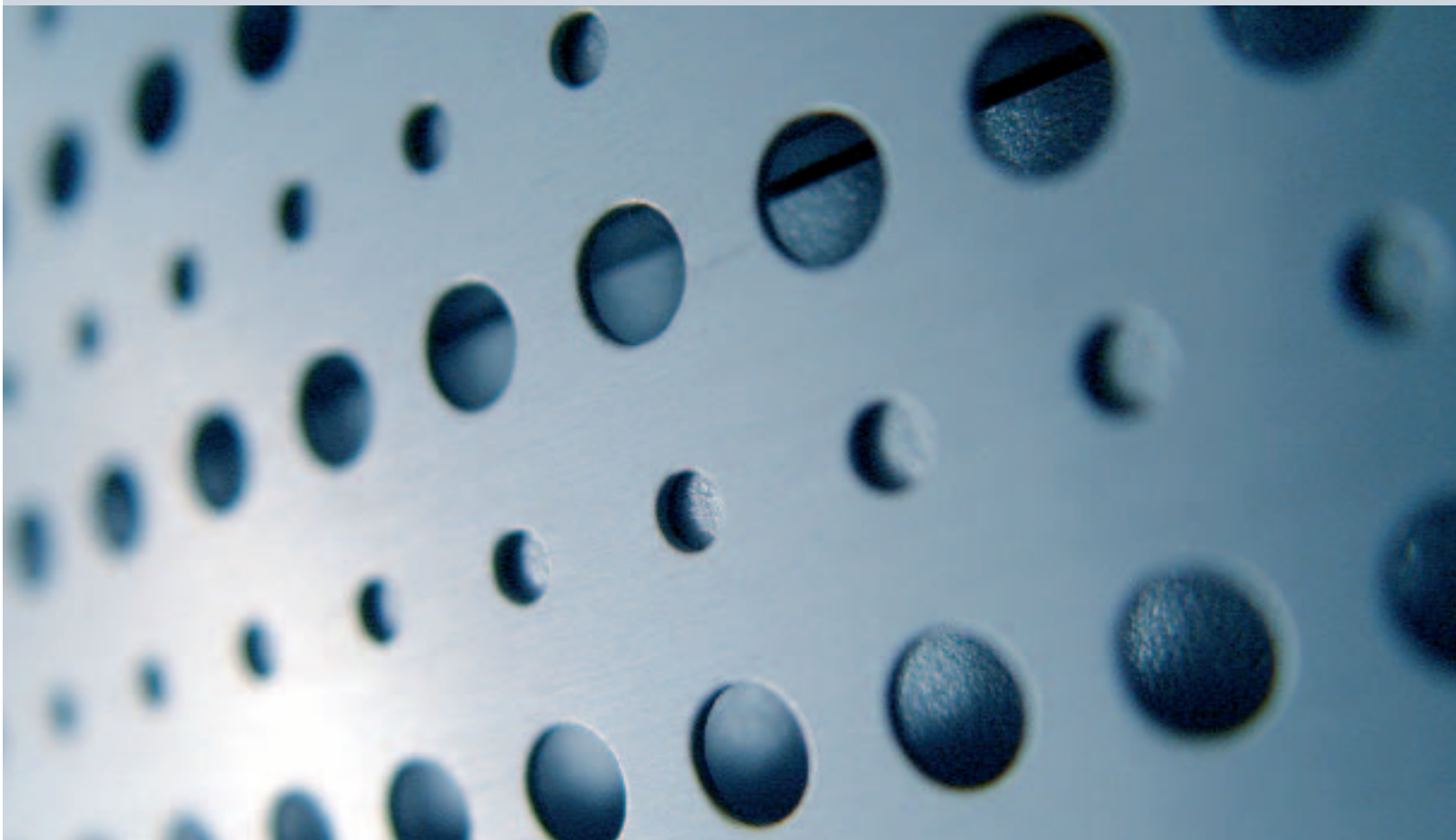




FACHHOCHSCHULE TRIER

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung
University of Applied Sciences

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG



2007



PAUL WURTH

Ihr weltweiter Engineering- und Technologiepartner

Entwicklung von neuen Technologien und Prozessen, industrielles Engineering und internationales Projektmanagement im **Anlagenbau der Roheisen- und Stahlerzeugung** (Hochofenanlagen und -ausrüstungen, Kokereien, Direktreduktionsanlagen, Spezialausrüstungen für Stahlwerke, Umweltschutztechnologien).

Engineering, Planung und Leitung von großen **Bau- und Infrastrukturprojekten**.

Marktführend mit technisch anspruchsvollen, innovativen und maßgeschneiderten Lösungen!



◀ **Neubau und Modernisierung von Hochofenanlagen**



△ **F&E: Klappengehäuse für glockenlosen Gichtverschluß**



Koordinierung von großen Baustellen ▶

Paul Wurth S.A. • 32, rue d'Alsace • Postfach 2233 • L-1022 Luxemburg
Tel.: (+352) 4970-1 • Fax: (+352) 4970-209 • paulwurth@paulwurth.com • www.paulwurth.com

Tochtergesellschaften: Brasilien, Chile, China, Deutschland, Indien, Italien, Kanada, Korea, Mexiko, Russland, Spanien, Südafrika, Taiwan, Tschechien, Vereinigte Staaten



Grußwort und Vorwort

Der Bereich „Forschung und Entwicklung“ an der Fachhochschule Trier spiegelt ein breites Themenspektrum in den Disziplinen Technik, Wirtschaft, Gestaltung, Informatik und Recht wider. In Instituten und Kompetenzzentren der drei Standorte in Trier, am Umwelt-Campus-Birkenfeld und in Idar-Oberstein haben sich Wissenschaftler themenspezifisch und interdisziplinär zusammengeschlossen, um vor allem die anwendungsbezogene Forschung und Entwicklung angebots- und nachfrageorientiert zu forcieren.

Gerade kleine und mittlere Unternehmen sind meist nicht in der Lage, eigene F & E-Abteilungen zu unterhalten. Um den wirtschaftlichen Erfolg nachhaltig sichern zu können, sind sie in i.d.R. auf externen Wissens- und Technologietransfer angewiesen. Diesen Transfer bietet die Fachhochschule Trier durch eine breite Kompetenzlandschaft. Als größte und drittmittelstärkste Fachhochschule des Landes Rheinland-Pfalz ist sie der ideale Partner für die Region und über die Region hinaus. Neben den klassischen

anwendungsorientierten Forschungsprojekten stellen die kooperativen Semester-, Projekt-, Diplom- und Abschlussarbeiten den Wissens- und Technologietransfer zwischen Unternehmen und Hochschule sicher. Diese Form der Zusammenarbeit soll zukünftig ausgebaut und nachhaltig verstärkt werden.

Die Beiträge sind fachlich in die nachfolgenden Bereiche gegliedert:

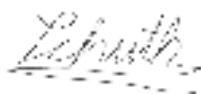
- Technik und Informatik,
- Wirtschaft und Recht,
- Gestaltung und Medien.

Der vorliegende Bericht dokumentiert eindrucksvoll die hervorragenden Ergebnisse in Forschung, Entwicklung und Technologietransfer an der Fachhochschule Trier, die auf das überdurchschnittliche Engagement der Professorinnen und Professoren sowie der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zurückzuführen sind.

Trier, im November 2007



Prof. Dr. Axel Kihm
(Vizepräsident)



Prof. Dr. Michael Schuth
(Technologiebeauftragter)



Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Bier
(Technologietransfer)

SIE BRAUCHEN EINE KLARE VISION VON DEM, WAS SIE TUN WOLLEN – UND MÜSSEN DRANBLEIBEN!

Roger B. Smith



Nach erfolgreichem Abschluss bleiben Sie lieber in Bewegung als fest auf einer Stelle? Dann sind Sie bei FERCHAU, dem Marktführer für Engineering, genau richtig.

In unserer Niederlassung Saarbrücken suchen wir

DIPLOMINGENIEURE (M/W)

Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen

Sie steigen ein in Hightech-Projekte namhafter Kunden und übernehmen verantwortungsvolle und spannende Aufgaben in den Bereichen Planung & Projektierung, Konstruktion & Entwicklung, Versuch, Soft- & Hardwareentwicklung, Programmierung, Produktionsplanung bis hin zum Projekt- und Qualitätsmanagement.

Sie haben Ihren Abschluss in der Tasche und bringen erste Praxiserfahrung im Rahmen von Praktika oder Abschlussarbeit mit. Der Umgang mit gängigen Entwicklungs-, CAD- und CAE-Tools bzw. Programmiersprachen reizt Sie ebenso wie die Zusammenarbeit mit unseren Kunden. Neben Kommunikationsstärke überzeugen Sie durch Ihre selbständige, professionelle und teamorientierte Arbeitsweise. Gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift runden Ihr persönliches Profil ab.

Als zukunftsorientiertes Unternehmen sichern wir unseren Mitarbeitern Karriere-Chancen mit System. Durch sorgfältige Einarbeitung, laufendes Training on the Job und kontinuierliche Aus- und Weiterbildung sowie durch vielfältige und abwechslungsreiche Projekteinsätze fördern wir Ihre persönliche Entwicklung und bieten gute Aufstiegsmöglichkeiten.

Sind Sie interessiert? Dann freuen wir uns auf Ihre Bewerbung unter der Kennziffer HP7-006-6600 per Post oder Onlineformular an unsere Personalreferentin Frau Iris Recktenwald. **Wir entwickeln Sie weiter.**

FERCHAU Engineering GmbH

Niederlassung Saarbrücken
Hochstraße 59 66115 Saarbrücken
Fon +49 681 57030 Fax +49 681 5849201
saarbruecken@ferchau.de www.ferchau.de

 **FERCHAU**
ENGINEERING

Inhaltsverzeichnis

| Technik und Informatik

- | Systematische Untersuchungen zum Rückspülverhalten von Hochgradienten-Magnetfiltern 5
- | Entwicklung und Konstruktion eines Energiesparfahrzeuges zur Teilnahme am Shell Eco-marathon 8
- | Schadstoffreduzierung bei Dieselmotoren durch den Einsatz einer Diesel/Wasser-Emulsion und Optimierung einer Mischkammer der Emulsion 14
- | Forschungsverbund Verkehrstechnik und Verkehrssicherheit: Verkehrssicherheitsaspekte von mobilen Navigationssystemen in PKW und die Akzeptanz von Sicherheitsgurten in Reiseomnibussen 18
- | Hochgenaue Dosierung technischer Gase 22
- | Kurvenverhalten von Rennradreifen 30
- | Energieforschung in Thailand - Internationale Zusammenarbeit der FH Trier 34
- | Shearografische Meßsysteme für die Industrie 38
- | Mikroskopie - Darstellung und Charakterisierung von Oberflächen an Beispielen von Lötfehlern und PACVD beschichtetem Polycarbonat 40
- | Hochwasserrückhaltemaßnahmen in Waldgebieten 44
- | Computerassistenz bei der Implantation von Elektroden zur tiefen Hirnstimulation 48
- | Fertigungsplanung unter Berücksichtigung mehrerer Optimierungsziele 52
- | Usability-Engineering für ein System zum Test und zur Überwachung von Kommunikationssatelliten 54
- | FABEGG: Framework für die Abbildung und Beschleunigung von E-Government Genehmigungsverfahren Schwerpunkt: Barrierefreie Benutzerschnittstellen 59

| Wirtschaft und Recht

- | Low-cost Airports als Wirtschaftsfaktor 63
- | Umweltinformationen Online - Anforderungen an Umweltdatenportale für Land und Kommunen - 69
- | Qualifikation von Mitgliedern der Aufsichtsgremien öffentlicher Unternehmen 71
- | Hochschulnetzwerk ETAP - Die Erfolgsgeschichte einer internationalen Hochschulkooperation - 74
- | Zum gegenwärtigen Stand praktizierter Budgettierungskonzeptionen 76
- | Existenzgründung an der Fachhochschule Trier 82
- | Videos für das Internet und den OK 54 Bürgerrundfunk zur Dokumentation der moselfränkischen Kultur 84

| Gestaltung und Medien

- | Form- und Farbgestaltung erzeugt eine unverwechselbare Markenästhetik mit funktionalem Mehrwert 86
- | Kooperationsprojekt +achat 90
- | Schmuck-Denken - Auf der Suche nach einer Theorie des Schmucks 92



Ihr Einstieg in die Zukunft.

Bei **HYDAC**

Überall, wo Fluidtechnik in Verbindung mit Elektronik und Engineering gefordert wird, sind wir von HYDAC dabei. Mit mehr als 5.000 Mitarbeitern, 40 Auslandsgesellschaften und mit über 1.000 Vertriebspartnern weltweit sind wir mit Ingenieurberatung, Lieferung und Service in direkter Nähe unserer Kunden. Zu unseren Kunden zählen z.B. die führenden Hersteller von Baumaschinen, Werkzeugmaschinen, Windenergieanlagen und der Automobilindustrie.

Wenn Sie bei uns einsteigen, kann das als **Trainee** oder **Jobeinsteiger** erfolgen, im Inland oder im Ausland. Sie haben eine ausbaufähige, erfolgreiche Laufbahn vor sich in den Bereichen:

- **Entwicklung**
- **Konstruktion**
- **Produktion**
- **Betriebswirtschaft**
- **Marketing**
- **Vertrieb**
- **Informationstechnik**



HYDAC INTERNATIONAL GMBH
Personalentwicklung
Industriegebiet
66280 Sulzbach/Saar
Deutschland
E-Mail: personalentwicklung@hydac.com
Internet: www.hydac.com

Systematische Untersuchungen zum Rückspülverhalten von Hochgradienten-Magnetfiltern

Prof. Dr.-Ing. Percy Kampeis

Die Magnetseparation ist im Bereich der Biotechnologie als Verfahren zur Fest-Flüssig-Trennung ein relativ neues Verfahren. Insbesondere die Hochgradienten-Magnetseparation (HGMS) stellt eine interessante Alternative zu den konventionellen Methoden dar. Mit ihr können magnetische Mikropartikel bzw. nichtmagnetische Bestandteile wie z.B. rekombinante Proteine, die an magnetische Affinitätssorbentien angelagert sind, aus einer Suspension abgetrennt werden. Bei biotechnologischen Prozessen befinden sich geeignete Magnetseparatoren bisher nur im Entwicklungsstadium. Ziel in der Biotechnologie ist es, magnetische Affinitätssorbentien (sogenannte Magnetbeads) direkt zu der Fermentationsbrühe bzw. dem Zellhomogenisat zu geben und eine Fest-Fest-Flüssig-Trennung im Magnetfilter in einem Schritt zu erreichen. Dabei soll das Produkt, das an die Magnetbeads gebunden ist, im Filter zurückgehalten werden, während die Suspension mit den übrigen festen Bestandteilen, wie z.B. Zellen oder Zellbruchstücken, sowie den gelösten Stoffen ungehindert abfließen kann.

Die größte Herausforderung hierbei besteht darin, eine effektive Filterreinigung zu gewährleisten, durch die das an die Magnetpartikel angekoppelte Produkt nach dem oben beschriebenen Trennschritt wieder nahezu vollständig aus dem Filter ausgespült wird und somit in ausreichendem Maße gewonnen werden kann. Zudem würde sich eine unvollständige Filterreinigung negativ auf das Durchbruchverhalten des Filters bei erneuter Beladung auswirken.

Um diese Rückspülproblematik systematisch zu untersuchen, wurde im Labor Bioaufbereitung am Umwelt-Campus Birkenfeld ein Hochgradienten-Magnetseparator HGF 10 der Firma Steinert Elektromagnetbau GmbH mittels Magnetventilen und Schaltrelais dahingehend automatisiert, dass die Prozesse Abscheiden von Partikeln und Reinigung des Filters mit vier verschiedenen Reinigungsverfahren durchgeführt werden konnten (siehe Bild 1).

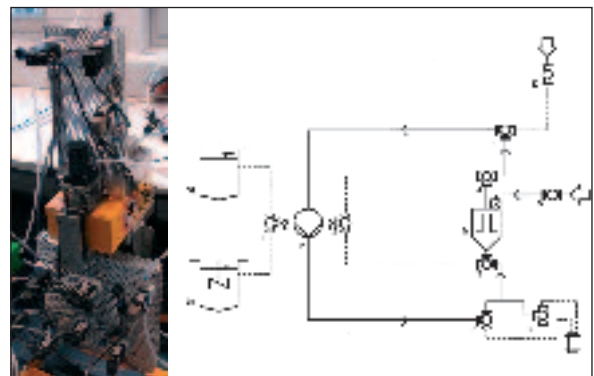


Bild 1: HGMS-Anlage mit Fließbild

Die 50 mL fassende Filterkammer wurde hierfür mit magnetischen Netzen und Spacern als Abscheidematrix gefüllt und mit 2 – 6 g Magnetbeads einer durchschnittlichen Teilchengröße von 1 μm beladen. Für die nach dem Beladen der Kammer folgenden Reinigungsschritte wurden verschiedene Verfahren systematisch untersucht:

Einfaches Kreislaufspülen

Zur Reinigung der Kammer wurde hier mit Hilfe einer Schlauchpumpe Wasser mit verschiedenen Volumenströmen zwischen 0,46 und 1,65 L/min im Kreislauf durch die Kammer gepumpt. Während des vierminütigen Kreislaufspülens reicherte sich das Wasser mit Magnetbeads



an und wurde anschließend mit einer geringen Geschwindigkeit ausgespült. Der Vorgang wurde jeweils viermal wiederholt, so dass sich insgesamt vier Ausspülschritte ergaben, deren Rückspüleleistungen addiert wurden. Wie erwartet zeigte sich, dass durch höhere Geschwindigkeiten auch größere Mengen an Magnetbeads ausgespült werden konnten (siehe Bild 2). Geschwindigkeiten über 1,65 L/min konnten mit dem zur Verfügung stehenden Equipment nicht realisiert werden. Jedoch lässt der Kurvenverlauf vermuten, dass auch bei noch höheren Volumenströmen keine Ausspülraten erreicht werden können, die den Prozess für industrielle Anwendungen interessant machen würden.

