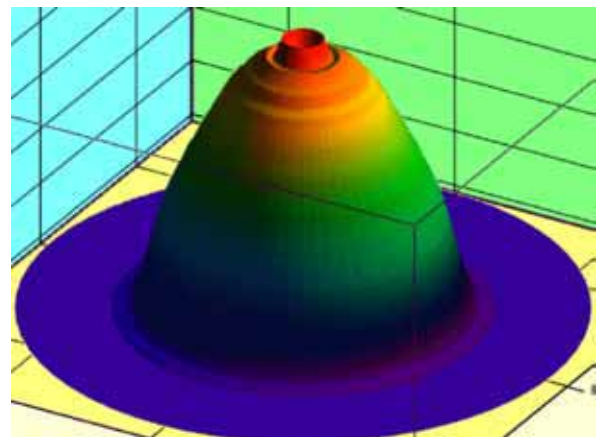


Abb.2 Spline-interpoliertes 3D-Brechzahlprofil der gemessenen Faser von Abb. 1

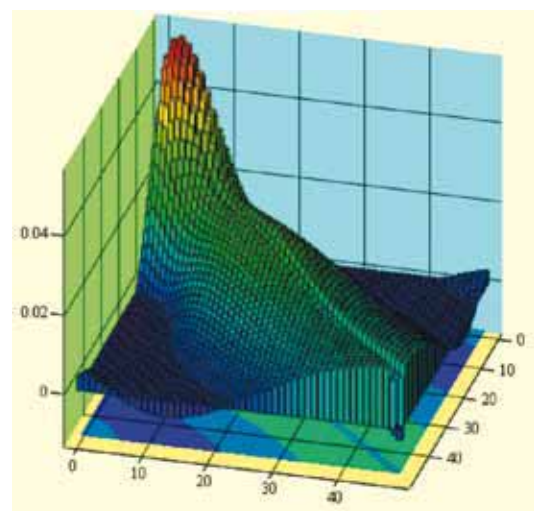


Abb.3 Profil-matrix



Der Profilverlauf erlaubt nun die analytische Berechnung der zugehörigen Profilmatrizen (Abb.3) des Eigenwert-Ritz Algorithmus, die zum Erzeugen der Ausbreitungsparameter als Eigenwerte sowie der Eigenvektoren zur Darstellung der Feldfunktionen verwendet werden können:

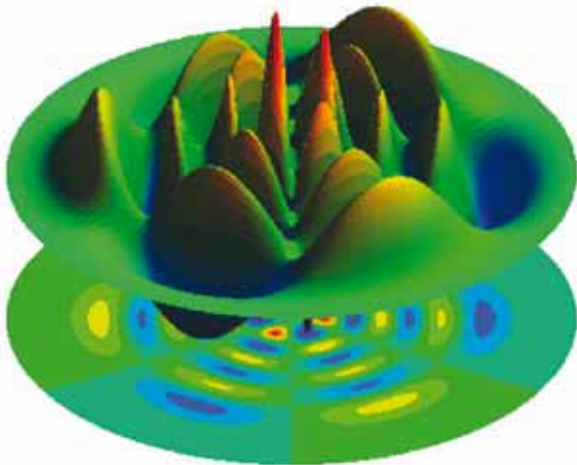


Abb.4 LP 3,5-Modus

Abb.4 visualisiert den Verlauf des elektrischen und magnetischen Feldes über dem Kernquerschnitt für einen ganz bestimmten Modus.

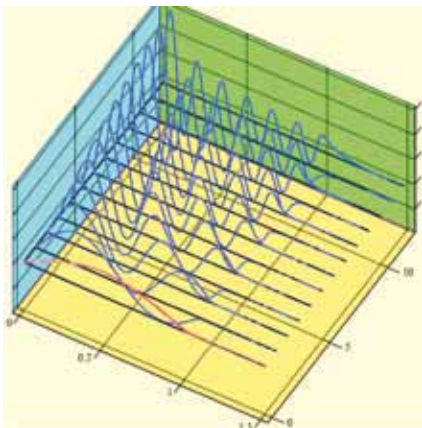


Abb.5
Eine Modengruppe
mit gleicher
azimuthaler
Modenkennzahl

Klassische Multimode-Fasern weisen typisch mehrere hundert solcher diskreter Wellenformen (Ausschnitt in Abb.5) auf, die unangenehmer

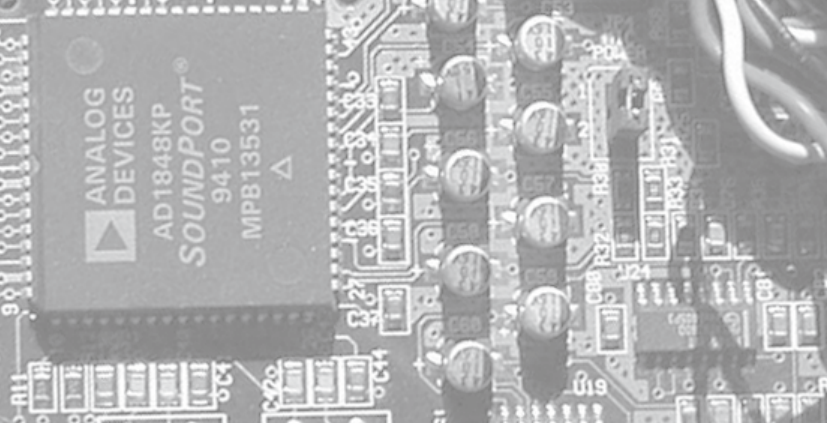
weise beim Durchlauf durch die Faser auseinander laufen und so die Bandbreite reduzieren (ca. 1GHz auf 1 km Faserlänge). Verkleinert man den Faserkern-Radius von $25\mu\text{m}$ auf ca. $3\mu\text{m}$ und wählt eine Übertragungswellenlänge von $1,55\mu\text{m}$, so tritt nur die niedrigste Wellenform (Grundmodus) auf. Er hat etwa den Verlauf einer Gaußglocke. Damit wächst die Bandbreite schlagartig auf einige zehn GHz auf 1km, aber auch dieser Modus läuft in sich selbst auseinander (chromatische Intramoden-Dispersion).

Es erfordert nun genaue Kenntnisse der Materialwahl der Dotierungs-Stoffe zum Erzeugen eines i.d.R. stark inhomogenen Brechzahlprofils, um im heute dominanten Wellenlängenbereich um $1,55\mu\text{m}$ mit minimaler Dämpfung und sich gegenseitig kompensierender Material- und Wellenleiter-Dispersion eine Faser herzustellen, die in diesem Bereich z.B. 64 $0,8\mu\text{m}$ breite DWDM-Kanäle (Dense Wavelength Division Multiplex) übertragen zu kann. Bei einer Kanal-Bitrate von 40Gbps erlaubt diese Faser eine Gesamt-Bitrate von 2560Gbps.

Kleinste Abweichungen von den zunächst theoretisch mithilfe dieses Programmpakets OWCAD ermittelbaren Profilparametern führen zur Performance-Reduktion. Eine nach den Vorgaben gefertigte Faser kann vermessen und die Messgrößen wieder in das Programmpaket eingegeben werden um Aussagen darüber zu machen, wo eine Optimierung lohnt und wie die zu erwartenden Auswirkungen sein werden.

Kontakt

Prof. Dr. Otfried Georg
Fachbereich Technik
georg@etech.fh-trier.de



Automatisierte Generierung von Niederschlagabflussmodellen – multivariate Zeitreihenanalyse für die Identifikation von Zustandsgrößen

M. Sc. Oliver Gronz
Prof. Dr. Peter Gemmar

Einleitung

Starke Regenfälle können gerade in kleineren Fluss- oder Einzugsgebieten zu Hochwasserereignissen mit gravierenden Schäden führen. Während für große Flussgebiete (Hochwasser-) Vorhersagemodelle basierend auf flussaufwärts liegenden Pegelmessungen effizient zu erzeugen sind und operationell zur Verfügung stehen, existieren in der Regel keine Pegeldata bei kleineren Einzugsgebieten und somit auch keine entsprechenden Vorhersagemodelle. Neben der Regenintensität, die primär die hydrologische Reaktion eines Einzugsgebiets beeinflusst, ist die vorherrschende Bodenfeuchte eine entscheidende Größe für die Hochwasserbereitschaft eines Gebiets. Die hydraulischen Eigenschaften des Bodens und die aktuelle Bodenfeuchte bestimmen die Abflussgenerierung und -intensität auf der Plotskala – jedoch ist der aktuelle Gebietsabfluss nicht unbedingt korreliert mit dem Bodenfeuchtezustand. In trockenen Perioden können Starkniederschläge zu hohen Abflüssen führen, wenn obere Bodenschichten nach vorausgegangenen Regenfällen gesättigt sind. In feuchten Perioden kann ein starker Grundwasserabfluss vorliegen und der Gebietsabfluss wird durch ein Regenereignis dann kaum beeinflusst.

Es existieren vielversprechende Konzepte, um auf Grundlage von Bodenfeuchtedaten auf den Gebietszustand und die Abflussbereitschaft zu schließen und hiermit Niederschlagsabflussmodelle (N-A-Modelle) für ein Einzugsgebiet zu generieren. In diesen Modellen sind weitere

hydrologische und meteorologische Einflussgrößen wie z.B. Abfluss, Niederschlag (-vorhersage), Temperatur etc. zu berücksichtigen, die in Form von Zeitreihen für die Modellierung zur Verfügung stehen. Diese Vielzahl und Vielfältigkeit an Zeitreihen erzeugt einerseits eine hohe Komplexität und entsprechenden Analyseaufwand für die Prozessmodellierung, andererseits ist das Wissen aus dieser Analyse unabdingbar für die Generierung effizienter N-A-Modelle.

In früheren Arbeiten haben wir bereits die Modellierung von N-A-Prozessen mittels Fuzzy Logik erfolgreich demonstriert. Dabei hat sich gezeigt, dass eine geeignete Auswahl und Kombination von Zustandsgrößen in den Regelprämissen Voraussetzung für effiziente Modelle ist. Für die Auswahl ist entweder Expertenwissen oder eine Wissensextraktion aus vorliegenden Zeitreihen potenzieller Zustandsgrößen erforderlich. Ersteres liegt meistens nicht für jedes Einzugsgebiet vor und letzteres erfordert geeignete Methoden. Im Folgenden wird ein moderner Ansatz zur Wissensextraktion aus Zeitreihen und damit zur automatischen Auswahl von Zustandsgrößen vorgestellt, mit denen dann Fuzzy N-A-Modelle automatisch erzeugt werden können.

Fuzzy-Niederschlagabflussmodelle

In vorausgehenden Arbeiten haben wir Methoden für die Abflussmodellierung in größeren Flussgebieten als Fuzzy regelbasierte Systeme beschrieben und operationelle Vorhersagemodelle für den praktischen Einsatz entwickelt. In den Regelprämissen werden linguistisch Systemzustände (vage) beschrieben und in der Konklusion die wahre Abflussgröße berechnet (TSK-Fuzzy



System). Dieser Ansatz ist, was Aufwand und Umsetzung angeht, bisherigen konzeptionellen Ansätzen überlegen, da Abfluss bildende Prozesse teilweise verdeckt, nicht messbar, nichtlinear oder sehr komplex sind.

Ein solches Fuzzy N-A-Modell benutzt n Regeln der Form IF ... AND ... THEN (Abb. 1) In der Prämisse einer Regel R_i können bis zu m Zustandsvariable logisch verknüpft werden, um einen bestimmten Systemzustand zu beschreiben, z.B. IF $BF_1 = \text{wet}$ AND $Temp = \text{warm}$ (Abb. 1, Teil a). *wet* und *warm* sind Fuzzy Mengen über die Zustandsgrößen Bodenfeuchte BF_1 , bzw. Temperatur $Temp$ (Abb.1, Teil b). Die Auswertung der Regelprämisse liefert den Erfüllungsgrad μ_i der Regel R_i . Im Konklusionsteil der Regel wird der Abfluss Q_i unter diesem Systemzustand als lineare Funktion des Niederschlags der letzten Stunden (Zeitreihe N_t), der mit der Zeitreihe uh_t (unit

hydrograph) gefaltet wurde, berechnet (Abb.1 Teil c). Dieser Abflussanteil wird mit einem Faktor p_i skaliert und zum Basisabfluss Q_b addiert. Der resultierende Abfluss Q ist dann die über alle Regeln und deren Erfüllungsgrade μ_i gewichtete Summe der Abflüsse Q_i . (Abb. 1, Teil d)

Die Entwicklung einer Regelbasis $\{R_i\}$ für ein konkretes N-A-Modell erfordert die geeignete Auswahl der Zustandsgrößen und der zugehörigen Fuzzy Mengen (Strukturdefinition) und eine Festlegung der Funktionsparameter (Optimierung). Letzteres kann mit bekannten Optimierungsverfahren (z.B. LSQ) und historischen Zeitreihen rechnergestützt erfolgen. Für die Strukturdefinition ist Expertenwissen erforderlich. Im Folgenden wird ein Ansatz beschrieben, der dieses Wissen aus den vorliegenden Zeitreihen der Zustandsgrößen extrahiert und geeignet darstellt.

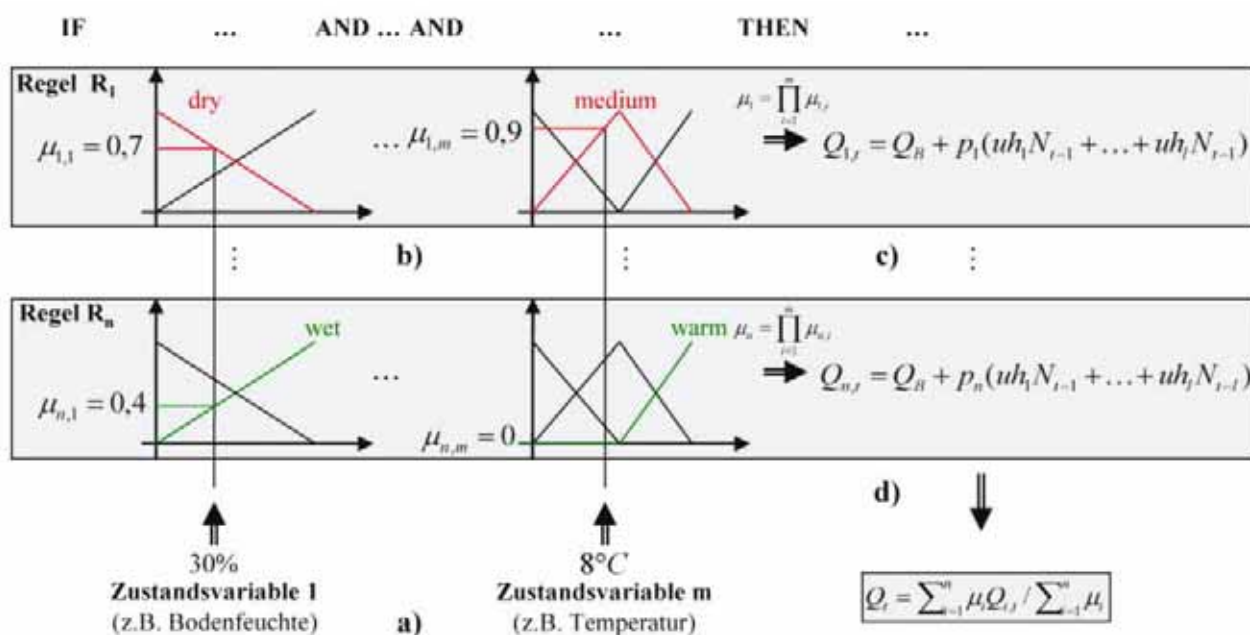
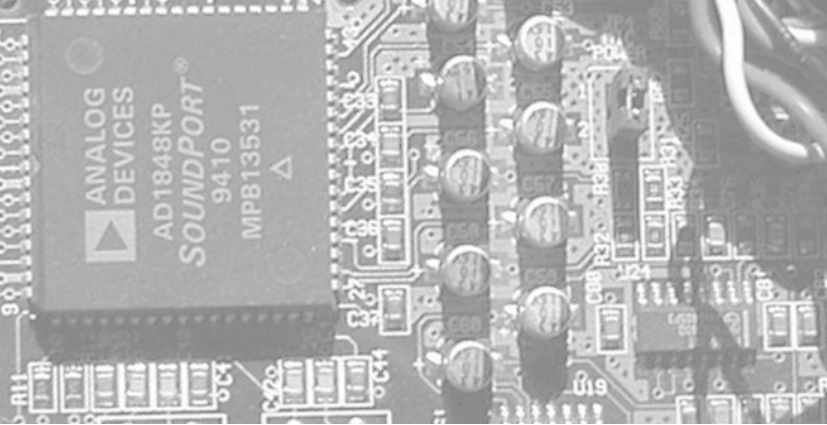


Abbildung 1: Struktur eines Fuzzy N-A-Modells (TSK-Typ)



Die Methode Time Series Knowledge Mining und ihre Anwendung

Mit Hilfe der Methode Time Series Knowledge Mining (TSKM) kann Wissen aus multivariaten Zeitreihen extrahiert und in Form von Mustern in einer Repräsentationssprache (Time Series Knowledge Representation – TSKR) präsentiert werden. Den einzelnen Mustertypen werden aus der Musik entlehene Namen gegeben, da diese das zugrundeliegende zeitliche Konzept veranschaulichen: Töne repräsentieren das zeitliche Konzept der Dauer; überlappende Töne bilden einen Akkord und eine Abfolge von Tönen ist ein Satz. Entsprechend dieser unterschiedlichen Sprachelemente besteht TSKM aus mehreren Schritten (Abbildung 2). Die Anwendung der Methode auf Daten aus einem 7 km² großen Einzugsgebiet im Nordschwarzwald wird im Folgenden beschrieben.

In der Vorverarbeitung werden systematische und zufällige Fehler wie Rauschen, Ausreißer oder Drift eliminiert. Bei den hydrologischen Daten stellte sich heraus, dass die einzelnen Zeitreihen deutlich unterschiedliche Charakteristika zeigen: So konnten beispielsweise Ausreißer in den Bodenfeuchtezeitreihen zuverlässig mittels der 2-sigma-Regel – ein Wert ist ein Ausreißer, wenn er um mehr als das zweifache der Standardabweichung vom Mittelwert abweicht – detektiert werden; die Anwendung der Methode auf Niederschlagsmessungen oder Pegelzeitreihen schlug jedoch fehl, da hier seltene extreme Messwerte durchaus auftreten können. Zudem sind die folgenden Schritte des TSKM auch tolerant gegenüber Rauschen oder Ausreißern, sodass auf eine weitere Vorverarbeitung verzichtet werden konnte.

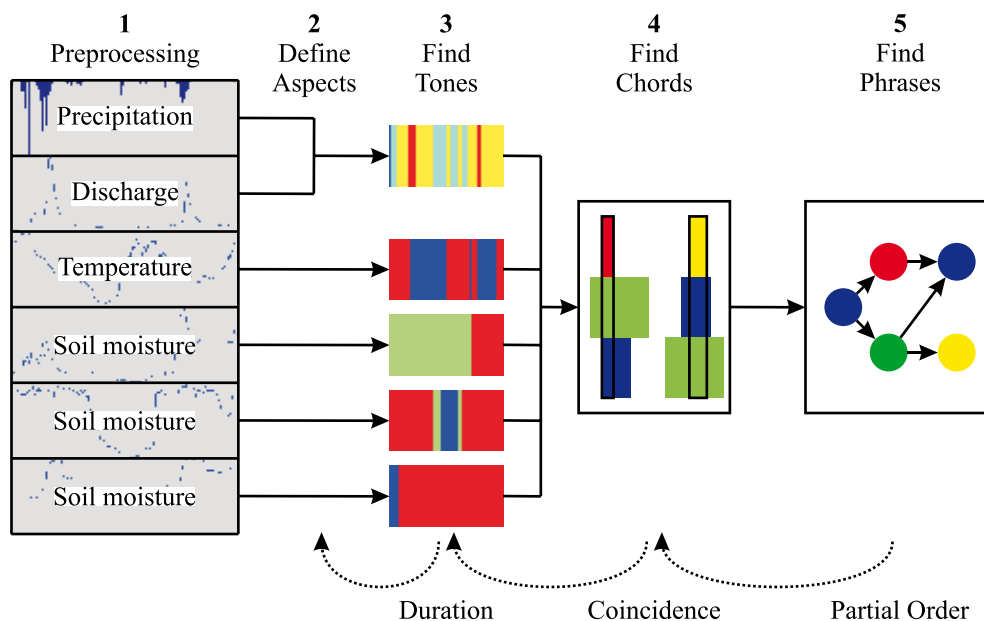


Abbildung 2: Die fünf Schritte des Time Series Knowledge Mining



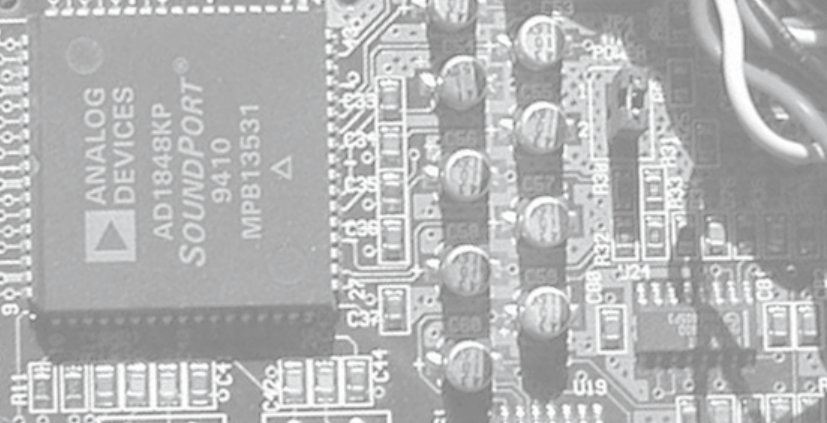
Im 2. Schritt des TSKM werden Aspekte definiert. Ziel ist, die Komplexität zu reduzieren, indem Zeitreihen sinnvoll gruppiert werden. Auch können neue Zeitreihen aus bereits vorhandenen abgeleitet werden. Im Falle des Testeinzugsgebietes bedeutet dies, dass z. B. die beiden Temperatur- und Niederschlagszeitreihen jeweils durch einfache Mittelwertbildung zusammengefasst werden konnten, da die Messstationen räumlich eng beieinander liegen und die Zeitreihen sich so sehr stark ähneln. Die Anzahl der Bodenfeuchtemessungen – hier liegen 18 Zeitreihen vor – wurde manuell durch einen Experten auf vier jeweils für ihren Standort repräsentative Zeitreihen reduziert. Da auch in der Niederschlagszeitreihe eine Menge Information enthalten ist, diese Zeitreihe sich jedoch in ihrer Charakteristik deutlich von den anderen unterscheidet, wurden aus der Niederschlagszeitreihe weitere Aspekte abgeleitet, indem die Zeitreihe über unterschiedlich große Zeiträume aggregiert wurde. Der Idee beruht auf der Tatsache, dass Niederschlagsmessungen in Stundensummen noch äußerst wechselhaft erscheinen mögen – in der einen Stunde regnet es viel, in der nächsten möglicherweise wenig, dann wieder viel –, die Summe über einen gewissen Zeitraum hinweg aber deutlich mit dem Abfluss korreliert. Wie groß dieses Zeitfenster ist, kann jedoch nicht allgemeingültig bestimmt werden und es wurde in den weiteren Zeitschritten TSKM überlassen, aus den verschiedenen angebotenen Zeitfenstern das passende auszuwählen. Neben diesen Aspekten wurde der Modellansatz verwendet, um eine weitere Zeitreihe abzuleiten. Der Modellansatz besagt, dass der Abfluss eine Summe aus einem Basisabfluss und einem Anteil des Niederschlags der letzten Stunden ist. Dies kann so umgeformt werden, dass der Anteil des Niederschlags abgeschätzt

werden kann, und diese Zeitreihe wurde dann als Aspekt Abflussbereitschaft verwendet.

Der 3. Schritt des TSKM ist die Suche nach Tönen. Ein Ton ist ein persistenter Zustand innerhalb der Zeitreihe. Wie ein konkreter Ton definiert wird – beispielsweise Bodenfeuchte ist hoch oder Pegel ist niedrig –, wird durch eine charakteristische Funktion definiert. Im Falle der Testdaten wurden ausschließlich wertebasierte Funktionen verwendet, deren Schwellwerte im Falle der Bodenfeuchte zudem automatisch ermittelt wurden. Die numerische Zeitreihe – eine Folge von Messwerten – wird so in eine symbolische Zeitreihe – eine Folge von Tönen – transformiert. Die Entscheidung, wertebasierte charakteristische Funktionen zu verwenden, liegt darin begründet, dass auch in der Prämisse des Fuzzy-Systems der Zugehörigkeitsgrad zu Fuzzy-Mengen wertebasiert bestimmt wird. Das zugrundeliegende Konzept, die Zugehörigkeit zu einem (unscharfen) Zustand zu bestimmen, ist also bei TSKM und Fuzzy-Systemen ähnlich. Der Algorithmus, der die Abfolge von Tönen ermittelt, kann darüber hinaus beeinflusst werden, sodass er tolerant ist gegenüber kurzen Störungen oder kleinen Lücken.

Im vorletzten Schritt von TSKM werden Akkorde gesucht: das gleichzeitige Auftreten von mehreren Tönen. Auch hier ist der Algorithmus variabel und kann so eingestellt werden, dass kleine Unterschiede im zeitlichen Auftreten – wenn etwa der Ton 'Bodenfeuchte ist hoch' bereits eine Stunde vor dem Ton 'Abfluss ist hoch' eintritt – toleriert werden.

Der letzte Schritt beinhaltet das Suchen nach Sätzen, der Abfolge von mehreren Akkorden. Hier konnte die Abfolge von bestimmten Prozessen



nachgebildet werden. Beispielsweise folgt der Akkord mögliche Schneeschmelze – Temperatur ist hoch, Niederschlag ist niedrig, Pegel ist hoch – nach dem Akkord möglicher Schneefall, der die Töne Niederschlag ist mittel, Temperatur ist niedrig, Pegel ist niedrig beinhaltet. Für die Modellbildung sind insbesondere die Akkorde wertvoll, da das zugrundeliegende Konzept der Auswertung einer Regelprämisse des Fuzzy-Modells entspricht: Auch hier wird der Wert mehrerer Zeitreihen zu einem bestimmten Zeitpunkt verwendet, um festzustellen, in welchem Zustand sich das System befindet. Die Akkorde sind also hilfreich, da sie zeigen, welche Zustände auftreten und welche Zeitreihen dabei welche Werte anzeigen. Die riesige Menge von Akkorden – bei den Testdaten waren es mehrere Tausend – wird dazu zunächst auf die Akkorde reduziert, die seltene und extreme Zustände anzeigen. Nun wird geprüft, welche Töne hier enthalten sind, also welche Zeitreihen Indikatoren für extreme Zustände sind. Anschließend kann erneut die ganze Menge von Akkorden inspiziert werden, um zu prüfen, ob die potentiellen Indikatoren ein einheitliches Bild zeigen: niedrige Töne beim Indikator treten gleichzeitig mit niedrigen Tönen beim Systemzustand auf – hohe Töne treten mit hohen Tönen auf. Die so gefundenen Zeitreihen wurden dann im weiteren Verlauf als Zustandsgrößen im Fuzzy-Modell verwendet.

Ergebnisse und Ausblick

Insgesamt wurden 15 Aspekte betrachtet. Daraus resultieren 32.767 unterschiedliche Kombinationen von möglichen Zustandsgrößen. Mittels TSKM konnten aus dieser Menge zwei Bodenfeuchtezeitreihen als taugliche Zustandsgrößen identifiziert werden. Die Effizienz der Modelle, die unter Verwendung dieser Größen generiert wurden, war deutlich höher als die Effizienz

vorheriger Modelle, die unter Verwendung von Expertenwissen erstellt wurden – dieses Expertenwissen wurde aber im Verlauf mehrerer Jahre Arbeit mit diesem Einzugsgebiet erworben!