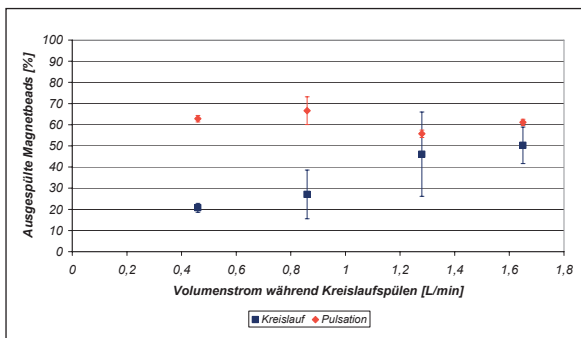


Bild 2: Rückspülverhalten beim einfachen Kreislaufspülen und beim Kreislaufspülen mit Pulsation

Kreislaufspülen und Pulsieren des Flüssigkeitsstroms

Die Reinigung verlief hier ähnlich dem einfachen Kreislaufspülen, jedoch wurde dem Flüssigkeitsstrom eine Pulsation mit einem Hubvolumen von ca. 8 mL und einer Hubfrequenz von 200 Hübe/min aufgezwungen. Es zeigte sich, dass die Pulsation vor allem bei den geringen Volumenströmen eine deutliche Verbesserung der Rückspülung ermöglicht, wohingegen bei den

höheren Volumenströmen nur ein geringer Effekt zu beobachten ist (siehe Bild 2). Dies erklärt sich dadurch, dass bei der auferlegten Pulsation eine kurzzeitige Geschwindigkeitserhöhung von ca. 3,2 L/min erreicht wurde. Mit dieser Methode konnte eine Rückspüleleistung von bis zu 67 % Magnetbeads im Reinigungswasser erreicht werden. Anhand des Kurvenverlaufs für das einfache Kreislaufspülen ist erkennbar, dass ein noch höherer Volumenstrom beim einfachen Kreislaufspülen zu ähnlichen Werten wie die des Kreislaufspülens mit Pulsation führen könnte. Interessant wäre zudem eine Pulsation mit deutlich höherem Hubvolumen, durch die es zu einer drastischen Veränderung der Strömungsverhältnisse kommen könnte. Hierzu sind weitergehende Untersuchungen geplant.

Druckluftstoß

Um gegenüber der Kreislaufspülung noch höhere Flüssigkeitgeschwindigkeiten zu erreichen, wurde bei diesen Versuchen die in der Filterkammer befindliche Flüssigkeit mit Druckluft ausgeblasen. Bei den Versuchen wurden neben dem Druck auch die zugehörigen Zeiten des Druckluftstoßes variiert, damit der Wasserkörper vollständig aus dem System verdrängt werden konnte. Der Druckluftstoß wurde insgesamt viermal auf das System gegeben, wobei zwischen den einzelnen Druckluftstößen Filterkammer und Leitungen erneut mit Wasser gefüllt wurden. Die erreichten Reinigungsleistungen wurden addiert. Mit dieser Methode konnte eine Rückspüleleistung von 55 % Magnetbeads im Reinigungswasser erreicht werden, womit sie besser ist als das einfache Kreislaufspülen, jedoch nicht die Werte des Kreislaufspülens mit Pulsation erreicht (siehe Bild 3).

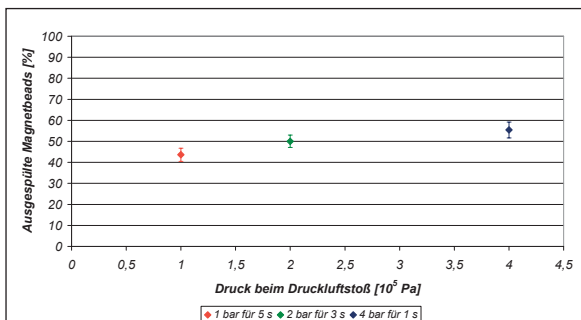


Bild 3: Rückspülverhalten beim Druckluftstoß

Vermutlich wird der hier erzielte positive Effekt der höheren Flüssigkeitsgeschwindigkeiten aufgrund eines Trocknungsprozesses durch die Luft reduziert, der dazu führt, dass die restlichen Magnetbeads noch fester auf den Filternetzen haften. Untersuchungen, bei denen eine gepulste 2-Phasen-Strömung (Luft / Wasser) auf die Filterkammer gegeben wird, sind zur Zeit in Arbeit.

Kreislaufspülen und mechanische Vibration der Filtermatrix

Ein gänzlich anderer Ansatz stellt diese Methode dar, bei der die Filterkammer während der Kreislaufspülung durch einen pneumatischen Klopfer in Vibration versetzt wurde. Solche Klopfer sind als Austraghilfen für Schüttgutsilos bekannt und dort Stand der Technik.

Die Versuche wurden bei verschiedenen Schwingungsformen und -frequenzen durchgeführt. Bei allen Versuchen wurden vier Spülschritte ausgeführt und die erhaltenen Rückspülraten addiert. Bei einer relativ langsamen und harmonischen Schwingungsform von 2600 1/min ließen sich Rückspülraten von 75 – 80 % erreichen, ohne dass sich ein Einfluss des Kreislaufvolumenstromes zeigte.

Bei etwas schnelleren Schwingungsfrequenzen von 4780 und 6900 1/min, die mit dem gleichen Vibratortyp, aber einer anderen Schwingungsart (klopfende Schwingung) erzeugt wurden, ließen sich die Rückspülraten nochmals erhöhen. Während bei der geringeren Frequenz von 4780 1/min noch ein Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit beim Kreislaufspülen zu erkennen ist, liegen die Werte bei 6900 1/min alle im Bereich von 87 bis 96 %.

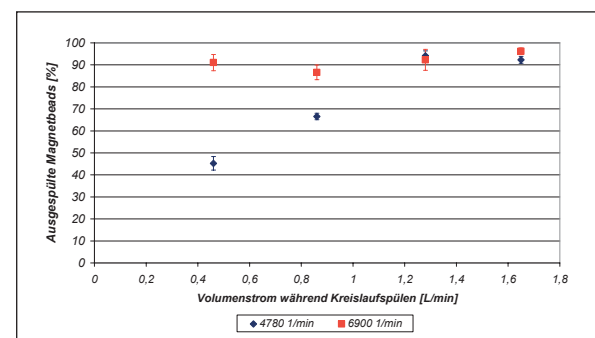


Bild 4: Rückspülverhalten beim Kreislaufspülen mit mechanischer Vibration der Filtermatrix (Schwingungsfrequenz 4780 1/min und 6900 1/min)

Bei deutlich höheren Frequenzen von 22500 und 28000 1/min und einer harmonischen Schwingung konnte keine weitere Verbesserung des Rückspülverhaltens erreicht werden; die Werte lagen hier maximal bei 72 % Magnetbeads im Reinigungswasser.

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Percy Kampeis
 Fachbereich Umweltplanung/Umwelttechnik
 p.kampeis@umwelt-campus.de



Entwicklung und Konstruktion eines Energiesparfahrzeugs zur Teilnahme am Shell Eco-marathon

Daniel Ruppert
Manuel Surek
Lucas Busemeyer
Jakob Scholz
Hartmut Zopke



Bild 1: proTRon I auf der Rennstrecke

Der Shell Eco-marathon

Mit einem Liter Kraftstoff die größtmögliche Entfernung zurücklegen und so wenig Schadstoff 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.

Der Shell Eco Marathon findet alljährlich im Mai im südfranzösischen Nogaro statt.

Egal, welches Antriebskonzept – alle Fahrzeuge

müssen auf der Teststrecke im südfranzösischen Nogaro bei einem Durchschnittstempo von mindestens 30 km/h sieben Runden auf der Rennstrecke (3,636 km) zurücklegen. Oder 25 km in maximal 50 Minuten.

Der beste von vier Versuchen wird gewertet. Die Verbrauchsdaten werden dann umgerechnet, um das Äquivalent „Fahrstrecke in Kilometern pro 1 Liter Superbenzin“ zu ermitteln.

Das Eco-Team Trier

Das Team entstand im April 2006 nachdem eine Studienarbeit den Shell Eco Marathon im Fachbereich Technik der FH Trier bekannt gemacht hatte. Den größten Teil des 15 Personen zählenden Teams bilden Studierende der Fachrichtung Maschinenbau / Fahrzeugtechnik.

Weitere Teammitglieder studieren Elektrotechnik, Informatik und Kommunikationsdesign. Die Arbeit erfolgt größtenteils parallel zum normalen Semesterbetrieb, jedoch wurden auch mehrere Diplom- und Praxissemesterarbeiten im Rahmen des Projektes angefertigt. Nach dem erfreulichen Einstiegserfolg in Nogaro im Mai 2007 bleibt die Teamstruktur weitestgehend erhalten, wobei verstärkt Studierende der unteren Semester für das Projekt gewonnen werden sollen.

Karosserie des proTRon I

Der Forderung nach einem Leichtbaufahrzeug wurde mit einer Kohlefaserkarosserie Rechnung getragen. Neben der Gewichtsanforderung ist vor allem ein geringer Strömungswiderstand notwendig. Die Außenhaut des Fahrzeugs wurde nach ersten Handskizzen vollständig rechnergestützt konstruiert. Ausgehend von den vorgeschriebenen Abmaßen und unter Berücksichtigung des Platzbedarfs für Fahrerin, Brennstoffzelle, Antrieb usw. wurde ein CAD-Modell erstellt, welches anschließend in einer CFD-Berechnung (Computational Fluid Dynamics) auf seinen Luftwiderstand untersucht wurde. Um dieses Ergebnis richtig einordnen zu können wurde ein 1:8 Modell mit Hilfe der 5-Achs Fräsmaschine am Standort Paulusplatz gefertigt und im hochschuleigenen Windkanal getestet.

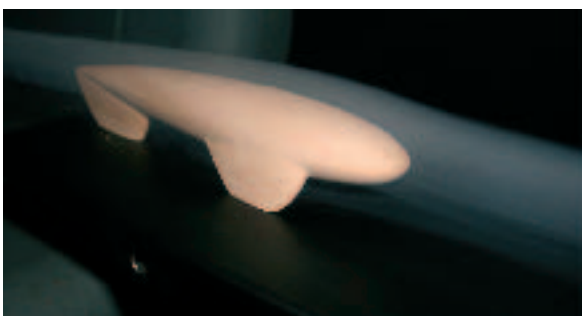


Bild 2: Messungen im Windkanal

Nach diesem Vergleich war es möglich zukünftige Bild Änderungen des Fahrzeugs vollständig am PC durchzuführen. Auf die aufwändige Herstellung weiterer Modelle konnte deshalb verzichtet werden.

Anschließend konnten mit Hilfe der CAD-Software CATIA V5 R17 die Laminierformen konstruiert und die zugehörigen Fertigungsprogramme erstellt werden. Aufgrund der praxisnahen CATIA-Ausbildung war es möglich die komplette CAD/CAM-Verbundkette zu nutzen und so Kosten und Zeit zu sparen.

Als Formbaumaterial wurde ein Werkstoff auf Epoxidbasis genutzt, der vor dem Laminieren noch durch verschiedene Maßnahmen wie Porenversiegelung, Wachsen und Lackieren aufbereitet werden musste. Anschließend konnten im Vakuuminfusionsharzverfahren die verschiedenen Bauteile gefertigt werden. Bei diesem Verfahren spricht man vom Trockenlaminieren, da zuerst die Form evakuiert wird und anschließend das Harz über eine Zuleitung durch das Laminat gezogen wird. Dieses Verfahren sorgt für eine homogene Verbundstoffmatrix und daraus resultierend eine hohe spezifische Steifigkeit und Festigkeit der selbsttragenden Karosserie. Deshalb konnte alle Anbauteile des Antriebsstranges und des Fahrwerks direkt an der Kohlefaserstruktur befestigt werden.



Bild 3: Laminierungsvorgang am Radkasten



Brennstoffzelle

Die Entwicklung der Brennstoffzelle war Thema einer Diplomarbeit. Diese wurde im Kompetenzzentrum Brennstoffzelle am Umwelt-Campus-Birkenfeld durchgeführt.

Es galt, die Anforderungen an das System in Zusammenarbeit mit dem Entwicklungsteam des Antriebs zu beschreiben und darauf basierend ein wirkungsgradoptimiertes System für den Einsatz im ProTRon1 zu entwickeln.

Die Entwicklung der Brennstoffzelle war Thema einer Diplomarbeit. Diese wurde im Kompetenzzentrum Brennstoffzelle am Umwelt-Campus-Birkenfeld durchgeführt.

Es galt, die Anforderungen an das System in Zusammenarbeit mit dem Entwicklungsteam des Antriebs zu beschreiben und darauf basierend ein wirkungsgradoptimiertes System für den Einsatz im ProTRon1 zu entwickeln.

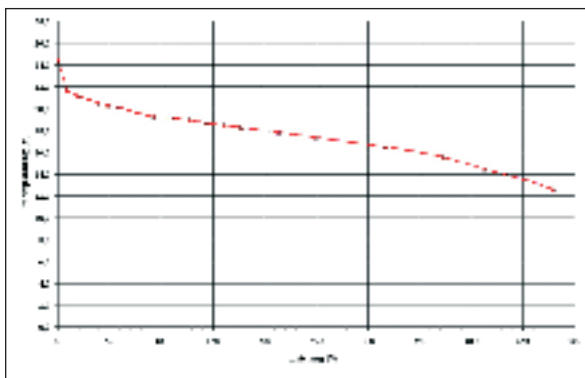


Bild 4: Spannungs-Leistungs-Diagramm

Im nächsten Schritt galt es, einen Stack aus 5 Zellen aufzubauen. Problematisch hierbei sind zum einen die Gasversorgung der Einzelzellen und zum anderen der Anpressdruck der Zellen untereinander. Da die Einzelzellen in einem Brennstoffzellenstapel pneumatisch parallel geschaltet sind, kann

es bei Abweichungen des Strömungswiderstandes und des Eingangs- und Ausgangsdrucks der verschiedenen Einzelzellen untereinander zu Differenzen in der Gasversorgung kommen. Daraus ergeben sich Spannungsdifferenzen zwischen den einzelnen Zellen, was zu Wirkungsgradverlusten und im schlimmsten Fall zur Zerstörung des Stacks führen kann. Bei 5 Zellen kam es ohne weitere Optimierung zu keinen großen Problemen und es wurde eine maximale Spannungsdifferenz von 30 mV bei 20 A erreicht, was zufrieden stellend ist. Bei höherer Zellenzahl (24 Zellen) kam es jedoch zu Schwierigkeiten, und die Differenzen wurden sehr groß. Aus den gewonnenen Daten wurden Abhilfestrategien entwickelt und durchgeführt, wodurch die maximale Zellspannungsdifferenz auch hier zufrieden stellend reduziert werden konnte.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, welcher großen Einfluss auf den Wirkungsgrad der Brennstoffzelle hat, ist der Anpressdruck der MEA (Membran Elektrode Einheit) zum Flowfield. Ist dieser zu niedrig, so besteht ein hoher Übergangswiderstand für die in der Reaktion frei werden Elektroden vom Katalysator auf die GDI und von dieser auf das Flowfield. Der Wirkungsgrad wird somit reduziert. Ist er zu hoch, so wird der Gas- und Wassertransport in den Gasdiffusionsschichten beeinträchtigt. Dieser Anpressdruck ist zum einen abhängig von der Güte der verwendeten Endplatten des Stacks, welche die einzelnen Zellen verspannen und zum anderen von der Dichtungstechnik. Speziell entwickelte Endplatten wurden uns von der Fa. WWS Metallformen zur Verfügung gestellt. Die Dichtungstechnik wurde im Rahmen dieser Arbeit basierend auf der vorhandenen Technik weiter optimiert. Parallel zur Entwicklung und Optimierung des Stacks wurde die gesamte Peripherie des Systems entwickelt.

Die Luftversorgung wurde mittels eines Membran-kompressors der Firma Rietschle Thomas realisiert. Die Temperatur wurde mittels eines Wasserkühl-kreislaufs reguliert, welcher gleichzeitig auch für die Befeuchtung des Reaktionsgases verwendet wurde.

Eine Innovation im Wasserstoffkreislauf stellt das Recycling des Restgases dar. Um einen stabilen Prozess sicherzustellen, muss mehr Wasserstoff in den Stack geleitet werden, als eigentlich verbraucht wird. Es wird ein Teil des Gases also unverbraucht wieder ausgeschieden. Dies ist notwendig, da es sonst zu einer Anreicherung von Wasser auf der Anode kommen würde. Um dies zu gewährleisten und trotzdem keine Energie zu verlieren wird der austretende Wasserstoff mittels einer Pumpe über einen Wasserabscheider auf Ausgangsdruckniveau gebracht und am Eingang des Stacks eingespeist. Hierdurch konnte ein Faradayscher Wirkungsgrad von annähernd 100% erreicht werden.

Alle Peripherieaggregate wurden durch eine eigens entwickelte und optimierte Elektronik geregelt.

Ein großes Dankeschön auf diesem Wege an die Firma Freudenberg FCCT und die Firma WWF Metallformen für die gute Unterstützung

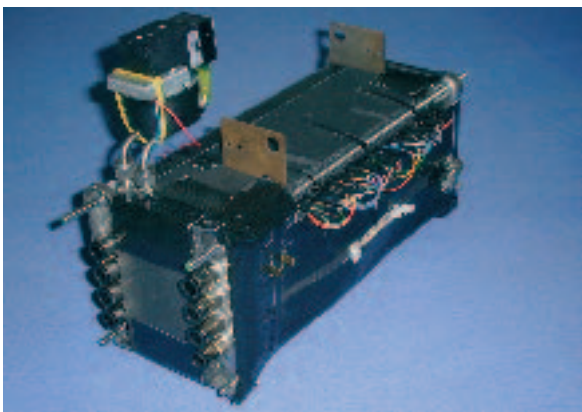


Bild 5: Brennstoffzelle

in materieller und technologischer Form und in besonderem Maße an das gesamte Team des Kompetenzzentrum Brennstoffzelle am Umwelt-campus Birkenfeld für die Ermöglichung dieser Arbeit. Durch diese fruchtbare Zusammenarbeit erreichte das System am Ende einen Gesamtwirkungsgrad von > 60% im Arbeitspunkt.

Antrieb

Die Entwicklung des elektromechanischen Antriebsstrangs des ProTRon1 war Thema einer Diplomarbeit. Sie umfasste die Koordination von Messungen zur Auswahl der in Frage kommenden Antriebsmotoren, die Konstruktion des Hinterrades und dessen Aufhängung sowie die Entwicklung eines wirkungsgradoptimiertes Getriebes.

Zu Beginn der Arbeit wurde eine Recherche zu den möglichen Getriebetypen und deren Eigenschaften durchgeführt, wobei sich ein einstufiges, geradzahntes Stirnradgetriebe als beste Lösung herausstellte. Weitere Nachforschungen zum Reibverhalten dieser Getriebe, der hilfreiche Kontakt zu Prof. Dr. Steingröver von der „Forschungsstelle für Zahnrad und Getriebebau“ an der TU München und die freundliche Unterstützung der Firma KISSOFT Hirnware machten die Berechnung der „perfekten Evolvente“ möglich. Dies wird dadurch erreicht, dass das spezifische Gleiten der im Eingriff befindlichen Zahnflanken durch entsprechend gewählte Profilverschiebungen beidseitig des Wälzpunktes betragsgleich und möglichst gering ausfällt. Parallel zu der Getriebeentwicklung und den stattfindenden Untersuchungen der Antriebsmotoren wurde ein Berechnungsprogramm entwickelt, welches anhand der geometrischen Eigenschaften des Getriebes, den Kennlinien von Brennstoffzelle und Motor wie auch unter Berücksichtigung der sonstigen zu erwartenden Fahrwiderstände Abschätzungen zu Wirkungsgraden und den

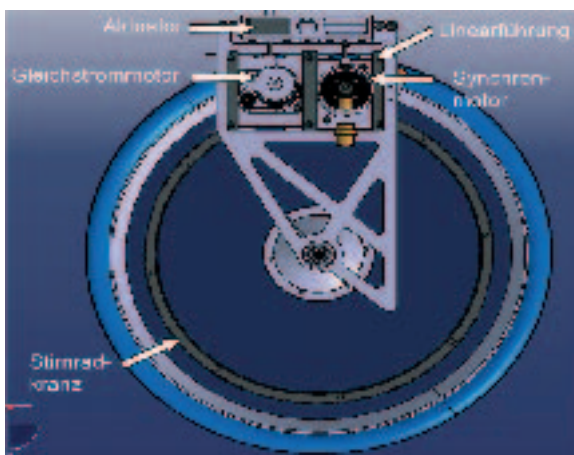


Bild 6: Antriebsstrang am Hinterrad

Bedarfmomenten des Motors in verschiedenen Betriebspunkten gibt.

Letztendlich erwies es sich als zweckmäßig, zwei verschiedene Elektromotoren zu verwenden. Die Beschleunigung des ProTRon aus dem Stand übernimmt nun ein permanent-erregter Gleichstrommotor mit einer Nennleistung von 150W bei einer Getriebeübersetzung von 1:61,8. Nach dem Abfahren seiner programmierten Beschleunigungskennlinie wird er automatisch aus dem Eingriff gezogen. Den weiteren Antrieb übernimmt ein ebenfalls mit optimierter Kennlinie betriebener, permanenterregter Synchronmotor mit einer Leistung von 500W. Seine Getriebeübersetzung ist mittels einer Satzräderverzahnung im Bereich von 1:26,5–1:23 variabel. Beide Motoren sind mittels einer Linearführung in der Hinterradgabel gelagert, wo sie mittels Linearaktuatoren ausgekuppelt werden können. Um die Reibungsverluste des Getriebes weiter zu minimieren, wurden die Zahnräder mit einer 0,5 μm dünnen Beschichtung aus Wolfram-Disulfid versehen. Dabei handelt es sich um eine spezielle Entwicklung der Firma Dicronite, welche bereits bei der NASA und in der Formel1 erfolgreich zum Einsatz kommt. In Kombination mit einem

speziellen Haftschmierstoff sinkt hierdurch die Reibzahl in den Bereich elastohydrodynamischer Schmierung, allerdings ohne die sonst daran gebundenen Plansch- und Verdrängungsverluste. Zur Erhöhung der Notlaufeigenschaften wurden die Zahnräder zusätzlich nitrocarbiert.

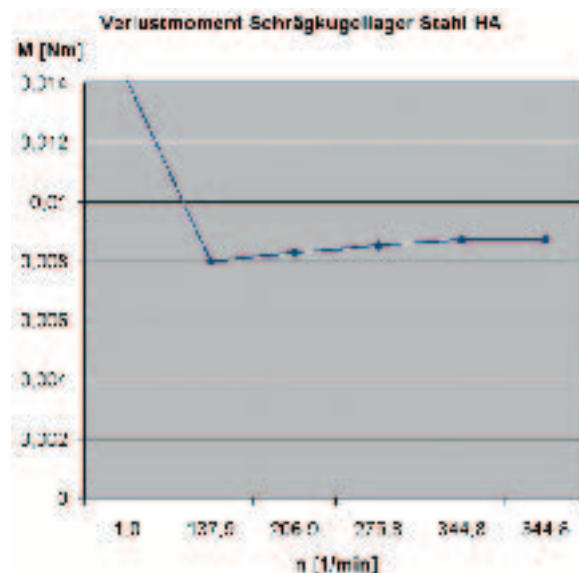


Bild 7: Verlustmoment Stahlager

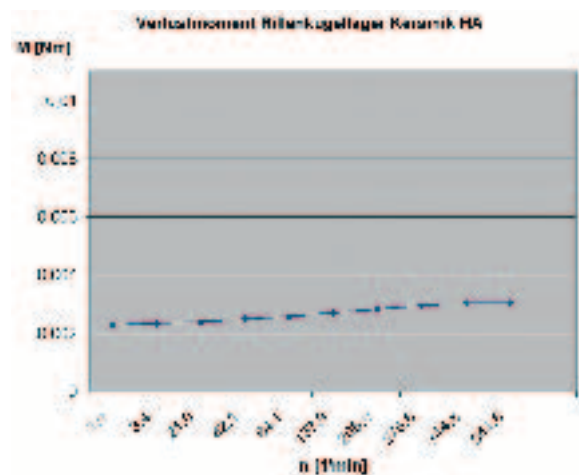


Bild 8: Verlustmoment Keramiklager 1

Auf konstruktiver Ebene konnten die Verluste im Getriebe dadurch weiter vermieden werden, dass keine zusätzlichen Lager neben den Motor – und Radlagern vorgesehen werden mussten. Hier kamen berührungsfrei gedichtete Rillenkugellager zum Einsatz, wobei in der Hinterradnabe keine Stahl- sondern Vollkeramiklager zum Einsatz kam. Neben dem wesentlich kleineren Verlustmoment zeichnen diese sich auch durch das fehlende Losbrechmoment aus.

Da als Zahnradwerkstoff ausschliesslich Stahl in Frage kam, mussten in Folge der hohen einstufigen Übersetzung Maßnahmen zur Gewichtsreduzierung des abtreibenden Stirnrades getroffen werden. Hier kommt ein Radkranz zum Einsatz, welcher mittels eines Zentrierflansches konzentrisch auf dem Radlager ausgerichtet und am Hinterrad verschraubt wird.

Der theoretische Wirkungsgrad des mechanischen Antriebsstrangs konnte auf diese Weise bei verlustkompensierender Teillast und Fahrt in der Ebene in einen Bereich um 98% bewegt werden.

Fahrwerk

Als Grundkonzept wurde ein Dreirad mit einem lenkbaren Hinterrad gewählt. Die Lenkkineematik wurde als Viergelenkgetriebe in Doppelschwingerbauweise ausgeführt. Die an den Lenkmechanismus angebundene Gabel nimmt

Hinterrad sowie Anfahr- und Konstantfahrmotor auf. Gelenkt wird durch ein Zug-Druck-Kabel, das die Fahrerin über einen Lenkhebel bedient. Durch eine Schrägstellung der Karosserie und Gabel verbindenden Raumlener in x-z-Ebene geht das Hinterrad beim Einlenken in negativen Sturz. Dies erhöht das Seitenkraftpotential bei gleichem Schräglaufwinkel und verschiebt so das Eigenlenkverhalten in Richtung neutralerem Fahrverhalten.

Aufgrund des fast in Achsebene liegenden gemeinsamen Schwerpunkts von Fahrzeug und Fahrerin, und der daraus resultierenden minimalen dynamischen Achslastverlagerung konnte an der Vorderachse eine Spurbreite von nur 550mm realisiert werden. Die Vorderachskonstruktion besteht aus zwei Achsstummeln und einem Kohlefaserring. Der Ring nimmt statische- und dynamische Achslasten auf, minimiert an dieser Stelle die Verwindungen der Karosserie in allen drei Raumrichtungen und sorgt somit für ein stabiles und berechenbares Fahrverhalten.

Kontakt:

Eco-Team der Fachhochschule Trier
Fachbereich Technik
info@protron.fh-trier.de



Schadstoffreduzierung bei Dieselmotoren durch den Einsatz einer Diesel/Wasser-Emulsion und Optimierung einer Mischkammer zur Erzeugung der Emulsion

Dipl.-Ing. (FH) Heinrich Dörksen,
Dipl.-Ing. (FH) Björn Will,
Prof. Dr. Christof Simon

Der Dieselmotor gehört mit zu den wirtschaftlichsten Kraftmaschinen die heute in vielen Bereichen der Technik (Fahrzeugtechnik, Energietechnik, Blockheizkraftwerkstechnik, usw.) zum Einsatz kommen. Erweist sich der Dieselmotor im Bezug auf die Abgase hinsichtlich der Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffbildung eher als unproblematisch, so stellt der direkte Zusammenhang zwischen Stickoxid- und Russbildung (innermotorische Maßnahmen die zu einer Reduzierung der NO_x-Emission führen, haben in der Regel eine Zunahme der Russ-Emission zur Folge und umgekehrt, Russ-NO_x-Trade-Off) ein nur schwer überwindbares Problem dar.

Im Fachgebiet Kolben- und Strömungsmaschinen der FH-Trier wurden im Rahmen verschiedener staatlich und industriell geförderter Projekte Möglichkeiten zur Reduzierung der Ruß- und NO_x-Emission bei Dieselmotoren untersucht. Hierbei handelt es sich um kraftstoffseitige, innermotorische Maßnahmen, wie die geschichtete Diesel/Wassereinspritzung, Diesel/Wasser-Mikroemulsionen und die Wassereindüsung.

Insbesondere hat sich beim Vergleich dieser unterschiedlichen Methoden gezeigt, dass die Diesel/Wasser-Mikroemulsion hervorragende Ergebnisse hinsichtlich der gleichzeitigen Reduzierung der Stickoxide und der Russkonzentration liefert (siehe Bild 1) und damit zu einer merklichen Abschwächung des Russ-NO_x-Trade-Offs beiträgt.

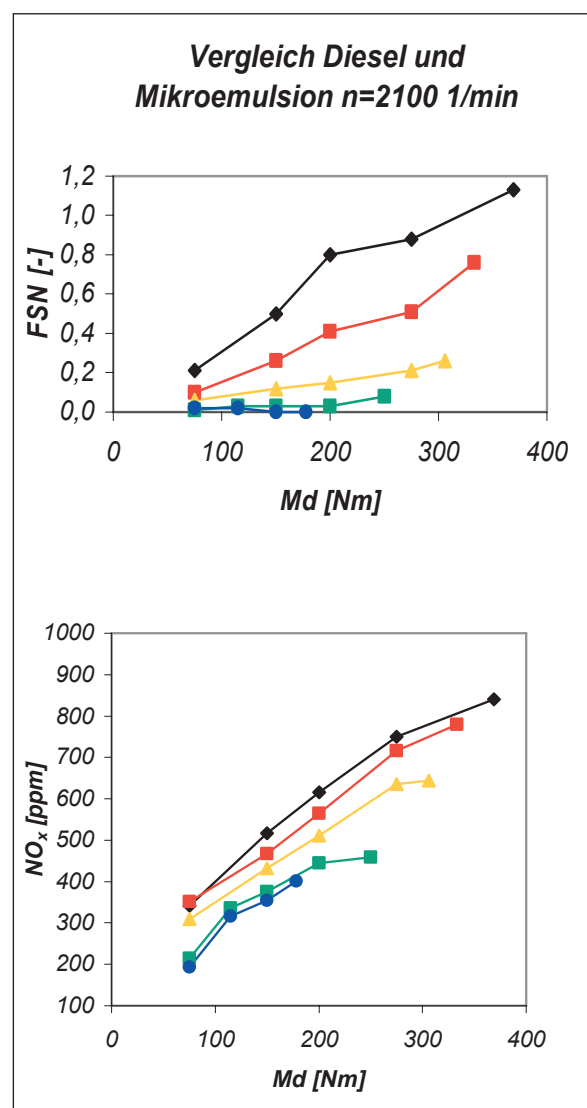


Bild 1: Ruß- und NO_x-Konzentration bei unterschiedlichen Wasseranteilen in Abhängigkeit des Motordrehmomentes

Bei Diesel-Wasser-Mikroemulsionen handelt es sich um thermodynamisch stabile Mischungen aus Diesel, Wasser und Tensiden die im Institut

für Physikalische Chemie an der Uni Köln entwickelt wurden.

Messungen zur Abgaszusammensetzung beim Betrieb von Dieselmotoren mit verschiedenen Diesel-Wasser-Mikroemulsionen wurden im Fachbereich Technik der Fachhochschule Trier an einem ATL -aufgeladenen, 4-Zylinder-Motor durchgeführt.

Untersucht wurden Diesel-Wasser-Mikroemulsionen mit 9/18/27/36 und 45 Gew.% Wasseranteil im Diesel-Wasser-Treibstoff bei verschiedenen Motordrehzahlen und Lastpunkten.

Exemplarisch sind in Bild 1 nur die Ergebnisse einer Messreihe bei der Motordrehzahl $n = 2100 \text{ min}^{-1}$ mit den Wasseranteilen 9 bis 36 Gew.% dargestellt. Aufgetragen ist die Russbelastung (FSN) und die NO_x -Konzentration über dem Motordrehmoment. Aus der Darstellung wird deutlich sichtbar, dass sowohl die Russbelastung als auch die NO_x -Konzentration mit zunehmendem Wasseranteil merklich abnehmen.

Für die praktische Anwendung bei Fahrzeugen im Straßenbetrieb ist eine vorgemischte Emulsion, bei den ständig wechselnden Lastzuständen des Verbrennungsmotors, vor dem Hintergrund einer optimalen Schadstoffreduzierung jedoch nicht sinnvoll. Vielmehr sollte das Mischungsverhältnis aus Diesel und Wasser jeweils lastabhängig immer wieder neu eingestellt werden. Außerdem darf dem Diesel während der Warmlaufphase, bis zum Erreichen einer Mindestbetriebstemperatur des Motors, grundsätzlich kein Wasser beigemischt werden.

Die Bildung einer Diesel/Wasser-Emulsion „on Board“ ist in ihrer einfachsten Form dadurch möglich, dass man vor der Hochdruckeinspritzpumpe (Verteilereinspritzpumpe oder Common-Rail-Einspritz-Anlage) eine Mischereinheit installiert, in der Dieselkraftstoff und Wasser betriebsoptimal gemischt werden (Bild 2).

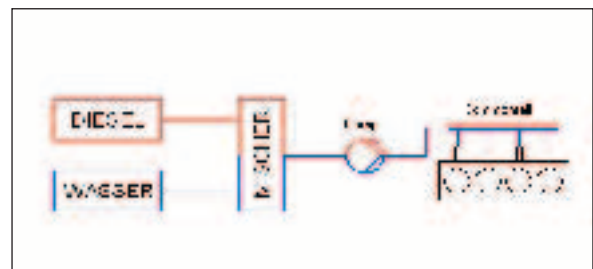


Bild 2: Mischsystem zur Erzeugung einer Emulsion vor der Einspritzpumpe

Diese Anordnung hat den großen Vorteil, dass praktisch jedes Fahrzeug mit einer solchen Anlage nachrüstet werden kann.

Nachteilig wirkt sich hierbei allerdings die relativ große Totzeit aus, die bei einem Lastwechsel des Motors vom Augenblick der Emulsionsbildung im Mischer bis zur Verfügbarkeit im Brennraum gegeben ist. Da bei Nutzfahrzeugen Lastwechsel jedoch seltener als bei PKW vorgenommen werden und sich diese über ein wesentlich größeres Zeitfenster erstrecken, spielt die Totzeit in diesen Fällen eher eine untergeordnete Rolle. Hier ist die Möglichkeit der Nachrüstung von wesentlich größerer Bedeutung.

Um den Anforderungen im PKW gerecht zu werden (Verfügbarkeit der neuen Emulsion im Brennraum bei einem Lastwechsel



nach nur einigen Kurbelwellenumdrehungen), muss die Emulsion möglichst nahe am Brennraum gebildet werden, im günstigsten Falle direkt in der Einspritzdüse. Dazu bedarf es einerseits eines entsprechenden Einspritzsystems bei dem Diesel und Wasser parallel bei dem geforderten Einspritzdruck bis zur Einspritzdüse gefördert wird (Bild 3) und andererseits einer geeigneten „Mischkammer“ in der die Emulsion erzeugt werden kann.