Die gefundenen Muster waren hilfreich, um Wissen aus den zahlreichen zur Verfügung stehenden Zeitreihen zu extrahieren und ihre Interpretation erlaubte selbst Experten einen weiteren Einblick in das Gesamtsystem. Zudem ist die Zeit, die zur Gewinnung dieses Wissens notwendig war, deutlich niedriger als die mühevoll manuelle Suche.

Es ist nicht garantiert, dass die mittels TSKM gefundenen Zustandsgrößen optimal sind, die gefundenen Muster geben lediglich indirekte Hinweise, die interpretiert werden müssen. Die so generierten Modelle sind also nicht notwendigerweise die bestmöglichen, aber sie sind effizienter als alle zuvor erstellten Modelle – auch effizienter als die unter Verwendung von Expertenwissen erstellten.

Weitere Informationen...

... zu diesem und anderen Themen können auf den Webseiten des Instituts für Innovative Informatik-Anwendungen – i3A – abgerufen werden.

Kontakt:

Prof. Dr. Peter Gemmar
Fachbereich Informatik
p.gemmar@fh-trier.de
www.i3a.fh-trier.de



Strömungen in Radseitenräumen von Turbomaschinen

Björn Will
Tobias Ecker
Prof. Dr. Christof Simon

Einleitung

Strömungen in Spalträumen treten konstruktionsbedingt in nahezu allen Strömungsmaschinen auf. Exemplarisch ist auf der linken Seite in Abbildung 1 der Meridianschnitt einer Kreiselpumpe dargestellt, auf der die Kavitäten auf Deck- und Radscheibenseite deutlich erkennbar sind. Prinzipiell handelt es sich hierbei um einen Axialspalt zwischen einer ruhenden und einer rotierenden Wand, einer sogenannten Rotor-Stator Kavität. Die Strömungsverhältnisse in diesen Bereichen haben einen vielfältigen Einfluss auf das Betriebsverhalten. Die auftretenden Verluste begrenzen die erreichbaren Wirkungsgrade und somit die Effizienz der Maschine.

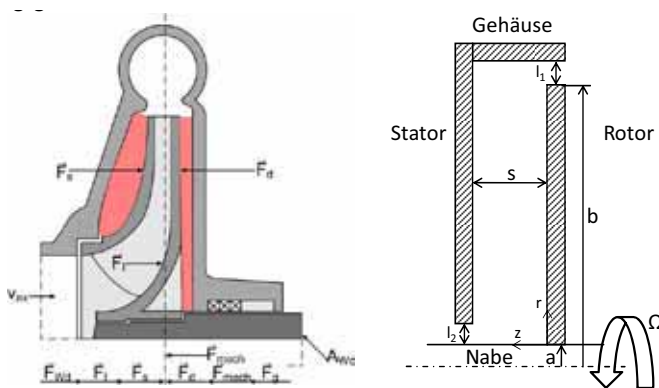


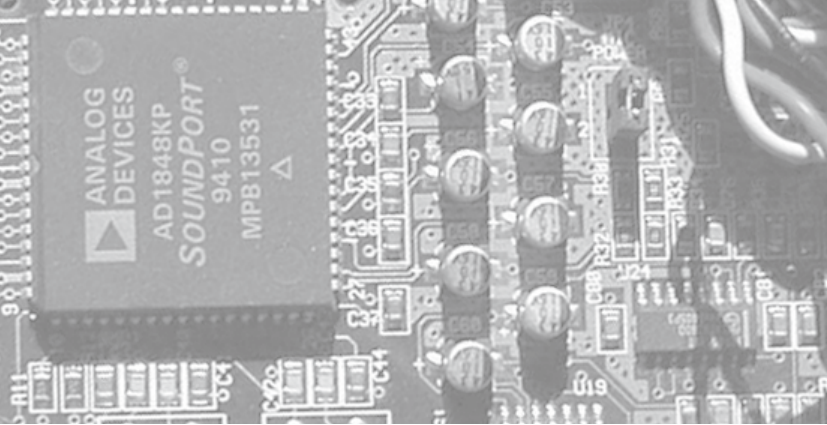
Abbildung 1: Meridianschnitt einer Kreiselpumpe mit den wirkenden Kräften (links) und idealisiertes Rotor-Stator Kavitätenmodell (rechts)

In Kreiselpumpen sind dies insbesondere die Radreibungsverluste und die hydraulischen Verluste in Folge von Leakageströmungen in den Radseitenräumen. Zusätzlich zu dem leistungsmindernden Einfluss tritt ein weiterer wichtiger

Aspekt auf, der als Axialschub bezeichnet wird. Hierunter versteht man die Resultierende aller in axialer Richtung auf das Laufrad wirkenden Kräfte (Abbildung 1):

- Saug- und druckseitige (statische) Druckkräfte
- (dynamische) Impulskräfte in Folge der Umlenkung des Fluids
- Resultierende Druckkraft aufgrund statischer Drücke vor und hinter der Wellendichtung
- Sonstige Kräfte, z.B. der Gewichtskraft bei nicht horizontaler Anordnung oder mechanischer Kräfte durch den Antrieb

Die betragsmäßig größten Kräfte sind die Druckkräfte auf der Deck- und Radscheibenseite, die sich wiederum aus der radialen statischen Druckverteilung ergeben. Die resultierende Axialkraft muss in der Regel von einem Lager aufgenommen werden, das entsprechend der zu erwartenden Belastungen auszulegen ist. Demzufolge wird auch der mechanische Verlust des Lagers durch den Axialschub mitbestimmt. Ist das Lager unterdimensioniert, so kann es zu Lagerschäden und zur Zerstörung der Maschine kommen, bei einer Überdimensionierung treten unnötig große Reibverluste auf, die sich negativ im resultierenden Gesamtwirkungsgrad widerspiegeln. Eine möglichst genaue und zuverlässige Bestimmung des Axialschubs ist demzufolge von enormer Bedeutung. Bei mehrstufigen Anlagen kann es unter ungünstigen Betriebszuständen zu einem Vorzeichenwechsel der Axialkraft kommen (Schubumkehr), was ohne entsprechende Vorrichtungen zur Zerstörung der Maschine führen kann. Um die resultierenden Kräfte auf das Laufrad jedoch berechnen zu können müssen die Strömungs- bzw. Druckverhältnisse in den Kavitäten bekannt sein.



Strömungsstruktur

Abbildung 1 (rechts) zeigt eine idealisierte Modellgeometrie bestehend aus Nabe mit Rotor-scheibe, Stator, radialer Gehäusewand und den entsprechenden geometrischen Größen. Um eine leichtere Beschreibung zu ermöglichen empfiehlt es sich, ein Zylinderkoordinatensystem zu verwenden, wobei die axiale Koordinate auf der Rotoroberfläche null ist und die Winkelkoordinate in Umfangsrichtung zeigt.

In Folge der Reibung wird das Fluid in der Kavität in Rotation gesetzt. Die Haftbedingung erfordert, dass das Fluid an der Rotoroberfläche mit der Umfangsgeschwindigkeit der Wand rotiert, während am Stator die Geschwindigkeit null beträgt. In Abhängigkeit der axialen Spaltbreite können sich prinzipiell zwei Strömungsformen einstellen. Meist ist der axiale Spaltabstand groß genug, so dass sich zwei getrennte Grenzschichten an Rotor und Stator ausbilden, dazwischen existiert ein nahezu reibungsfreier Kernbereich (Abbildung 2 links). Zwischen der Statorgrenzschicht und dem Kernbereich bildet sich eine Zwischenschicht aus,

in der das Fluid, entgegen der Richtung in der statorseitigen Grenzschicht, nach außen strömt.

Da die Hauptgeschwindigkeitskomponente in Umfangsrichtung vorliegt, kommt es zu einem radialen Druckgradienten, mit dem Maximalwert des Druckes am äußeren Radius. Im Kernbereich kann man oftmals vom Gleichgewicht zwischen Druck- und Fliehkräften ausgehen. Da die Umfangsgeschwindigkeit aber in der Statorgrenzschicht bis auf null verzögert wird, kommt es zu einer radial einwärts gerichteten Strömung in Folge der dominanten Druckkräfte. In der Rotor-grenzschicht sind die Zentrifugalkräfte größer als die Druckkräfte, so dass die Strömung radial nach außen gerichtet ist.

Eine Analyse der Bewegungsgleichungen liefert als Grenzcurve für die radiale Kernrotationsverteilung im Fall einer reibungsfreien Strömung die Potentialwirbelverteilung ($v_\phi \cdot r = \text{constant}$). Die Strömung in der Kavität wird durch eine Vielzahl von dimensionslosen Kenngrößen charakterisiert [10]:

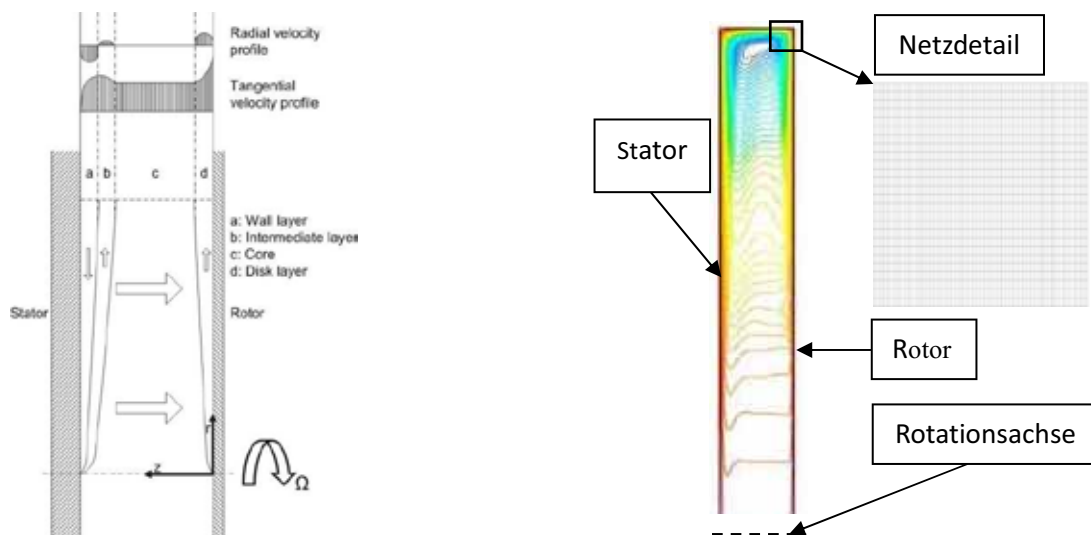


Abbildung 2: Grenzschichtstruktur und numerisches Modell (Stromfunktion [kg/s]) einer geschlossenen Rotor-Stator Kavität (261.000 Quad Zellen)



Umfangsreynoldszahl	$Re = \Omega b^2 / \nu$	Dimensionslose Spaltbreite	$G = s/b$
Lokale Reynoldszahl	$Re = \Omega r^2 / \nu$	Dimensionslose Durchflusszahl	$\varphi_{Sp} = Q / \pi \cdot \Omega \cdot b^3$
Kernrotationskoeffizient	$\beta = \omega / \Omega$	Eintrittsrotationsfaktor	$\beta_e = v_{\varphi e} / \Omega \cdot b$

Der elementare Parameter bei diesen Problemstellungen ist die Rotationsgeschwindigkeit des Fluids im Kernbereich, ausgedrückt durch den Kernrotationskoeffizienten, dessen radiale Verteilung den Druckverlauf und das Reibmoment bestimmt. Analytische Auslegungsverfahren konzentrieren sich demnach auf die Bestimmung dieses Parameters. Dies wird jedoch durch eine Vielzahl an Umständen erschwert, beispielsweise durch Transition von laminarer zu turbulenter Strömung, komplexe Geometrie oder Interaktion mit der Hauptströmung.

Um den Einfluss der verschiedenen Parameter zu untersuchen und um verschiedene analytische Berechnungsverfahren zu validieren, wurde eine Studie unter Verwendung experimenteller Messwerte durchgeführt [11]. Hierbei wurde die radiale Entwicklung des Kernrotationskoeffizienten

mit Hilfe unterschiedlicher mathematischer Modelle berechnet und mit experimentell ermittelten Werten verglichen. Exemplarisch zeigt Abbildung 3 zwei Vergleiche für einen moderaten Eintrittsdrall des in die Kavität eintretenden Leckagevolumenstroms und zwei verschiedene Parameterkombinationen von Umfangsreynoldszahl und Durchflusszahl. Die gerechneten und gemessenen Kurven zeigen eine gute Übereinstimmung, wobei im Falle des größeren Durchflusses das Modell nach [4] die besten Ergebnisse liefert. Aus den Diagrammen lässt sich ebenfalls entnehmen, dass der Einfluss des eintretenden Drehimpulses weitaus stärker ist als der Einfluss der Umfangsreynoldszahl. Eine erweiterte Modellvariante [11] bietet für diesen Fall eine Verbesserung gegenüber der ursprünglichen Form nach [6].

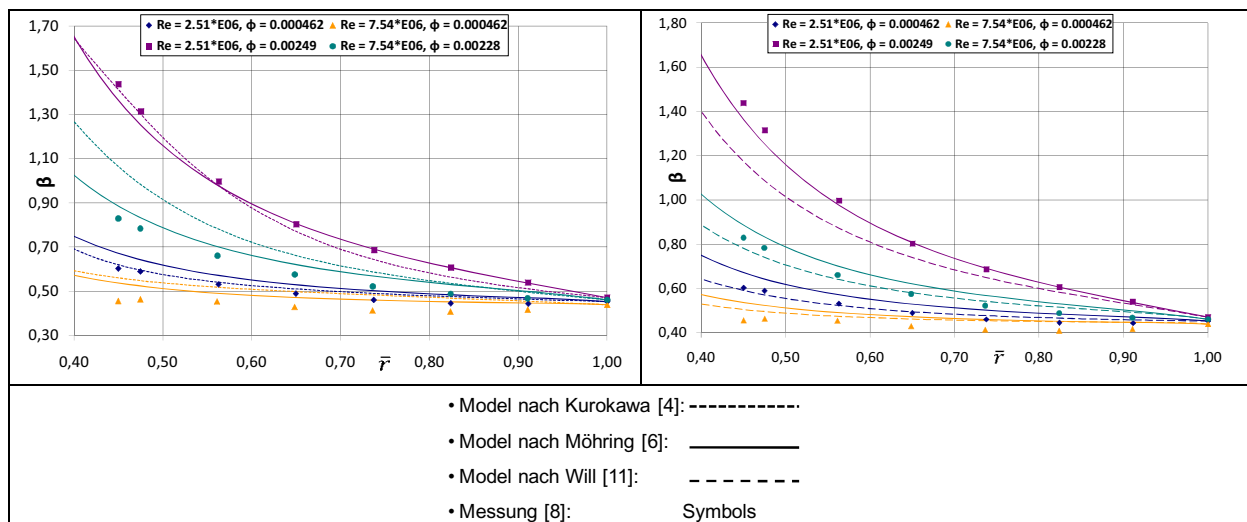
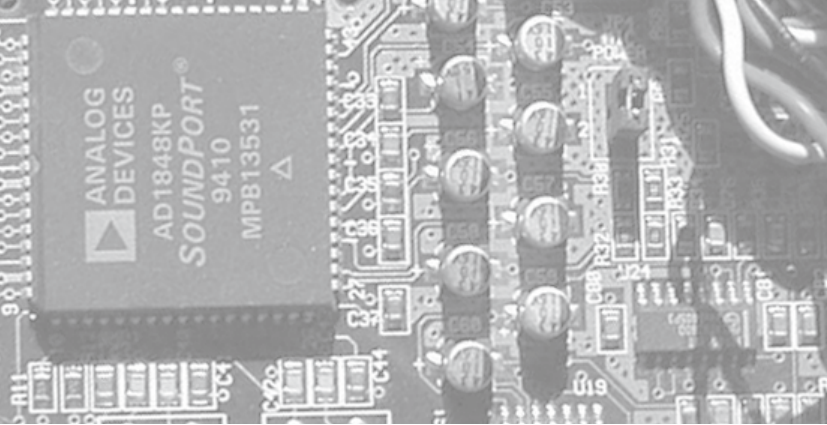


Abbildung 3: Vergleich zwischen analytisch errechneten und gemessenen Werten der Kernrotationsverteilung



Numerische Simulation

Abbildung 4 zeigt einen Vergleich von numerisch, unter Einsatz von CFD (Computational Fluid Dynamics), ermittelten und gemessenen Geschwindigkeitsprofilen über der axialen Spaltbreite für die tangentielle und radiale Geschwindigkeitskomponenten mit zwei verschiedenen Turbulenzmodellen, für vier radiale Positionen. In diesem Beispiel wurde das klassische Realizable $k-\epsilon$ Modell mit dem neuen Transitions $k-\omega$ SST Modell nach [5] verglichen.

zwischen Kernbereich und Statorgrenzschicht ist ebenfalls ersichtlich.

Auffällig ist die starke Änderung der Tangentialgeschwindigkeit von $\beta \approx 0,31$ bei $r/b=0,4$ auf $\beta \approx 0,42$ bei $r/b=0,6$. Die Zunahme lässt auf den bereits erwähnten Umschlag von laminarer zu turbulenter Strömung schließen. Aufgrund des turbulenten Querimpulsaustauschs ist die Kernrotation bei turbulenter Strömung deutlich größer als bei laminarer. Klassische wirbelviskositätsbasierte Turbulenzmodelle wie das Realizable

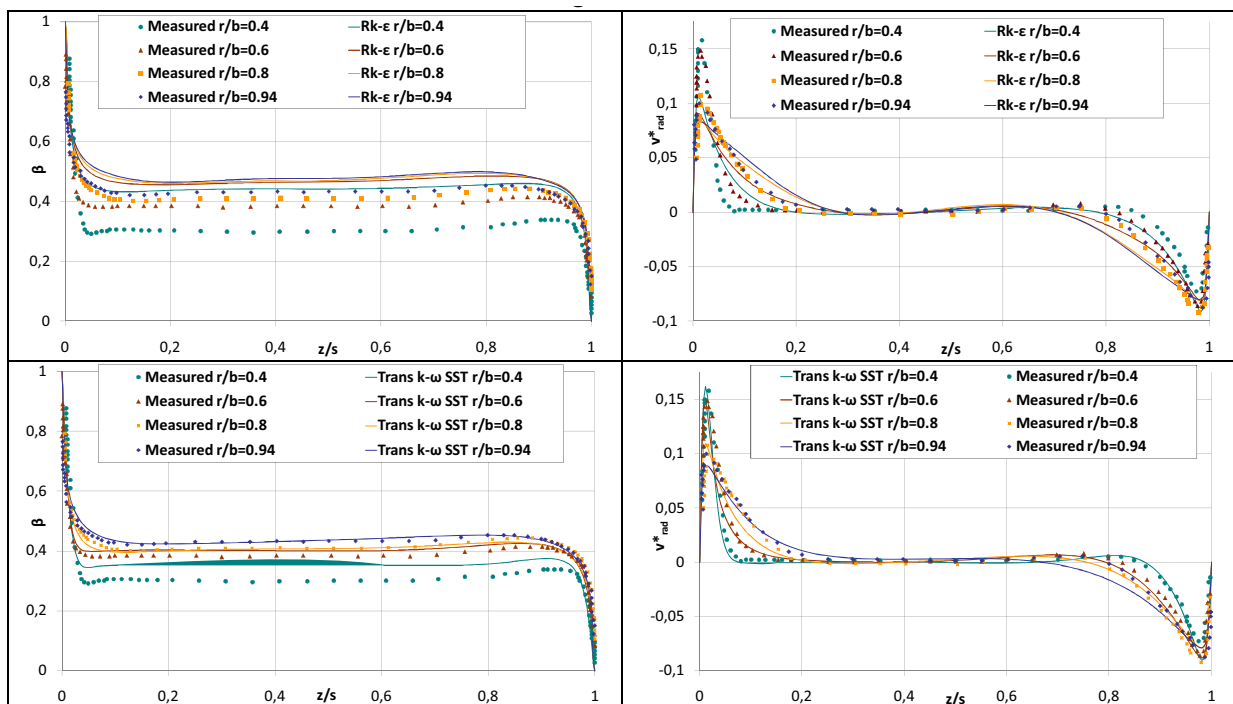


Abbildung 4: Vergleich von numerisch ermittelten Geschwindigkeitsprofilen mit gemessenen Daten (Itoh et al.[3])

Die Profile lassen die charakteristische Strömungsstruktur erkennen: Ein ausgeprägter Kernbereich mit einer axial nahezu konstanten Tangentialgeschwindigkeit bei verschwindender Radialkomponente und einer Grenzschicht sowohl auf Rotor- (Ekman-Schicht) als auch auf Statorseite (Bödewald-Schicht). Die Zwischenschicht

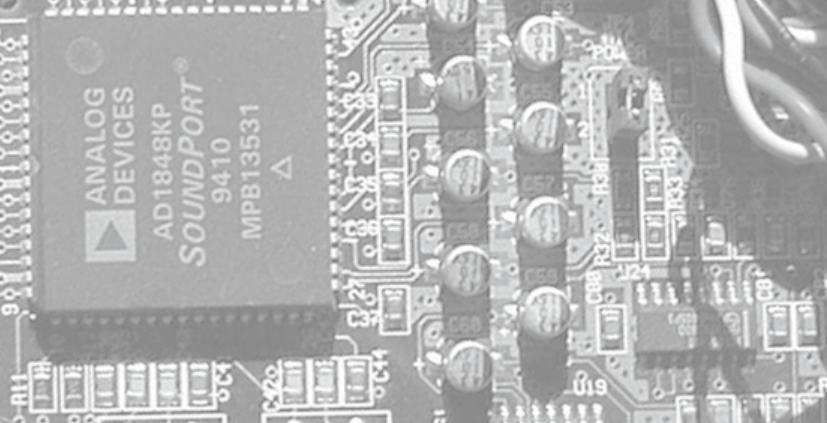
$k-\epsilon$ Modell sind nicht in der Lage, einen solchen Vorgang korrekt nachzubilden. Sie gelten nur für rein turbulente Strömungen ohne Transition. Der Transitionsprozess lässt sich auch an der Grenzschichtcharakteristik erkennen. Die radiale Geschwindigkeit besitzt bei $r/b=0,4$ einen steilen Anstieg aufgrund der dünneren laminaren



Grenzschicht. Da die turbulente Grenzschichtdicke bei größeren Radien deutlich dicker ist, fällt auch das Geschwindigkeitsmaximum aufgrund der Kontinuitätsgleichung deutlich geringer aus. Die Übereinstimmung des $Rk-\epsilon$ Modells mit den Messwerten ist auf der Statorseite generell besser als auf der Rotorseite. Dies hängt mit der prinzipiell unterschiedlichen Charakteristik der beiden Grenzschichten zusammen [1,3]. Die Strömung entlang der Statorgrenzschicht ist in der Regel immer turbulent und wird somit durch das Turbulenzmodell korrekt erfasst, während an der rotorseitigen Grenzschicht Transition auftritt. Dies lässt sich durch die Umlenkung der Strömung an dem radialen Gehäuse begründen, die Instabilitäten und damit eine turbulente Strömung entlang des Stators begünstigt. Die Ergebnisse für das Transitionsturbulenzmodell zeigen eine deutliche Verbesserung der Ergebnisse sowohl für die tangentialen, als auch für die radiale Geschwindigkeitskomponente. Auch die Absenkung der Kernrotationsgeschwindigkeit wird zufriedenstellend wiedergegeben. Dies ist insofern interessant, als das das Turbulenzmodell ursprünglich keine Transition in Folge sog. „Cross-Flow“-Instabilitäten berücksichtigt. Effekte wie das Anwachsen einer Scherschicht, das Verschieben der Schubspannung im Grenzschichtprofil hin zum äußeren Grenzschichtbereich oder ähnliche Effekte können dazu führen, dass das Modell trotzdem gute Ergebnisse liefert. Allerdings ist der numerische Aufwand deutlich höher, da im Gegensatz zum Zweigleichungsmodell noch zusätzlich zwei Differentialgleichungen zur Berechnung der Transition in jedem Iterationsschritt gelöst werden müssen. Die Anforderungen an die Netzdicke im Wandbereich sind ebenfalls sehr hoch, da der dimensionslose Wandabstand in der Größenordnung eins liegen sollte.

Auszug Literatur:

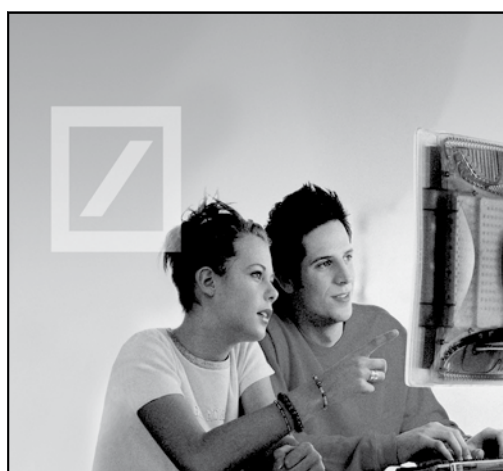
- [1] Cheah, S.C., Iacovides, H., Jackson, D.C., Ji, H., Launder, B.E., 1995, Experimental Investigation of Enclosed Rotor-Stator Disk Flows, *Experimental Thermal and Fluid Sciences*, 9, 445-455.
- [2] Daily, J.W., Nece, R.E., 1960, Chamber dimension effects on induced flow and frictional resistance of enclosed rotating disks, *J. of Basic Eng.*, 82, 217-232.
- [3] Itoh, M., Yamada, Y., Imao, S., Gonda, M., 1990, Experimental on turbulent flow due an enclosed rotating disk, *Engineering turbulence Modeling and Experiments*, Ed. by W. Rodi and E.N. Garic, Elsevier, 659-668.
- [4] Kurokawa, J., Sakuma, M., 1988, Flow in a Narrow gap along an Enclosed Rotating Disk with Through-Flow, *JSME International Journal, Series II, Vol. 31, No.2*, p. 243-251.
- [5] Menter, F.R., Langtry, R., Völker, S., Transition Modeling for General Purpose CFD Codes, *Flow Turbulence Combust* 77: 277–303, 2006.
- [6] Möhring, U.K., 1976, Untersuchung des radialen Druckverlaufes und des übertragenen Drehmomentes im Radseitenraum von Kreiselpumpen bei glatter, ebener Radseitenwand und bei Anwendung von Rückenschaufeln, Dissertation, TU Braunschweig.
- [7] Owen, J.M., Rogers, R.H., 1989, Flow and Heat Transfer in Rotating-Disc Systems, Volume 1: Rotor-Stator Systems, Research Study Press.
- [8] Schubert, F., 1988, Untersuchungen der Druck- und Geschwindigkeitsverteilung in Radseitenräumen radialer Strömungsmaschinen, Dissertation, TU Braunschweig.



- [9] Senoo, Y., Hayami, H., 1976, An Analysis on the Flow in a Casing induced by Rotating Disc using a Four-Layer Flow Model, Transactions of the ASME, Journal of Fluids Engineering, 192-198.
- [10] Will, B.C., Benra, F.K., 2008, The Rise of Complexity in Describing Fluid Flow in Rotating Cavities, Proceedings of FEDSM2008, ASME Fluids Engineering Conference, FEDSM2008-55341, Jacksonville, Florida USA.
- [11] Will, B.C., Benra, F.K., 2009, Investigation of the Fluid Flow in Rotor-Stator Cavity with Inward Through-Flow, Proceedings of FEDSM2009, ASME Fluids Engineering Conference, FEDSM2009-78503, Vail, Colorado USA.

Kontakt:

Prof. Dr. Christof Simon
Fachbereich Technik
simon@fh-trier.de



Das Konto nur für dich:*
kostenlos und bringt dir Zinsen wie ein Sparkonto

Du kannst...

- Geld am Geldautomaten abheben
- bargeldlos per electronic cash bezahlen
- Geld per Online-Banking überweisen

Interessiert?

Sprich mit uns:

Investment & FinanzCenter Trier
Hosenstr. 20, 54290 Trier
Telefon (0651) 467-228 Julia Juchems
Telefon (0651) 467-315 Jennifer Bauer

Leistung aus Leidenschaft.