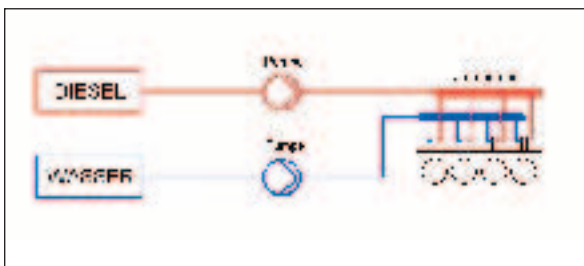


Bild 3: Mischsystem zur Erzeugung einer Emulsion in der Einspritzdüse

Ein solches Einspritzsystem soll im Rahmen eines von AiF/BMBF geförderten Forschungsprojektes entwickelt werden, wobei der Gestaltung der Mischkammer besondere Bedeutung beizumessen ist.

Um das Durchmischungsverhalten in Abhängigkeit verschiedener Randbedingungen zu untersuchen, wurde hierzu ein entsprechender Niederdruckprüfstand aufgebaut und parallel dazu ein CFD-Simulationsmodell entwickelt. Ziel war die Bestimmung des Mischungsverhältnisses, sowie der Zeit, innerhalb der sich ein einphasiges Gemisch einstellt, in Abhängigkeit der Eintrittsgeschwindigkeiten der beiden Flüssigkeiten. Zunächst wurden experimentell verschiedene Mischkammergeometrien untersucht, wobei sich eine 90° Anordnung der beiden Zuflusskanäle als günstigste Variante erwies. Durch den Einsatz

der numerischen Strömungssimulation konnten detaillierte Einblicke in das Durchmischungsverhalten gewonnen werden. Zur Absicherung wurden diese Ergebnisse mit denen des Experiments verifiziert. Beispielsweise ergab sich bei einem Vergleich der Massenanteile am Ende der Mischstrecke eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Versuch.

Stellvertretend für verschiedene Rechnungen und Messungen sind auf Bild 4 Simulationsergebnis und Messergebnis sowohl qualitativ als auch quantitativ für einen bestimmten Strömungsfall dargestellt.

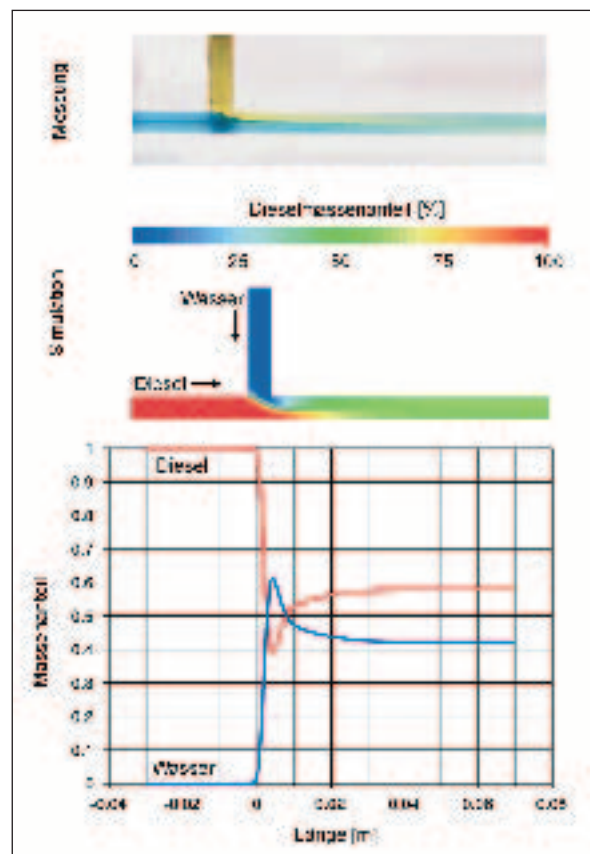


Bild 4: Messung und Rechnung des Mischungsverhaltens von Diesel-Wasser-Mikroemulsionen

Technik und Information

Aus den numerischen Untersuchungen ergab sich eine starke Abhängigkeit des Mischungsverhältnisses, sowie des Mischungsweges vom Geschwindigkeitsquotienten der Wasser- zur Dieleintrittsgeschwindigkeit. Generell ist erkennbar, das mit zunehmenden Quotienten die Homogenität der Mischung am Austritt zunimmt, die benötigte Zeit bis zum Ausgleich eines einphasigen Gemisches sich aber ebenfalls erhöht. Bei einer

Verringerung des Quotienten ergibt sich der umgekehrte Fall. Die Ausgleichszeit nimmt, ebenso wie der Wasseranteil in der Mischung, ab.

Kontakt:

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

Technologie-Entwicklung und Produktions-Automation



**Konzeptionelle
technische Planung**
Produkt- und
Prozess-Entwicklung
Mechanische Konstruktion
Steuerungsplanung
Software-Entwicklung
Einzelteilherstellung
Anlagenmontage
Produktionserprobung
**Internationale
Qualitätsstandards**
Weltweiter Kundendienst



Bio-Mechatronische Anlagen

Grohmann Engineering GmbH, 54595 Prüm / Deutschland

Mail: Mailservice@Grohmann.com
Telefon: 06551-68-0, www.grohmann.com



Forschungsverbund Verkehrstechnik und Verkehrssicherheit: Verkehrssicherheitsaspekte von mobilen Navigationssystemen in PKW und die Akzeptanz von Sicherheitsgurten in Reiseomnibussen

Prof. Dr. Norbert Bahlmann

Im Jahre 2005 gründeten Trierer Wissenschaftler der Fahrzeugtechnik, der Informatik und der Psychologie den Forschungsverbund Verkehrstechnik und Verkehrssicherheit (FVV). Die gemeinsame Arbeit in vorausgegangenen Projekten hatte gezeigt, dass wissenschaftliche Forschung zum Thema Verkehrssicherheit und Mensch-Maschine-Interaktion keine einseitige, fachspezifische Herangehensweise erlaubt.

Um die Interaktion des Menschen mit technischen Systemen umfassend beurteilen zu können, werden interdisziplinäre Ansätze benötigt. Eine Beschränkung auf die technische Seite alleine ist nicht immer ausreichend. Bisherige Ansätze von Ingenieuren haben den Faktor Mensch in Bezug auf die Informationswahrnehmung, -verarbeitung und -interpretation nur bedingt berücksichtigt. Negative Beispiele, wie das iDrive Bediensystem im 7er BMW, haben dies nachdrücklich gezeigt. Die Psychologie hat wiederum nicht die technischen Möglichkeiten, realitätsnahe Simulationen verkehrsbezogener Fragestellungen durchzuführen. Die externe Validität der Ergebnisse wäre damit in Frage zu stellen. Zur Verbesserung der Mensch-Maschine-Interaktion kennt auch die Informatik das Zusammenwirken von Technik und Psychologie. Eine interdisziplinäre Kooperation dieser Fachrichtungen bündelt somit verschiedene Kompetenzen und ermöglicht dadurch eine umfassende Bearbeitung von Mensch-Maschine-Interaktionen in Bezug auf die Verkehrstechnik und Verkehrssicherheit. Das Ziel

ist eine Optimierung der Schnittstellen zwischen den Menschen und der Technik.

Der disziplinenübergreifende Forschungsverbund Verkehrstechnik und Verkehrssicherheit wird vom Ministerium für Wissenschaft, Weiterbildung, Forschung und Kultur des Landes Rheinland-Pfalz im Rahmen des Hochschulprogramms „Wissen schafft Zukunft“ gefördert. Zum Forschungsverbund gehören folgende Wissenschaftler der Universität Trier und der Fachhochschule Trier:

FH Trier: Institut für Fahrzeugtechnik

Prof. Dr. Norbert Bahlmann
Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zoppke
Dipl.-Ing. (FH) Peter Bach

FH Trier: Institut für Innovative Informatik-Anwendungen i3A

Prof. Dr. Rolf Linn

Uni Trier: Allgemeine und Kognitive Psychologie der Universität Trier

Prof. Dr. Karl Friedrich Wender
Dipl. Psych. Nils Carstengerdes

Uni Trier: Arbeits-, Betriebs- und Organisationspsychologie

Prof. Dr. Conny Antoni
Prof. Dr. Andrea Fischbach

Im Folgenden werden zwei Projekte vorgestellt, die aktuell vom Forschungsverbund bearbeitet werden.

Verkehrssicherheitsaspekte von mobilen Navigationssystemen in PKW

Fragestellungen zum Thema Navigationssysteme sind aufgrund der zunehmenden Verbreitung solcher Systeme von außerordentlicher Bedeutung. Neben der Nutzung in PKW erfreuen sich solche Systeme mittlerweile auch bei Motorradfahrern steigender Beliebtheit. Interdisziplinäre Ansätze zu diesen Themen sind jedoch deutlich unterrepräsentiert.

Hierbei sind Aspekte der Verkehrssicherheit, der kognitiven Beanspruchung, der Informationsvermittlung, der Aufmerksamkeitslenkung und Ablenkung von besonderem Interesse. Es lassen sich zudem differenzielle Effekte in Bezug auf bestimmte Personenmerkmale vermuten. So gilt es, altersabhängige Probleme zu beachten und Geschlechtseffekte einer genauen Analyse zu unterziehen. Vorwissen und Fahrerfahrung können den Nutzen neuer Technologien ebenso beeinflussen wie z.B. die Modalität der Informationsvermittlung (z.B. akustisch oder visuell). Die Gestaltung der Informationssysteme bedarf insgesamt einer genauen Untersuchung. Dabei sollte gerade dem Zusammenhang zwischen Usability (z.B. der Art der Kartendarstellung oder der Menüstruktur, der optimalen Platzierung des Geräts oder Ähnlichem) und Verkehrssicherheit eine besondere Rolle zukommen.

In dem hier vorgestellten Projekt wird im Rahmen realer Fahrversuche die Ablenkbarkeit der Fahrzeugführer durch die Verwendung von Navigationssystemen empirisch untersucht. Im Ver-

suchsfahrzeug montierte Kameras nehmen dazu die Aktivitäten des Testfahrers auf (siehe Bild 1). Eine Aufzeichnung der Bedienoberfläche des Navigationsgerätes und des Straßengeschehens erfolgt zeitgleich. Der Versuchsleiter zeichnet darüber hinaus mögliche Fahrfehler manuell auf. Anschließend werden die Daten im Usability-Labor computerunterstützt ausgewertet.

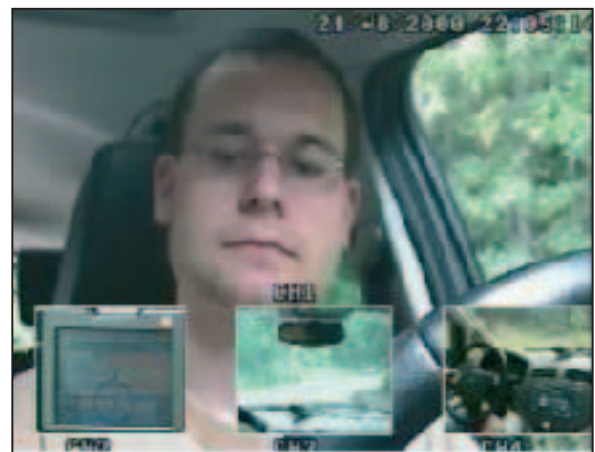


Bild 1: Standbild aus einem Versuchsvideo. Vier Videokameras zeichnen zeitgleich die Aktionen des Fahrers (Blicke und Bewegungen der Hände), die Bedienoberfläche des Navigationsgerätes und das Straßengeschehen auf.

Anhand der Ergebnisse (z.B. Fahrfehler, Häufigkeit und Dauer der Blickkontakte und Befragungen der Testpersonen) können Aussagen zur Qualität der Mensch-Maschine-Interaktion getroffen werden. Hierzu werden Variablen der Informationsmodalität, der Kartendarstellung, des Vorwissens und des Geschlechts untersucht. Die Experimente mit drei unterschiedlichen Navi-



gationsgeräten der neuesten Generation zeigen, dass die Qualität der Systeme im Hinblick auf die sichere Bedienung und Informationswahrnehmung stark variiert. Bestimmte Informationsmodalitäten führen immer wieder zu einer Verunsicherung der Testfahrer. Derzeit wird ein Katalog mit Empfehlungen für die optimale Konfiguration der Bedienelemente und Informationsdarstellung erstellt. Diese Vorgaben können sich je nach Personengruppe (alt, jung, männlich, weiblich, mit oder ohne Vorwissen) unterscheiden.

Akzeptanz von Sicherheitsgurten in Reisebussen

Die europäische Gesetzeslage verlangt das Tragen von Sicherheitsgurten in Reisebussen sowohl für Fahrer als auch für Fahrgäste. Es gibt jedoch keine validen wissenschaftlichen Daten in Bezug auf die Anschnallquote in Reisebussen (im PKW-Bereich sind solche Erhebungen Standard) und Interventionen zur Anhebung der Quote. Aus diesem Grunde untersucht der Forschungsverbund seit 2006 in einem selbstinitiierten Projekt das Anschnallverhalten von Fahrgästen in Reiseomnibussen.

Hierzu wurden im Bereich der Fahrzeugtechnik einfache Sensoren zur Erkennung der Sitzbelegung durch einen Reisegast und der entsprechenden Gurtnutzung entwickelt und in einen, von der Firma Kylltal-Reisen zur Verfügung gestellten Omnibus eingebaut. Sämtliche Sensoren sind, wie in Bild 2 dargestellt, mit einem digitalen Datenerfassungssystem verbunden. Dieses zeichnet während der Fahrt des Omnibusses ohne das Wissen der Fahrgäste von allen Sitzplätzen die Belegung und Gurtnutzung auf. Die gespeicherten Daten werden regelmäßig via Mobilfunk ausgelesen und stehen dann für statistische Auswertungen durch die Psychologen zur Verfügung.

Zusätzlich zu diesen Untersuchungen sollen Befragungen der Fahrgäste Aufschluss über die motivationalen Faktoren, Verhaltensmuster, Erfahrungen und Einstellungen zu Sicherheitsgurten geben.

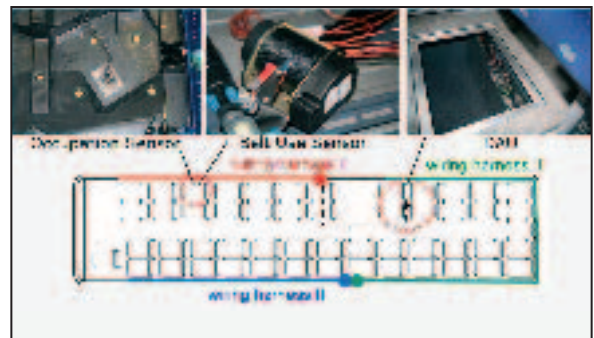


Bild 2: Darstellung der Sensoren für die Insassenerkennung und die Gurtnutzung (oben links und Mitte). Eine Datenerfassungseinheit ist im Gepäckraum des Busses untergebracht (oben rechts). Dorthin führen drei Kabelstränge, die im unteren Teilbild schematisch gezeigt werden.

In der ersten Phase der Versuche wurde die Basisrate der Anschnallquote untersucht. Wie erwartet legen nur wenige Fahrgäste die vorgeschriebenen Sicherheitsgurte an. Die ermittelte Quote liegt mit 25% deutlich unter den Nutzungsquoten von über 90% in PKW, so dass Maßnahmen zur Erhöhung notwendig sind.

In einem ersten Interventionsschritt wurden zwei einfache Maßnahmen (1.: vorgefertigte Aufforderung durch den Busfahrer und 2.: Informationsmaterial an den Sitzplätzen) entwickelt und im Fahrbetrieb evaluiert. Die Ergebnisse zeigen leider keinen befriedigenden Anstieg in der Anschnallquote. Deshalb werden aktuell weitere Möglichkeiten zur Verbesserung geplant. Diese sollen in der Zukunft durch den Forschungsverbund FVV im Reisebus getestet werden.

Technik und Information

Ergänzend soll hier erwähnt werden, dass die beteiligten Studenten dieses Projekt im Sommer auf der ESV-Konferenz (Enhanced Safety of Vehicles) in Lyon einem internationalen Publikum vorstellen durften und bei der Collegiate Student Safety Technology Design Competition einen hervorragenden 2. Platz belegten. Damit wurde neben der

außerordentlich guten Arbeit auch die internationale Bedeutung der Thematik gewürdigt.

Kontakt:

Prof. Dr. Norbert Bahlmann
Fachbereich Technik
bahlmann@fh-trier.de



ZIEMANN
Stahlbau



Stahlbau Ziemann GmbH
Lilienthalstr. 2 · 54516 Wittlich
Tel. 0 65 71 / 69 08-0 Fax -24
info@ziemann-stahlbau.com
www.ziemann-stahlbau.com

- Stahlhallenbau
- schlüsselfertiger Hallenbau
- Industrie- und Geschossbau
- Verbundbau
- Stahlkonstruktionen für Anlagenbau





Hochgenaue Dosierung technischer Gase

Dipl.-Ing. (TU/FH) Th. E. Andreas,
Dipl.-Ing. (FH) Dirk Hübner,
Dipl.-Ing. (FH) L. Leonhard,
Prof. Dr.-Ing. Harald Ortwig,
Dipl.-Ing. (FH) G. Schmitt

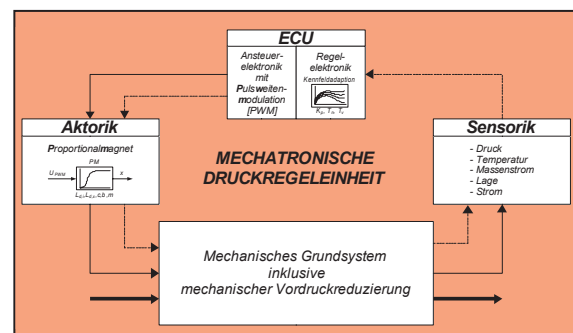
Mechatronische Druckregleinrichtung auf Basis leistungsfähiger elektromagnetischer Aktorik

Die stetig zunehmenden Anforderungen an Produkte in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit, Funktionalität und Kompaktheit führen zukünftig verstärkt zu mechatronischen Lösungsansätzen in der Produktentwicklung. In diesem Beitrag werden anhand der Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme die Konzeption sowie die simulationstechnische und experimentelle Untersuchung einer mechatronischen Druckregleinrichtung mit elektromagnetischer Aktorik beschrieben. Die Arbeiten wurden in Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner des Fachgebietes Fluidtechnik der FH Trier, der Firma Rotarex S.A. aus Luxemburg, durchgeführt. Anwendungsgebiet ist die hochgenaue Dosierung gasförmiger Medien, speziell für den Bereich „alternative gasförmige Kraftstoffe“.