* Für Schüler, Auszubildende, Studenten, Grundwehr- und Zivildienstleistende.



CFD-Modellierung von Zweiphasigen Freistrahlen und koaxialen Freistrahlen

Tobias Ecker
Björn Will
Prof. Dr. Christof Simon

Einleitung

Freistrahlen und zerstäubte Freistrahlen sind wichtige Anwendungen in technischen Prozessen. Besonders bei zwei- oder mehrphasigen Freistrahlen, bei denen unterschiedliche Gase, Flüssigkeiten oder auch Partikel aufeinandertreffen, erschweren komplexe physikalische Phänomene die Anwendung von strömungsmechanischen Simulationsverfahren. Anwendungsgebiete sind unter anderem die Kraftstoff Direkteinspritzung in den Brennraum von Verbrennungsmaschinen, bei der ein möglichst fein zerstäubter Strahl aus Kraftstofftropfen essentiell für die Frischgemisch Aufbereitung ist. Aber auch bei Reinigungs-, Misch- oder Kühlapplikationen im industriellen Einsatz oder im Hausgebrauch spielen die speziellen physikalischen Eigenschaften eines zweiphasigen Freistrahls eine große Rolle.

Wichtig ist die Unterscheidung in Freistrahlen mit intaktem Flüssigkeitsstrahl oder zerstäubten Freistrahlen, auch Sprays genannt welche zum

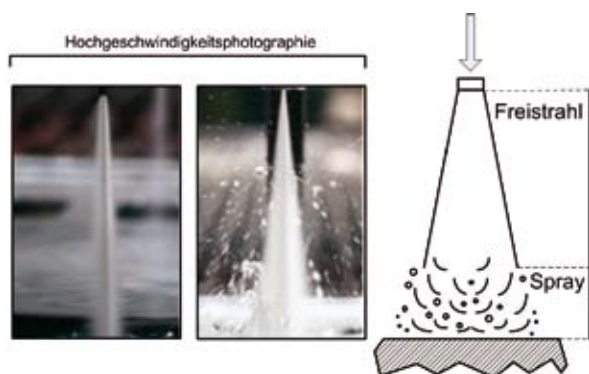


Abb. 1 – Unterschied Freistrahler - Spray

Großteil aus kleinen Flüssigkeitstropfen bestehen und sich aus dem Aufbrechen eines intakten Freistrahls entwickeln.

Nomenklatur

- J : Impuls in Strömungsrichtung
- u, v, w : Geschwindigkeitskomponenten in z (axiale), r (radiale), ϕ (Umfangs) Richtung
- r, z : Radiale und axiale Koordinate
- ψ : Stromfunktion
- ρ : Dichte
- p : Druck
- γ : kinematische Viskosität
- η : Dimensionslose radiale Koordinate
- ξ : Dimensionslose radiale Koordinate
- f : Dimensionslose Stromfunktion

Der Laminare und Turbulente Freistrahler

Die theoretische Beschreibung für einen laminaren Freistrahler basiert auf den Erkenntnissen der Grenzschichttheorie, welche 1904 von Ludwig Prandtl begründet wurde. Obwohl eine analytische Lösung auf den Großteil der industriellen Anwendungen von Freistrahlen nicht anwendbar ist, bildet sie die Basis für das grundlegende Verständnis.

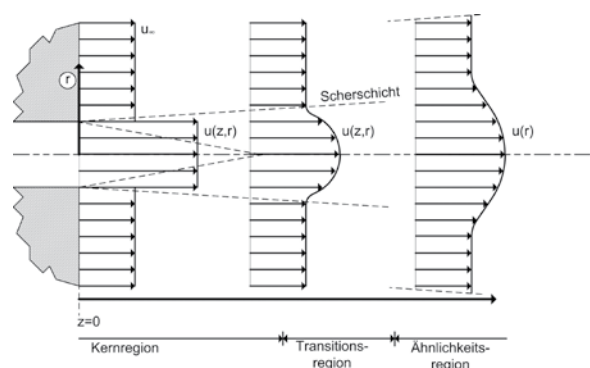
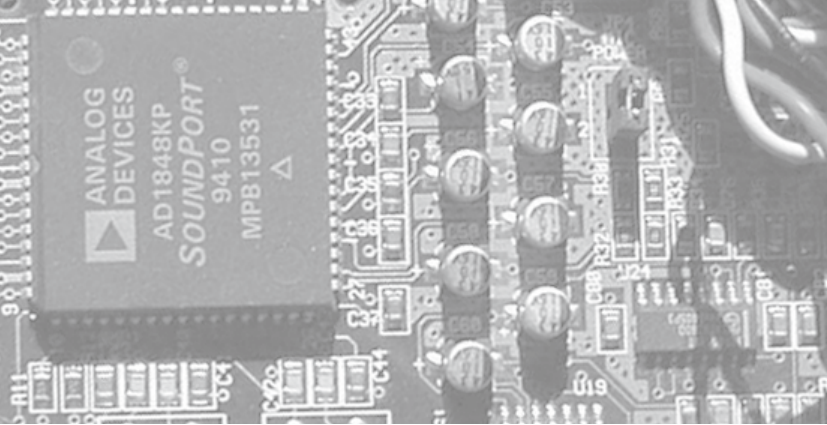


Abb. 2 – Strömungsbereiche Freistrahler



Für Strömungen im laminaren Bereich kann man in der ersten Näherung davon ausgehen, dass der Impuls in Strömungsrichtung verlustfrei und daher als konstant anzusehen ist.

$$J = 2\pi\rho \int_{-\infty}^{+\infty} u^2 r dr = \text{constant}$$

Wie in Abbildung 2 zu sehen, verlässt das Fluid die Düse in eine ruhende Umgebung. Die Navier-Stokes Gleichungen für einen zweidimensionalen, achsensymmetrischen, laminaren, newtonschen, stationären und inkompressiblen Freistrahlauten:

$$\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$u \frac{\partial u}{\partial r} + w \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{v^2}{r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{u}{r} \right) + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial r} + w \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{uv}{r} = \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{v}{r} \right) + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right)$$

$$u \frac{\partial w}{\partial r} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial w}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right)$$

Vereinfacht man diese Terme mit Hilfe einer Größenabschätzung ergibt sich ein Ausdruck ähnlich der Grenzschichtgleichungen für die ebene Platte. Analog zur Grenzschicht existieren auch in der Scherschicht eines Freistrahles die größten Geschwindigkeitsgradienten normal zur Strömungsrichtung. (vgl. Abb. 2)

$$\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$u \frac{\partial w}{\partial r} + w \frac{\partial w}{\partial z} = \nu \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial w}{\partial r} \right)$$

Die radiale Koordinate sowie die Stromfunktion ψ werden wie folgt dimensionslos gemacht:

$$\eta = \frac{r}{z}; \quad f(\eta) = \frac{\psi}{\nu z}$$

Unter Zuhilfenahme der dimensionslosen Stromfunktion kann aus der Formel für die Impulserhaltung eine partielle Differentialgleichung 3. Ordnung abgeleitet werden..

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial \psi}{\partial r} \frac{\partial^2 \psi}{\partial r \partial z} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} \frac{\partial \psi}{\partial z} + \frac{1}{r^3} \frac{\partial \psi}{\partial r} \frac{\partial \psi}{\partial z} =$$

$$\nu \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) \right]$$

Anhand von Messdaten für den laminaren Strömungsbereich wird ersichtlich, dass ab einer gewissen axialen Distanz von der Düse die dimensionslosen Geschwindigkeitsprofile nur noch von einem Skalierungsfaktor abhängig sind. Somit lässt sich die partielle Differentialgleichung in eine gewöhnliche Differentialgleichung überführen und numerisch oder analytisch lösen. Die Differentialgleichung für den Freistrahla ergibt sich so zu:

$$\frac{ff'}{\eta^2} - \frac{f'^2}{\eta} - \frac{ff''}{\eta} = \frac{d}{d\eta} \left(f'' - \frac{f'}{\eta} \right)$$

Schlichting [4] löste diese Gleichung analytisch und erhielt folgende Ausdrücke für Geschwindigkeiten des Freistrahls in die x- und y-Richtung:

$$u = 0.4543 \cdot \left(\frac{J^2}{\nu x \rho^2} \right)^{1/3} (1 - \tanh^2 \xi)$$

$$v = 0.5503 \cdot \left(\frac{Jv}{x\rho} \right)^{1/3} [2\xi(1 - \tanh^2 \xi) - \tanh \xi]$$



Zur Vereinfachung der Integration wird die dimensionslose Koordinate η durch eine neue dimensionslose radiale Koordinate ξ ersetzt.

$$\xi = 0.2752 \left(\frac{J}{v^2 \rho} \right)^{1/3} \frac{y}{x^{2/3}}$$

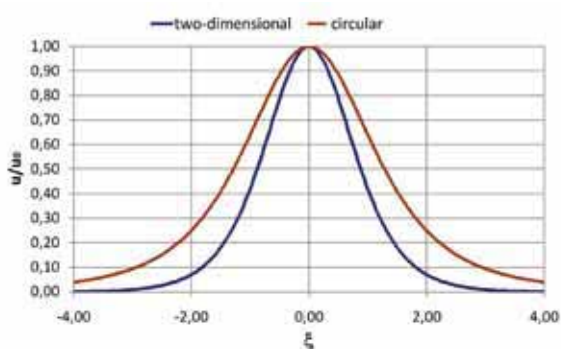


Abb.3 – Vergleich 2-d „Schlitz“ und 2-d achsensym. Freistrah

Für den turbulenten Fall wie er bei den meisten technischen Applikationen anzutreffen ist, ist die Strömung durch Wirbelbildung und Zerfall geprägt und kann daher nicht mehr analytisch beschrieben werden. Zur praktischen Berechnung solcher Problemstellungen wird deshalb auf die numerische Strömungssimulation zurückgegriffen, bei der die Auswirkungen der Turbulenz häufig durch entsprechende Turbulenzmodelle berücksichtigt werden.

Berechnungsnetz

Das verwendete Berechnungsnetz (Abb. 4) besitzt 90.000 Quad-Zellen und orientiert sich an dem Versuchsaufbau von Mayer [2,3]. Die axiale Erstreckung beträgt 0.075 m, die radiale beträgt 0.025 m.

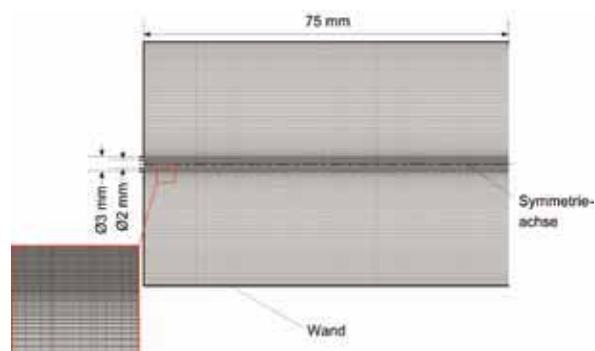


Abb.4 - Berechnungsnetz

Zusätzlich lassen sich in dieser Anordnung die praktisch relevanten Fälle von Freistrah Anwendungen hinter Schutzabdeckungen, und der damit verbundenen Wandeinfluss auf die Strömung erfassen.

Vergleich von einphasigen Axialen und koaxialen Freistrahlen

Die einfachste Erscheinung von koaxialen Freistrahlen ist der Gas-Gas Strahl. So ein Fall tritt z.B. beim Freistrah eines Flugtriebwerkes beim Austritt in die Umgebung auf.

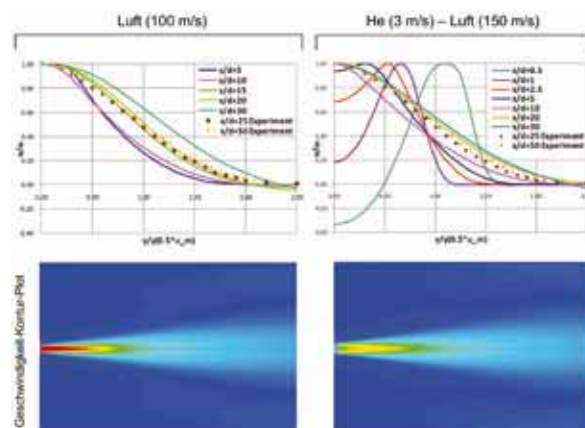
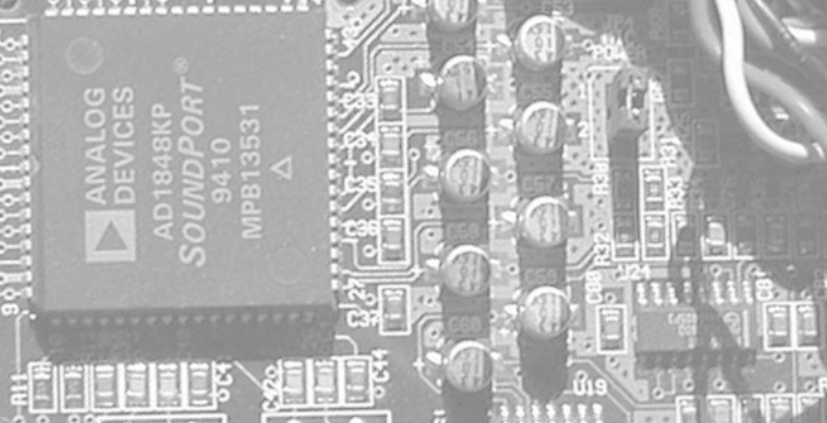


Abb.5 – Vergleich Geschwindigkeitsprofile/ -plots



Vergleicht man die Geschwindigkeitsprofile für den einphasigen normalen Freistrah und den einphasigen coaxialen Freistrah (Abb. 5) zeigt sich, dass nach einer gewissen Entfernung von der Düse eine Ähnlichkeitsregion vorhanden ist (vgl. Abb. 6). In diesem Gebiet sind alle dimensionslosen Geschwindigkeitsprofile sowohl für den normalen als auch für den coaxialen Strahl ähnlich.

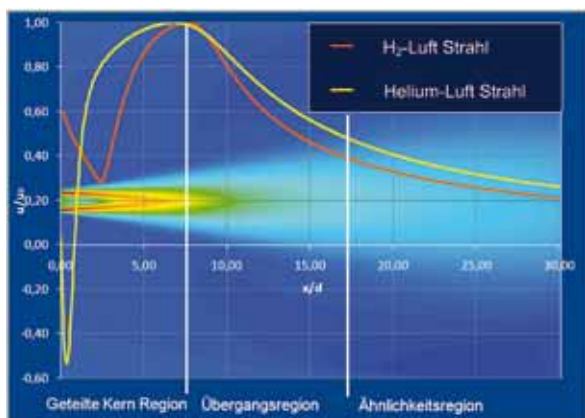


Abb.6 – Strömungsbereiche im coaxialen Freistrah

Zweiphasige coaxiale Freistrahlen

Bei zweiphasigen Freistrahlen ist besonders das Aufbrechen des Strahls (**Faragó [1]**) aufgrund induzierter Instabilitäten von großem Interesse. Involvierte Phänomene wären z.B. die Rayleigh-Taylor Instabilität, hervorgerufen durch die Dichteunterschiede der Phasen, oder die Kelvin-Helmholtz Instabilität aufgrund hoher Schergeschwindigkeiten. Auch die Oberflächenspannung zwischen den Fluiden hat einen großen Einfluss auf das Aufbrechen des Strahls.

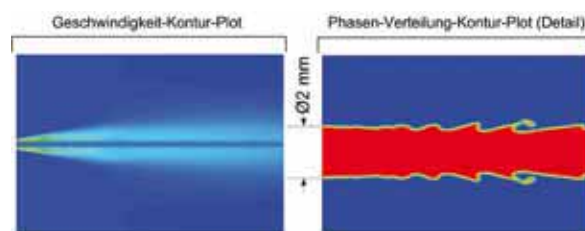


Abb.7 – Simulation Wasser (10 m/s) – Luft (150 m/s) Freistrah

Für die Simulation des zweiphasigen coaxialen Wasser-Luft Strahls wurde das K- Ω SST Turbulenzmodell und das „Volume of Fluid“ (abgekürzt VOF) Mehrphasenmodell verwendet. Vergleicht man die Simulationsergebnisse (Abb.7) mit Hochgeschwindigkeitsphotographien von Mayer [2,3], so lassen sich unter den richtigen Voraussetzungen gute Ergebnisse erzielen.

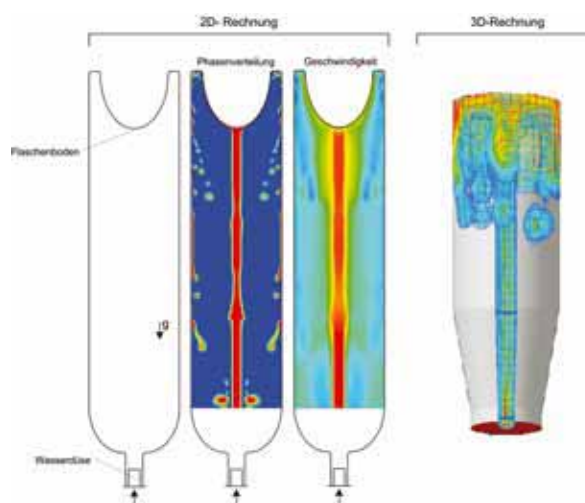


Abb. 8 – CFD Simulation: Reinigung von Trinkflaschen



Industrielle Applikation

Abbildung 9 zeigt die numerische Strömungssimulation einer Flaschenreinigung wie sie bei großen Abfüllanlagen in der Lebensmittelindustrie angewandt wird. Dabei ist insbesondere die vollständige Benetzung und Reinigung des Flaschenbodens von großem Interesse, ein Problem welches besonders von der Auftreffgeschwindigkeit

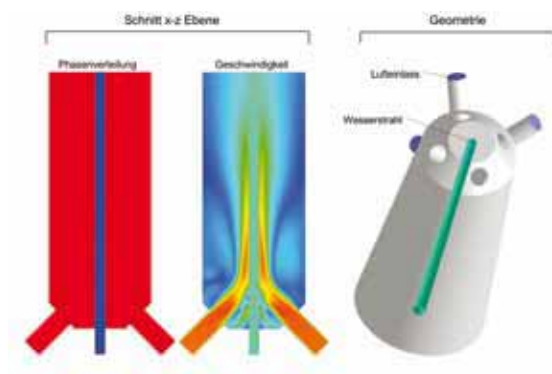


Abb. 9 – CFD Simulation: Mischdüse

keit des Flüssigkeitsstrahls abhängig ist. Bei Mischdüsen wie sie in industriellen Aufbauten verwendet werden (Abbildung 9) werden durch numerische Strömungssimulation das Aufbrechen des Strahls, die Länge des intakten Fluidkerns sowie entstehende Tropfengrößen untersucht. Diese Untersuchungen sind aufgrund der benötigten Netzauflösung sehr Rechenzeit intensiv und bedingt durch oft unbekannte Randbedingungen schwierig durchzuführen, können aber hilfreiche Schlussfolgerungen für den Entwicklungsprozess liefern.

Schlussfolgerung

Es wurde gezeigt, dass sich Freistrahlen und koaxiale Freistrahlen sowohl prinzipiell als auch

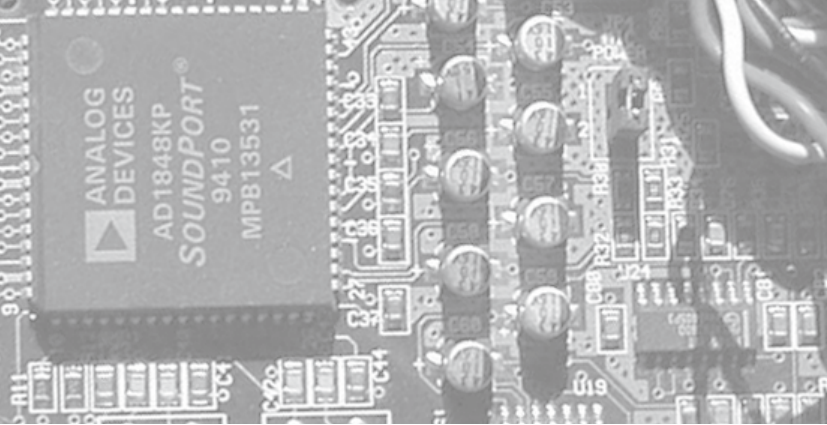
anwendungsbezogen numerisch untersuchen lassen. Besonders wichtig für eine erfolgreiche Untersuchung sind hierbei jedoch das Verständnis der involvierten physikalischen Phänomene und der Limitierungen der verwendeten Berechnungsmodelle.

Referenzen

- [1] Faragó, Z. und Chigier, N., "Morphological Classification of Disintegration of Round Liquid Jets in a Coaxial Air Stream", *Atomisation and Sprays*, Vol. 2, pp. 137-157, 1992
- [2] W. O. H. Mayer, „Coaxial atomization of a round liquid jet in a high speed gas stream: A phenomenological study“, Springer Verlag 1994
- [3] W. O. H. Mayer, R. Branam, „Atomization characteristics on the surface of a round liquid jet“, *Experiments in Fluids* 36 (2004) 528–539
- [4] Hermann Schlichting, "Boundary Layer Theory", Mc Craw Hill, 7th Edition, 1979
- [5] Christopher E. Brennen, "Fundamentals of Multiphase Flow", Cambridge, 2005
- [6] Edited By Clayton T. Crowe, "Multiphase Flow Handbook", CRC Press, 2005
- [7] T. Ecker, B.C. Will, "Basic Modeling of Two-Phase Jets, Coaxial Jets and Application in Industrial Transport, Multiphase Flows", *Simulation, Experiment and Application*, May 26-28, 2009, Dresden-Rossendorf, Germany

Kontakt:

Prof. Dr Christof Simon
Fachbereich Technik
simon@fh-trier.de



Entwicklung einer energieeffizienten und emissionsarmen Kleinf Feuerungsanlage zur Holzverbrennung mit Hilfe moderner Regelungs- und Filterungstechniken sowie innovativer Verbrennungsraumgestaltung.

Prof.Dr.Ing. M. Scherer
Prof.Dr.Ing. H. Zoppke
M.Sc. K. Stöß
M.Sc. K. Wollscheid
Cand. B.Eng. P. Wirth

Motivation

Der globale Klimawandel wird hervorgerufen durch den Einsatz fossiler Energieträger wie Kohle, Erdgas und Erdöl. Durch die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern hat die Menschheit gleich zwei große Herausforderungen:

1. Die Verbrennung führt zu einer Steigerung des CO_2 -Gehalts der Atmosphäre, zur Erderwärmung und zum Anstieg des Meeresspiegels.
2. Die fossilen Brennstoffe sind in ihrer Menge begrenzt, nach dem gegenwärtigen Stand können sie noch höchstens bis zum Ende des kommenden Jahrhunderts ausgebeutet werden.

Mit steigenden Energiepreisen für Öl und Gas steigt auch die Nachfrage nach preiswerten Alternativen. Energieholz ist eine solche und somit ein wichtiger Baustein für den Energiemix der Zukunft. Holz verbrennt CO_2 -neutral und ist ein nachwachsender Rohstoff. Die Nachfrage nach Holz hat sich in den vergangenen Jahren verdreifacht. Der ansteigenden Einsatz von Holz für Heizzwecke birgt aber auch Nachteile für Umwelt und Natur. Bei unsachgemäßer Verbrennung entstehen Schadstoffe, welche in die Umwelt

abgegeben werden. Außerdem kommt es zu gesundheitsschädlichen Staubemissionen.

Neben Dieselruß und Industrieabgasen sind es hauptsächlich die privaten Kleinf Feuerungsanlagen, die in den Fokus der Feinstaubproblematik geraten sind (siehe Bild 1).



Bild 1

Forschungsinhalt

An der FH Trier wird im Fachbereich Technik an der energieeffizienten und emissionsarmen Optimierung der Holzverbrennung in Kleinf Feuerungsanlagen gearbeitet. Dabei werden die Schwerpunkte auf die elektronische Regelung des Verbrennungsprozesses eines Holzofens und die Filterung der Rauchgase gelegt. Dazu wurden einerseits experimentelle Untersuchungen zum Schadstoff- und Rauchgasausstoß einer Kleinf Feuerungsanlage durchgeführt und andererseits computergestützte Simulationen auf Basis der Finiten Elemente durchgeführt (siehe Bild 4).

Technik und Informatik



Zur Durchführung der Untersuchungen wurde ein Prüfstand im Labor für Verbrennungstechnik (Fachbereich BLV) aufgebaut und mit den entsprechenden Sensoren und Aktoren ausgerüstet. Als Prüfobjekt dient eine Kleinfeuerungsanlage in der Ausführung als Kachelofeneinsatz mit einer Nennleistung von 14,5KW.



Bild 2

Zunächst wurden die bei der Verbrennung von Holz auftretenden chemischen und physikalischen Vorgänge theoretisch untersucht (siehe Bild 3). In einem weiteren Schritt wurden der Einsatz der Ionenstromsensoren an einem selbstentwickelten Verbrennungsmessplatz im Labor untersucht.

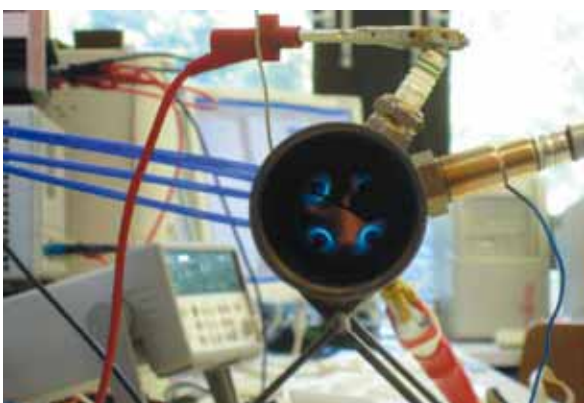
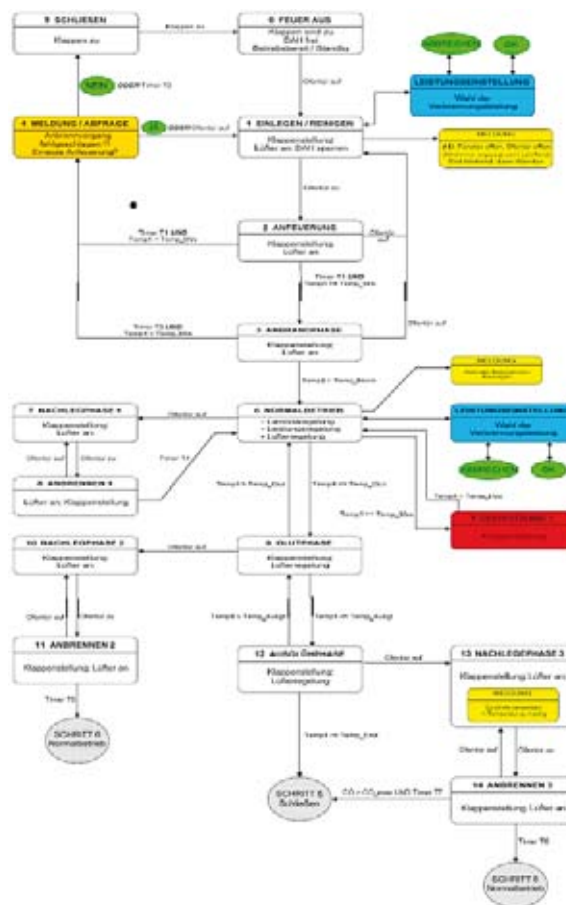


Bild 3

Zur Regelung des Prüflings wurde ein Rapid-ControlSystem eingesetzt, welches die Möglichkeit bietet, direkt aus dem entworfenen Regelungsmodell ablauffähigen Programmcode zu erzeugen und in der Regelungshardware zu implementieren. Als Einflussgrößen in den Verbrennungsablauf wurden der CO-Gehalt des Rauchgases die Temperatur in der Sekundärbrennkammer und die Position der elektrisch verstellbaren Luftklappen der Primär- und Sekundärluftzuführung gewählt. In einer Studienarbeit wurde ein Gesamtsteuerungs- und Regelungskonzept entworfen, welches auch sämtliche sicherheitsrelevanten Aspekte wie Stromausfall, Betrieb einer evtl. vorhandenen Dunstabzugshaube usw. berücksichtigt und den Ofenbetreiber





Ertragsteuerermittlung bei Kapitalgesellschaften

Prof. Dr. Cord Grefe

Einleitung

Bilanzierende Unternehmen haben die gegenüber der Allgemeinheit bestehenden Steuerverpflichtungen im Jahresabschluss auszuweisen. In der Ergebnisrechnung schlagen sich diese öffentlich-rechtlichen Ansprüche als „sonstige Steuern“ und als „Steuern vom Einkommen und vom Ertrag“ nieder. Letzterer Posten umfasst die Ertragsteuern. Diesen kommt auf Grund der Belastungshöhe sowie bestehender unternehmerischer Gestaltungsmöglichkeiten besondere Bedeutung zu. Im Rahmen der Erstellung des Jahresabschlusses müssen die ergebnisabhängigen Steuern zudem vom Bilanzierenden selbst ermittelt werden. Neben fundierten Kenntnissen der einschlägigen Steuerrechtsnormen sind dabei bestehende Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Bezugsgrößen sowie Einzelelementen der relevanten Besteuerungsgrundlagen zu beachten.

Aufgrund von Neuregelungen durch das Unternehmensteuerreformgesetz 2008 vom 14.8.2007 ist dieses Thema von besonderer Aktualität. Nach dem neuen § 4 Abs. 5b EStG sind ab Veranlagungszeitraum 2008 die Gewerbesteuer und die hierauf entfallenden Nebenleistungen nicht mehr als Betriebsausgaben abzugsfähig. Diese Gesetzesänderung bedingt eine veränderte Vorgehensweise bei der Ermittlung der Steuerpositionen im Jahresabschluss. Für diese neue Rechtslage wurde eine durchgehend strukturierte, systematische Darstellung der einzelnen Bearbeitungsschritte erstellt. Damit werden die notwendigen Grundlagen für eine eigenständige Bearbeitung dieser Thematik im Rahmen der Ausbildung wie auch der praktischen Arbeit geschaffen.

Art der zu bilanzierenden Steuern

Hinsichtlich der Art von Steueransprüchen erfolgt eine thematische Eingrenzung auf tatsächliche Ertragsteuern, also von der Finanzverwaltung auf der Grundlage von Steuererklärungen festzusetzende bzw. festgesetzte und vom Steuerpflichtigen zu erfüllende Zahlungsverpflichtungen. Die Steuerveranlagung erfolgt erst nach Ablauf des jeweiligen Geschäftsjahrs bzw. Besteuerungszeitraums. Im Rahmen der Erstellung des Jahresabschlusses hat der Steuerpflichtige daher den künftigen Anspruch auf Basis gesonderter steuerlicher Bemessungsgrundlagen selbst zu berechnen.

Ausgeklammert werden fiktive Steuern (so genannte latente Steuern). Diesen kommt steuerlich keine Bedeutung zu; eine Übernahme in die Steuerbilanz scheidet aus.

Als Unternehmensrechtsform wird allein auf Kapitalgesellschaften Bezug genommen. Auf Grund ihrer uneingeschränkten steuerlichen Rechtsfähigkeit haben diese sowohl die Körperschaftsteuer und den hierauf zu entrichtenden Solidaritätszuschlag - als Steuern vom Einkommen - wie auch die Gewerbesteuer - als Steuer vom Ertrag - zu bilanzieren.

Höhe der zu bilanzierenden Steuern

Die Vorgehensweise für die Ertragsteuerermittlung bei Kapitalgesellschaften veranschaulicht nachfolgende Übersichtsdarstellung:



Wirtschaft und Recht

Rechenwerk	Normbereich	relevante Größe
<p><i>vorläufige</i> Handelsbilanz (vor Ermittlung der Ertragsteuern)</p> <p>↓</p> <p>bilanzsteuerliche Modifikationen</p> <p><i>vorläufige</i> Steuerbilanz (vor Ermittlung der Ertragsteuern)</p> <p>↘</p> <p>außerbilanzielle Nebenrechnung</p> <p>↓</p> <p>einkommen-/körperschaftsteuerliche Modifikationen</p> <p>körperschaftsteuerliches Einkommen</p> <p>↘</p> <p>gewerbesteuerliche Modifikationen</p> <p>Gewerbeertrag</p> <p>↘</p> <p><i>endgültige</i> Handels-/Steuerbilanz</p>	<p>Bilanzrecht (insbesondere §§ 246 ff. HGB)</p> <p>Bilanzsteuerrecht (insbesondere § 5 und § 6 EStG)</p> <p>Einkommensteuerrecht (insbesondere § 4 Abs. 5 und 5b EStG)</p> <p>Körperschaftsteuerrecht (insbesondere §§ 8a ff. KStG)</p> <p>Gewerbesteuerrecht (§§ 7 ff. GewStG)</p>	<p><i>vorläufiges</i> Handelsbilanz-Ergebnis</p> <p><i>vorläufiges</i> Steuerbilanz-Ergebnis</p> <p>körperschaftsteuerliches Einkommen</p> <p>Gewerbeertrag</p>



Zu den einzelnen Berechnungsschritten ist festzuhalten:

Schritt 1:

Ableitung der Steuerbilanz aus der Handelsbilanz

Ausgehend von der vorläufigen Handelsbilanz wird eine vorläufige Steuerbilanz erstellt. Dabei handelt es sich um eine unter Beachtung steuerlicher Bilanzierungsvorschriften (§§ 4 – 7k EStG) modifizierte Handelsbilanz.

Die betreffenden bilanzsteuerlichen Modifikationen beruhen auf besonderen steuerlichen Regelungen zum Ansatz sowie zur Bewertung von Vermögensgegenständen und Schulden (steuerlich: positive bzw. negative Wirtschaftsgüter). Tendenziell sind die Bestimmungen im Steuerrecht restriktiver und bedingen vorübergehend höhere steuerbilanzielle Ergebnisse im Vergleich zur Handelsbilanz. Bei einer Gesamtbetrachtung gleichen sich diese Ergebnisunterschiede jedoch aus.

Schritt 2:

Überleitung zum körperschaftsteuerlichen Einkommen und Steuerberechnung

Die körperschaftsteuerliche – und ebenso die gewerbsteuerliche – Bemessungsgrundlage wird in einer Nebenrechnung außerhalb der Bilanz ermittelt. Angeknüpft wird dabei an Aufwands- bzw. Ertragsgrößen, die in der Finanzbuchführung in tatsächlich entstandener Höhe erfasst sind. Auf Grund besonderer steuerlicher Regelungen kann es bei einzelnen Beträgen zu Umqualifizierungen folgender Art kommen:

- handelsrechtliche Erträge werden steuerlich zu (ganz oder teilweise) steuerfreien Betriebseinnahmen

Folge:

vorläufiges Handels-/Steuerbilanzergebnis > steuerliche Bemessungsgrundlage

- handelsrechtliche Aufwendungen werden steuerlich zu (ganz oder teilweise) nicht abziehbaren Betriebsausgaben

Folge:

vorläufiges Handels-/Steuerbilanzergebnis < steuerliche Bemessungsgrundlage

Bemessungsgrundlage der Körperschaftsteuer bildet das zu versteuernde Einkommen, das ausgehend von den einschlägigen Vorschriften des Einkommensteuergesetzes zu ermitteln ist.

Das vorläufige Steuerbilanzergebnis ist demzufolge nach Maßgabe einkommensteuerlicher Sonderregelungen durch Kürzungen bzw. Hinzurechnungen zu berichtigen. Die betreffenden einkommensteuerlichen Regelungen werden durch eigenständige Korrekturvorschriften im Körperschaftsteuerrecht ergänzt.

Auf das zu versteuernde Einkommen ist der einheitliche Körperschaftsteuersatz von 15 % anzuwenden. Auf die Körperschaftsteuer wird zusätzlich Solidaritätszuschlag von 5,5 % erhoben. Der Betrag der Abschlusszahlung bzw. Erstattung ist sowohl in die Handelsbilanz wie auch in die Steuerbilanz einzustellen.

Schritt 3:

Überleitung zum Gewerbeertrag und Steuerberechnung

Die Gewerbsteuer bemisst sich nach dem Gewerbeertrag. Grundlage hierfür bildet bei Kapitalgesellschaften üblicherweise das körperschaftsteuerliche Einkommen vor Verlustabzug.

Vorstehende Ausgangsgröße ist im Hinblick auf den Objektsteuercharakter der Gewerbesteuer durch Hinzurechnungen und Kürzungen zu modifizieren.

Hinsichtlich der Berücksichtigung einzelner Sachverhalte im Körperschaftsteuerlichen Einkommen und im Gewerbeertrag sind folgende alternativen Konstellationen möglich:

- Modifikation im Rahmen des Körperschaftsteuerlichen Einkommens – keine gesonderte gewerbesteuerliche Modifikation
- Modifikation im Rahmen des Körperschaftsteuerlichen Einkommens – gesonderte gewerbesteuerliche Modifikation
- keine Modifikation im Rahmen des Körperschaftsteuerlichen Einkommens – gesonderte gewerbesteuerliche Modifikation wirkt
- keine Modifikation im Rahmen des Körperschaftsteuerlichen Einkommens – gesonderte gewerbesteuerliche Modifikation wirkt nicht

Aus der Multiplikation des abgerundeten Gewerbeertrags mit der einheitlichen Steuermesszahl von 3,5 % ergibt sich der Steuermessbetrag. Aus der Anwendung des Hebesatzes der Gemeinde auf diese Größe resultiert die Gewerbesteuer.

Nach der buchhalterischen Erfassung der Gewerbesteuer ergibt sich der endgültige Jahresüberschuss bzw. Jahresfehlbetrag. Damit ist die Ermittlung des Ergebnisses aus der laufenden Geschäftstätigkeit in Handels- bzw. Steuerbilanz abgeschlossen.

Ausweis der zu bilanzierenden Steuern

In der Bilanz kommt alternativ ein Ausweis unter folgenden Positionen in Betracht:

- Steuerrückstellungen für nicht festgesetzte Steuernachzahlungsverpflichtungen
- sonstige Vermögensgegenstände für nicht festgesetzte Steuererstattungsansprüche.

In der **Gewinn- und Verlustrechnung** werden als (voraussichtlicher) Ertragsteueraufwand in der Position „Steuern vom Einkommen und vom Ertrag“ mit einander saldiert:

- Steuern für laufendes Jahr
(= geleistete Steuervorauszahlungen
+ voraussichtliche Abschlusszahlung
./. voraussichtliche Steuererstattung)
- Steuernachzahlungen /-erstattungen für Vorjahr(e).

Im **Anhang** ist neben allgemeinen Erläuterungen speziell anzugeben, in welchem Umfang die Steuern vom Einkommen und vom Ertrag das Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit und das außerordentliche Ergebnis belasten.

Zu weiteren Einzelheiten wird auf den Beitrag des Verfassers in der Zeitschrift „Steuer und Studium“ (Heft 4/2009, S. 162 ff.) verwiesen.

Kontakt:

Prof. Dr. Cord Grefe
Fachbereich Wirtschaft
grefe@fh-trier.de



Investitionsspezifische Anreizwirkungen von Verrechnungspreisen

Prof. Dr. Dominik Kramer,
Prof. Dr. Michael Keilus

1. Einleitung

In dezentral organisierten Unternehmen werden die Entscheidungen nicht nur zentral von der Unternehmensleitung getroffen, sondern auch in der Unternehmenshierarchie nach unten delegiert. Dieses Vorgehen soll gewährleisten, dass die notwendigen Aufgaben, Kompetenzen, Informationen und Verantwortungen für die Entscheidung in einer Hand liegen. Die Qualität der Entscheidungen sowie die Motivation der Mitarbeiter sollen so gesteigert und die Entscheidungskomplexität verringert werden. Die Dezentralisierung ist immer mit dem Problem der *Koordination* verbunden: *Einzelentscheidungen* sind so aufeinander abzustimmen, dass sie bestmöglich zur Erreichung der übergeordneten Unternehmensziele beitragen (vgl. *Küpper*, 2008, S. 69 ff.; *Laux/Liermann*, 2005, S. 194 ff.). Ein Instrument zur Lösung dieser skizzierten Problemstellung sind *Verrechnungspreise*. Sie sollen die einzelnen Bereiche eines Unternehmens über einen fiktiven internen Markt abstimmen (vgl. *Wagenhofer*, 2002, S. 2074; kritisch hierzu *Neus*, 1997). Verrechnungspreise erfreuen sich einer großen *Beliebtheit* in der Praxis und dienen vor allem der *Koordination* auf der operativen Ebene (vgl. *Pfaff/Stefani*, 2006). Jedoch ist die operative Ebene der Unternehmensführung immer auch mit *langfristigen Entscheidungen* verbunden: Werden Bereiche eines Unternehmens anhand operativer Ergebnisgrößen geführt, so werden diese Bereiche z.B. über Informationsweitergabe oder -unterdrückung versuchen, die langfristigen Entscheidungen des Unternehmens so zu beeinflussen, dass diese sich positiv auf die ope-

rativen Ergebnisgrößen auswirken (vgl. *Ewert/Wagenhofer*, 2008, S. 579 ff.).

Dieser so skizzierten Problemstellung nimmt sich die vorliegende Untersuchung an. Sie analysiert am Beispiel der Verrechnungspreise den Einfluss, den operativen Ergebnis- und Steuerungsgrößen auf das *strategische (Informations-)Verhalten* von dezentralen Bereichen haben.

2. Verrechnungspreise und operative Entscheidungen

Betrachtet wird ein Unternehmen mit zwei Divisionen. Division 1 erzeugt u.a. ein nicht markt-gängiges Vorprodukt, welches in der Division 2 weiterbearbeitet und anschließend verkauft wird (vgl. grundlegend *Hirshleifer*, 1956; *Pfaff/Pfeiffer*, 2004, S. 298 f.). Die Kosten der Produktion in Division 1 sind abhängig von der Produktionsmenge x und belaufen sich auf $K_a(x) = K_a^{fix} + K_a^{var}(x)$, der Index a kennzeichnet dabei die aktuell verwendete Technologie. Bei einer Ausweitung der Produktion stiegen die Kosten überlinear ($K'_a > 0$, $K''_a > 0$). Aus Weiterverarbeitung und Verkauf resultiert der Deckungsbeitrag $DB(x)$, der mit zunehmender Menge unterlinear ansteigt ($DB' > 0$, $DB'' < 0$). Fixkosten der Weiterverarbeitung sowie mögliche weitere Aktivitäten der Divisionen sind für die nachfolgende Betrachtung nicht relevant und werden deshalb weggelassen. Weiterhin wird vereinfachend auf produktions- oder absatzmarktbedingte Beschränkungen von x verzichtet. Aus Sicht des Gesamtunternehmens ergibt sich als *zentraler Steuerungsansatz*:
(1) $G_{U,a} = DB(x) - K_a(x)$
Die optimale Produktionsmenge x_a ist dadurch gekennzeichnet, dass der Grenzgewinn des Unternehmens gleich null ist ($G'_{U,a}(x_a) = 0$ bzw. $DB'(x_a) = K'_a(x_a)$).

Bei *dezentraler* Steuerung treffen die Divisionen ihre Mengenentscheidungen autonom. Die Koordination erfolgt über einen Verrechnungspreis VP_a . Für Division 1 ergibt sich als Entscheidungsproblem

$$(2) G'_{1,a} = VP_a \cdot x - K'_a(x)$$

mit dem Optimalkalkül $G'_{1,a} = 0$ bzw. $VP_a = K'_a$ und für Division 2

$$(3) G'_{2,a} = DB(x) - VP_a \cdot x$$

mit dem Optimalkalkül $G'_{2,a} = 0$ bzw. $VP_a = DB'$. Die dezentralen Optimalkalküle führen dann zum Gesamtoptimum, wenn für den Verrechnungspreis $VP_a = DB'(x_a) = K'_a$ gilt (vgl. Göx/Schiller, 2007, S. 675 f.). Optimal für das Unternehmen bei dezentraler Steuerung ist folglich eine grenzkostenorientierte Verrechnungspreispolitik. Dabei gilt $G_{U,a}(x_a) = G_{1,a}(x_a) + G_{2,a}(x_a)$, der Unternehmensgewinn wird also zwischen den Divisionen aufgeteilt, VP_a bestimmt das Teilungsverhältnis. Dieses wird in Abbildung 1 verdeutlicht. Der optimale Verrechnungspreis ergibt sich aus dem Schnittpunkt von DB' und K'_a . Die Punkte 1, 2, 4 umspannen die Fläche des Gesamtgewinns ohne Fixkosten $G_{U,a}(x_a) + K^{fix}_a$. Dieser teilt sich wie folgt: Die Fläche 1, 2, 3 entspricht $G_{2,a}(x_a)$, und die Fläche 2, 3, 4 gibt den Gewinn der Division 1 vor Fixkosten $G_{1,a}(x_a) + K^{fix}_a$ wieder.

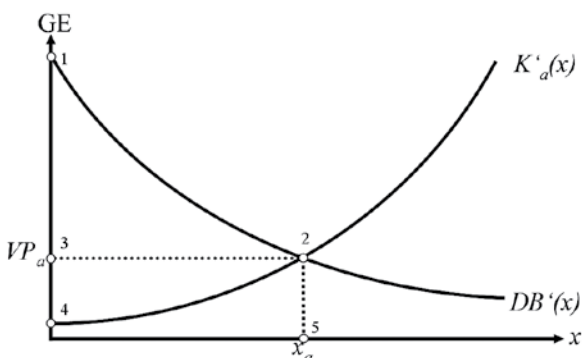


Abb. 1: Grenzkostendiagramm der Ausgangssituation (vgl. Laux/Liermann, 2005, S. 390)

3 Strategische Implikationen der Verrechnungspreise

3.1 Skizzierung der Entscheidungssituation

In Abänderung zu den bisherigen Ausführungen biete sich nun die Möglichkeit an, die aktuell verwendete Technologie *a* durch eine *neue Technologie n* zu ersetzen. Im Folgenden wird unterstellt, dass die neue Technologie insgesamt positiv zu beurteilen ist. Neue Technologien führen in der Regel zu einer Veränderung der Kostenstrukturen: Der fixe Kostenanteil steigt ($K^{fix}_n > K^{fix}_a$), gleichzeitig sinken die Grenzkosten ($K'_n < K'_a$). Abbildung 2 verdeutlicht die Veränderung der Grenzkosten. Damit einher geht bei einer grenzkostenorientierten Verrechnungspreispolitik eine Ausweitung der optimalen Ausbringung ($x_n > x_a$) sowie ein Rückgang des Verrechnungspreises ($VP_n > VP_a$), beide Größen bestimmen sich in der erweiterten Situation in Analogie zu den obigen Ausführungen.

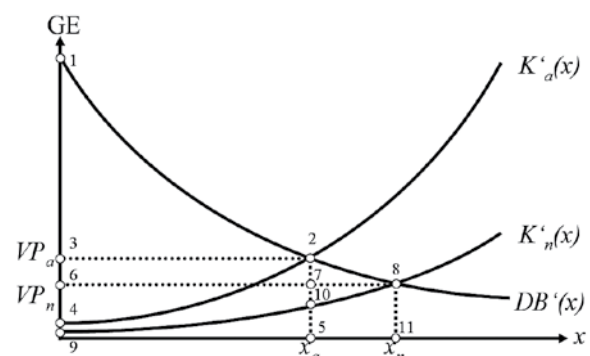


Abb. 2: Grenzkostendiagramm der erweiterten Situation

Die Einführung der neuen Technologie wirkt sich positiv auf den variablen Gewinn des Unternehmens ($\Delta G_U^{var} = [G_{U,n}(x_n) + K^{fix}_n] - [G_{U,a}(x_a) + K^{fix}_a] > 0$) aus, in der Abbildung 2 entspricht dieser Anstieg der Fläche zwischen den Punkte 4, 2, 8, 10 und 9.



Kompensiert der Anstieg des variablen Gewinns den Anstieg der Fixkosten, so ist die neue Technologie aus Sicht des Unternehmens positiv zu beurteilen ($\Delta G_U^{var} - [K_n^{fix} - K_n^{fix}] > 0$ bzw. $G_{U,n} \cdot G_{U,a} > 0$), andernfalls ist die neue Technologie abzulehnen ($\Delta G_U^{var} - [K_n^{fix} - K_n^{fix}] < 0$ bzw. $G_{U,n} \cdot G_{U,a} < 0$). Zu untersuchen ist nun, ob bzw. unter welchen *Rahmenbedingungen* es tatsächlich zu einer Einführung der neuen Technologie kommen wird. Die neue Technologie wird in Division 1 eingesetzt. Informationen über Technologieentwicklungen werden in Unternehmen häufig dezentral vorliegen. Division 1 wird diese Informationen aber nur dann an die Unternehmensleitung weitergeben, wenn sie sich selbst Vorteile von der neuen Technologie verspricht. Andernfalls wird Division 1 die Information nicht weitergeben und so die Einführung verhindern (zu investitionsspezifischen Analysen von Verrechnungspreisen vgl. z.B. Hofmann/Pfeiffer, 2006; Lengsfeld, 2006; Martini, 2007, S. 30 ff.; Göx/Schiller, 2007, S. 680 ff.; Ewert/Wagenhofer, 2008, S. 619 ff.).

3.2 Strategische Steuerung über Verrechnungspreise

Das Verhalten der Division kann von der Zentrale über *zwei Parameter* gesteuert werden:

1. Zum einen hat die Art der *Verrechnungspreispolitik* Einfluss auf das Verhalten der Divisionen. Im Beispiel können vor allem drei Alternativen unterschieden werden: (I) Die grenzkostenorientierte Verrechnungspreispolitik würde zu einem Verrechnungspreis von VP_n führen. (II) Der bisherige Verrechnungspreis VP_a könnte weiterhin Bestand haben. (III) Ein neuer Verrechnungspreis entlang des Kurvenzugs 2, 8 könnte gewählt werden.
2. Zum anderen ist die *Erfolgsbemessungsgröße* von Bedeutung. Die Divisionen können (i) an ihrem Gesamtergebnis ($G_{1,a}$ bzw. $G_{1,n}$)

oder (ii) an ihrem variablen Ergebnis ($G_{1,a} + K_a^{fix}$ bzw. $G_{1,n} + K_n^{fix}$) gemessen werden.

Nachfolgend werden die drei Optionen in Bezug auf die Verrechnungspreispolitik analysiert, dabei werden jeweils die beiden möglichen Erfolgsbemessungsgrößen berücksichtigt.

(I) Grenzpreisorientierte Verrechnungspreispolitik

Bei einer grenzpreisorientierten Verrechnungspreispolitik antizipiert Division 1, dass bei Einführung der neuen Technologie der Verrechnungspreis von VP_a auf VP_n sinkt. Dabei ergeben sich zwei Quellen der Veränderung bezogen auf das variable Ergebnis nach (ii):

$$\Delta G_1^{var} = \underbrace{K_a^{var}(x_a) - K_n^{var}(x_a)}_{\substack{\text{Kostensparnis} \\ \text{im Vergleich zu } a \\ \text{(Feld 4, 2, 10, 9)}}} - \underbrace{[VP_a - VP_n] \cdot x_a}_{\substack{\text{Verrechnungspreiseinbußen} \\ \text{im Vergleich zu } a \\ \text{(Feld 3, 2, 7, 6)}}} \\ \underbrace{\hspace{15em}}_{\text{Veränderung des Deckungsbeitrags im Vergleich zu } a} \\ + \underbrace{VP_n \cdot [x_n - x_a]}_{\substack{\text{zusätzliche} \\ \text{Verrechnungserlöse} \\ \text{(Feld 7, 8, 11, 5)}}} - \underbrace{[K_n^{var}(x_n) - K_n^{var}(x_a)]}_{\substack{\text{zusätzliche} \\ \text{Kosten} \\ \text{(Feld 10, 8, 11, 5)}}} \\ \underbrace{\hspace{15em}}_{\text{zusätzlicher Deckungsbeitrag (Feld 7, 8, 10)}}$$

Zum einen wird ein (positiver) zusätzlicher Deckungsbeitrag aufgrund der Mengenausweitung erzielt. Zum anderen verändert sich der Deckungsbeitrag bezogen auf die bisherige Menge x_a . Das Vorzeichen dieser Änderung ist nur für konkret gegebene Funktionen, jedoch nicht allgemein bestimmbar. Insgesamt kann damit die Deckungsbeitragsänderung negativ ausfallen und eine Einführung der neuen Technologie verhindern. Diese Gefahr ist insbesondere dann gegeben, wenn die Steigung der neuen Kostenfunktion deutlich niedriger ausfällt als bei der aktuellen Technologie ($K'_n \ll K'_a$). Wird die Division nach dem gesamten Ergebnis (i) beurteilt, wird die Einführung zusätzlich durch

den nun zu berücksichtigenden Anstieg der Fixkosten ($K_n^{fix}-K_a^{fix}$) erschwert:

$$(5) \Delta G_1 = \Delta G_1^{var} - [K_n^{fix} - K_a^{fix}]$$

Auf Ebene des gesamten Ergebnisses wird damit eine Technologieeinführung doppelt erschwert. Fortschrittliche Technologien, die durch einen hohen Fixkostenanteil sowie geringe variable Kosten gekennzeichnet sind, werden tendenziell zu einer negativen Veränderung des Ergebnisses der Division 1 führen. Damit hat Division 1 keine Veranlassung, die Unternehmensleitung auf solche Technologien hinzuweisen.

(II) Beibehaltung des bisherigen Verrechnungspreises

Verfolgt die Unternehmung eine Politik, bei der die Verrechnungspreise langfristig stabil bleiben, verändert sich bei Einführung der neuen Technologie die Nachfragemenge der Division 2 nicht. Damit ergibt sich für Division 1 eine Veränderung des variablen Ergebnisses (ii) nur aus den schon in (4) aufgezeigten Veränderungen der variablen Kosten bezogen auf die Menge $x_a = (K_a^{var}(x_a) - K_n^{var}(x_a))$. Diese Veränderung ist immer positiv, Division 1 wird die neue Technologie befürworten. Die Veränderung des gesamten Ergebnisses berücksichtigt analog zu (5) den Anstieg der fixen Kosten, dadurch kann die Veränderung negativ ausfallen. Die Beibehaltung des bisherigen Verrechnungspreises wirkt insgesamt innovationsfördernd. Jedoch kann das Unternehmen nur einen Teil der Vorteile realisieren. Der variable Gewinn steigt nur um die Fläche 4, 2, 7, 10 und 9, nicht realisiert wird das Feld 2, 7, 10 und 8.

(III) Setzung eines neuen Verrechnungspreises entlang des Kurvenzugs 2, 8

Als letzte Möglichkeit kann die Unternehmensleitung den Verrechnungspreis so anpassen, dass

für Division 1 bei Einführung der neuen Technologie kein Nachteil entsteht. Dieses Vorgehen stellt eine Zwischenlösung zwischen (I) und (II) dar. Der Verrechnungspreis (und damit auch die Menge) ist so zu setzen, dass ΔG_1^{var} (Kriterium B) bzw. ΔG_1 (Kriterium A) nicht negativ werden. Die Setzung des Verrechnungspreises folgt dabei dem Kurvenzug 2, 8. Annahmegemäß führt diese Vorgehensweise dazu, dass Division 1 sich nicht verschlechtert, jedoch führt der zu wählende Verrechnungspreis zu einer Menge kleiner x_n , die Vorteile der neuen Technologie werden also nicht vollständig realisiert.