Entwicklung und Aufbau der mechatronischen Druckregleinrichtung

An die Dosierung gasförmiger Medien werden zukünftig deutlich höhere Anforderungen gestellt, denen bisher verwendete rein mechanische Systeme nicht mehr gerecht werden können. Hierbei bieten mechatronische Lösungsansätze bezüglich Leistungsfähigkeit, Funktionalität und Kompaktheit, aber auch aufgrund ihrer Flexibilität und Adaptivität auf veränderliche Prozessparameter wesentlich bessere Potenziale. Die funktionelle Struktur der untersuchten mechatronischen Druckregleinrichtung ist in Bild 1 dargestellt. Diese

besteht aus den Komponenten „ECU (Electronic Control Unit)“, „elektromagnetische Aktorik“, „Sensoren (für Druck, Temperatur, Massenstrom, Lage, Strom u. a.)“ und einer optionalen mechanischen Vordruckreduzierung. Alle Systemkomponenten werden in einem kompakten Gehäuse vereint.



Stofffluss → Energiefluss → Signalfloss →

Bild 1

Die konzeptionelle Gestaltung und Entwicklung dieses mechatronischen Systems führt zunächst über das aus der VDI-Richtlinie 2206 bekannte V-Modell für das generische Vorgehen beim Entwurf mechatronischer Systeme, das jedoch auf den vorliegenden Anwendungsfall adaptiert wurde (Bild 2). Ausgehend von konstruktiven Methoden, die zu einem ersten Entwurf der Druckregleinrichtung führen, wird das Gesamtsystem zunächst in Teilfunktionen untergliedert, der sich eine domänenspezifische physikalische Modellbildung dieser Teilfunktionen anschließt.

Aus Bild 2 geht hervor, dass zur theoretischen Modellbildung unterschiedliche Simulationsumgebungen benötigt werden. Die Ergebnisse der Modellbildung/Simulation dieser Teilfunktionen können anschließend in dem Simulationstool Matlab/Simulink zusammenfassend abgebildet und simuliert werden. Experimentelle Untersuchungen an gefertigten Prototypen führen zur

Verifikation/Validierung des Simulationsmodells, mit dem Ziel durch Variation von Parametern eine simulationsgestützte Optimierung durchzuführen. Mit dieser Vorgehensweise lässt sich eine Reduktion von Entwicklungszeit und -kosten realisieren. Die oben beschriebene Herangehensweise wird nachfolgend anhand der für die

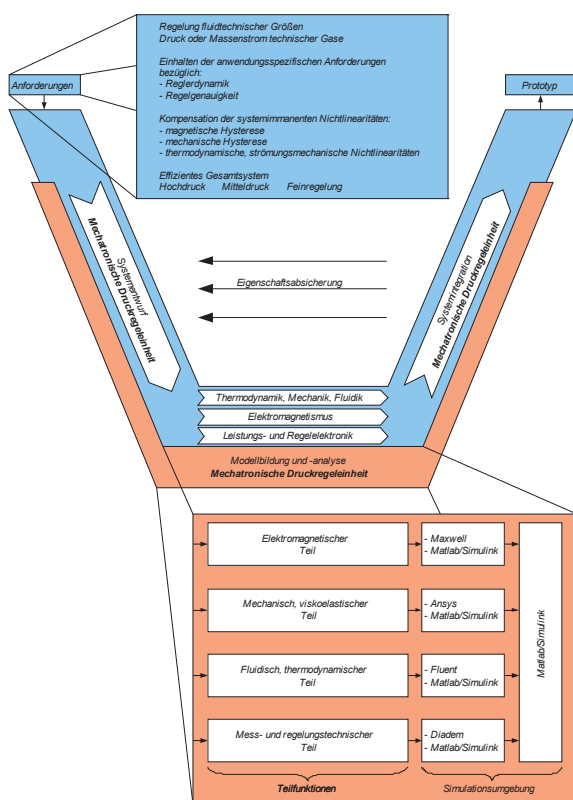


Bild 2

mechatronische Druckregleinheit essentiellen elektro-magnetischen Aktorik, die Bestandteil des Proportional-magnetventils ist, erläutert.

Das Proportionalmagnetventil setzt sich aus der bereits erwähnten elektromagnetischen Aktorik zur Erzeugung der Stellgröße und einem Ventilkörper zur Wandlung der Stellgröße in eine die Regelgröße beeinflussende Größe zusammen (Bild 3). Die proportional wirkende elektromagne-

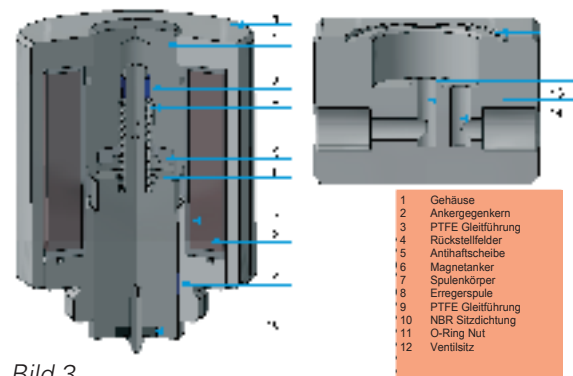


Bild 3

tische Aktorik wurde nach den Richtlinien in /2/ konstruiert. Die Magnetkraft-Luftspalt-Kennlinien wurden durch konische Formgebung des Ankergegenderns konstruktiv beeinflusst.

Modellierung des Gesamtsystems

Ein dynamisches Modell der elektromagnetischen Aktorik kann nur mit Kenntnis der physikalischen Vorgänge, die bei Aktion und Interaktion der Teilsysteme eine Rolle spielen, gebildet werden. Die physikalischen Abhängigkeiten lassen sich in einem Wirkungsplan darstellen. Ein detaillierter Wirkungsplan des Proportionalmagnetventils ist in Bild 4 dargestellt.

Die durch die systemimmanenten Energiespeicher eintretenden Verzögerungen zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen der Teilsysteme können durch Differentialgleichungen mathematisch beschrieben werden. Alternativ zu den in der einschlägigen Literatur gängigen Simulationsmodellen für Proportionalmagnete wurde anstatt des (ψ, x) -Kennfeldes ein Ansatz über die magnetische Feldenergie $E_m(i, x)$ erarbeitet.

Eingangsgröße für das mechanische Teilsystem ist die vom elektromagnetischen Teilsystem erzeugte Magnetkraft. Mit dieser kann durch Anwendung der Newtonschen Bewegungsglei-



chung die Stellbewegung des Magnetankers in der ersten systembeschreibenden Differentialgleichung (1) mathematisch formuliert werden.

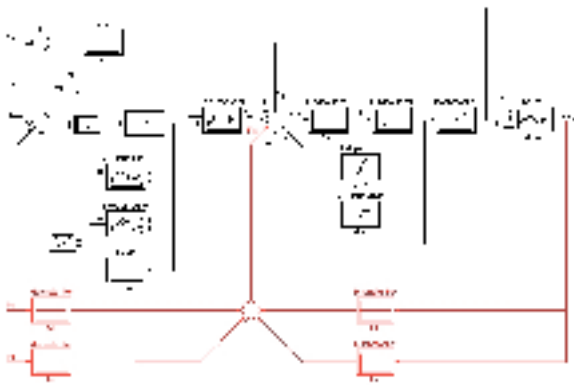


Bild 4

$$(1) \quad m \cdot \ddot{x} + b \cdot \dot{x} + \mu \cdot \text{sgn}(\dot{x}) + c \cdot x = \frac{\partial}{\partial x} \int_0^i \Psi(i, x) \cdot di - c \cdot x_0 - m \cdot g$$

Da die Magnetkraft eine Funktion des Erregerstromes ist, muss eine zweite Differentialgleichung (2) für den Aufbau des Erregerstromes hergeleitet werden. Ausgangspunkt zur Herleitung ist der Maschensatz für das elektromagnetische Teilsystem, wobei sich die zeitliche Änderung des verketteten magnetischen Flusses und damit die induzierte Spannung aus den Anteilen der zeitlichen Stromänderung und der Bewegung des Magnetankers zusammensetzt (3).

$$(2) \quad \frac{di}{dt} = \frac{1}{L_{d,i}} \cdot \left(U_s - i \cdot (R_i + R_w) - L_{d,x} \cdot \frac{dx}{dt} \right)$$

$$(3) \quad \frac{d\Psi(i, x)}{dt} = \underbrace{\frac{\partial \Psi(i, x)}{\partial i}}_{L_{d,i}} \cdot \frac{di}{dt} + \underbrace{\frac{\partial \Psi(i, x)}{\partial x}}_{L_{d,x}} \cdot \frac{dx}{dt}$$

Mit (4) und anschließendem Koeffizientenvergleich zwischen (5) und (3) kann gefolgert werden, dass sich die differentiellen Induktivitäten in Richtung des Stromes und des Weges als Proportionalitätsfaktoren zwischen zeitlicher

Stromänderung bzw. Magnetankerbewegung und induzierter Spannung aus den partiellen Differentialen (6) + (7) der magnetischen Feldenergie bestimmen lassen.

$$(4) \quad \frac{d\Psi(i, x)}{dt} = \frac{1}{i} \cdot \frac{dE_m(i, x)}{dt}$$

$$(5) \quad \frac{d\Psi(i, x)}{dt} = \frac{1}{i} \cdot \underbrace{\frac{\partial E_m(i, x)}{\partial i}}_{L_{d,i}} \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{i} \cdot \underbrace{\frac{\partial E_m(i, x)}{\partial x}}_{L_{d,x}} \cdot \frac{dx}{dt}$$

$$(6) \quad L_{d,i} = \frac{1}{i} \cdot \frac{\partial E_m(i, x)}{\partial i}$$

$$(7) \quad L_{d,x} = \frac{1}{i} \cdot \frac{\partial E_m(i, x)}{\partial x}$$

Mit Hilfe einer magnetostatischen Simulation des Proportionalmagneten in Maxwell kann sowohl die magnetische Feldenergie als auch die Magnetkraft in Abhängigkeit des Erregerstromes und des Luftspaltes quantitativ bestimmt werden. Damit sind alle für die Stellbewegung des Proportionalmagneten relevanten physikalischen Größen bekannt.

Mit der gewählten Schrittweite der Parameter Strom und Luftspalt konnte die Rechenzeit zur Ermittlung der Em- und Fm-Kennfelder auf ein akzeptables Maß reduziert werden. Die Darstellung des ermittelten Fm-Kennfeldes zeigt Bild 5.

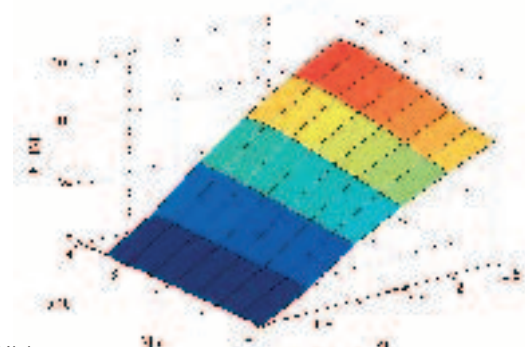


Bild 5

Voraussetzung für die Ermittlung der partiellen Differentiale nach (6) und (7) ist ein stetiger Verlauf des Em-Kennfeldes. Dazu wurde das simulierte Em-Kennfeld in einem ersten Schritt approximiert, um mit diesem in einem zweiten Schritt weitere Stützstellen generieren zu können. Die Em-Kennfelder und die ermittelten Kennfelder der differentiellen Induktivitäten sind in Bild 6 dargestellt.

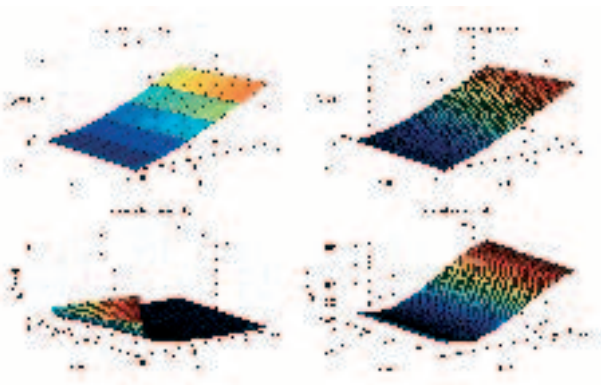


Bild 6

Die gute Übereinstimmung zwischen simulierter und gemessener Weg-Strom- und Weg-Zeit-Funktion verifiziert das gebildete Modell für das

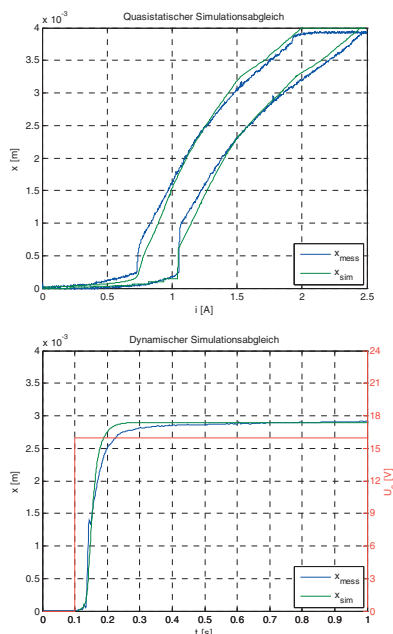


Bild 7

statische und dynamische Verhalten des Proportionalmagnetens (Bild 7).

Die Stellbewegung des Magnetankers bildet die Eingangsgröße für das fluidische Teilsystem der „Mechatronischen Druckregleinheit“. Die Übertragungsfunktion in einen proportionalen Massenstrom kann mit Hilfe eines reduzierten Massenstromkennfeldes nach Gleichung (8) beschrieben werden.

$$(8) \quad \dot{m}_{red} = \dot{m}_{th} \cdot \frac{\sqrt{T_1}}{p_1} = \frac{2 \cdot \frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}\right)}{R_i \cdot \left(A_2^{-2} \cdot \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\kappa}} - A_1^{-2}\right)}$$

Das Kennfeld basiert auf Messergebnissen für die strömungstechnisch relevante Geometrie des Proportionalmagnetventils. Die Darstellung als reduzierter Massenstrom ermöglicht den Einfluss verschiedener Dichten des Mediums vor dem Proportionalmagnetventil simulationstechnisch zu berücksichtigen. Das ermittelte Kennfeld zeigt Bild 8.

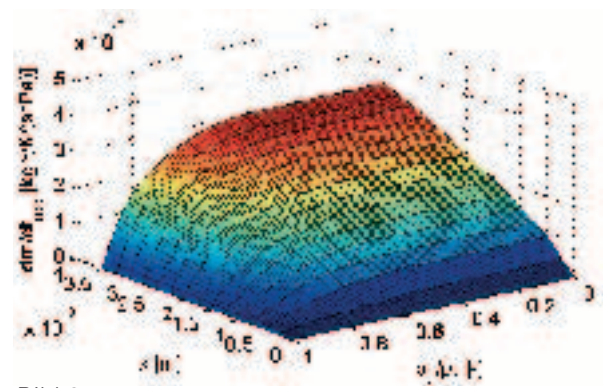


Bild 8

Die im System vorhandenen Volumina werden mit Hilfe der Differentialgleichungen (9) und (10) für die Massen- und Energieerhaltung modelliert.



$$(9) \quad d\dot{m}_{\text{sys}} = \sum_{i=1}^n \dot{m}_i$$

$$(10) \quad \frac{dU}{dt} = \frac{dQ}{dt} + \frac{dW}{dt} + \frac{dm_e}{dt} \cdot h_e + \frac{dm_a}{dt} \cdot h_a$$

Regelungstechnische Untersuchungen

Bild 9 zeigt eine mögliche Regelkreisstruktur. Ausgangsgröße des Systems ist der im Niederdruckvolumen herrschende Druck, der im hier gezeigten Anwendungsfall die Regelgröße repräsentiert. Dieser Druck wird mittels geeigneter Sensorik erfasst und dem Regelprozess als Istwert p_x zugeführt.

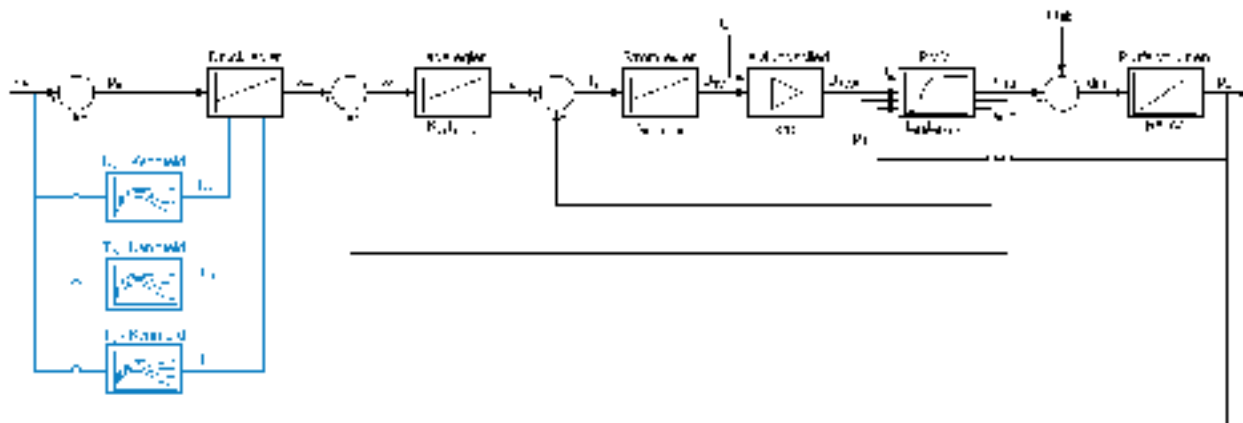


Bild 9

Im Falle einer Regeldifferenz $p_e = p_w - p_x$ wird nach betriebspunktabhängigen Regelalgorithmen mit kennfeldadaptierten Reglerbeiwerten die Ausgangsgröße der übergeordneten Hauptregelung für die Aktorik gebildet. Im einfachsten Fall stellt das Ausgangssignal direkt die Eingangsgröße für die Leistungselektronik dar.