4 Schlussbetrachtung

Gegenstand der voranstehenden Ausführungen waren die Auswirkungen, die operative Erfolgsgrößen und Steuerungsinstrumente auf das *strategische Verhalten* von dezentralen Bereichen haben. Am Beispiel der Verrechnungspreise wurde zuerst aufgezeigt, wie eine operative Koordination in einem dezentral organisierten Unternehmen erfolgen kann. Anschließend wurde beispielhaft demonstriert, wie sich unterschiedliche Verrechnungspreispolitiken auf das strategisch relevante Informationsweitergabeverhalten der Bereiche auswirken können. Dabei hat sich gezeigt, dass eine nur operativ ausgerichtete *Verrechnungspreispolitik* zu *strategischem Fehlverhalten* führen kann. Beim Einsatz operativer Steuerungsinstrumente ist folglich immer zu hinterfragen, welche langfristigen Auswirkungen sie haben. Gegebenenfalls sind bei der operativen Steuerung Ineffizienzen in Kauf zu nehmen, um ein Unternehmen langfristig erfolgreich steuern zu können.

5 Literatur

Ewert, R./Wagenhofer, A. (2008): *Interne Unternehmensrechnung*, 7. Aufl., Berlin u.a.



Göx, R. F./Schiller, U. (2007): *An Economic Perspective on Transfer Pricing*, in: Chapman, Ch. S./Hopwood, A. G./Shields, M. D. (Hrsg.): *Handbook of Accounting Research*, Volume 2, Oxford, Amsterdam, S. 673 – 696.

Hirshleifer, J. (1957): *On the Economics of Transfer Pricing*, in: *The Journal of Business*, Vol. 29, S. 172 – 184.

Hofmann, Ch./Pfeiffer, Th. (2006): *Verfügungsrechte und spezifische Investitionen: Steuerung über Budgets oder Verrechnungspreise?*, in: *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, Jg. 58, S. 426 – 454.

Küpper, H.-U. (2008): *Controlling, Konzeption, Aufgaben und Instrumente*, 5. Aufl., Stuttgart.

Laux, H./Liermann, F. (2005): *Grundlagen der Organisation, Die Steuerung von Entscheidungen als Grundproblem der Betriebswirtschaftslehre*, 6. Auflage, Berlin u.a.

Lengsfeld, S. (2006): *Anreizwirkungen kostenbasierter Verrechnungspreise und die Vergabe von*

Verfügungsrechten für Investitionen, in: *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, Jg. 58, S. 477 – 505.

Martini, J. T. (2007): *Verrechnungspreise zur Koordination und Erfolgsermittlung*, Wiesbaden.

Neus, W. (1997): *Verrechnungspreise – Rekonstruktion des Marktes innerhalb der Unternehmung?*, in: *Die Betriebswirtschaft*, Jg. 57, S. 38 – 47.

Pfaff, D./Pfeiffer, Th. (2004): *Verrechnungspreise und ihre formaltheoretische Analyse: Zum State of the Art*, in: *Die Betriebswirtschaft*, Jg. 64, S. 296 – 319.

Pfaff, D./Stefani, U. (2006): *Verrechnungspreise in der Unternehmenspraxis, Eine Bestandsaufnahme zu Zwecken und Methoden*, in: *Controlling*, S. 517 – 524.

Wagenhofer, A. (2002): *Verrechnungspreise*, in: Küpper, H.-U./Wagenhofer A. (Hrsg.): *Handwörterbuch Unternehmensrechnung und Controlling*, 4. Aufl., Stuttgart, Sp. 2074 – 2083.

Unternehmensbewertung in Krisenzeiten

Prof. Dr. Felix Streitferdt

Einleitung

Die Frage nach dem korrekten Wert einer Unternehmung beschäftigt die Betriebswirtschaftslehre schon seit sehr langer Zeit. Dabei hat sich die finanzwirtschaftliche Betrachtung des Unternehmenswerts durchgesetzt, die unter dem Unternehmenswert den aktuellen Wert aller zukünftig von der Unternehmung erwirtschafteten Zahlungen versteht. Diese rein zahlungsbezogene Sichtweise einer Unternehmung abstrahiert vom privaten Nutzen den bsw. ein Firmengründer bei Betrachtung seines Lebenswerks verspüren kann und der ggf. für ihn einen subjektiv höheren Unternehmenswert bedeutet. Sie hat aber den großen Vorteil, dass der resultierende Unternehmenswert im Gegensatz zu subjektiven Nutzen in der Regel messbar ist.

Um den aktuellen Wert der zukünftig erwirtschafteten Zahlungen zu berechnen sind somit die zukünftig erwarteten Zahlungsüberschüsse einer Unternehmung zu schätzen, die dann mit einem risikoadäquaten Zins diskontiert werden. Da das Schätzen der zukünftig erwarteten Zahlungen sowie die Bestimmung des risikoadäquaten Diskontierungszinses einer Unternehmung sehr schwierig ist, hat man sich für Unternehmensbewertungen auf einige Annahmen geeinigt, die den Bewertungsprozess handhabbarer machen sollen. Leider sind diese Annahmen nicht mehr adäquat, wenn Unternehmen bilanzielle Verluste machen oder gar vor der Insolvenz stehen. Insbesondere in Krisenzeiten sind aber genau diese beiden letzteren Szenarien häufiger zu beobachten und es drängt sich die Frage auf, welche Auswirkungen auf den Unternehmenswert sich aus der Insolvenzgefahr ergeben.

Um diese Frage zu beantworten, werden im vorliegenden Beitrag zunächst die Standardan-

nahmen zur Unternehmensbewertung dargelegt, um anschließend die Standardannahmen an Krisenszenarien anzupassen. Anschließend erfolgt die Diskussion einer Bewertungsformel für ein allgemeines Krisenszenario, um abschließend die wesentlichen Erkenntnisse zusammenzufassen

Auswirkungen der Krise auf Unternehmensbewertungen

Das Bewertungsverfahren

Prinzipiell stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung, um den Unternehmenswert als Barwert der zukünftigen Einzahlungsüberschüsse zu berechnen. Um Platz zu sparen und sich auf die wesentlichen Gedanken zu konzentrieren, wird im Folgenden nur noch das so genannte Flow to Equity-Verfahren betrachtet. Bei diesem wird nur der Wert des Eigenkapitals ermittelt, in dem die den Eigenkapitalgeber zur Verfügung stehenden zukünftigen Zahlungsüberschüsse mit den so genannten Eigenkapitalkosten diskontiert werden.

Dabei ist zum einen zu beachten, dass der Zahlungsstrom an die Eigenkapitalgeber sich als Residuum des von der Unternehmung erwirtschafteten Einzahlungsüberschusses nach Abzug der Zahlungen an die Fremdkapitalgeber ergibt. Um diesen Zahlungsstrom zu ermitteln, müssen also zunächst die zukünftigen Zahlungen an die Fremdkapitalgeber geschätzt werden.

Zum anderen ist zu beachten, dass die Fremdkapitalzinszahlungen von der steuerlichen Bemessungsgrundlage abgezogen werden können und somit die Steuerlast des Unternehmens senken. Diese Steuerersparnis aufgrund von Fremdkapitalzinszahlungen wird als Tax Shield bezeichnet. Da die Fremdkapitalgeber nur ihre Zinszahlungen erhalten, kommt das Tax Shield diesen nicht zu gute, sondern erhöht die den Eigenkapitalgebern



zufließende Residualzahlung. Somit ergibt sich die erwartete Zahlung an die Eigenkapitalgeber, CF^E , aus den Einzahlungsüberschüssen der gesamten Unternehmung, CF^U , abzüglich den Zahlungen an die Fremdkapitalgeber, CF^F , und zuzüglich dem Tax Shield, CF^{TS} . Die Zahlungen an die Fremdkapitalgeber setzen sich dabei aus Zinszahlungen und der Nettotilgung zusammen. Unter den im folgenden Unterkapitel diskutierten Annahmen ergibt sich dann als Formel für die zur Diskontierung anzuwendenden Eigenkapitalkosten der Ausdruck¹:

$$r_t^{EK} = r^U + (r^U - i) \cdot \frac{FK_t - TS_t}{EK_t}$$

Dabei steht r^U für den risikoadäquaten Diskontierungszins der gesamten Unternehmung bei reiner Eigenfinanzierung, i ist der sichere Zins, FK_t und EK_t stehen für den Wert des Fremd- bzw. des Eigenkapitals im Zeitpunkt t . TS_t ist der Barwert der nach dem Zeitpunkt t noch erzielten Tax Shields.

Standardannahmen der Unternehmensbewertung

Die obige Formel für die Eigenkapitalkosten kann nur unter sehr spezifischen Annahmen angewendet werden. Sie unterstellt unter anderem, dass die Zahlungen an die Fremdkapitalgeber mit Sicherheit erfolgen werden. Die Fremdkapitalgeber tragen kein Ausfallrisiko und die zukünftig aufgenommenen Fremdkapitalvolumina und damit die Nettotilgungszahlungen sind mit Sicherheit bekannt.² Weiterhin wird unterstellt, dass die sicheren Zinszahlungen steuerlich immer in der Periode angesetzt werden können, in der diese anfallen. Dies setzt voraus, dass die steuerliche Bemessungsgrundlage nach Zinsverrechnung niemals negativ ist.

Es ist offensichtlich, dass diese Annahmen im Rahmen von Rezessionen äußerst kritisch zu betrachten sind. Gerade in Krisenzeiten tragen Banken erhebliche Ausfallrisiken – es sei hier nur an die Fälle Schäffler, Karstadt oder Hertie erinnert – und gleichzeitig weisen die Unternehmen Verluste aus, so dass die Zinszahlungen nicht periodengerecht geltend gemacht werden können.³

Die Kapitalkosten bei ausfallgefährdetem Fremdkapital und mit Verlustvorträgen

Somit ist in Zeiten der Krise die Anwendung einer Eigenkapitalkostenformel notwendig, die ausfallgefährdetes Fremdkapital berücksichtigt und der Tatsache Rechnung trägt, dass das Tax Shield unsicher ist. Es resultiert die folgende Formel:

$$r_t^{EK} = r^U + (r^U - r^{FK}) \cdot \frac{FK_t}{EK_t} - (r^U - r^{TS}) \cdot \frac{TS_t}{EK_t}$$

Im Gegensatz zu Formel (1) steht nun in der Klammer im zweiten und dritten Term nicht mehr der sichere Zins als Abzugsgröße, sondern einmal der risikoadäquate Diskontierungszins für die Zahlungen an die Fremdkapitalgeber r^{FK} und der risikoadäquate Diskontierungszins für die zukünftigen Steuerersparnisse aus Fremdkapitalzinszahlungen r^{TS} . Dabei wird unterstellt, dass diese Zinsen im Zeitablauf konstant sind. Durch die Substitution von i durch r^{FK} wird dem Ausfallrisiko der Fremdkapitalgeber Rechnung getragen. Dieses führt dazu, dass diese einen Fremdkapitalzins verlangen, der größer als der sichere Zins i ist, da nun auch eine Risikoprämie eingepreist ist. Es gilt also $r^{FK} > i$. Ebenso sind in Krisenzeiten auch die Tax Shields – wie oben bereits erläutert – keine sicheren Steuerersparnisse mehr und werden ebenfalls mit einem risikoadäquaten Zinssatz diskontiert, der über dem sicheren Zins liegen wird, $r^{TS} > i$.

Allerdings sind die Risiken, die die Zahlungen an die Fremdkapitalgeber und die Steuerersparnisse des Tax Shields determinieren, nicht identisch! Das Ausfallrisiko der Fremdkapitalgeber besteht im Insolvenzrisiko der Unternehmung. Dies ist das Risiko, dass die vereinbarten Zins- und Tilgungszahlungen nicht vereinbarungsgemäß geleistet werden können. Ob sich dieses Risiko materialisiert, hängt von der Liquidität der Unternehmung ab. Wenn die Zinszahlungen nicht gezahlt werden können, führt dies natürlich auch dazu, dass die Unternehmung kein Tax Shield erzielt. Insofern ähneln sich auf den ersten Blick die Risiken von Fremdkapitalzahlungen und Tax Shields. In das Risiko des Tax Shields fließt nun aber noch zusätzlich das Risiko ein, dass die Zinsen zwar gezahlt werden, aufgrund fehlender Gewinne einer Periode aber nicht verrechnet werden können und somit ebenfalls kein Tax Shield erzielen. Gleichzeitig wird das Ergebnis vor Zinsen, Steuern und Abschreibungen, das EBITDA, in Krisenzeiten relativ niedrig sein, was das Greifen der Zinsschranke nach §4h EStG und §8a KStG wahrscheinlicher macht. Diese Zinsschranke schränkt die Verrechnungsmöglichkeiten von Fremdkapitalzinsen weiter ein und macht den Zahlungsstrom aus dem Tax Shield riskanter. Ein weiteres wichtiges Risiko, welches nur das Tax Shield und nicht die Fremdkapitalzahlungen betrifft, ist die Unsicherheit über die zukünftigen Steuersätze, die die Höhe der Steuerersparnis ebenfalls beeinflussen.

Je höher der Steuersatz, desto größer ist die Steuerersparnis. Die Gesetzgebung – insbesondere zur Unternehmenssteuer – ist in den letzten Jahren so volatil geworden, dass dies im Gegensatz zur Vergangenheit ein materielles Risiko darstellt. Weiterhin besteht die Gefahr, dass zukünftig nicht die Fremdkapitalvolumina

aufgenommen werden, die ursprünglich geplant waren. Während dies für die Zahlungen an die alten Fremdkapitalgeber vorteilhaft ist, da die Zahlungsverpflichtungen niedrig gehalten werden, ist dies für das Tax Shield negativ, da die Zinszahlungsvolumina sinken.

Diese Diskussion hat verdeutlicht, dass das Tax Shield deutlich mehr Risiken unterliegt als die Zahlungen an die Fremdkapitalgeber. Entsprechend sind dessen Zahlungen mit einem höheren risikoadäquaten Zins zu diskontieren als die Zahlungen an die Fremdkapitalgeber und es gilt $r^{TS} > r^{FK}$. Gleichzeitig ist nicht davon auszugehen, dass das Tax Shield ein größeres bewertungsrelevantes Risiko aufweist als das Unternehmen selber, so dass $r^{TS} < r^U$ gelten wird.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde diskutiert, dass in Krisenzeiten die Zahlungen an die Fremdkapitalgeber ebenso wie die Steuerersparnisse aus Zinszahlungen unsicher sind. Dies steht entgegen den Standardannahmen sicherer Fremdkapitalzahlungen und sicherer Steuerersparnisse, die im Rahmen von Unternehmensbewertungen unterstellt werden. Deshalb wurde eine neue Gleichung für die Eigenkapitalkosten präsentiert, die dem ausfallgefährdetem Fremdkapital wie auch dem Risiko der Steuerersparnisse Rechnung trägt. Es zeigt sich dabei, dass das Risiko der Steuerersparnisse deutlich größer sein wird als das Risiko der Zahlungen an die Fremdkapitalgeber.

Für die Praxis bedeuten diese Überlegungen, dass bei der Anwendung der Flow to Equity-Methode im Rahmen einer Unternehmensbewertung die obige Formel (2) in Krisenzeiten wesentlich bessere Unternehmenswerte liefert als die auf inadäquaten Annahmen aufbauende Gleichung.



chung (1). Sofern man an rationale Kapitalmärkte glaubt, kann man für r^{FK} die tatsächlichen Zinssätze ansetzen, die aktuell von Fremdkapitalgebern für neues Fremdkapital der Unternehmung verlangt werden. Diese sollten eine marktangemessene Risikoprämie für das Ausfallrisiko beinhalten. Der risikoadäquate Zinssatz für das Tax Shield sollte deutlich über diesem Fremdkapitalkostensatz liegen und gleichzeitig deutlich unter dem risikoadäquaten Diskontierungszins der rein eigenfinanzierten Unternehmung. Welche Höhe er genau annimmt kann nicht allgemeingültig festgelegt werden, sondern verlangt eine Einzelfallbetrachtung oder aber weitere Annahmen über das Verhalten der steuerlichen Bemessungsgrundlage und der Steuersätze. Dies ist der Ansatzpunkt für weitere Forschungen im Fachbereich Wirtschaft der Fachhochschule Trier.

Literaturverzeichnis

- Inselbag, I. und H. Kaufhold (1997): Two DCF Approaches for Valuing Companies under Alternative Financing Strategies, in: Journal of Applied Corporate Finance, 10. Jg. (1997), S. 114-122.
- Miles, J.A. und J.R. Ezzell (1980): The Weighted Average Cost of Capital, Perfect Capital Markets, and Project Life: A Clarification, in: Journal of Financial and Quantitative Analysis, Vol. 15, S. 719-730.
- Rapp, M.S. (2006): Die arbitragefreie Adjustierung von Diskontierungssätzen bei einfacher Gewinnsteuer, in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung – zbf, Vol. 58, S. 771-806

- ¹ Vgl. Inselbag/Kaufhold (1997), S. 118.
- ² Miles/Ezzell (1980) untersuchen den Spezialfall, dass die zukünftigen Nettotilgungszahlungen unsicher sind, da diese in ihrem Modell fest an den zukünftigen Unternehmenswert gebunden sind. Um dann eine Eigenkapitalkostengleichung herzuleiten werden aber weitere Annahmen benötigt, die in der Regel nicht erfüllt sein werden (vgl. Rapp, 2006, S. 779ff), so dass dieser Spezialfall hier nicht weiter betrachtet wird.
- ³ Auf die Betrachtung von Verlustrückträgen sei hier verzichtet.

Kontakt:

Prof. Dr. Felix Streitferdt
Fachbereich Wirtschaft
f. streitferdt@fh-trier.de

Qualifikation von Mitgliedern der Aufsichtsgremien öffentlicher Unternehmen

Prof. Dr. Jochen Struwe

Gesamtziel des Vorhabens

Die Gesellschaft ist in der Pflicht, ihren Vertretern in den Aufsichtsorganen öffentlicher (zumeist kommunaler) Unternehmen die Qualifikationen zu verschaffen, die nötig sind, damit diese ihre

-
- politischen (Art. 28 Abs. 2 GG),
- gesellschaftsrechtlichen (HGB, AktG, GmbHG, Kommunalverfassungen, Eigenbetriebsgesetze der Länder),
- volkswirtschaftlichen (§ 1 i. V. m. § 16 StWG) und
- betriebswirtschaftlichen („Sicherung der stetigen Erfüllung der Aufgaben“) Verantwortlichkeiten wahrnehmen können.

Mit diesem Ziel soll in Zusammenarbeit mit geeigneten Fachgebieten, Verbänden, Behörden und Unternehmen ein Kompetenzzentrum aufgebaut werden, das den (kommunal)politischen Vertretern in den Aufsichtsgremien das notwendige

- formal-methodische,
- materiell-inhaltliche und
- soziale

Rüstzeug vermittelt. Der Deutsche Corporate Governance Kodex, der allen Unternehmen zur Anwendung empfohlen wird, fordert denn auch in diesem Sinn: „Bei Vorschlägen zur Wahl von Aufsichtsratsmitgliedern soll darauf geachtet werden, dass dem Aufsichtsrat jederzeit Mitglieder angehören, die über die zur ordnungsgemäßen Wahrnehmung der Aufgaben erforderlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und fachlichen Erfahrungen verfügen und hinreichend unabhängig sind.“ Es ist kein Grund erkennbar, warum

dies nicht auch und gerade für im öffentlichen Eigentum befindliche Unternehmen gelten sollte.

Politische Aktivität und ehrenamtliches Engagement – die auch in anderen Bereichen dringend professionalisiert werden müssten, wenn diese Vorleistung bezahlt werden könnte – würden durch die wissenschaftlich abgesicherte, praxisnahe Weiterbildung und Beratung an Attraktivität und Nachhaltigkeit gewinnen.

Die nach ihrer Weiterbildung sachkundigeren (Kommunal-)Politiker würden erstmals zum gleichwertigen „Sparringpartner“ der hauptamtlichen Unternehmensführungen; Entscheidungen würden sachgerechter und damit wirtschaftlicher fallen, die öffentlichen Haushalte und damit letztlich die Abgabepflichtigen entsprechend entlastet. Eine bessere und vor allem kurzfristig realisierbare Rendite ist bei kaum einer anderen Qualifizierung zu erzielen.

Hinsichtlich der Verwertung der Arbeitsergebnisse wird angestrebt, dass ein während der Projektlaufzeit zu errichtendes Kompetenzzentrum „Politische Führung öffentlicher Unternehmen“ Arbeits- und Lehrmaterialien sowie Tagesseminare entwickelt und anbietet, Aufsichtsgremien und deren Mitglieder entsprechend berät und sich nach einer Einführungsphase am Markt wirtschaftlich selbst trägt.

Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele des Vorhabens

Das Projekt verfolgt im Wesentlichen zwei Ziele:

- Es sollen im Verlauf des Vorhabens Arbeits- und Lehrmittel erarbeitet werden, die es den zumeist ehrenamtlichen und fast



immer nebenberuflichen Vertretern in den Aufsichtsorganen öffentlicher Unternehmen ermöglichen, sich im Selbststudium auf ihre umfangreichen politischen, rechtlichen, wirtschaftlichen und technischen Aufgaben vorzubereiten. Diese Lehrmittel sollen möglichst auf das Internet gestützt sein und durch das zu errichtende Kompetenzzentrum „Politische Führung öffentlicher Unternehmen“ aktuell gehalten werden.

- Gleichzeitig soll der Grundstein für ein Kompetenzzentrum „Politische Führung öffentlicher Unternehmen“ gelegt werden, das als sachverständiger und objektiver Ansprechpartner für die immer größer werdende Zahl von Vertretern in den Aufsichtsorganen dauerhaft zur Verfügung steht. Das Kompetenzzentrum soll sich nach Beendigung des Forschungsvorhabens durch entsprechende Beratungs- und Trainingsleistungen wirtschaftlich selbst tragen.

Die in dem Projekt durchgeführte Forschung und Entwicklung erschließt einen Markt, der aufgrund seiner Komplexität bisher nicht im Fokus privater Dienstleister steht und der dringend wissenschaftlich fundierte Beratung benötigt. Zehntausende von ehrenamtlichen Politikern treffen tagtäglich für die (kommunalen) Gebietskörperschaften und ihre Unternehmen weit reichende Entscheidungen, die, denkt man bspw. nur an die Abfallwirtschaft oder die Wasserver- und -entsorgung oder an die Finanzierung dieser Entscheidungen, noch künftige Generationen binden.

Ausgangslage

Die gut 12.000 deutschen Gemeinden und Gemeindeverbände werden von einer sechsstelligen Zahl ehrenamtlicher Kommunalpolitiker

regiert. Allein über die Haushalte ihrer Gebietskörperschaften entscheiden diese Kommunalpolitiker alljährlich über Investitionen und konsumtive Ausgaben in dreistelliger Milliardenhöhe. Im Zuge der Umsetzung Neuer Steuerungsmodelle werden immer häufiger wirtschaftliche Aktivitäten in kommunale Eigenbetriebe und Eigengesellschaften wie

- Stadtwerke (Strom, Gas, Wasser, Abwasser),
- Betriebe der Abfallwirtschaft (Einsammlung, Verwertung, Beseitigung),
- Verkehrsbetriebe (ÖPNV, Regionalverkehr),
- Krankenhäuser und Pflegeeinrichtungen,
- Sozialbetriebe (Altenheime, Hospize, Kinderkrippen, -gärten, -horte),
- Kulturbetriebe (Theater, Museen, Büchereien, Musikschulen),
- Sport- und Freizeitbetriebe (Sporthallen, Sportplätze, Schwimmbäder) oder
- Hilfsbetriebe (Bauhöfe, Straßenmeistereien)

ausgelagert. Dabei kommt es immer häufiger vor, dass in diesen Unternehmen ein höherer Jahresumsatz getätigt wird als im Haushalt der Gebietskörperschaft selbst ausgewiesen ist. Auch diese Unternehmen werden von Betriebskommissionen, Werkausschüssen oder Aufsichtsräten beraten und kontrolliert, in denen ehrenamtliche Politiker die Mehrheit haben.

Die wenigsten Mitglieder der Aufsichtsgremien solcher Unternehmen – z. B. ehrenamtliche Kreistagsabgeordnete und Stadtverordnete, Bürgermeister und Stadträte, so genannte Sachverständige Bürger – haben die fachliche Qualifikation, um den in diesen Aufsichtsgremien wahrzunehmenden Aufgaben formal, insbesondere aber materiell gerecht werden zu können. Dies ist in zweifacher Hinsicht bedenklich:

Erstens können diese Politiker ihren zentralen Aufgaben, nämlich Raten, Entscheiden und Überwachen, mangels ausreichender Kenntnisse faktisch nicht nachkommen. Unmittelbare Folge sind neben an sich schon problematischen Demokratieverlusten wirtschaftliche Fehlentscheidungen, die sich jährlich zu Milliardenbeträgen addieren (ein Blick in die Berichte der Rechnungshöfe oder die Schwarzbücher des Bundes der Steuerzahler reicht zur Bestätigung dieser Aussage).

Zweitens haften diese Politiker bei grob fahrlässigen Fehlentscheidungen zivil- wie strafrechtlich. Alle Parteien beklagen mit Recht, dass es immer schwieriger wird, Nachwuchskräfte für die Übernahme von Verantwortung gerade auf kommunaler Ebene zu gewinnen. Gleichzeitig wird die Verweildauer in den Parlamenten und damit die Zeit, Erfahrung zu gewinnen, immer kürzer. Ein Grund für mangelndes Engagement ist die Unsicherheit über die damit verbundenen Risiken.

Alternative Lösungen zu unserem Forschungsvorhaben existieren nach unserem Kenntnisstand nicht. Dass durch das Forschungsvorhaben ein offensichtlicher Bedarf befriedigt werden kann, zeigt allein schon die überraschend hohe Kooperationsbereitschaft der angesprochenen Verbände und Unternehmen.

Zwar bieten die Parteistiftungen oder auch die kommunalen Spitzenverbände vereinzelt Seminare an, die sich insbesondere mit einzelnen Rechtsfragen des öffentlichen Wirtschaftens auseinandersetzen. Diese Seminare richten sich jedoch oft nur an die Hauptamtlichen (Landräte, Bürgermeister, Verwaltungsmitarbeiter), erstrecken sich oft nur über einen Tag und blenden volks- wie betriebswirtschaftliche oder technische Fragestellungen in aller Regel aus.

Ein in sich geschlossenes, stimmiges, wissenschaftlich fundiertes und á jour gehaltenes Angebot gerade für die Entscheidungsträger in den Aufsichtsgremien fehlt in Deutschland.

Kooperationspartner

Das Fachgebiet hat bisher folgende Kooperationspartner gewonnen:

- Verband kommunaler Unternehmen VKU e. V., Köln
- Eigenbetrieb Stadtwerke Heppenheim
- Zweckverband Abfallwirtschaft Kreis Bergstraße, Lampertheim
- Ministerium der Finanzen Brandenburg, Potsdam
- KKV Kompetenzzentrum für Kommunales Umweltrecht, Birkenfeld
- ISS Institut für Softwaresysteme in Wirtschaft, Umwelt und Verwaltung, Birkenfeld

Darüber hinaus stehen zahlreiche weitere Ansprechpartner aus staatlichen wie kommunalen Parlamenten und Verwaltungen sowie Bundes-, Landes- und Kommunalbetrieben zur Verfügung.

Die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke e. V.“ als Projektträger des Bundesministeriums für Bildung und Forschung hat unser Forschungsprojekt mit Schreiben vom 04.08.2004 „zur Förderung empfohlen.“ Das Landesprogramm „Wissen schafft Zukunft II“ unterstützt seit dem Frühjahr 2009 das Projekt mit einer halben Mitarbeiterstelle.

Veröffentlichungen

Im Zuge der bisherigen Forschungen entstanden folgende Veröffentlichungen:

- Bürgeraktien – Ein Beitrag zur Finanzierung kommunaler Unternehmen?, in: ZögU Zeit-



schrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen Bd. 28, Heft 3, Baden-Baden 2005, S. 300 ff. (zusammen mit Claudio Petrucci)

- Public Corporate Governance – Effizientere Unternehmensführung in der kommunalen Daseinsvorsorge, in: Verwaltung und Management, 11. Jg., Heft 4, Baden-Baden 2005, S. 199 ff. (zusammen mit Mike Dietrich)
- Corporate Governance in der kommunalen Daseinsvorsorge – Effizientere Unternehmensführung bei öffentlichen Ver- und Entsorgern, in: ZögU Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen Bd. 29,

Heft 1, Baden-Baden 2006, S. 1 ff. (zusammen mit Mike Dietrich)

- Public Corporate Governance – Professionalisierung der ehrenamtlichen Mitglieder von Aufsichtsgremien öffentlicher Unternehmen, in: Michael von Hauff, Bülent Tarkan (Hrsg.), Nachhaltige kommunale Finanzpolitik für eine intergenerationelle Gerechtigkeit, Baden-Baden 2009, S. 83 ff.