Zur Verbesserung der Regeldynamik und der Systemstabilität können auch eine Magnetankerpositions- und eine Erregerstromregelung unterlagert werden (Kaskadierung – Bild 9). Der Temperatureinfluss der Erregerspule auf die

Regelkreisverstärkung lässt sich ebenfalls durch eine unterlagerte Stromregelung kompensieren.

Die Leistungselektronik reagiert auf die Eingangsgröße mit einer Änderung der effektiven Spulenspannung, so dass der Erregerstrom und damit auch die Magnetkraft beeinflusst werden. Dies führt zu einer Stellbewegung des Magnetankers und folglich zu einer Veränderung der freien Strömungsquerschnittsfläche am Ventil.

Da der in das Niederdruckvolumen eintretende Massenstrom in einem funktionalen Zusammenhang zur freien Strömungsquerschnittsfläche

steht, werden die zeitliche Massen- und Energiestrombilanzen für das Niederdruckvolumen beeinflusst. Der zeitliche Druckverlauf im Niederdruckvolumen wird durch ein- und austretende Massenströme, Austausch von Energie über die Systemgrenzen und über die Verknüpfung der physikalischen Größen Masse, Temperatur, Druck und Volumen bestimmt.

Durch die systemimmanenten Nichtlinearitäten stellt die Regelkreisverstärkung eine Funktion des Arbeitspunktes dar. Somit können im Betrieb des Regelkreises mit konstanten Reglerpara-

metern betriebspunktabhängige Instabilitäten auftreten. Im Hinblick auf eine optimale Regeldynamik sollte der Proportionalbeiwert des Reglers jedoch nicht beliebig weit gesenkt werden. Ein Lösungsansatz zur Erzielung optimaler Regeleigenschaften bietet die Adaption der Regelparameter an den jeweiligen Arbeitspunkt. Für die mechatronische Druckregelung werden die Reglerparameter in Abhängigkeit des Drucksollwertes adaptiert.

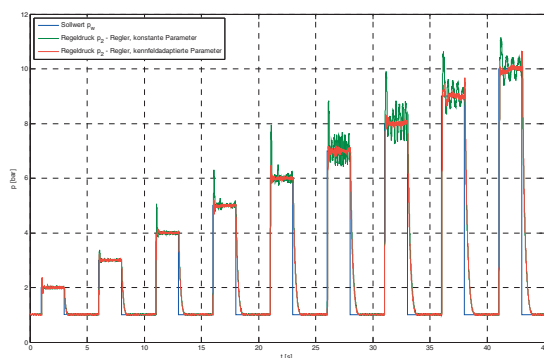


Bild 10

Bild 10 zeigt einen Vergleich des Führungsverhaltens des Regelkreises für konstante und kennfeldadaptierte Parameter des PID-Reglers. Im Betrieb mit konstanten Reglerparametern ist eine betriebspunktabhängige Systeminstabilität zu erkennen, wogegen der kennfeldadaptierte Regler in allen Betriebspunkten optimale Regeldynamik und Stabilität bietet (vgl. Bild 10a).

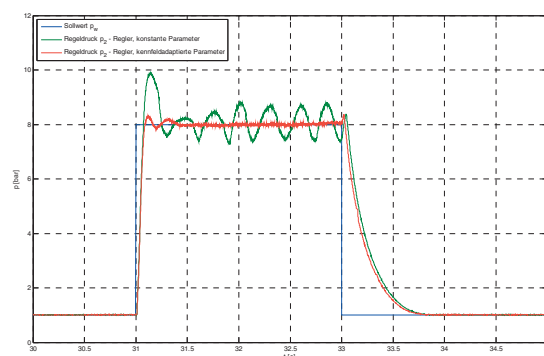


Bild 11

Fazit

Präzise und variable Regeleinheiten für gasförmige Medien, die für verschiedenste Anwendungen Druck regeln und/oder Massenstrom dosieren, müssen zukünftig mechatronisch ausgeführt werden. Die Entwicklung derartiger mechatronischer Systeme, in denen elektrisch/elektronische, mechanisch/viskoelastische sowie fluidisch/thermodynamische Teilsysteme aufeinander einwirken und interagieren, erzeugen hohe Anforderungen an die Systementwicklung.

Dabei ist es unerlässlich bei der simulationsgestützten Gestaltung und Optimierung unterschiedliche Simulationsumgebungen zu nutzen, mit denen sich die interdisziplinären physikalischen Wechselwirkungen des Gesamtsystems realitätsnah modellieren lassen.

Um die Simulation des Gesamtsystems zu ermöglichen, müssen die Ergebnisse der Teilsimulationen in einer Simulationsumgebung vereint werden. Ziel ist es mit Hilfe simulationsgestützter Parametervariationen Entwicklungskosten und -zeiten einzusparen und das Leistungsvermögen des Endproduktes zu steigern. Dem Fachgebiet Fluidtechnik der FH Trier ist durch die hier durchgeführte interdisziplinäre Optimierung ein Schritt in Richtung dieser Anforderungen gelungen.

Danksagung

An dieser Stelle möchten sich die Autoren für die Hilfe aus den angrenzenden Fachgebieten recht herzlich bedanken. Besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Hupe für die Unterstützung im Bereich der elektromagnetischen Komponenten. Herrn Prof. Dr. Scherer und Herrn Prof. Dr. Zimmermann danken wir für ihre hilfreichen Ratschläge zur Regelungstechnik und zur dynamischen Simulation. Abschließend danken wir Herrn



Berres für die Erstellung diverser elektronischer Hardware und allen, die direkt oder indirekt an diesem Projekt beteiligt waren.

Literaturauszug

1. L. Leonhard, G. Schmitt: Regelungstechnische Untersuchung eines Proportionalmagnetprototyps zum effizienten Einsatz in Systemen zur Dosierung technischer Gase, Diplomarbeit, Fachbereich Technik, Fachgebiet Fluidtechnik, FH-Trier, 2007
2. E. Kallenbach u.a.: Elektromagnete – Grundlagen, Berechnung, Entwurf und Anwendung; Teubner Verlag, 3. Auflage, 2003
3. VDI- Richtlinie 2206: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme
4. R. Isermann: Mechatronische Systeme, Springer Verlag, 1. Auflage, 1999

Kontaktadressen

Rotarex Group
24, route de Diekirch
L – 7505 Lintgen/Luxembourg
www.rotarex.com

Fachhochschule Trier
Fachbereich Technik, Fachgebiet Fluidtechnik
Prof. Dr.-Ing. Harald Ortwig
D – 54293 Trier
www.fh-trier.de

Informationen über Autoren

Name: ANDREAS, Thomas
Titel : Dipl.-Ing. (TU) Dipl.-Ing. (FH)
Tätigkeit: Projekt Manager, F&E-Koordinator
eMail: andreas.thomas@rotarex.com

Name: HÜBNER, Dirk
Titel : Dipl.-Ing. (FH)
Tätigkeit: Wissenschaftlicher Mitarbeiter, FH Trier

eMail: d.huebner@fh-trier.de

Name: LEONHARD, Lars
Titel : Dipl.-Ing. (FH)
Tätigkeit: Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
RWTH Aachen
eMail: lars.leonhard@ifas.rwth-aachen.de

Formelzeichen/physikalische Einheiten

m	=	Masse [kg];
b	=	Proportionalbeiwert NEWTONsche Reibung [Ns/m];
μ	=	Proportionalbeiwert COULOMBSche Reibung [N];
c	=	Federsteifigkeit [N/m];
x	=	Ankerweg [m];
i	=	Strom [A];
ψ	=	verketteter magnetischer Fluss [Wb];
x_0	=	Vorspannweg [m];
g	=	Erdbeschleunigung [m/s ²];
U_s	=	Erregerspannung [V];
R_i	=	Innenwiderstand der Spannungsquelle [Ω];
R_w	=	Wicklungswiderstand [Ω];
$L_{d,i}$	=	Induktivität in Richtung des Stromes [Wb/A];
$L_{d,x}$	=	Induktivität in Richtung des Weges [Wb/m];
E_m	=	magnetische Feldenergie [J];
\dot{m}_{red}	=	reduzierter Massenstrom $\left[\frac{kg}{s} \cdot \frac{\sqrt{K}}{Pa} \right]$;
\dot{m}_{th}	=	theoretischer Massenstrom [kg/s];
T_1	=	Primärtemperatur [K];
p_1	=	Primärdruck [Pa];
κ	=	Isentropenexponent [];
R_i	=	spezifische Gaskonstante $\left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$;
A_1	=	Strömungsquerschnittsfläche Ventileintritt [m ²];

A_2	=	Drosselquerschnittsfläche [m ²];
U	=	Innere Energie [J];
Q	=	Wärmestrom [J];
W	=	Arbeit [J];
h	=	spezifische Enthalpie [J/kg];

Kontakt:
Prof. Dr. Harald Ortwig
Fachbereich Technik
ortwig@fh-trier.de



Fire Extinguisher



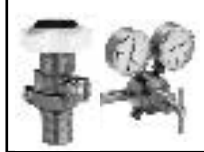
Research



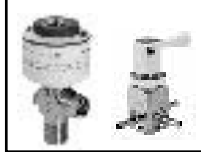
Laboratory



Alimentary



Microprocessor



Automotive



Industrial



Medical



Domestic



Valves - Fittings - Regulators

24 route de Diekirch, BP.19, L-7505 Lintgen, Luxembourg
Tel: +352 32 78 32 1, Fax: +352 32 78 32 854
e-mail: info@rotarex.com, www.rotarex.com



Kurvenverhalten von Rennradreifen

Prof. Dr. Hubert Hinzen

Jeder Radfahrer weiß, daß er in der Kurve nicht beliebig schnell fahren kann, wenn er keinen Sturz riskieren will. Im Straßenradrennsport kommt dieser Problematik eine besondere Bedeutung zu, denn schließlich wird so manches Radrennen in Bruchteilen von Sekunden entschieden. Die vom Fachbereich Technik der Fachhochschule Trier entwickelte Prüftechnik bildet das Kurvenverhalten von Fahrradreifen ohne Blessuren für den Radfahrer definiert ab und ermöglicht damit eine gezielte Optimierung des Reifens.

Klassische Beschreibung der Kurvenfahrt

Zum Verständnis der Kurvenfahrt eines Fahrrades ist ein kleiner Exkurs in die Grundlagen der Mechanik unerlässlich: Betrachtet man ein Lauf- rad während der Geradeausfahrt von vorne, so wirken die in Bild 1 links markierten Kräfte:

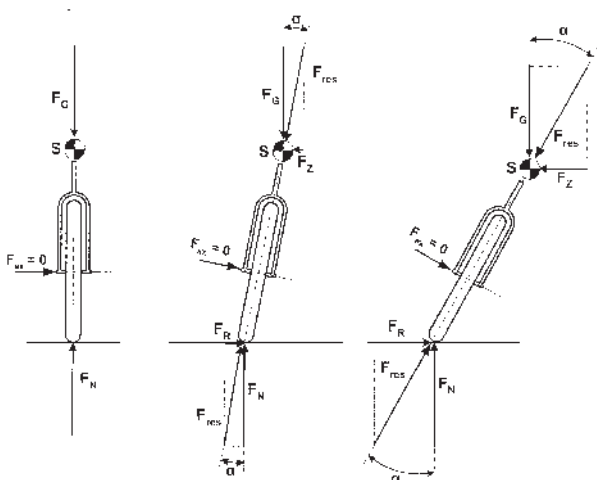


Bild 1: Kräfte am Lauf- rad

Die Gewichtskraft von Fahrer und Fahrrad F_G wird auf der Straßenoberfläche als Normalkraft

F_N abgestützt. An diesem Gesamtsystem wirken keine weiteren Kräfte, an der Nabe zwischen Gabel und Rad wird keine Axialkraft F_{ax} übertragen. Geht das Fahrrad in die Kurvenfahrt über (Bild 1 Mitte), so wirkt zwar nach wie vor wirkt die Gewichtskraft F_G , die weiterhin als Normalkraft F_N auf der Straße abgestützt werden muß, aber zusätzlich tritt die Zentrifugalkraft F_Z auf, die ebenfalls im Schwerpunkt der Gesamtmasse angreift und als Reibkraft F_R zwischen Reifen und Straße übertragen werden muss. In diesem System herrscht aber nur dann Gleichgewicht, wenn eine weitere Bedingung erfüllt ist: Sowohl die Gewichtskraft F_G und die Zentrifugalkraft F_Z einerseits als auch die Normalkraft F_N und die Reibkraft F_R bilden jeweils eine resultierende Kraft F_{res} . Beide Resultierenden müssen nicht nur gleich groß sein (was sich nach der obigen

Erläuterung automatisch ergibt), sondern sie müssen sich auch auf einer gemeinsamen „Wirkungslinie“ treffen. Dies ist aber nur möglich, wenn das Fahrrad mit dem Fahrer um den Winkel α geneigt, also in die Kurve gelegt wird. Aus dieser Betrachtung ergibt sich übrigens auch, daß wie bei der Geradeausfahrt in der Nabe keine Axialkraft übertragen wird. Wird die Geschwindigkeit größer oder der Kurvenradius enger, so steigt die Zentrifugalkraft, was zu einer stärkeren Neigung zwingt. Das rechte Drittel von Bild 1 stellt diesen Sachverhalt dar. Die Abstützung einer immer größer werdenden Reibkraft auf der Straße wird aber zunehmend problematisch, bei Überschreiten der Rutschgrenze würde der Fahrer stürzen.

Kurvenfahrt und Schlupf

Eine erweiterte Analyse erfordert die folgende Überlegung (Bild 2): Wird das Fahrrad während der Kurvenfahrt von oben betrachtet, so wird ein Sachverhalt deutlich, der für jeden Radfahrer zu-

nächst einmal selbstverständlich ist: Die Kurvenfahrt kommt dadurch zustande, daß das Vorder- rad mit dem Lenker gegenüber dem Hinterrad so verdreht wird, daß auf der Fahrbahn der Winkel β entsteht: Ist der Winkel β klein, so ergibt sich eine große Kurve (linkes Bilddrittel), ist er hingegen groß, so wird die Kurve eng (Bildmitte).

strecke s_{fahr} wird also auch ein Drift s_{drift} zurückge- legt. Da diese jedoch höchstens wenige Prozent der Fahrstrecke beträgt, bemerkt der Radfahrer diesen Vorgang kaum, schließlich berechnet er den Winkel β nicht nach dem Ausmessen der zu fahrenden Kurve, sondern stellt ihn nach Gefühl und Erfahrung ein und kompensiert damit auch

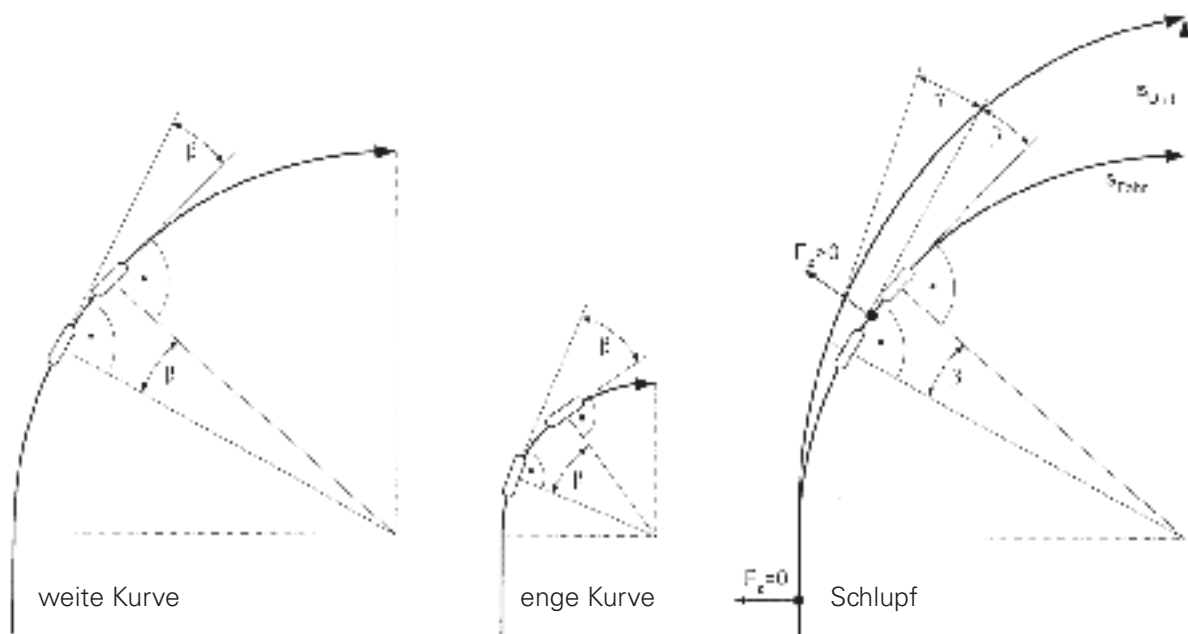


Bild 2: Lenkeinschlag und Schlupf

Bei genauer Analyse der Kurvengeometrie kann jedoch ein weiterer Sachverhalt beobachtet werden (rechtes Bilddrittel): Wenn man einmal von Kreiseffekten absieht, bleibt das Fahrrad bei Geradeausfahrt, die durch das Fehlen einer Zentrifugalkraft gekennzeichnet ist, genau auf einer Geraden. In der Kurve tritt jedoch wegen der Zentrifugalkraft die folgende Konsequenz auf: Das Fahrrad folgt nicht „wie auf Schienen“ genau dem idealen Kreis, der durch den Winkel β vorgegeben ist, sondern es „driftet“ leicht aus der Kurve und beschreibt dabei einen geringfügig größeren Bogen, neben der eigentlichen Fahr-

die Drift. Er wird also intuitiv den Winkel β um den Winkel γ vergrößern. Dieser Winkel γ wird „Vorspur“ genannt.

Laborprüfstand

Ein Prüfstand zur möglichst wirklichkeitsnahen Nachbildung des Kurvenfahrts muß also den Schlupf in den Versuchsablauf einbeziehen. In Erweiterung von Bild 1 stellt Bild 3 einen solchen Prüfstand zunächst einmal im Konzept vor, wobei die linke Darstellung wieder mit dem an sich trivialen Fall der Geradeausfahrt beginnt:

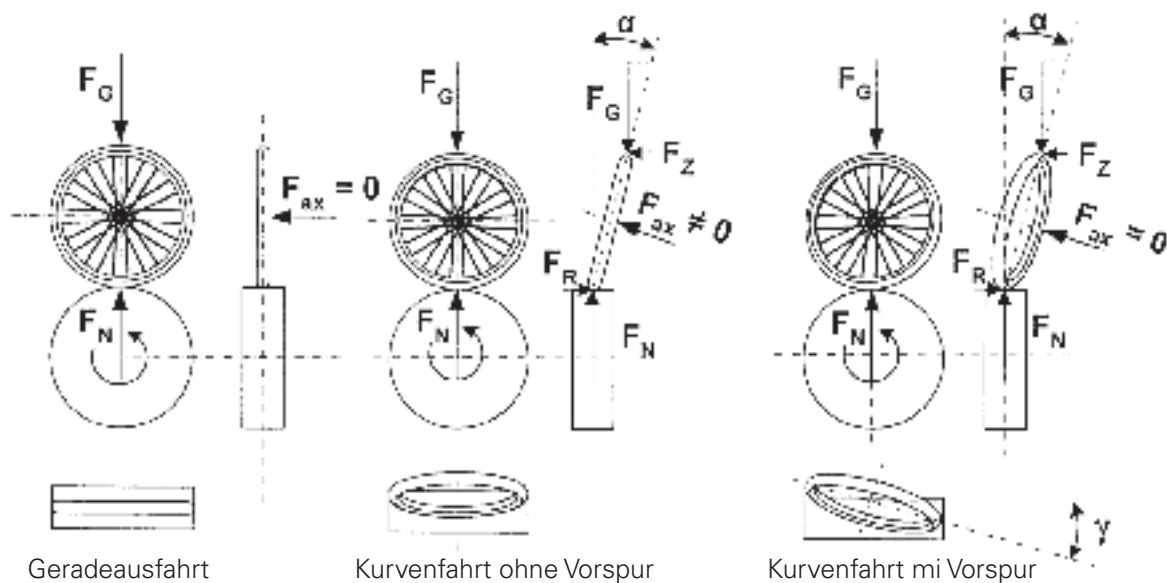


Bild 3: Konzept Laborprüfstand

- Geradeausfahrt:

Das Abrollen des Reifens

auf der Straße wird dadurch nachgebildet, daß ein einzelnes Laufrad mit einer realistischen Kraft auf eine rotierende Trommel gedrückt wird. Bei der in diesem Prüfstand verwendeten Nabe handelt es sich um eine spezielle Meßnabe, die das Vorhandensein von Axialkraft registriert. Bei Geradeausfahrt tritt aber ohnehin keine Axialkraft auf.

- Kurvenneigung **unrealistisch**:

mit Axialkraft, **ohne** Vorspur: Die infolge der Fahrgeschwindigkeit und des Kurvenradius zustande kommende Neigung α wird durch einen „Sturz“ des Laufrades gegenüber der Trommel am Prüfstand eingestellt. Nach wie vor stützt sich die von oben eingeleitete Gewichtsbelastung F_G auf der Trommel als Normalkraft F_N ab. Dieser Zustand ist für einen realen Radfahrer jedoch unrealistisch,

weil die Schiefstellung in der Nabe eine Axialkraft hervorruft und kein Schlupf auftritt.

- Kurvenneigung realistisch: **ohne** Axialkraft, **mit** Vorspur: Damit der Zustand wieder realistisch wird, wird eine Vorspur γ durch ein Verschwenken des Laufrades um seine Hochachse eingeleitet und damit ein Schlupf her vorgerufen. Die Vorspur und der damit verbundene Schlupf wird so weit gesteigert, bis die Meßnabe signalisiert, daß die Axialkraft verschwindet. Dieser Zustand bildet den realen Radfahrer in der Kurve ab. So kann die Kurvenfahrt im Prüfstand unter genau definierten, Bedingungen beliebig lange aufrecht erhalten werden.

Soll eine höhere Geschwindigkeit oder ein engerer Kurvenradius abgebildet werden, so bedeutet dies eine höhere Zentrifugalkraft und damit einen größeren Sturz α . Wird diese Änderung am Prüfstand vorgenommen, so reagiert das Laufrad

darauf zunächst mit einer Axialkraft in der Nabe. Um den realen Zustand wieder herzustellen, wird die Vorspur so weit vergrößert, bis die Axialkraft wieder ausgeglichen ist.

Die Zentrifugalkraft und damit der Sturz kann aber nicht beliebig gesteigert werden. Überschreitet der Winkel α einen Maximalwert, so kann auch eine noch so große Steigerung der Vorspur die Axialkraft nicht mehr ausgleichen. Die Zentrifugalkraft F_z kann dann nicht mehr als Reibkraft F_R übertragen werden und der reale Radfahrer würde stürzen. In diesem Versuch spielt der Winkel β keine Rolle. Weitergehende Überlegungen haben gezeigt, daß dieser Winkel tatsächlich nur einen vernachlässigbaren Einfluß auf das Meßergebnis hat. Bild 4 zeigt schließlich die konstruktive Ausführung dieses Laborprüfstandes. Der Prüfstand ist mit zwei Lasersystemen ausgestattet, die genaue Auskunft über die Stellung des Laufrades geben.

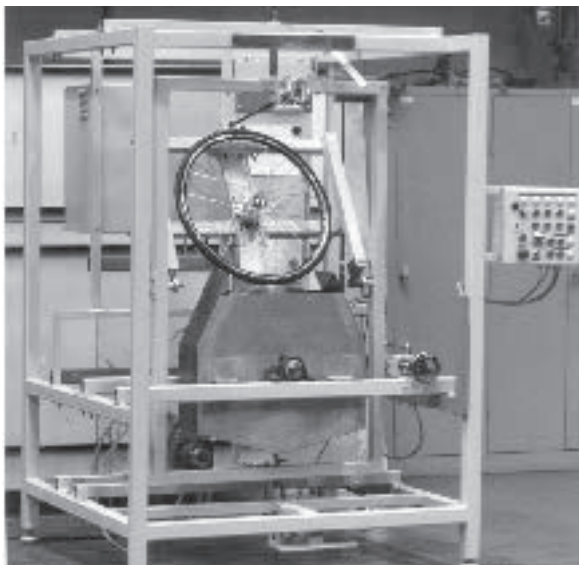


Bild 4: Laborprüfstand

Straßenprüffahrzeug

Der oben beschriebene Laborprüfstand wird in der Reifenindustrie zur hausinternen Entwicklung und zur Qualitätskontrolle eingesetzt. Darüber hinaus verfügt die Fachhochschule Trier über ein weiteres Straßenprüffahrzeug, welches nach dem gleichen Prinzip arbeitet und der Realität noch näher kommt, weil es die Messungen auf einer realen Straße durchführt und damit auch den Parameter der Straßenbeschaffenheit erfassen kann. Dabei laufen zwei identische Prüfräder in symmetrischer Anordnung nebeneinander her, so daß die auftretenden Kräfte im Fahrzeug selber abgestützt werden. Bild 5 zeigt dieses von einem Lieferwagen geschleppte Prüffahrzeug während eines Wartungsstops im aufgebockten Zustand.



Bild 5: Prüffahrzeug

Kontakt:

Prof. Dr. Hubert Hinzen
Fachbereich Technik
hubert.hinzen@fh-trier.de



Energieforschung in Thailand - Internationale Zusammenarbeit der FH Trier

Prof. Dr.-Ing. Christoph Menke

Der Partner - Die Joint Graduate School of Energy and Environment

Die Joint Graduate School of Energy and Environment (JGSEE) an der King Mongkut's University of Technology in Thonburi/Bangkok (KMUTT) ist ein Zusammenschluss von fünf führenden thailändischen technischen Universitäten, die ein englischsprachiges Master, M.Phil. und Ph.D. Programm im Bereich Energie- und Umweltwissenschaften/ Energie- und Umwelttechnik/ Energie- und Umweltmanagement anbieten. Es ist eine unabhängige Forschungs- und Lehrinstitution mit einem eigenständigen Haushalt und eigenem Hochschulrat. Die Studenten kommen überwiegend aus Südostasien und es sind ca. 100 Professoren der beteiligten Universitäten mit diesem Programm assoziiert.

Dieses „Graduierten Kolleg“ hat eine Managementeinheit, an der 16 Professoren sowie ca. 40 sonstige Mitarbeiter arbeiten. Sie organisieren die insgesamt 8 Studiengänge, betreuen einen Grossteil der Master und Ph.D. Arbeiten und koordinieren die 10 Forschungsschwerpunkte, z.B. Verbrennung von festen Biomassen, Biodieselproduktion, Energiepolitik (Technologie - Roadmaps für erneuerbare Energietechnologien, Förderprogramme, Energieforschungspolitik), regionale Ausbreitung von Luftschadstoffen und Klimaschutz. Unter www.jgsee.kmutt.ac.th kann man die Details der Forschungsaktivitäten einsehen.

Diese relativ junge JGSEE (vor 8 Jahren gegründet) hat mittlerweile mehr als 350 Stu-

denten und ca. 100 Absolventen „produziert“. Dieses Jahr wurde sie erstmals als die „Beste Forschungseinrichtung im Bereich Naturwissenschaft und Technik in Thailand“ ausgezeichnet.

An dieser Managementeinheit arbeite ich seit Mitte 2004 als Berater des Direktors und als Professor für Energietechnik und -wirtschaft. Meine Aufgabe ist der Auf- und Ausbau des Dienstleistungsangebotes der zehn Forschungsschwerpunkte für Industrie, öffentliche Stellen, sowie die internationale Vernetzung dieser „Graduate School“ zu verstärken.

Die Energiesituation in Thailand

Die Energiesituation in Thailand ist gekennzeichnet durch eine erhebliche Nutzung von Erdgas in der Stromerzeugung, insgesamt 70% der Kraftwerksleistung. Noch stammt das Erdgas überwiegend aus einheimischen Quellen im Golf von Siam, nimmt aber stetig ab, sodass schon bald das Erdgas von Burma oder als LNG aus dem Nahen Osten importiert werden muss. Braun- und Steinkohlekraftwerke sowie Wasserkraftwerke und der Import von Strom aus den Nachbarländern decken den Rest des Kraftwerksparks /der Stromerzeugung ab. Wenn man die gesamte Energiesituation betrachtet sind der Transportsektor und die Industrie die größten Verbrauchssektoren mit jeweils 1/3 der Endenergie. Erneuerbare Energien sind bis vor einigen Jahren kaum genutzt worden (2% der Primärenergiebedarfs) und die Energieelastizität lag bei 1 : 1,4, d.h. pro Einheit des zusätzlichen Bruttoinlandsproduktes mussten 1,4 Einheiten zusätzlich Primärenergie eingesetzt werden, eine auch für Asien sehr hoher Wert, der große Einsparpotentiale vermuten lässt.

Im Jahr 2004 wurde von der Regierung ein relativ ehrgeiziger Plan zur Verbesserung der Energiesituation verkündet:

- Im Jahre 2011 sollen 8% der Primärenergie aus erneuerbaren Quellen stammen.
- Im Jahr 2011 soll die Energieelastizität auf 1 : 1 gesenkt werden.

Gleichzeitig wird angenommen, dass der jährliche Energiebedarf um 5% steigt.

Dieses politische Ziel in konkrete Energieplanung umzusetzen und Teile davon durch Studien, Beratung und Gutachten zu unterstützen ist die Hauptaufgabe der JGSEE, die darin von mir unterstützt wird. Sie ist in den letzten Jahren in die Rolle eines sog. „Think tanks“ für energiepolitische Fragen im Bereich erneuerbare Energien und Energieeffizienz gelangt, die in vielen Bereichen von der Regierung hierzu konsultiert wird.

Beispiele meiner aktuellen Forschungs- und Beratungstätigkeiten:

1. Konkretisierung der Energiepolitikplanung mittels Planungssoftware LEAP. Hierbei wurden die Mitarbeiter der JGSEE und der Ministerien in der Nutzung des Planungstools LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning) geschult und anschließend die verschiedenen Teile der Energieangebots und -nachfrageseite Thailands simuliert und dargestellt. Ziel dieser Maßnahme ist es, die Auswirkungen von energiepolitischen Maßnahmen im Zusammenhang darzustellen und somit den politischen Entscheidungsträgern die „Folgen“ ihrer Empfehlungen aufzuzeigen. Bei dieser Aufgabe wurde von einem Student der FH Trier im Rahmen eines internationalen Austauschprogramms das Simulationsmodell für den Einfluss der KWK auf den zukünftigen Energiebedarf erstellt. Es zeigte sich wieder, dass das Problemlöseverhalten von unseren FH Studenten hervorragend geeignet ist auch komplexe Aufgaben in einer fremden Umgebung selbstständig zu lösen!
2. Ermittlung des Potentials von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlagen in großen Gebäuden und in der Industrie. In einer zweijährigen Felduntersuchung wurden die 1000 größten Gebäude und die 2500 größten Industrieunternehmen auf ihren Strom- und Wärme- bzw. Kältebedarf hin untersucht, sowie deren Entfernung vom nationalen Erdgasnetz ermittelt. Anschließend ist das technische und wirtschaftliche Potential anhand einiger ausgewählter Beispiele in Fallstudien ermittelt worden. Das Ergebnis zeigt, dass Thailand, wenn es Ernst macht mit der Förderung der KWK, bis zu 2500 MW an zentraler Kraftwerksleistung in dem nächsten Jahrzehnt „einsparen“ kann. Im Rahmen von zwei Doktorarbeiten wird das Thema Optimierung und Integration von KWK Anlagen zur Zeit weiter untersucht und konkretisiert.
3. Formulierung der Kriterien für die Einspeisevergütung von Strom aus KWK Anlagen in Thailand gemäß der EU Direktive zur Förderung von hocheffizienten KWK Anlagen. Bei dieser Beratung ging es um die Bestimmung der notwendigen Höhe der Einspeisevergütung, um Investitionen in diesem Bereich zu stimulieren und um die Formulierung der technischen Bedingungen für die Einspei-



severgütung von KWK Anlagen. Ein Thema, das auch in Deutschland bei der Novelle des KWK Gesetzes sehr aktuell ist. Ein Austausch der Erfahrungen bei der Formulierung des Gesetzes zwischen Thailand und Deutschland wird für die Zukunft angestrebt.

4. Marktanalyse des solarthermischen Marktes in Thailand und Aufbau einer „Solar Thermal Association of Thailand“: Im Rahmen eines von der EU geförderten Programms hat die JGSEE zusammen mit dem ISE Fraunhofer Institut in Freiburg im letzten Jahr den solarthermischen Markt in Thailand untersucht. Denn, trotz Sonnenschein und Warmwasserbedarf in Hotels, Krankenhäusern, Industrie und Apartmenthäusern ist der Einsatz der Solarthermie in den letzten 20 Jahren kaum vorangekommen. Nur 50 000 qm sind installiert worden und das meist von minderer Qualität. Zusammen mit den Herstellern von Kollektoren (insgesamt mehr als 20) wurde ein erstes freiwilliges Qualitätsverbesserungsprogramm initiiert, sowie ein Zusammenschluss von Herstellern gegründet, der die Anliegen gemeinsam gegenüber der Regierung vertritt. Denn bisher wird Solarthermie im Gegensatz zur Photovoltaik nicht gefördert, obwohl es kurzfristig umgesetzt werden könnte. In diesem Bereich haben ein Diplomand und ein Student der FH Trier im Rahmen seines Praxissemesters, lokale Firmen bei der Entwicklung von verbesserten Kollektoren unterstützt. Die berufsspezifischen praktischen Kenntnisse der deutschen Studenten haben hierbei großen Eindruck gemacht. Mehr zu dem EU Projekt unter: www.soltherm-thailand.net

5. Organisation der jährlichen internationalen Messe mit Konferenz: „Renewable Energy Asia“, die jedes Jahr im Juni in Bangkok im BITEC Center stattfindet. Diese Messe, die auch vom BMWi im Rahmen der Exportinitiative der deutschen Wirtschaft unterstützt wird, ist die Leistungsshow der lokalen und internationalen Aussteller auf dem Gebiet der erneuerbaren Energietechnik in Süd-Ostasien. Es gilt sie zur Schwerpunktmesse für das Thema in diesem Raum zu entwickeln und sie international noch bekannter zu machen. Daher ist die Durchführung des „World Renewable Energy Congress - Asia“ in Zusammenarbeit mit dem WREN/WREC im Mai 2009 die Herausforderung für die JGSEE, die sich damit auch als der Ansprechpartner für erneuerbare Energieträger und Energieeffizienz in der Region positioniert.