Kontakt:

Prof. Dr. Jochen Struwe
Fachbereich Umweltwirtschaft/-recht
j.struwe@umwelt-campus.de

S. A. AGV A.G.

„Stoffstrommanagement als innovatives Instrument einer nachhaltigen Zukunftsgestaltung“

Prof. Dr. Klaus Helling,
Dekan des Fachbereichs Umweltwirtschaft/
Umweltrecht

Prof. Dr. Peter Heck,
Geschäftsführender Direktor des Instituts für
angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Begriffe und Ziele des Stoffstrommanagements

Die Knappheit von Ressourcen und der allgegenwärtige Trend hin zu einem nachhaltigen Klimaschutz begleiten uns mittlerweile sowohl durch den beruflichen als auch privaten Alltag. Immer extremere Wetterbedingungen, das Schmelzen der Polkappen und eine immer schneller fortschreitende Desertifikation sind akute Gefahren, welchen systematisch entgegen gewirkt werden muss. Der Menschheit an sich ist mittlerweile nur allzu bewusst, dass das System Erde an seinen Belastungsgrenzen angelangt ist und die Rohstoffe immer knapper und teurer werden. Viele Wissenschaftler und auch private Energiekonzerne haben Berechnungen erstellt, die zeigen, dass wir den sog. „peak oil“, d.h. den Punkt ab welchem die Erdölförderung ihr Maximum überschritten hat, erreicht haben. Hinzu kommen die Problembereiche der stetigen Bodenverschlechterung und -versiegelung, so dass der Natur immer weniger Rückzugsmöglichkeiten bleiben. Problematisch werden innerhalb der nächsten Jahre auch die Verfügbarkeit und der Zugang zu sauberem Trinkwasser. Es bestehen somit Aufgaben von globalem Ausmaß, die im betrieblichen, kommunalen und regionalen Kontext praktisch gelöst werden müssen. Das sogenannte Stoffstrommanagement bildet hier ein konkretes Werkzeug, im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung, die Aufgaben und Probleme praxisgerecht, nachhaltig und sinnvoll anzugehen.

Das Stoffstrommanagement entwickelte sich aus dem Nachhaltigkeitsprinzip, dessen Wurzeln in der Forstwirtschaft liegen. Basierend darauf begann in den frühen 70er Jahren des 20. Jahrhunderts die moderne Interpretation der nachhaltigen Entwicklung. Unter Führung des bekannten Wissenschaftlers Dennis L. Meadows veröffentlichten mehrere Wissenschaftler 1972 einen Bericht („Die Grenzen des Wachstums“), welcher bei dem Club of Rome eingereicht wurde, um somit auf die voranschreitende Verknappung lebensnotwendiger Ressourcen aufmerksam zu machen. Konsequenz dieses Berichtes war, dass 1972 erstmals eine Konferenz (United Nations Conference on the Environment) in Stockholm über die Umwelt des Menschen durchgeführt wurde. 1987 schließlich wurde der Brundtland-Bericht veröffentlicht, welcher erstmals den Begriff der Nachhaltigen Entwicklung und der Nachhaltigkeit definierte und in allgemeingültige Leitlinien umsetzte. Mit der 1992 durchgeführten Konferenz von Rio de Janeiro wurde aus dem Begriff der Nachhaltigkeit endgültig ein normatives und internationales Leitprinzip, welches auf dem Drei-Säulen-Prinzip (Ökologie, Ökonomie und soziale Gerechtigkeit) basiert.

In Deutschland hat die Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 12. Deutschen Bundestages das Stoffstrommanagement im Jahr 1994 allgemeingültig definiert: „Unter dem Management von Stoffströmen der beteiligten Akteure wird das zielorientierte, verantwortliche, ganzheitliche und effiziente Beeinflussen von Stoffsystemen verstanden, wobei die Zielvorgaben aus dem ökologischen und dem ökonomischen Bereich kommen, unter Berücksichtigung sozialer Aspekte.“

Stoffstrommanagement erfordert eine strategische Kooperation von Akteuren entlang der

Wirtschaft und Recht



Wertschöpfungskette in Betrieben und Regionen. Dabei werden vorhandene Ansätze der Ver- und Entsorgung, des Umweltmanagements und der Wirtschaftsförderung miteinander verknüpft. Ein weiterer sehr wichtiger Aspekt des Stoffstrommanagements ist das Bilden von regionalen Kooperationen und Netzwerken, welche einen erheblichen Anteil an einer nachhaltigen Perspektive bilden. So soll es beispielsweise auch Ziel sein, die globalen Stoffströme einzudämmen und regionale Potentiale zu nutzen, um somit eine konkrete regionale Wertschöpfung zu fördern. Die Abbildung 1 verdeutlicht dieses Prinzip.

ist es innerhalb von konkreten praxisorientierten Projekten im In- und Ausland regionale und betriebliche Stoffströme (Material- und Energieströme) nachhaltig zu optimieren, um somit eine nachhaltige Entwicklung voranzutreiben. Die interdisziplinäre Ausrichtung des Institutes vereint Professoren, Wissenschaftler, wissenschaftlichen Hilfskräfte und Studierende aus den verschiedensten Bereichen wie Ökologie, Wirtschaftswissenschaften, Verfahrenstechnik, Politik, Technik und Kommunikation.

Das IfaS wurde im Oktober 2001 von den Professoren Dr. Peter Heck, Dr. Klaus Helling, Dr. Alfons



Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) ist ein noch junges Institut, welches dem Umwelt-Campus Birkenfeld, Fachhochschule Trier, angegliedert ist. Zielsetzung des Instituts

Matheis und Dr.-Ing. Bottlinger am Umwelt-Campus in Birkenfeld gegründet. Die Bereiche Wirtschaft, Politik, Ökologie, Technik und Kommunikation wurden durch diese Professoren bereits abgedeckt. Professor Dr. habil. Dirk Löhr, Inhaber der Professur Ökologische Ökonomie und



Wirtschaft und Recht

Steuern ergänzt seit 2003 das IfaS und Professor Dr. Klaus Rick, Bereich Nachhaltige Unternehmensführung stieß 2004 zum IfaS hinzu. Erneute Verstärkung bekam das Team des IfaS 2009 mit Frau Professorin Dr.-Ing. Susanne Hartard, die den innovativen Bereich der Industrial Ecology abdeckt.

Der intelligente, ressourceneffiziente Umgang mit Stoff- und Energieströmen ist das Rückgrat einer nachhaltigen Gesellschaft. In der Philosophie des IfaS ist die Optimierung der Stoff- und Energieströme weniger eine technische Herausforderung als vielmehr eine Frage des Managements.

Die fundierte Analyse der Ist-Situation, der Aufbau von Akteursnetzwerken zur Lösungsfindung, die innovative Kombination neuer und bewährter Technologien sowie die Entwicklung innovativer Finanzierungsinstrumente bilden daher die Arbeitsschwerpunkte des IfaS. Seit dem Jahr 2005 ist das IfaS offiziell anerkanntes Kompetenzzentrum für Stoffstrommanagement des Landes Rheinland-Pfalz.

Unter Leitung des geschäftsführenden Direktors Prof. Dr. Peter Heck kann das IfaS auf eine beständige Steigerung der Drittmittel und Mitarbeiteranzahl zurückblicken. Die steigenden Zahlen sind auch ein Zeichen dafür, dass das Empfinden der Bevölkerung und der Industrie immer mehr in Richtung Nachhaltigkeit geht

und dass das IfaS für innovatives Know-How und Kompetenz im Bereich des Stoffstrommanagements steht. Die nachfolgenden Grafiken verdeutlichen das dynamische Wachstum des Instituts, das mittlerweile mit Abstand das größte In-Institut an Fachhochschulen in Rheinland-Pfalz ist.

Innovative Ideen und Projekte des IfaS

Dass Stoffstrommanagement nicht nur ein theoretischer Ansatz ist, beweist das IfaS durch aktive Ausführung und Teilnahme an den ver-





schiedensten Projekten im In- und Ausland. Das Institut betreut mittlerweile Projekte auf internationaler Ebene in über 20 Ländern. Um aber auch dem Anspruch der regionalen Wertschöpfung, und somit auch dem Anspruch der nachhaltigen Entwicklung von Regionen gerecht zu werden, ist das IfaS Kooperationspartner und Initiator einer wachsenden Anzahl von Projekten auf Bundes-, Landes-, Kommunal- und betrieblicher Ebene. Die aktuelle Projektliste des Instituts umfasst derzeit mehr als 50 laufende Forschungsprojekte. Neben der Forschung hat das IfaS ein umfangreiches Weiterbildungsangebot entwickelt. Die Masterstudiengänge im Themenfeld International Material Flow Management (IMAT) werden in englischer Sprache für Studierende aus dem In- und Ausland angeboten. Neben dem Master of Science Studiengang in Birkenfeld gibt es Doppelabschlüsse in Zusammenarbeit mit der japanischen Asia Pacific University in Beppu und der türkischen Akdeniz-Universität in Antalya. Darüber hinaus bietet das IfaS spezifische Schulungen für Fach- und Führungskräfte und Summer Schools für Studierende im Bereich des Stoffstrommanagements an. Die Organisation von Tagungen rundet das Weiterbildungsangebot des IfaS ab. Besonders hervorzuheben sind hier die Biomassetagung, die Solartagung, die PIUS-Workshops und der Tag der Umwelttechnik, die das IfaS mit wachsenden Teilnehmerzahlen jährlich ausrichtet.

Die Null-Emission-Strategie

Die Vision „Null-Emission“ ist eine konzeptionelle Basis der Arbeit des IfaS und steht für die permanente Optimierung und andauernde Suche nach Suffizienz und Effizienz. Die einzelnen Systeme wie Wasser, Abwasser, Abfall, Energie etc. werden synergetisch und systemisch analysiert und

vernetzt optimiert. Schritt für Schritt wird sich so dem Ziel „Null-Emission“ angenähert. Der Grundgedanke einer „Null-Emissions-Strategie“ ist die vollständige Schließung von Stoff- und Energiekreisläufen. Die Optimierung und Neugestaltung von Stoff- und Energiekreisläufen muss alle Ebenen und Sektoren des Wirtschaftssystems umfassen, angefangen von den Produkten und dem Produktdesign über die Unternehmen bis hin zu den Städten, Gemeinden und Regionen. Erst die ganzheitliche Betrachtung eines Systems unter Einbeziehung aller Akteure (Unternehmen, Haushalte, Öffentliche Hand, Land- und Forstwirtschaft etc.) ermöglicht die Nutzung aller Synergie- und Gestaltungsmöglichkeiten. Die erste konkrete Umsetzung der Null-Emissions-Strategie durch das IfaS erfolgte im Projekt „Zero-Emission-Village“ in der Verbandsgemeinde Weilerbach. Global denken, lokal handeln - dieser Leitgedanke der nachhaltigen Entwicklung war einer der Auslöser für das Projekt „Zero-Emission-Village Weilerbach“ (ZEV). Die westpfälzische Verbandsgemeinde (VG) Weilerbach entwickelte gemeinsam mit dem Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) und der Landeszentrale für Umweltaufklärung (LZU) des Ministeriums für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz (MUF) im Jahr 2001 die Idee einer möglichst CO₂-neutralen Energieversorgung für die gesamte Verbandsgemeinde Weilerbach. Durch die Optimierung der Stoffströme in der Region und die effiziente Nutzung regionaler Ressourcen sollte so nicht nur ein Beitrag zum globalen Klimaschutz erfolgen, sondern gleichzeitig auch eine Erhöhung der Wertschöpfung in der Region realisiert werden.

Die vom März 2001 bis Juni 2003 durch das IfaS durchgeführte Initialstudie zeigte, dass eine CO₂-neutrale, 100% regenerative Versorgung

der 14.700 Einwohner (6.850 Haushalte) der Verbandsgemeinde durch die regenerativen Energiepotentiale der Region und durch die ermittelten Potentiale zur Energieeinsparung möglich ist. Bereits während der Studie wurde daher mit der praktischen Umsetzung begonnen. Unterstützt durch eine intensive Öffentlichkeitsarbeit und durch die Vernetzung der regionalen Akteure (Verbandsgemeinde, Energieversorger, Landwirte, Privatpersonen etc.) wurden so seit Projektbeginn im Jahr 2001 vielfältige Projekte entwickelt und umgesetzt. Bis heute sind u.a. folgende Maßnahmen realisiert: 5 Windkraftanlagen (5 x 2 MW), 4 Nahwärmenetze (für mehr als 350 Wohneinheiten) auf Biomassebasis, mehr als 50 Kleinfeuerungen (Pellets, Holzhackschnitzel, Scheitholz) in privaten Haushalten, über 100 PV-Anlagen mit einer Leistung von ca. 650 kWp, 250 Solarthermieanlagen mit einer Kollektorfläche von über 2.200 m² und die energetische Sanierung aller Grundschulen mit einer durchschnittlichen Heizenergie-Einsparung von 50%. Bisher wurden durch diese und weitere Maßnahmen mehr als 25 Millionen € in der Verbandsgemeinde investiert.

Aufbauend auf den bisherigen Erfolgen, verfolgt die Verbandsgemeinde Weilerbach einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess. Dies bedeutet, nicht die kurzfristigen Erfolge stehen im Vordergrund, sondern die ständige und dauerhafte Optimierung der Stoffströme hin zum Ziel „Zero-Emission.“ Dies zeigt auch die Planung zahlreicher weiterer, aufeinander abgestimmter Projekte, wie z.B. die Überprüfung einer Biogasanlage, die Planung weiterer Nahwärmenetze oder die Ausweitung der Photovoltaiknutzung. Begleitet werden diese Planungen durch zahlreiche Einzelinitiativen bis hin zu Existenzgründungen, wie z.B. die Gründung eines Bioenergiehofs zur Ener-

giebereitstellung aus Forst- und Landwirtschaft. Das Projekt „Zero-Emission-Village Weilerbach“ ist daher mehr als nur die Summe verschiedener Einzelprojekte. Vielmehr ist es ein ganzheitliches, langfristiges Konzept zur optimierten Nutzung aller Ressourcen innerhalb einer Region. Der Erfolg des Konzepts zeigt sich nicht nur in der Übertragung der Idee auf den Landkreis Kaiserslautern, sondern mittlerweile in mehr als 20 Projekten zum kommunalen Stoffstrommanagement in Rheinland-Pfalz. Die nationale Klimaschutzinitiative der Bundesregierung bietet für das IfaS hervorragende Möglichkeiten zur Umsetzung der Null-Emissionsstrategie in weiteren Gebietskörperschaften in Deutschland. Zurzeit laufen IfaS-Projekte der Klimaschutzinitiative in der Gemeinde Nalbach im Saarland, im Landkreis Cochem-Zell und in der Verbandsgemeinde Enkenbach-Alsenborn in Rheinland-Pfalz, im Landkreis Neckar-Odenwald in Baden-Württemberg und im Landkreis Barnim in Brandenburg.

Internationale Projekte – Praxisbeispiel Marga-Marga / Chile

Das IfaS betreut mittlerweile internationale Projekte in über 20 Ländern. Neben Aktivitäten in vielen europäischen Nachbarländern gibt es große Projekte in Asien, Südamerika und Nordafrika. Eine gelungene Kombination aus Exportförderung und Bildung bietet hier das Praxisbeispiel zum Aufbau einer klimaverträglichen Abfallwirtschaft Marga-Marga in Chile. Der ehemalige chilenische IMAT-Student Dipl.-Ing. Bernardo Muñoz stieß das Projekt in seinem Heimatland noch während des Studiums an. Nach dem Studienabschluss konnte das Projekt über eine Machbarkeitsstudie bis hin zur Finanzierung der Projektumsetzung durch das IfaS in Kooperation mit dem ehemaligen Studierenden



entwickelt werden. Bei der anstehenden Realisierung werden insbesondere deutsche und rheinland-pfälzische Unternehmen Aufträge aus dem Projekt heraus generieren können. Eine kurze Projektbeschreibung soll den im Projekt verfolgten Ansatz verdeutlichen. Die Vermeidung von Methanemissionen aus der Deponierung unbehandelter Abfälle sowie die Gewinnung von Energie (z.B. aus der Vergärung organischer Anteile im Abfall) können einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Das Aussortieren und Verwerten von Sekundärrohstoffen aus Abfällen senkt zudem den Bedarf an Rohstoffen und trägt somit ebenfalls zum Ressourcenschutz bei. Für die wachsende chilenische Wirtschaft gewinnen Energie- und Ressourceneinsparung zunehmend an Bedeutung und politischer Priorität.

Ziel des Projekts ist die Einführung einer nachhaltigen Abfallwirtschaft mit stofflicher und energetischer Verwertung der Siedlungsabfälle im Kommunalverband Marga-Marga, Region Valparaíso. Hierfür soll als Modellprojekt ein Behandlungszentrum für ca. 100.000 t/a Siedlungsabfälle errichtet werden. Vorgesehen ist der Bau einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlungs-(MBA) sowie einer Vergärungsanlage, die neben Biogas als Energiequelle auch hochwertigen Dünger liefern soll. Darüber hinaus entsteht ein Schulungszentrum für Fachleute und Entscheidungsträger, das den Technologie- und Wissenstransfer in andere Landesteile ermöglichen soll. Neben dem positiven Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz wird die lokale Wertschöpfung gestärkt und die Entwicklung neuer Märkte für Sekundärrohstoffe und erneuerbare Energien angestoßen. Außerdem sind weitere positive Umwelteffekte wie die Reduzierung des Flächenbedarfs für Deponien sowie der Grundwasser-

und Bodenschutz zu erwarten. Das Vorhaben ist ein Modellprojekt für die Entwicklung einer nachhaltigen Abfallwirtschaft in Chile und kann landesweit, aber auch über die Landesgrenzen hinaus repliziert werden. Gefördert wird das Projekt im Rahmen der Internationalen Klimaschutzinitiative durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages.

Weitere internationale Projekte analysieren z.B. die Abwassernutzung zur Bewässerung arider Gebiete in Ägypten, die Nutzung von Biomasse und landwirtschaftlichen Reststoffen in Marokko oder das Recycling organischer Reststoffe in China.

EU-Projekte – Praxisbeispiel SEMS

Ein mittlerweile wichtiges Standbein für die Finanzierung des IfaS ist die Akquisition von EU geförderten Projekten. Das IfaS wurde mit der Durchführung zahlreicher Projekte auf EU-Ebene betraut oder hat bei den Projekten maßgeblich mitgearbeitet. Zu nennen sind hier u.a. ProGras (Grasraffinerie), Sollet (Solarunterstützte Holzpellettheizung), Rubin (Nachhaltige Umsetzung von Biomassenutzung), RECORA (Erneuerbare Energien in ländlichen Gebieten) und Enercom (Polyvalente Nutzung von Klärschlamm und Grünschnitt). Beispielhaft für die EU-Projekte des IfaS soll im Folgenden das Projekt SEMS (Sustainable Energy Management Systems) aus dem 6. Forschungsrahmenprogramm vorgestellt werden, das in verschiedener Hinsicht von besonderer Dimension ist: Das Tool Stoffstrommanagement wird im Laufe von fünf Jahren in vier europäischen Kommunen in Deutschland (Verbandsgemeinde Weilerbach), Österreich, Luxemburg und Polen angewandt, weiterentwickelt und vertieft

werden. Das große, 24 Mitglieder umfassende Konsortium beinhaltet drei Energieversorger (u.a. Pfalzwerke AG) und sechs KMU, acht kommunale Verwaltungskörper, vier Forschungs- und Bildungsinstitutionen u.a.. Auch die Ziele sind entsprechend hoch gesteckt: eine Vermeidung von 94.000 t CO₂/a und eine Einsparung von 300 GWh/a Endenergie von fossilen Energieträgern; und mit einem Zuschuss von rd. 6,4 Mio. € soll eine Investition von insgesamt über 40 Mio. € ausgelöst werden.

Projekte auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene

Neben den in Abschnitt 3.2 vorgestellten kommunalen Projekten im Bereich „Null-Emission“ werden durch das IfaS zahlreiche weitere Projekte im Auftrag verschiedener Ministerien auf Bundes- und Landesebene durchgeführt, von denen hier einige wichtige Projekte exemplarisch aufgeführt werden sollen.

Auf der Bundesebene ist hier insbesondere das vom BMELV geförderte Projekt ELKE zu nennen, das sich mit der Etablierung einer extensiven Landnutzungsstrategie auf der Grundlage einer Flexibilisierung des Kompensationsinstrumentariums der Eingriffsregelung beschäftigt. Darin werden Fragestellungen des „angewandten Naturschutzes“, „Nachwachsender Rohstoffe“ sowie des „Flächenverlustes durch Ausgleich und Ersatz“ aufgegriffen, konzeptionell miteinander verbunden und im Rahmen von Praxisprojekten untersucht. Darüber hinaus soll beispielhaft noch das vom BMBF geförderte Modellprojekte „Zero Emission Park“ zur Entwicklung nachhaltiger Industrie- und Gewerbegebiete herausgegriffen werden. „Zero Emission Park“ ist dabei als Verbundprojekt angelegt: Wissenschaftler und Experten von verschiedenen Hochschulen

arbeiten mit den lokalen Akteuren wie Unternehmen, Kammern, Verwaltungen sowie Anwohnern zusammen. An vier Standorten wird ein muster-gültiger Entwicklungsprozess in Richtung nachhaltiger - ökologischer, ökonomischer und sozialer - Kriterien eingeleitet und begonnen, darunter in: Bottrop, Bremen, Eberswalde und Kaiserslautern. Das Land Rheinland-Pfalz, und hier insbesondere das Umwelt- und das Wirtschaftsministerium zu nennen. Die vom Umweltministerium beauftragte Biomassepotentialstudie war das erste größere Projekt des IfaS im Jahr 2001.

Seither gibt vielfältige gemeinsame Projekte im Auftrag des Umweltministeriums im Bereich von Erneuerbaren Energien und des regionalen Stoffstrommanagements. Das Kompetenznetzwerk Umwelttechnik Rheinland-Pfalz wurde am 11. Juni 2002 vom Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz und dem IfaS gegründet. Die Initiative will gezielt den Informations- und Kooperationsbedürfnissen der kleinen und mittleren Unternehmen der Umwelttechnikbranche in Rheinland-Pfalz Rechnung tragen. Die Stärkung des brancheninternen Dialogs und die Bildung von KMU-Netzwerken (Branchen-Cluster) sind wesentliche Elemente, die notwendig sind, um gemeinsam auf nationalen und internationalen Märkte erfolgreich zu agieren. Ein Beispiel für die erfolgreiche Arbeit des Kompetenznetzwerks ist das bereits beschriebene Projekt in Marga Marga in Chile.

Die vielfältigen Projekte mündeten u.a. in der Erarbeitung der mittlerweile in drei Sprachen erhältlichen Broschüre „Kreislaufwirtschaftsland Rheinland-Pfalz“, die gemeinsam vom Umwelt- und vom Wirtschaftsministerium herausgegeben wurde.



Betriebliches Stoffstrommanagement

Einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Optimierung von Stoff- und Energieströmen muss von den Unternehmen ausgehen. IfaS bietet Unternehmen Beratungskompetenz zur Steigerung der Material- und Energieeffizienz sowie im Bereich des betrieblichen Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements an. Zur Veranschaulichung der Vorgehensweise soll ein EffCheck-Projekt bei der Firma Bungert in Wittlich dienen. Unter der Bezeichnung „EffCheck - PIUS Analysen in Rheinland-Pfalz“ sollen jährlich bis zu 30 Betriebe - insbesondere mittelständische Unternehmen - die Möglichkeit erhalten, durch einen EffCheck ihre Produktion von einem Beratungsunternehmen ihres Vertrauens auf Kosteneinsparpotentiale hin überprüfen zu lassen. Das Land Rheinland-Pfalz übernimmt für jeden EffCheck maximal 70 % der Beratungskosten bis zu einem Höchstbetrag von 4.500,- €. Die durch den EffCheck in den Bereichen Energie, Wasser, Material, Emission und Abfall ermittelten Einsparpotenziale dienen dem Unternehmen als Grundlage für die Umsetzung von betrieblichen Maßnahmen. Erste Ergebnisse aus dem EffCheck zeigen eindrucksvoll, welche Potentiale in Unternehmen verborgen liegen. Bei der Firma Bungert in Wittlich, einem Shopping-Center mit ca. 280 Mitarbeitern, wurde durch das EffCheck-Programm zahlreiche Potentiale erkannt und konkrete Verbesserungsmaßnahmen umgesetzt. Es konnte aufgezeigt werden, wie durch die Installation eines Blockheizkraftwerks mit einer einmaligen Investition von ca. 111.300 € jährlich ca. 21.300 € an Energiekosten eingespart werden können und die Umwelt nachhaltig entlastet wird. Weiterhin kann durch den Austausch der Mitarbeiter- und der Besucherurinale gegen moderne innovative spülwasserlose Urinale

mit einem Investitionsvolumen von weniger als 9.000 € eine Einsparung von ca. 1.100m³ Frischwasser und somit einen Kostenvorteil von ca. 2.700 € jährlich erzielt werden. Weitere EffCheck-Projekte des IfaS gibt es u.a. bei dem Trierischen Volksfreund, der Fa. Natus in Trier, den Rhein-Mosel-Werkstätten in Koblenz und bei der Fa. Mertes in Bernkastel-Kues.

Aktuelles Infos aus dem IfaS

Im September 2009 organisierte das IfaS für interessierte Studierende eine Studienreise zur Kunming University of Science and Technology (China) an. Bereits im Jahr 2002 besuchte eine Gruppe Studierender des Umwelt-Campus Birkenfeld im Rahmen des Seminars „Reisende Hochschule“ die Kunming University of Science and Technology (KUST). Nach mehreren Besuchen chinesischer Studierender der KUST am Umwelt-Campus findet in diesem Jahr nun eine 12-tägige Studienreise zur KUST statt. Unter dem Themenschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement am Er’hai See und Dianchi See“ haben 14 Studierende die Möglichkeit neben Erfahrungen im Stoffstrommanagement einen direkten Einblick in die chinesische Kultur zu erhalten. Das IfaS ist ständig bestrebt aktuelle Themen innerhalb von bundesweit beachteten Tagungen einem breiten Spektrum von Interessierten und Netzwerkpartnern näher zu bringen. Am 10. und 11. September 2009 fand die Solartagung am Umwelt-Campus statt. Unter dem Motto „Solarenergie – eine sichere Geldanlage“ wurde in diesem Jahr neben den Themen Solarstrom und Solarthermie erstmals auch die Elektromobilität behandelt. Im Rahmen der Solartagung wird die neue Dünnschicht-PV-Anlage auf den Dächern des Umwelt-Campus eingeweiht. Mit einer Leistung von ca. 450 MWh/Jahr ist es eine der

größten PV-Anlagen auf Hochschulgebäuden in Deutschland. Die Biomassetagung schloss sich am 5. und 6. November 2009 an. Den Abschluss bildete der Tag der Umwelttechnik am 24. November 2009. Informationen zu allen Tagungen sowie weitere aktuelle Informationen finden sich auf der Homepage des IfaS. Weiterführende Informationen bieten die aufgeführten Quellen.

Weitere Informationen und Quellen

Homepage des Instituts für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)
www.stoffstrom.org
www.ifas.umwelt-campus.de

Null-Emission-Broschüre (2009)
http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/dokumente/Veroeffentlichungen/2009-06-Broschuere_0-Emissionen_BMU.pdf

Null-Emissions-Netzwerk (2008)
http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/dokumente/Veroeffentlichungen/2008-10-Broschuere-Nachhaltige_Industriegesellschaft_IfaS.pdf

Informationsplattform Regionales Stoffstrommanagement (2008)
http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/dokumente/Veroeffentlichungen/2008-09-Broschuere_Info-Plattform_Reg_SSM_IfaS.pdf

Kreislaufwirtschaftsland Rheinland-Pfalz (2008)
http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/dokumente/Veroeffentlichungen/Kreislaufwirtschaft_RLP-D_web.pdf

Praxishandbuch Stoffstrommanagement
2002/2003

Heck, Peter; Bemmann, Ulrich (Hrsg.), Deutscher Wirtschaftsdienst, Köln (2002)
http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/dokumente/Veroeffentlichungen/Praxishandbuch_SSM_02-03.pdf

Privater Strom aus der Sonne – Leitfaden zur Photovoltaik für Bürgerinnen und Bürger des Landes Rheinland-Pfalz. Hrsg.: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)
Infos unter:
www.stoffstrom.org

Ein herzliches Dankeschön gilt den Mitarbeitern des IfaS für die bereitwillige Unterstützung mit Informationen und Texten und Herrn Thorsten Recktenwald für die redaktionelle Unterstützung bei der Erarbeitung dieses Beitrags.

Kontakt:

Prof. Dr. Peter Heck
Prof. Dr. Klaus Helling
Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)
ifas@umwelt-campus.de



Hochschulnetzwerk ETAP – Woche der Rechnungslegung in Trier mit über 100 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus 12 Ländern Europas –

Prof. Dr. Axel Kihm¹

Die Erfolgsgeschichte einer multinationalen Hochschulkooperation geht weiter²: Erstmals fand die „Woche der Rechnungslegung“ („Week of Accountancy“) des Hochschulnetzwerks ETAP („European Taxation and Accounting in Practice“)³ an der Fachhochschule Trier statt; beteiligt waren 80 Studierende (vgl. Bild 1), 21 Hochschullehrerinnen und -lehrer, zwei Gastdozenten und zwei Gäste von 14 Hochschulen aus zwölf europäischen Ländern⁴.

Ziel des Netzwerks und der jährlich stattfindenden, nunmehr „10. Woche der Rechnungslegung“ ist zum einen die Vermittlung von Fachwissen über die internationale Rechnungslegung nach IFRS (International Financial Reporting Standards), deren Anwendung nicht nur in der Europäischen Union für viele Konzerne verpflichtend

ist; zum anderen zielt die Veranstaltung auch auf die Entwicklung von Sozial-, Sprach- und interkulturellen Kompetenzen, da solche Fähigkeiten für einen erfolgreichen Berufseinstieg zunehmend an Bedeutung gewinnen. Regelmäßig werden die entstandenen persönlichen Netzwerke der teilnehmenden Studierenden noch während des Studiums für weitere Hochschulaustausche genutzt.

Die inhaltliche Vorbereitung der Veranstaltung wird einmal jährlich im ETAP-Workshop der verantwortlichen Hochschullehrerinnen und -lehrer (vgl. Bild 2) koordiniert. Während des Workshops im September 2007, der ebenfalls in Trier stattfand, fiel die Entscheidung für den Veranstaltungsort Trier; der Workshop 2008 in Coimbra/Portugal wurde zur konzeptionellen und inhaltlichen Diskussion genutzt, deren Ergebnisse von den einzelnen Dozentinnen und Dozenten für die Studienwoche in Trier umgesetzt wurden.



Bild 1: 80 ETAP-Studierende aus zwölf europäischen Ländern

¹ Professor für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Rechnungslegung und Wirtschaftsprüfung, Fachbereich Wirtschaft, Fachhochschule Trier und Vizepräsident der Fachhochschule Trier.

² Vgl. hierzu auch den Forschungsbericht der Fachhochschule Trier 2007, S. 74 ff., zu finden unter www.fh-trier.de/fileadmin/users/5/forschung/2007/Forschungsbericht-2007.pdf.

³ Vgl. www.etapnetwork.eu.

⁴ Belgien, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Lettland, Litauen, Portugal, Russland, Spanien, Tschechische Republik und Ungarn.

⁵ Nach der EG-Verordnung Nr. 1606/2002 vom 19. Juli 2001 ist die IFRS-Konzernbilanzierung für kapitalmarktorientierte Mutterunternehmen verpflichtend anzuwenden; § 315a HGB enthält entsprechende Regelungen für deutsche Unternehmen.



Bild 2: 21 ETAP-Hochschullehrerinnen und -lehrer aus zwölf europäischen Ländern

Die Organisation vor Ort übernahm Prof. Dr. Axel Kihm, tatkräftig unterstützt von den beiden Studentinnen Natalie Collet und Christine Germann, die ihre Erfahrung und Begeisterung aus der Teilnahme an der „9. Woche der Rechnungslegung“ in Riga/Lettland einbringen konnten. Unermüdlich sorgten auch die 13 teilnehmenden Studierenden der Fachhochschule Trier vor und vor allem während der Studienwoche als „Nannies“ für einen reibungslosen Ablauf, indem sie den Studierenden der ihnen zugeteilten Gasthochschulen als direkte Ansprechpartner mit Rat und Tat zur Seite standen.

Der erste Tag der Studienwoche stand ganz im Zeichen interkultureller Kommunikation und des Teambuildings: Erste interkulturelle Missverständnisse konnten die Studierenden im Rahmen eines Echtzeit-Planspiels am eigenen Leib erfahren; anschließend gab Holger von Keutz, Wirtschaftsprüfer und Partner einer großen Wirtschaftsprüfungsgesellschaft in Luxemburg, wichtige Hinweise zum richtigen Verhalten in der internationalen Arbeitswelt. Während der abendlichen „Tasting Activity“, bei der jede Hochschule kulinarische Köstlichkeiten der Heimat präsentierte (vgl. Bild 3), wurde das „internationale Eis“

endgültig gebrochen: Im Fokus des Interesses standen die einzelnen Persönlichkeiten und das intensive Gespräch nicht nur über Kulinarisches, die Herkunft war bedeutungslos geworden.



Bild 3: „Tasting Activity“

Die nachfolgenden Studientage begannen dann regelmäßig mit einer Vorlesung zur Bilanzierung nach IFRS (vgl. Bild 4), gefolgt von Fallstudienarbeiten in Gruppen mit jeweils vier bis fünf Studierenden unterschiedlicher Nationalitäten (vgl. Bild 5); zur Bearbeitung der Fallstudien waren neben fachlichem Know-how auch Sprachgewandtheit,



Bild 4: Vorlesung von Prof. Dr. Axel Kihm über immaterielle Vermögenswerte (IAS 38) und den Geschäfts- oder Firmenwert (IFRS 3)

Wirtschaft und Recht



Teamfähigkeit und interkulturelles Fingerspitzengefühl gefragt. Denn die Ergebnisse der Arbeit im Workshop mussten anschließend von jeder Gruppe – in der gemeinsamen Geschäftssprache Englisch – vor kundigem Auditorium präsentiert werden.



Bild 5: Eine von 20 Arbeitsgruppen im Workshop

Weitere kulturelle Events, wie eine Stadtrallye durch Trier, einen Besuch in Luxemburg, Bowling und eine Moselrundfahrt vermittelten den Gästen weitere Eindrücke von Trier und rundeten das umfassende Programm dieser erfolgreichen Studienwoche ab. Die Erfolgsgeschichte dieser multinationalen Hochschulkooperation wird mit der „11. Woche der Rechnungslegung“, die 2010 in Tatabánya/Ungarn stattfinden wird, sicherlich weitergeschrieben ...

Kontakt:

Prof. Dr. Axel Kihm
Fachbereich Wirtschaft
a.kihm@fh-trier.de

Energetisches Konstruieren Gestalt- und Formfindungsprozesse

Prof. Dr.-Ing. Matthias Sieveke

„Konstruktionen sind Mittel zur Übertragung von Kräften“ leitet Frei Otto eine Abhandlung über Grundbegriffe von Konstruktionen ein. Neben den Grundprinzipien einer Architektur, die in der Lage ist, mit einfachen passiven Mitteln ihren Energiehaushalt auf ein vernünftiges Maß zu halten, spielt in der heutigen Zeit auch die energetische Betrachtung der baukonstruktiven Teile – das „energetische Konstruieren“ – eine immer stärkere Rolle. Die Betrachtung der baukonstruktiven Teile im Rahmen der Gesamtenergiebilanz des Bauwerkes berücksichtigt Fragen der Materialverfügbarkeit und -wahl, des Transportes, der Fügung sowie der ökologischen Unbedenklichkeit und Entsorgung. Moderne Konstruktionen sollten Teil eines natürlichen Stoffkreislaufes sein.

Einige Vogelnester stellen konstruktive Strukturen dar, die in starker Abhängigkeit zum verfügbaren Material stehen. So sind die Nester der Webervögel komplexe, äußerst widerstandsfähige Knüpfkonstruktionen, die auch starken Stürmen standhalten können. Sie bestehen aus einem Material, das konstruktiv sinnvoll, aber auch raumbildend eingesetzt wird.



Abb. 1 Töpfervögel Verbundkonstruktion

Materialverfügbarkeit und unterschiedliche funktionale Anforderungen berücksichtigen nicht nur Fügungs- und Konstruktionsarten, auch Fragen der thermischen Zonierung innerhalb dieser „Behausungen“ werden optimiert. So sind die Nester der Töpfervögel durch den mehrschichtigen Aufbau tonartiger Erde in der Lage, die Temperaturspitzen zwischen Tag und Nacht abzufedern. Die gleich bleibende Innentemperatur dieser Nester ist der Mittelwert zwischen den hohen Temperaturen des Tages und den niedrigen Temperaturen der Nacht.

Bau- und Konstruktionsweisen menschlicher Behausungen, bei denen der Einsatz natürlicher Mittel und Ressourcen sowie die Erstellungs- und Fügungsart als beispielhaft angesehen werden kann, stellen die Bauweisen der mongolischen Jurte dar. Jurte können als „Systembauten“ ziehender Völker bezeichnet werden. Die schnell auf- und abzubauenen Konstruktionen weisen im zusammengelegten Zustand kein großes Volumen auf und sind daher leicht transportierbar. Dieses wird durch eine bewegliche Scherenkonstruktion der linearen Traglelemente erreicht, die wiederum mittels einer Seilkonstruktion in Position und Lage zueinander definiert werden. Die Hülle, in der Regel aus Tierfellen bestehend, wird je nach klimatischen Anforderungen ähnlich wie bei unserer Kleidung aus einer oder mehreren Schichten gebildet. Während des Transportes werden diese, vergleichbar einem Teppich, zusammengerollt.



Jurte, Mongolei, 2002

Eines der Grundprinzipien des Filigranbaus, die klare Trennung zwischen Konstruktion und Hülle, ist hierdurch beispielhaft gegeben. Sowohl die Konstruktion als auch die Hülle kann jeweils für sich optimiert werden. Dennoch steht die Hülle in direkter Beziehung zum baulichen Volumen und Konstruktion.

Die Identifikation der Jurte wird über die Gestaltung der Zugangstüren bzw. über Vorhänge erreicht. Bei ansonsten analogen Ausbildungen sind diese Bauelemente durch Knüpftechniken strukturell als auch farblich unterschiedlich ausgebildet. Die Erstellung, der Abbau und der Transport dieser Konstruktionen erfolgt mit möglichst geringem Energieaufwand.

Der sparsame und bewusste Umgang mit Materialien die Materialökonomie erfordert ein Verständnis für sinnvolles Konstruieren. Die

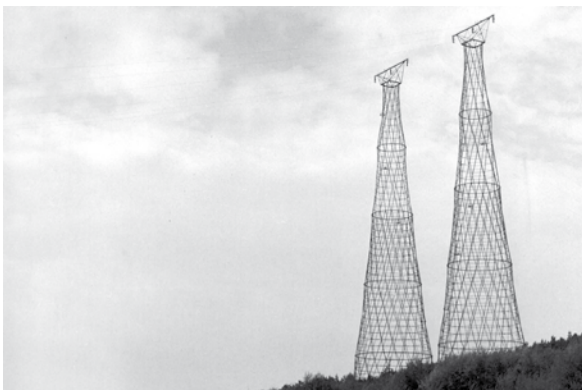


Abb.3 Stromleitungsmasten an der Oka, 1929

Leistungsfähigkeit von Materialien und deren bewusster Einsatz stehen im direkten Zusammenhang zur Ökonomie. Beispielhaft aus der Ingenieurgeschichte sind die Hängebrücke über den Vangesie bzw. auch die Stromleitungsmasten an der Wolga aus dem Jahre 1930 zu nennen. Durch intelligente Konstruktions- und Fügungsprinzipien sind hier beispielhafte Ingenieurbauwerke entstanden.

Konzeption, Konstruktion und die Berücksichtigung ortsspezifischer Gegebenheiten reduzieren in ihrer Wechselwirkung den Energiebedarf von Bauten. Gleichzeitig können die baulichen Teilaspekte in ihrem Zusammenwirken Gestalt prägend sein. Der Dreiklang zwischen einer maßvollen Verglasung, ausreichenden Speicherflächen und einer Wärmedämmeigenschaften der eingesetzten Materialien geben die Prinzipien klimagerechter Bauweisen in unseren Breiten wieder. Die Schutzfunktion sollte bei dem jeweiligen Außenklima unter möglichst geringem Energieeinsatz gelingen.



Abb.4 Traditionelles, ortsbezogenes Bauen

In der mitteleuropäischen Klimazone ist es erforderlich, die Schwankungen der Außentemperatur abzufedern beziehungsweise umzunutzen und



das Defizit an Innenraumwärme im Winter auszugleichen. In der Tradition wurden das Herdfeuer, die Aufenthaltsräume der Menschen, aber auch die Haustiere im Gebäude so verteilt, dass die entstehende Wärme maximal genutzt werden konnte. Im niedersächsischen Hallenhaus befand sich beispielhaft das Herdfeuer im Zentrum des Gebäudes, die Nutztiere wurden entlang der Außenwände untergebracht. Die Anordnung von Pufferräumen wie Dachboden und Keller diente dazu, das Zentrum des Hauses, die Hauptnutzzone für den Menschen, warm zu halten.

Der bewusste Umgang mit energiesparenden Prinzipien in der Gebäudekonzeption ist nach wie vor anzustreben, allerdings ist es heute ohne Problem möglich, hoch wärmegeämmte Gebäudehüllen zu erstellen, die in der Lage sind, nur einen Bruchteil der inneren Wärme nach Außen durchzulassen und so konzeptionelle Grundrissaufteilungen und die damit einhergehenden Zwänge in Frage stellen. In der bautechnischen Umsetzung sind allerdings Entwicklungen zu beobachten, die äußerst bedenklich sind. Wärmedämmverbundsysteme, als Haube über das ganze Gebäude gelegt, womöglich noch in Kombination mit einer kontrollierten Zwangslüftung sowie von einer EDV-Anlage gesteuerten Rollos, führen zu einer Architektur, dessen Gesichtslosigkeit momentan die Vorstädte erstickt. Fragen der Dauerhaftigkeit, der Entsorgung und der ökologischen Unbedenklichkeit der zur Anwendung kommenden Dämmsysteme werden negiert.

Energetisches sinnvolles Planen und Konstruieren verlangt allerdings nach Arbeitsweisen, bei denen die Konzeption, die Gestaltung und die Konstruktion eines Gebäude als Gesamtsystem gesehen und verstanden werden. An der Schnittstelle zwischen Außen- und Innenklima positioniert, stellt die Hülle eines der kom-

plexeren bautechnischen Systeme dar. Prinzipien der Haut- und Knochenarchitektur prägen einen Großteil die Architektur der Moderne des vergangenen Jahrhunderts. Damals wurde versucht, Bauten weitestgehend zu entmaterialisieren und Detailpunkte zu ästhetisieren. Wärmedurchgänge wurden nicht thematisiert. Die Anordnung von Stahlprofilen in Verbindung mit großformatigen Verglasungen führte zu einer eigenständigen Architektursprache, die unabhängig von ortsspezifischen klimatischen Bedingungen global realisiert wurde. Heute sind die klimatischen und auch die bauphysikalischen Anforderungen, gerade im Bereich der Gebäudehülle, weitaus größer und komplexer.



Abb.5 Internationaler Stil, Haut- und Knochen Architektur (Skin and bones), Chicago 1951

Was soll heutzutage die Hülle leisten? Sie sollte Regen und Wind abhalten, Tageslicht hereinlassen, Ausblick gewähren und in der Regel offenbar sein um zu lüften. Ist es draußen kalt, so soll sie gut isolieren, ist es draußen zu heiss, so soll sie dafür Sorge tragen, dass sich das Gebäudeinnere nicht zu schnell aufheizt. Zudem soll sie in der Lage sein, im Tagesverlauf anfallende Solarenergie zu sammeln, in Strom bzw. in Wärmenergie umwandeln, um sie zu einem späteren Zeitpunkt, je nach Bedarf, an den Nutzer wieder abzugeben.



Wir haben gelernt, uns entsprechend den Witterungseinflüssen zu kleiden, aber neben diesem funktionalen Aspekt spielt auch die Gestalt, die Umsetzung funktionaler Anforderungen zu einer Identifikation, einer Codierung, eine nicht unwesentliche Rolle.



Abb. 6 Kleidung und Klima

Moderne Hüllkonstruktion sollten allerdings nicht nur bildhaft auf sich bezogen sein, sondern als technisches und gestalterisches System entwickelt werden, das im Austausch mit der Umwelt steht. Die Hülle als bauliches Element steht in direkter Beziehung zu den Temperaturen des Tages und der Nacht sowie auch zu den unterschiedlichen äußeren Bedingungen der Jahreszeiten. Durch den Umgang mit technischen Innovationen sowie den Regeln natürlicher Stoffkreisläufe können konstruktiv und gestalterisch wirksame Bauten entstehen.

Im Rahmen anwendungsorientierter Forschung wird nach Lösungswegen gesucht, die in der Lage sind, die baulichen Teilaspekte der Solarenergienutzung, der Konstruktion, der Bauphysik und Gestalt integrativ zu bearbeiten. Gestalt- und Formfindungsprozesse aus der Technik, der Natur und der Soziologie werden analysiert und dokumentiert und auf Konferenzen dargestellt.

Kontakt:

Prof. Dr. Matthias Sievke
Fachbereich Gestaltung
sievke@fh-trier.de



Entwicklung neuer Steinschliffe

Katharina Vanselow
Prof. Ute Eitzenhöfer
Tanja Emmert

Zum Thema „insomnia“ entwickelte Katharina Vanselow in Zusammenarbeit mit der Firma Herbert Stephan KG in ihrer Diplomarbeit eine Reihe neuartiger Steinschliffe.

Die Schliffe basieren auf einer langen Reihe an Versuchen mit den unterschiedlichen Reflexionswinkeln im Stein.

Um Spiegelungen und Reflexionen von Steinschliffen exakt zu untersuchen, ist die Verwendung von reinem Material Voraussetzung. Deshalb erfolgte die Umsetzung der verschiedenen Prototypen in synthetischem Spinell und Cubic Zirkonia.

Der gestalterische Ausgangspunkt der Schliffe bezieht auf die Struktur von Träumen. Je nach Einblickwinkel in den Stein ergeben sich verschiedene Bilder – eine kaleidoskopische Welt die nur durch Bewegung des Steins sichtbar wird.



Bild 1a+b: Schliffstudie, 2 Ansichten, synthetischer Spinell, Katharina Vanselow

„Träume sind nicht eindeutig, bzw. die Eindeutigkeit kann trügerisch sein.“



Bild 2a,b,c: Schliffstudie, 3 Ansichten, synthetischer Spinell, Katharina Vanselow

Die Vernetzung verschiedener Kompetenzen ermöglichte es die künstlerische mit der industriellen Seite der Edelsteinbearbeitung zu verknüpfen. Umgekehrt war das technische Wissen für die künstlerische Arbeit ein enormer Antriebsmotor und gerade beim Material Stein fast zwingend Voraussetzung für eine intuitive Herangehensweise.



Die Form der Schliffe, die sich fast ausschließlich durch Facetten ergeben zeigen ein neues, mitunter hochkomplexes Bild des Innenraums. Die teilweise stark unterschiedlichen Innen- und Außenformen fordern auf Sehgewohnheiten neu zu überprüfen und hinterfragen Erwartungen. Die so entstandenen Arbeiten setzen sich einer-



Bild 3a+b: Schliffstudie, 2 Ansichten, synthetischer Spinell, Katharina Vanselow

seits mit der Unikatfertigung andererseits mit der Möglichkeit der seriellen Fertigung auseinander. Die vorliegenden Arbeiten sind im Edelsteinbe-



Bild 4: Ring, Cubic Zirkonia, Katharina Vanselow

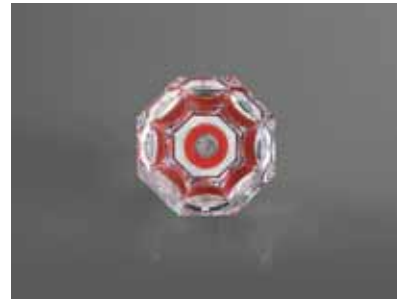


Bild 5a+b: Prototyp Brosche/Pin, 2 Ansichten, synthetischer Spinell, Katharina Vanselow

reich beispielhaft für eine Kooperation zwischen Firma und Fachhochschule.

Die Entwicklung zeigt in ihren Ergebnissen eine konsequent kreative Auseinandersetzung mit traditionellen und modernen Techniken der Edelsteinbearbeitung. Zugang zu Material, technisches Know-how und handwerkliches Können ermöglichten letztendlich vorhandene Grenzen zu überschreiten und damit neue Spielräume zu erschließen, sowohl im technischen, kreativen und - nach einer Anlaufphase - auch im seriellen Bereich.

Eine solche Entwicklung neuer Schliffe hängt allerdings in hohem Maße ab von der Zugänglichkeit zu den in den Firmen vorhandenen Technologien in der Region.

Kontakt:

Prof. Ute Eitzenhöfer
Fachbereich Gestaltung
Fachrichtung Edelstein- und Schmuckdesign
eitzenho@fh-trier.de



SchmuckDenken - Auf der Suche nach einer Theorie des Schmucks.

Prof. Theo Smeets

Zum 4. und 5. Mal (2008 bzw. 2009) führte die Symposien-Reihe „SchmuckDenken“ Künstler, Kulturwissenschaftler und Studierende aus mehreren europäischen Ländern zwei Tage lang in der Fachhochschule für Edelstein- und Schmuckdesign in Idar-Oberstein zusammen. Wie in den Vorjahren standen die Veranstaltungen unter dem Generalmotto „Unterwegs zu einer Theorie des Schmucks.“

Der gestalterische Ausgangspunkt der Schliche bezieht auf die Struktur von Träumen. Je nach Einblickwinkel in den Stein ergeben sich verschiedene Bilder – eine kaleidoskopische Welt die nur durch Bewegung des Steins sichtbar wird.

Viertes Symposium „SchmuckDenken“ am 19. und 20 Mai 2008:

Ornament

Im Zentrum der 2008er-Tagung wurde über das Thema „Ornament“, über Sinn und Unsinn von „schmückendem Beiwerk“ gesprochen. Folgender Satz stieß gegenwärtig wohl auf erheblichen Protest: „Der moderne Mensch, der sich tätowiert, ist ein Primitiver.“ Gesagt hat das Adolf Loos um 1908, nicht ahnend, dass ein Jahrhundert später unter den jüngeren Menschen in den entwickelten Industrienationen Tätowierungen wieder mehrheitsfähig sein würden - einerseits als gedankenlos nachgeäfftes Modephänomen, andererseits als Symbol von Widerspenstigkeit gegen die geschniegelt-glatte Nützlichkeitsmaxime der ökonomistischen Gegenwart. Dem Pionier der Moderne-Architektur galt schmückende Schnörkelei an Leibern, Kleidern oder Bauwerken noch als Überbleibsel vorzivilisatorischer Existenz und Ornamentlosigkeit als aufgeklärtes „Zeichen geistiger Kraft.“ Christina Threuter von



Prof. Dr. Burghart Schmidt: „Eine kritische Theorie des Ornaments“



Prof. Dr. Reinhard Bahr über „Die schönen Manieren verderben manche schöne Melodie im Grunde“ Ornamentik und Stil in der Musik des 18. Jahrhunderts“



2008: Lin Chueng: Jewellery. To be



der Uni Trier stellt beim Idar-Obersteiner Symposium die Ablehnung von Ornamenten durch Loos zur Debatte. Zwei Gruppen gesteht der Verfasser der Schrift „Ornament und Verbrechen“ das Recht auf schmückendes Beiwerk zu: Primitiven Völkern und Frauen, beide seien sie von ihrer magisch-animistischen und/oder triebhaften Disposition her an Schmuck gebunden. Für zivilisatorisch fortgeschrittene Menschen, Männer der (klassischen) Moderne also, könne hingegen Unpraktisches nicht schön sein. Solch eine radikale und obendrein aus chauvinistischem Weltbild hergeleitete These ist heute nicht mehr akzeptabel. Die Symposien an der Nahe hatten schon in den Vorjahren deutlich gemacht, dass Schmuck in der Menschheitsgeschichte teils sehr praktische Funktionen erfüllte und noch erfüllt: Als Symbol für Stammes- oder Klassenzugehörigkeit, als Hierarchiezeichen, als Ausdruck von Reichtum und gesellschaftlicher Position. Im 20. Jahrhundert avisierte Schmuck zum Mittel der Unterstreichung von Individualität, bisweilen gar zur Demonstration von Unangepasstheit und gewolltem Normverstoß. Mehr noch: Der Idar-Obersteiner Diskurs hat über die Jahre klar gemacht, dass Schmuck auch Kunst jenseits der Tragbarkeit sein kann; Kunst im Sinne von Weltdeutung. Burghardt Schmidt von der Hochschule für Gestaltung in Offenbach verweist auf ein wellenförmiges Auf-und-Ab der Lust am Ornament im Zusammenhang mit historisch-gesellschaftlichen Krisen: Die überbordende Ornamentfülle in der Schlussphase des Barock, dem Rokoko, sei als Abgesang des untergehenden Feudalismus deutbar, die relative Klarheit des Klassizismus als Ouvertüre zur aufkommenden bürgerlichen Ästhetik. Historismus, Jugendstil, Expressionismus, neue Sachlichkeit – stets wandelt sich auch die Ornamentik von kompliziert zu einfach und wieder zurück zu

kompliziert. Wie steter Wechsel überhaupt eine Eigenart des Ornamentes ist, weil es ohne ihn seine Urfunktion des hervorhebenden Zeigens verlieren würde: Der immergleiche Schmuck wird langweilig, reizlos, unauffällig. „Was ist in der gegenwärtigen Menschheitslage Schmuck?“ fragt in Idar-Oberstein Johannes Stüttgen. Seine Antwort: Schmuck ist vielfach herabgesunken zu etwas banal Äußerem, geht unter im Kitsch. Darin trifft sich der Düsseldorfer Beuys-Schüler mit Schmidt, der in der aktuellen Event-Kultur eine „Ornamentik der Inszenierung“ ausmacht. Soll heißen: Inzwischen werden Kulturevents häufig nicht mehr der Kultur, sondern bloß noch des Events wegen veranstaltet und besucht. Schmidt nennt die Extremfälle dieser Entwicklung „Inszenierung von Nichts“, moniert auch im Hinblick auf den Schmuck vielfach „Ornamentensysteme, die nichts mehr zu zeigen haben.“ Das sind Befunde, die Nachdenklichkeit provozieren und einmal mehr vor Augen führen, dass die volkstümliche These des „schmückenden Beiwerk“ ebenso richtig ist wie für das Verständnis des Phänomens Schmuck unzulänglich. Weshalb der Idar-Obersteiner Diskurs „Unterwegs zu einer Theorie des Schmucks“ auch im Jahr 2009 fortgesetzt wurde.

Fünftes Symposium „SchmuckDenken“ am 18. und 19. Mai 2009: Vom Fetisch zum geliebten Objekt

Symbolische Brücke zwischen Zeitaltern und Bewusstseinssebenen

Schmuck – nur eine schöne Nebensache? In der Kunstgeschichte wurden Ringe, Broschen, Halsketten meist bloß als Fußnote behandelt. Zu unrecht, meint man in Idar-Oberstein. Weshalb Stadt und örtliche Fachhochschul-Abteilung für Edel-



Prof. Dr. Wolfgang Ullrich, Professor für Kunstwissenschaft und Medientheorie an der Hochschule für Gestaltung Karlsruhe über „die warenästhetische Erziehung des Menschen“

stein- und Schmuckdesign seit 2005 jährlich zum Symposium „SchmuckDenken“ einladen. Auch heuer kamen Schmuckkünstler und Theoretiker aus mehreren europäischen Ländern und Übersee zum Colloquium an der Nahe.

Im fünften Jahrgang „unterwegs zu einer Theorie des Schmucks“ nahm das zweitägige Symposium die Funktion von Schmuck für seinen Träger genauer in den Blick. Schmuck als Attribut, als Signal an die Außenwelt, wie der Träger sich sieht und/oder gesehen werden will. Schmuck als geliebtes Objekt, das an wertvolle Menschen und Augenblicke erinnert. Schmuckstücke als Fetische, die gegen Unbilden schützen oder das Glück fördern.

Interdisziplinär weiter Horizont ist ein Wesenzug des Idar-Obersteiner Diskurses. Vergleichbares gibt es in der Schmuckszene Europas sonst nicht, entsprechend aufmerksam werden dort die Impulse von „SchmuckDenken“ verfolgt. In 2009 etwa die Hinweise des Karlsruher Medientheoretikers Wolfgang Ullrich, der aus jüngeren Werbetrands auf dem Konsumgütermarkt regelrechte



Prof. Dr. Karl-Heinz Kohl, Professor am Institut für historische Ethnologie an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main über „Westafrikanischer Fetischkult und europäischer Fetischismus“

Konkurrenz für die Schmuckkunst erwachsen sieht.

Moderne Werbung, so Ullrich, hebt weniger auf den Gebrauchswert von Produkten ab. Stattdessen propagiert sie Lebensstile und -gefühle. Duschgel dient nicht bloß der Körperpflege: Werbung bis hin zum Verpackungsdesign verspricht besondere Erlebnisse, gar Persönlichkeitsstärkung – hier das Gel für den sportiven Typ, dort das für den sinnlichen. Mit der Wahl des Produkts entscheidet sich der Kunde für ein Selbstbild. Heutige Werbung setzt mit warenästhetischer Erziehung neue Normen. Wie vom Schmuck, so verlangen die Menschen von Konsumgütern „Verändere mich!“ Mach mich schön, stark, frei, glücklich.

Vom Warenfetisch der Gegenwart zum Beschwörungsfetisch prämoderner Kulturen. Schmuckstücken sei dort immer Sinn und Wirkung zugeschrieben worden, leitet der Ethnologe Karl-Heinz Kohl aus seiner Forschung über westafrikanische Völker ab. Schmuck ist noch Zaubermittel, also



Prof. Dr. Tillmann Habermas über „Diamonds are a girl`s best friend – Zur Psychologie des Schmucks“ und Wilhelm Lindemann (Tagungsleiter)

Fetisch, beispielsweise gegen das Böse oder für Fruchtbarkeit. Freilich erst, nachdem der Zauberpriester das Stück mit einem Ritual aufgeladen hat.

In Idar-Oberstein vom Frankfurter Psychologen Tillmann Habermas vorgestellte Untersuchungen skizzieren ein Bild von der Bedeutung des Schmucks für junge Leute heute. Studenten nennen in einer Befragung nach dem für sie bedeutendsten persönlichen Objekt Schmuckstücke an vierter Stelle nach Briefen, Fotos, Tieren und „Vehikeln“ (Auto/Fahrrad). Als wichtigste Funktion des Schmucks wird sein Wert im Dienste privater Erinnerung an jemanden oder etwas genannt. Damit wird Schmuck zum gebrauchsoffenen Medium: Einerseits ist er privatsprachliches Symbol, dessen Bedeutung kein Außenstehender versteht; andererseits kann er vom Betrachter nach Gusto mit neuer Bedeutung aufgeladen werden.

An Kohls Einlassungen über die Fetischkultur in Westafrika knüpft die Berliner Kulturosoziologin Viola Altrichter an mit einem Modell der menschlichen Entwicklung vom magischen über das

mythische zum mentalen/aufgeklärten Bewusstsein. In der Frühzeit galten Himmel und Erde, Mensch und Natur, Ich und Universum als Einheit. Der angemessene Umgang mit dieser Welt waren Magie und Ritual. Mit den ersten Hochkulturen kamen die Schöpfungsmythen, wurden Götter- und Menschenwelt getrennt, der ewige Kampf Gut gegen Böse und die dazugehörigen Kriegshelden nebst Machtstrukturen geboren.

Das mentale Bewusstsein der Neuzeit schließlich, so Altrichter, hat die vorherigen Epochen zwar radikal abgelöst, sie indes nicht aufgehoben. Weshalb wir heute in dem scheinbaren Paradoxon leben, dass unser Dasein streng rational strukturiert ist, sich aber zugleich die Neigung zu magisch und mythisch Aufgeladenem verstärkt. Was sich in der Renaissance der Religion und im Esoterik-Boom ebenso ausdrückt wie in der Vorliebe für Massenevents, im Starkult oder im neuen Breitenphänomen der Tätowierung und Schmuckbenutzung. Offenbar ist es dem modernen Mensch unmöglich, ganz ohne sein Erbe aus magischer wie mythischer Zeit auszukommen. Und Schmuck ist, das wurde beim Symposium in Idar-Oberstein deutlich, eine symbolische Konstante der Kulturgeschichte, die auch eine Brücke zwischen Zeitaltern und Bewusstseinssebenen sein kann.

Andreas Pecht.

(Andreas Pecht ist freier Journalist und wird 2009 einen Lehrauftrag im Bereich „Kulturtheorie“ am Campus Idar-Oberstein wahrnehmen)

Die Symposiumsreihe „SchmuckDenken“ wird in Mai 2010 fortgesetzt.

Weblinks:

- www.fh-trier.de/go/schmuckdenken
- www.pecht.info



Wissens- und Technologie- transfer

Transferwissensnetz in Rheinland-Pfalz twin-rlp

Die Ausgangssituation

In Rheinland-Pfalz (RLP) existiert eine Vielzahl von Einrichtungen, die den Wissens- und Technologietransfer fördern und unterstützen. Angesiedelt sind diese Einrichtungen wirtschaftsnah (z.B. bei den Kammern) oder wissenschaftsnah (z.B. bei Hochschulen und Forschungseinrichtungen). Darüber hinaus gibt es eine Reihe von weiteren Initiativen und Projekten zum Wissens- und Technologietransfer sowie themenbezogene Technologie-Transfer-Stellen.

Sowohl für den Technologieanbieter (i.d.R. aus der Wissenschaft) als auch für den Technologienachfrager (i.d.R. aus der Wirtschaft) war diese Vielzahl an Einrichtungen mit ihren unterschiedlichen Schwerpunkten im Bereich des Wissens- und Technologietransfers nicht immer überschaubar. Vor allem für KMU aus RLP war es schwierig, sich in der unübersichtlichen Transferlandschaft in RLP zurechtzufinden. Die Suche nach Experten, Beratern oder geeigneten Kooperationspartnern war in den bestehenden Strukturen zu zeitaufwändig und stellte damit eine Schwelle dar, die oft nicht überwunden wurde. Wissens- und Technologietransfer fand daher nur wenig zielgerichtet und überwiegend unsystematisch statt.

Das Land Rheinland-Pfalz verfügt mit seinen sieben Fachhochschulen über einen unschätzbaren gestalterischen, betriebswirtschaftlichen, naturwissenschaftlich-technischen, medienwissenschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Wissensfundus unweit industrieller und gewerblicher Zentren, der aber überwiegend theoretisch genutzt und – wenn überhaupt – nur regional anwendungsorientiert genutzt wurde. Konkrete Anfragen aus der regionalen Wirtschaft waren eher zufällig und wurden häufig nicht zufriedenstellend

bedient, weil in der jeweiligen Hochschule entweder die nachgefragten Kompetenzen nicht (ausreichend) vorhanden waren oder zeitliche Restriktionen einen erfolgreichen Transfer verhinderten. Außerdem war an den einzelnen Fachhochschulen wenig bekannt, welche fachlichen Kompetenzen an den anderen Fachhochschulen des Landes vorhanden sind.

Die Ziele

Das in der Entwicklung befindliche „Transferwissensnetz in Rheinland-Pfalz (twin-rlp)“ wird Bindeglied zwischen den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der rheinland-pfälzischen Fachhochschulen und den Unternehmen des Landes. Aufgabenstellungen in der Wirtschaft erfordern sowohl Information über Kompetenzpotenzial an den Fachhochschulen als auch über die Zugänglichkeit zu den entsprechenden Stellen in den Fachhochschulen.

Die Ziele des Transferwissensnetzes:

- Steigerung der Transparenz des Angebotes der Fachhochschulen des Landes (Kompetenzlandkarte)
- Nutzbarmachung des FH-Potenzials für die Wirtschaft (Zugänglichkeit)
- Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit bei Fachhochschulen und Unternehmen
- Verbesserte Standortqualität der Fachhochschulen in RLP (Ranking)
- Steigerung der Drittmitteleinnahmen
- Steigerung der Qualität der Lehre und Weiterbildung durch stärkeren Anwendungsbezug in Transferprojekten
- Optimierung der Transferprozesse
- Vernetzung mit anderen Partnernetzwerken



Erfolgsfaktoren

Wissens- und Technologietransfer zur Stärkung des Profils der einzelnen Standorte und zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen ist unumstritten wichtig. Neben der Standortprofilierung sind, insbesondere unter dem Aspekt Wettbewerbsfähigkeit, Unternehmen und Hochschulen des Landes als Ganzes zu verstehen.

twin-rlp setzt, neben der Stärkung der einzelnen Standorte, auf die Potenziale, die in der systematischen und transparenten Vernetzung des Transfers enthalten sind. Dies geht deutlich über enge persönliche Kontakte zwischen den twin-rlp-Managern (z.B. durch regelmäßige Treffen im Rahmen der Zusammenarbeit) in den Arbeitskreisen hinaus. So werden im twin-rlp-Projekt – durch die Implementierung abgestimmter Prozesse und den Einsatz spezifisch entwickelter internetbasierter Informations- und Kommunikationswerkzeuge – auch Qualitätsstandards in der Kontaktvermittlung gesetzt. Kompetenzlandkarte, Transfermakler und Monitoring-Systeme spielen bei der Vernetzung eine zentrale Rolle.

Neben der Vernetzung der FH-Standorte wird auch die Vernetzung mit externen Netzwerken sowie mit den Berufskammern angestrebt. So sind die Kompetenzprofile aller in der Kompetenzlandkarte erfassten Experten in das europaweit agierende Enterprise Europe Network integriert. Technologieanfragen aus ganz Europa können mit den oben beschriebenen Werkzeugen so an die Standorte weitergeleitet werden.

Die nachfolgend dargestellten Komponenten der twin-rlp-Strategie sichern den nachhaltigen Erfolg des Netzwerks:

Erfolgsfaktoren an den Standorten

- Starke Einbindung in die Region
- Intensivierung schon bestehender Wirtschaftskontakte
- Systematischer Aufbau neuer Wirtschaftskontakte
- Studentische Praxisprojekte und Abschlussarbeiten
- Vor-Ort-Monitoring
- Intensivierung der Drittmittelinwerbungen

Erfolgsfaktoren des Netzwerks

- Entwicklung der Stärken der einzelnen Standorte
- Nutzung von Synergiepotentialen
- Einheitliche Grundauffassung
- Systematische und transparente Vernetzung
- Implementierung abgestimmter Prozesse unter Einbeziehung von Informations- und Kommunikationswerkzeugen
- Einfach-flexibler Organisationsaufbau
- Offenheit

Die Aktivitäten an der Fachhochschule Trier

Basierend auf den guten Kontakten in der Region konnten die bestehenden Kontakte und Kooperationen intensiviert und weiter ausgebaut sowie neue initiiert werden. Beispielhaft seien die folgenden Veranstaltungen der letzten drei Jahre aufgeführt:

- 20.06.2007 **Branchendialog Ernährungswirtschaft**
- 14.09.2007 **Innovationstreff Eifel**
Darstellung von Best-Practice-Beispielen für die Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft
- 23.10.2007 **Nacht der Wissenschaft** in Kooperation mit der IHK Trier



Wissens- und Technologie- transfer

- 06.11.2007 **Firmenkontaktmesse meet@fh-trier** an der FH Trier
29 Firmen präsentieren sich auf der Recruitingmesse der FH Trier
- 26.02.2008 **Forschung für KMU im 7. Forschungsrahmenprogramm der EU**
Darstellung der Fördermöglichkeiten im 7. FRP
- 08.04.2008 **Meine Idee, mein Unternehmen, mein Erfolg**, Technologiezentrum Trier
- 06.06.2008 **Nacht der Technik** in der HWK Trier
Darstellung von Best-Practice-Beispielen für die Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft,
- 13.06.2008 **DesignKontakt 2008** in der IHK Trier
Darstellung von Best-Practice-Beispielen für die Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft,
- 22.08.2008 **Tag der offenen Tür** im Technologiezentrum Trier
- 05.11.2008 **Firmenkontaktmesse meet@fh-trier an der FH Trier**
40 Firmen präsentieren sich auf der Recruitingmesse der FH Trier
- 03.03.2009 **Wege und Partnerschaften zwischen Unternehmen und Hochschule**
Darstellung der Fördermöglich-

- keiten auf Landes-, Bundes und EU-Ebene
- 04.06.2009 **Trip durch die Wissenschaft**
Führung durch die Labors des Umwelt-Campus Birkenfeld
- 11.09.2009 **Tag der offenen Tür** im Technologiezentrum Trier
- 18.09.2009 **Technologietransfer Metall und Kunststoff**
Darstellung von Best-Practice-Beispielen für die Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft
- 11.11.2009 **Nacht der Wissenschaft** in Kooperation mit der IHK Trier
Darstellung von Best-Practice-Beispielen für die Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft

Im Nachgang der Veranstaltungen fanden sich immer wieder Kooperationspartner, die erfolgreiche Projekte durchgeführt haben. Dabei handelte es sich neben studentischen Projektarbeiten und Abschlussarbeiten auch um langfristige Partnerschaften. Mit Hilfe der Veranstaltungen und der damit verbundenen Bekanntmachung der Transferstelle konnten einige Hemmschwellen abgebaut werden, sodass der Erstkontakt über die eingerichtete Stelle erfolgte.

Zur Darstellung des Transferpotenzials an der Fachhochschule wurden Informationsmaterialien hergestellt, die bei den unterschiedlichen Veranstaltungen an die Teilnehmer verteilt wurden. Dabei handelt es sich neben einem Folder, der alle Kompetenzzentren, Institute und Forschungsschwerpunkte mit den Kontaktdaten beinhaltet um den Forschungsbericht 2007/2009/2010, der anschaulich Projekte mit der Wirtschaft darstellt.

Wissens- und Technologie- transfer



Weiterhin wurde der Internet-Auftritt der Fachhochschule Trier neu gestaltet, um den Einstieg für die Unternehmen zu erleichtern. Auf der Empfangsseite ist über die Verzweigung „für Unternehmen / Forschungsförderer“ die Seite des Technologietransfers direkt zu erreichen, die alle Kontaktdaten darstellt. Durch einen Informationsservice im News-Bereich der Forschung konnten die Wissenschaftler über die Neuigkeiten aus den Bereichen Förderung und Veranstaltungen aktuell informiert werden.

Zur Durchführung der zahlreichen Veranstaltungen konnten viele Professoren gewonnen werden, die ihre Projekte in Vorträgen und an Ständen vorgestellt haben. Weiterhin konnten Professoren der Fachhochschule Trier (Prof. Dr. Udo Burchard (Marketing), Prof. Anita Burgard (Design) und Prof. Andreas Hogan (Design)) das Marketing für das twin-rlp-Netzwerk erfolgreich unterstützen. Neben Schulungsmaßnahmen für die aktive Ansprache von Unternehmen und Professoren wurde die Markenentwicklung für twin-rlp sowie das twin-rlp-Logo in Trier entwickelt.

Ausblick

Wichtig erscheint für Rheinland-Pfalz darüber hinaus jedoch, dass es mit dem Transferprojekt gelingt, das Potenzial der Fachhochschulen für die Wirtschaftsunternehmen zu erschließen, die Sichtbarkeit im Verbund und als Leuchtturm zu verdeutlichen und auch in der Zukunft die Gemeinsamkeiten zu stärken. Nur aus einer win-win-Situation heraus lässt sich leichter, zielorientierter und für die Zukunft gerüstet agieren.

Dieses Projekt wird durch eine Förderung des Ministeriums für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur des Landes Rheinland-Pfalz weitere drei

Jahre unterstützt. Dadurch werden die Wichtigkeit und die Notwendigkeit des Wissens- und Technologietransfers durch das Land bestätigt.

Kontakt:

Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Bier
Wissens- und Technologietransfer
d.bier@fh-trier.de



FORSCHUNG, ENTWICKLUNG UND TECHNOLOGIETRANSFER

Die Fachhochschule Trier leistet Wissens- und Technologietransfer in den Gebieten Technik, Wirtschaft, Gestaltung, Umwelt und Informatik.

Hierzu bieten die Institute, Kompetenzzentren und Schwerpunktgebiete ein umfangreiches Leistungsangebot. Nicht zuletzt liefern Projekt- und Abschlussarbeiten einen wichtigen Beitrag zur praktischen Kooperation mit der Wirtschaft.

INSTITUT FÜR ABFALLTECHNIK UND RESSOURCENSICHERUNG, INFAR

Das Institut beschäftigt sich mit Fragen der Energietechnik und dem stofflichen Recycling, sowie der Deponietechnik im internationalen Kontext.

Leitung: Prof. Dr. Gerhard Rettenberger

Telefon: +49 0651 / 8103 – 369, E-Mail: infar@fh-trier.de

INSTITUT FÜR ANGEWANDTES STOFFSTROMMANAGEMENT, IFAS

Das IfaS fördert die nachhaltige Optimierung von regionalen und betrieblichen Stoffströmen in konkreten, praxisnahen Projekten.

Leitung: Prof. Dr. Peter Heck

Telefon: +49 6782 / 17 - 1221, E-Mail: ifas@umwelt-campus.de

Homepage: www.stoffstrom.org

INSTITUT FÜR BETRIEBS- UND TECHNOLOGIEMANAGEMENT, IBT

Das IBT bietet Industrie und Gewerbe Dienstleistungen in den Bereichen Produktionsoptimierung, Konstruktionsautomatisierung und Messtechnik.

Leitung: Prof. Dr. Wolfgang Gerke

Telefon: +49 6782 / 17 - 1113, E-Mail: ibt@umwelt-campus.de

Homepage: www.umwelt-campus.de

INSTITUT FÜR ENERGIEEFFIZIENTE SYSTEME, IES

Das IES hat sich auf Energiemanagement, Elektromagnetische Umweltverträglichkeit, Energieverteilung, Simulation, Steuerung und Regelung fahrzeugtechnischer Systeme spezialisiert.

Leitung: Prof. Dr. Dirk Brechtken

Telefon: +49 0651 / 8103 - 312, E-Mail: ies@fh-trier.de

Homepage: www.ies.fh-trier.de

INSTITUT FÜR FAHRZEUGTECHNIK, IFT

Das IFT Trier hat seine Tätigkeitsfelder im Bereich Verbrennungsmotorenteknik, der Antriebstechnik/ Fahrwerkstechnik und der Fahrzeugsicherheit.

Leitung: Prof. Dr. Hartmut Zoppke

Telefon: +49 0651 / 8103 - 219, E-Mail: ift@fh-trier.de

Homepage: www.ift.fh-trier.de

INSTITUT FÜR GESUNDHEITS-, SENIOREN- UND SOZIALMANAGEMENT, IGSSM

Leitung: Prof. Dr. Kai Heuer

Telefon: +49 6782 / 17 - 1581 / -1401, E-Mail: kontakt.igssm@umwelt-campus.de

Homepage: www.igssm.de

INSTITUT FÜR INNOVATIVE INFORMATIKANWENDUNGEN, I3A

Das i3A analysiert und berät bei informationstechnologischen Fragestellungen, es entwickelt und integriert Softwarelösungen und Prototypen.

Leitung: Prof. Dr. Peter Gemmar

Telefon: +49 0651 / 8103 - 375, E-Mail: i3a@fh-trier.de

Homepage: www.i3a.fh-trier.de

INSTITUT FÜR MATERIALDESIGN, EDELSTEINTECHNOLOGIE UND WISSENS- TRANSFER, MEW

Leitung: Prof. Dr. Kai Heuer

Telefon: +49 6782 / 17 - 1120,

E-Mail: m.bottlinger@umwelt-campus.de

INSTITUT FÜR MIKROVERFAHRENSTECHNIK UND PARTIKELTECHNOLOGIE, IMiP

Ziel des IMiP ist die Bündelung von persönlichen und Laborressourcen, um umfassende Problemlösungen auf den Gebieten Oberflächen, Partikel- und Mikroverfahrenstechnik anbieten zu können.

Leitung: Prof. Dr. Ulrich Bröckel

Telefon: +49 6782 / 17 - 1503, E-Mail: imip@umwelt-campus.de

INSTITUT FÜR SOFTWARESYSTEME IN WIRTSCHAFT, UMWELT UND VERWALTUNG, ISS

Beschreibung: Die Aufgaben des ISS sind insbesondere die Durchführung von innovativen Forschungsprojekten im Bereich der betrieblichen, behördlichen und umweltfachlichen Datenverarbeitung.

Leitung: Prof. Dr. Rolf Krieger

Telefon: +49 6782 / 17 - 1970, E-Mail: iss@umwelt-campus.de

Homepage: www.iss.umwelt-campus.de

INSTITUT FÜR STANDARDSOFTWARE-BASIERTE ANWENDUNGEN IM BAUINGENIEURWESEN, ISA

Neue Softwaretechnologien (MS-Sharepoint/Office 2003/Flash) - Interaktive webbasierte Bemessungsdiagramme im Bauwesen - Autorensystem ELISA für den Einsatz in Lehre und Industrie.

Leitung: Prof. Dr. Henning Lungershausen

Telefon: +49 0651 / 8103 - 239, E-Mail: isa@fh-trier.de

Homepage: www.isa.fh-trier.de

TRIERER INSTITUT FÜR BAUWESEN, TIB

Das Institut beschäftigt sich mit der Durchführung von innovativen Forschungsprojekten im Bereich des Bauwesens, Prüfungen von Baustoffen und Bauteilen, sowie gutachterliche Stellungnahmen zu bautechnischen Fragestellungen.

Leitung: Prof. Dr. Alfred Stein, Prof. Dr. Henning Lungershausen

Telefon: +49 651 / 8103 - 239 / -339, E-Mail: stein@fh-trier.de,

h.lungershausen@fh-trier.de

ZENTRUM FÜR BODENSCHUTZ UND FLÄCHENHAUSHALTPOLITIK, ZBF-UCB

Ziel des ZBF-UCB ist es, umfassend Hilfestellung und fachlichen Rat in Fragen einer nachhaltig flächen- und kostensparenden Siedlungs- und Verkehrsentwicklung zu geben.

Leitung: Prof. Dr. Dirk Löhr, Prof. Dr. Stephan Tomerius

Telefon: +49 6782 / 17 – 1925 / -1952, E-Mail: info.zbf@umwelt-campus.de

Homepage: www.zbf.umwelt-campus.de

BIRKENFELDER INSTITUT FÜR AUSBILDUNG UND QUALITÄTS- SICHERUNG IM INSOLVENZWESEN, BAQI

Leitung: Pr Prof. Dr. Hubert Schmidt, Prof Rudibert Franz, Dr. Dr. Thomas Schmidt

Telefon: +49 6782 / 17 - 1526, E-Mail: baqi@umwelt-campus.de

Homepage: www.baqi.umwelt-campus.de



FORSCHUNG, ENTWICKLUNG UND TECHNOLOGIETRANSFER

BIRKENFELDER INSTITUT FÜR AUSBILDUNG UND QUALITÄTS-SICHERUNG IM INSOLVENZWESEN, BAQI

Leitung: Pr. Prof. Dr. Hubert Schmidt, Prof. Rudibert Franz, Dr. Dr. Thomas Schmidt
 Telefon: +49 6782 / 17 - 1526, E-Mail: baqi@umwelt-campus.de
 Homepage: www.baqi.umwelt-campus.de

KOMPETENZZENTRUM FÜR AUTOMATISIERUNG, RATIONALISIERUNG UND INNOVATION IM BAUWESEN, KARIB

KARIB bietet Lösungen zur Automatisierung und Rationalisierung im Bauwesen, entwickelt innovative Baustoffe und optimiert administrative Abläufe im Bauwesen.
 Leitung: Prof. Dr. Karl Hans Bläsius
 Telefon: +49 651 / 8103 – 344, E-Mail: blaesius@fh-trier.de

KOMPETENZZENTRUM E-GOVERNMENT UND UMWELT

Das Kompetenzzentrum beschäftigt sich mit der Modellierung und Implementierung von Verwaltungsprozessen, der barrierefreien Informationstechnik und der Umsetzung von E-Government in der Umweltverwaltung.
 Leitung: Prof. Dr. Rolf Krieger
 Telefon: +49 6782 / 17 - 1970, E-Mail: iss@umwelt-campus.de
 Homepage: www.iss.umwelt-campus.de

KOMPETENZNETZWERK UMWELTECHNIK RHEINLAND-PFALZ

Kooperationsplattform rheinland-pfälzische KMU der Branche Umweltechnik
 Leitung: Prof. Dr. Peter Heck
 Telefon: +49 6782 / 17 – 1583,
 E-Mail: info@umwelttechnik-rlp.de
 Homepage: www.umwelttechnik-rlp.de

KOMPETENZZENTRUM BRENNSTOFFZELLE RLP/ FUEL CELL CENTRE RHEINLAND-PFALZ , FCCRP

Schwerpunkte wissenschaftlicher Auseinandersetzung des KKK sind rechtliche Fragen, die sich in der kommunalen Entsorgungswirtschaft (konkret der Abwasser- und Abfallentsorgung) ergeben.
 Leitung: Prof. Dr. Tilman Cosack, Prof. Dr. Hans-Peter Michler, Prof. Dr. Stephan Tomerius
 Telefon: +49 6782 / 17 - 1257, E-Mail: kku@umwelt-campus.de
 Homepage: www.umwelt-campus.de/forschung

KOMPETENZZENTRUM FÜR ÖRTLICH VERTEILTE CROSS-MEDIA-VERFAHREN, X_M

Das x_m konzentriert sich auf Visualisierungen, Informations-, Interface-, Interaktionsdesign, Mediendesign, Konzeption und Realisation hypermedialer Lernsysteme.
 Leitung: Prof. Franz Kluge
 Telefon: +49 0651 / 8103 – 838, E-Mail: kluge@fh-trier.de

WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER

Dipl. Ing (FH) Dietmar Bier
 Tel.: (06 51) 81 03-5 98
 e-mail: d.bier@fh-trier.de

IMPRESSUM

Herausgeber: Fachhochschule Trier Schneidershof, 54293 Trier www.fh-trier.de	Redaktion: Wissens- und Technologietransfer der FH Trier Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Bier d.bier@fh-trier.de
---	---

Beiträge sind namentlich gekennzeichnet.

Anzeigen und Layout: Druck:	VMK-Verlag GmbH & Co. KG VMK-Druckerei GmbH Faberstraße 17, 67590 Monsheim, Tel.: 06243/909-0, www.vmk-verlag.de
--------------------------------	---



FACHHOCHSCHULE TRIER

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung
University of Applied Sciences

Standort Schneidershof
Schneidershof
D - 54293 Trier

Standort Irminenfreihof
Irminenfreihof
D - 54290 Trier

Standort Paulusplatz
Paulusplatz
D - 54290 Trier

Standort Birkenfeld
Umwelt - Campus
Campusallee
D - 55768 Neubrück

Standort Idar-Oberstein
Vollmersbachstraße 53a
D - 55743 Idar-Oberstein