Möglichkeiten der internationalen Zusammenarbeit

Die Themen, die die JGSEE häufig in internationaler Zusammenarbeit bearbeitet, bieten Ansatzpunkte auch für eine weitergehende Zusammenarbeit mit deutschen Universitäten und Fachhochschulen, da die Fragen der Energiepolitik und der Energieforschung in vielen Bereichen die gleichen Methoden erfordern aber auf die Verhältnisse vor Ort angepasst werden müssen. Ein gutes Beispiel ist die derzeitige „Diskussion“ über „Biofuels“, die hier durch Palmöl im Bereich Biodiesel und durch Molasse/Cassava im Bereich Ethanol sehr heftig geführt wird. Eine ähnliche Diskussion findet auch in Deutschland, wenn auch durch andere Biomassennutzung initiiert, statt. In diesem Bereich wird z.B. in Zusammenarbeit mit dem CUTEC in Clausthal-Zellerfeld und dem Ökoinstitut in Freiburg/Darmstadt der Grundstein für eine ganzheitliche Betrachtung

des Themas gelegt, bei dem auch die Fragen der Beeinflussung von Nahrungsmittelproduktion durch die Erzeugung von Biobrennstoffen aufgezeigt werden. Ein Thema, das in Asien von hoher Brisanz ist.

Mögliche Themen erstrecken sich über den Bereich Stoffstrommanagement bis hin zur Energiesystemanalyse und schliessen die Optimierung und Anpassung von konkreten Energietechnologien im Bereich Brennstoffzellen, Reformier, Vergaser für Biomassen etc ein.

Internationale Zusammenarbeit ist möglich und erwünscht, es bedarf aber der Fähigkeit, sich auf die Eigenarten der asiatischen Vorgehensweise bei Problemlösungen einzulassen, denn diese unterscheidet sich sehr von der doch sehr direkten Vorgehensweise in Deutschland.

Abschließend lässt sich sagen, dass ein derartiger Beratungs- und Forschungsaufenthalt in Asien eine Bereicherung für beide Seiten ist und es ist zu hoffen, dass die Zusammenarbeit zwischen der JGSEE und der FH Trier auf der Ebene der Professoren und der Studenten weiter vertieft wird. Bei Interesse bitte ich, mich zu kontaktieren.

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Christoph Menke
Fachbereich Energie- und Versorgungstechnik
menke@fh-trier.de



*Gemeinschaft
heißt Hand
in Hand arbeiten.*

Zu einem stabilen Netzwerk gehört auch der gute Draht zu Partnern – zum Beispiel den Städten und Gemeinden. In Zusammenarbeit mit diesen gewährleisten wir individuelle Dienstleistungen in Sachen Energie.

RWE Rhein-Ruhr

Eurener Straße 33 · 54294 Trier





Shearografische Meßsysteme für die Industrie

Prof. Dr.-Ing. Michael Schuth

Am Labor für Gerätebau und optischer Messtechnik an der FH-Trier hat durch die Leitung von Prof. Dr.-Ing. M. Schuth die Konstruktionstechnik eine anwendernahe und praxisbezogene Ausrichtung erhalten. Der Arbeitsschwerpunkt erfolgt auf dem Gebiet der Methodik des Konstruierens, des Gerätebaus, der Bauteiloptimierung und der Anwendung der optischen Messtechnik in der Dehnungs- und Verformungsanalyse.

Zielsetzung ist es, bereits in der Konstruktion ein Produkt zu kreieren, das eine gesicherte Tragfähigkeit, garantierte Funktionalität und Zuverlässigkeit besitzt unter dem Aspekt einer hohen Qualität.

Grundlage sind eine auf dem neuesten Stand der Technik aufgebaute Infrastruktur und modernes Equipment der optischen Messmethoden. Hierdurch werden die Studenten mit neuartigen Techniken im Maschinenbau herangeführt und eine interdisziplinäre Arbeitsweise über die verschiedensten Fachbereiche ermöglicht.

Die Schwerpunkte des Technikums GKB lassen sich wie folgt einteilen:

a) Konstruktionstechnik

Dabei unterscheidet man die Konstruktionsmethodik, Maschinenelemente, Konstruktionsoptimierung und der CAD.

b) Gerätebau

Im Gerätebau werden Maschinenelemente und/oder elektrische sowie optische Komponenten zu einem Gesamtsystem zusammengefasst. Physikalische Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten werden analysiert und gezielt eingesetzt.

c) Experimentelle Messtechnik

Hier unterscheidet man die Spannungsoptik, Speckle Messtechnik (ESPI, ESPI), Thermografie sowie die topographischen Messverfahren. Dabei werden die Analyse von Dehnungsdifferenzen, Verformungen, Oberflächenkonturen und die Temperaturgradienten möglich.

Darüber hinaus werden vom Technikum GKB Dienstleistungen im Bereich der Bauteiloptimierung und Qualitätssicherung durchgeführt.

Ausbildungsprogramme:

Im Bereich Gerätebau und optischer Messtechnik werden Speckle-Messtechniken und topometrische Messmethoden geschult. Hierzu steht für die praktische Ausbildung im Labor z.B. ein Inplane-Messkreuz entsprechend Bild 1 zur Verfügung.

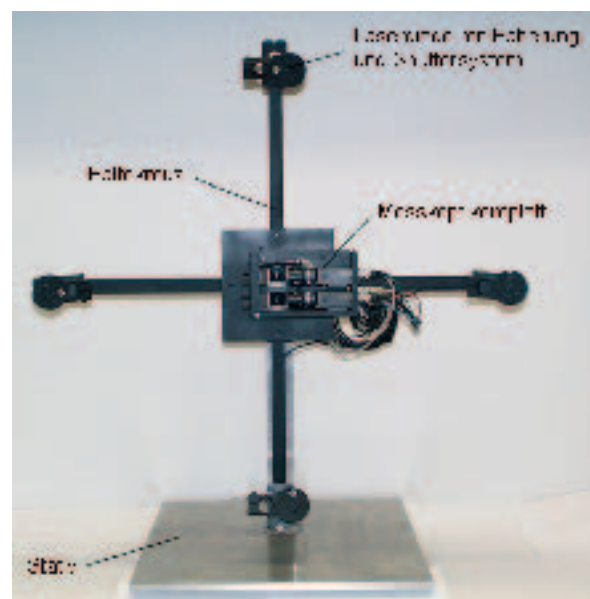


Bild 1: Inplane-Messkreuz

Hiermit können Dehnungsdifferenzen zur Fehleranalyse aufgrund der shearografischen

Messmethode ermittelt werden. Zur Vertiefung der optischen Messmethoden werden diverse Entwicklungen für die Studenten angeboten. Als Beispiel sei hier ein Interferoskop in Handgriffausführung (Bild 2) erwähnt.

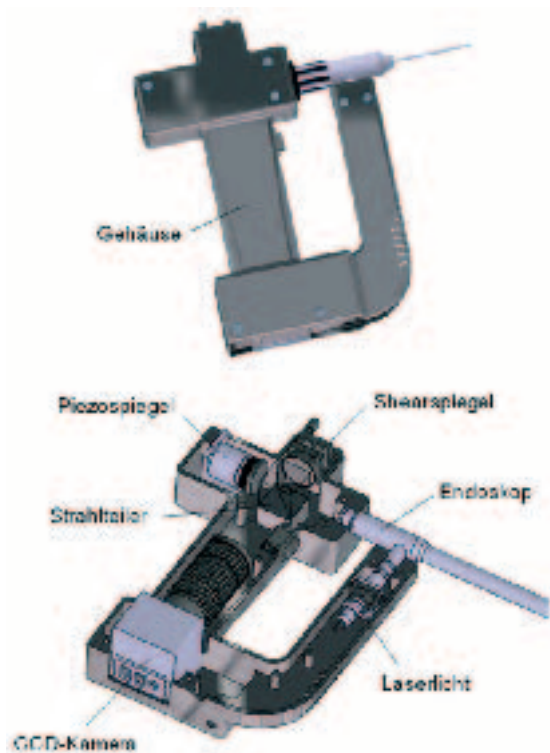


Bild 2: Interferoskop

Dabei handelt es sich um ein starres sheargraphisches out-of-plane Endoskop. Hiermit können Verformungsgradienten (Dehnungen) an sonst nicht zugänglichen Bereichen gemessen werden. Eine Darstellung der Möglichkeit stellt die Untersuchung an einem PKW-Katalysator dar (Bild 3). An diesem Katalysator wurde eine Schweißnaht am Trichter-Mantel-Übergang mit dem Inplane-Messkreuz außen und mit dem Interferoskop innen durchgeführt. Hierzu zeigt Bild 4 die Shearogramme mit eine 2D-Darstellung.



Bild 3: PKW-Katalysator

Durchgeführt wurden diese Messungen mit der am Technikum GKB entwickelten Software OPTIS.

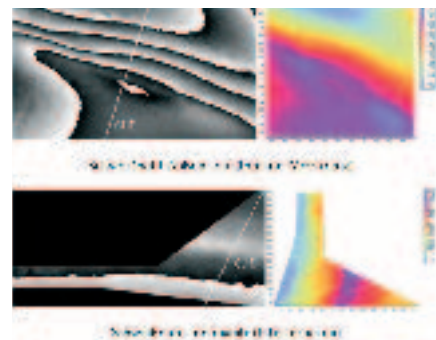


Bild 4: Auswertungen am Katalysator

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Michael Schuth
Fachbereich Maschinenbau
schuth@fh-trier.de



Mikroskopie – Darstellung und Charakterisierung von Oberflächen an Beispielen von Lötfehlern und PACVD beschichtetem Polycarbonat

Jens Kondratiuk, Andreas Altmayer, Stefan Trapp

Einführung

Sehen und Tasten gehören zu den wesentlichen Möglichkeiten des Menschen, seine Umwelt zu erkunden. Die natürlichen Auflösungsgrenzen, mit dem Auge etwa 0,1 mm, genügen jedoch bei weitem nicht mehr, um technologisch anspruchsvolle Produkte bezüglich ihrer Qualität zu beurteilen. Die lichtoptische Mikroskopie erlaubt es, Objekte, die weniger als 1 μm voneinander entfernt sind noch getrennt darzustellen. Elektronenoptisch können atomare Auflösungen, also weniger als 1 nm erreicht werden und mittels Röntgenbeugung sind noch kleinere Abstände getrennt darstellbar. Die Untersuchung von technischen Oberflächen verlangt unterschiedliche Verfahren; sowohl zur Strukturanalyse als auch zur Bestimmung des chemischen Verhaltens der Grenzfläche eines Festkörpers zu seiner Umwelt. An der Fachhochschule Trier sind am Umwelt-Campus Birkenfeld die Möglichkeiten zu einer Vielzahl von Untersuchungen gegeben, die von der Lichtmikroskopie (LIMI) über die Rasterelektronenmikroskopie (REM) bis hin zur Atomkraftmikroskopie (AFM) reichen. Damit kann der Auflösungsbereich von 1 mm bis 10 nm abgedeckt werden. Darüber hinaus kann auch die freie Grenzflächenenergie eines Festkörpers mittels Kontaktwinkelmessung bestimmt werden. Sie ist kennzeichnend für das Benetzungsverhalten der Oberfläche.

Problemstellung

Welche Methode zur Charakterisierung der Oberfläche wird zu welchem Zweck angewandt? Diese Frage wird an zwei Beispielen erläutert.

Beispiel 1: Schadensfall.

Es handelt sich um eine Leiterplatte für ein technisch anspruchsvolles, hochpreisiges Produkt, an dem im Produktionsprozess ein Lötfehler auftrat. Die Untersuchung der Lötverbindung zwischen Bauteil und Substrat im LIMI zeigt lediglich, dass keine Benetzung der metallischen Fläche mit Lot stattgefunden hat. Ursache hierfür kann eine falsche Prozess Temperatur oder eine Verschmutzung sein. In Bild 1 ist die Fehlerstelle mit einem digitalen LIMI aufgenommen; man erkennt das vom Lot unbenetzte metallische Substrat und sieht ansonsten keine Verunreinigung. Die gleiche Stelle wird mit einem Elektronenstrahl im REM untersucht und hier ist im unteren Bildteil deutlich ein schwarzer Bereich erkennbar. Dort werden im Gegensatz zur metallischen Randzone weniger Sekundärelektronen, die den Bildkontrast ergeben, emittiert. Ursache hierfür ist eine unterschiedliche chemische Zusammensetzung der Oberflächenbereiche. Neben den Sekundärelektronen erzeugt der Elektronenstrahl beim Auftreffen auf die Oberfläche Röntgenstrahlung. Eine Analyse der emittierten Strahlung an der beobachteten Stelle (Energiedispersive Röntgenstrahlanalyse, EDX) liefert das endgültige Resultat der Untersuchung: Die Lötstelle ist mit organischer Substanz – es wird Kohlenstoff nachgewiesen – verunreinigt, während im Randbereich eine reine metallische Schicht vorhanden ist. An diesem Beispiel wird verdeutlicht, dass die intelligente Kombination von Untersuchungsmethoden entscheidend für die Schadensdiagnose ist. Ähnliche Untersuchungen mittels LIMI, REM, Profilmessung und Bestimmung der freien Oberflächenenergie durch Messung des Kontaktwinkels gehören zu den Routinemethoden die das

Fachgebiet Werkstoffe und Oberflächentechnik im Rahmen des IMIP anbietet. Der überwiegende Anteil von Drittmitteleinnahmen wird durch diese Arbeiten erzielt.

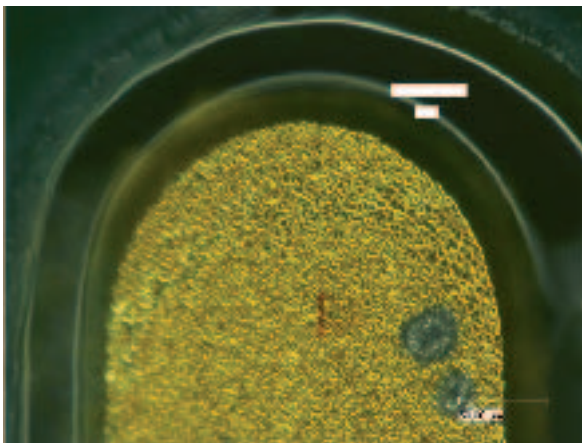


Bild 1: LIM Aufnahme der Lötstelle. Eine Verschmutzung ist optisch nicht erkennbar. Die grauen Flecken im rechten Bildteil sind Lotspritzer.

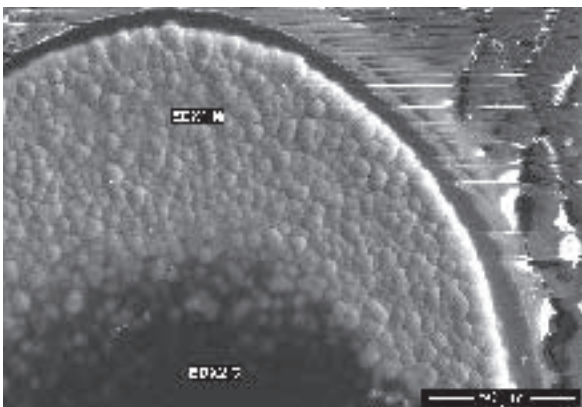


Bild 2: REM Aufnahme der Lötstelle. Im Bereich EDX1 ist die reine Nickelschicht zu erkennen, die im Bereich EDX2 mit Kohlenstoff verunreinigt ist. Dort werden weniger Elektronen emittiert – das Bild erscheint dunkler.

Beispiel 2: Wissenschaftliche Arbeiten.

Durch Vandalismus gefährdete Glasflächen wie z. B. an Schaukästen, können durch den Werkstoff Polycarbonat (Handelsname: *Plexiglas*) kostengünstig ersetzt werden. Neben seinen guten optischen Eigenschaften zeichnet sich Polycarbonat (PC) durch eine erhöhte Bruchfestigkeit, gute Form- und Verarbeitbarkeit sowie durch eine geringere Dichte im Vergleich zu Glas aus. Daher wird es auch für Brillengläser eingesetzt. Für diese Anwendungen muss jedoch die Kratzfestigkeit von konventionell hergestelltem PC verbessert werden. Um die gewünschten Eigenschaften zu erzielen, bedient man sich der Applikation dünner Schichten. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden am Leibniz-Institut für Neue Materialien in Saarbrücken transparente, kratz feste Schichten durch ein Plasma gestütztes Beschichtungsverfahren angefertigt.

Die Beschichtung des PC erfolgt mittels Plasma aktivierter chemischer Gasphasenabscheidung (PACVD) in einer Vakuumanlage. In einem kalten Plasma – ähnlich dem in einer Neonröhre – wird die zu beschichtende PC-Oberfläche im ersten Prozessschritt aktiviert, d.h. es entstehen freie chemische Bindungen. Im zweiten Prozessschritt findet die eigentliche Beschichtung statt: Hierzu wird das Gas Hexamethyldisiloxan $(\text{CH}_3)_3\text{SiOSi}(\text{CH}_3)_3$ unter Sauerstoffzugabe im Plasma zersetzt: Dabei kondensiert amorphes Siliziumdioxid als glasähnliche Schicht auf der Substratoberfläche unter Entstehung ungefährlicher gasförmiger Nebenprodukte. Mit diesem Verfahren wird eine kratz feste, glasartige Schicht (a-SiO_x) mit einer Dicke von wenigen Mikrometern erzeugt. Durch die im Plasma vorhandenen schnellen Ionen wird die entstehende Schicht



verdichtet, wodurch sich die gewünschten mechanischen Eigenschaften hinsichtlich der Kratzfestigkeit einstellen lassen. Zur Optimierung der Prozessschritte wurde die Veränderung der Topographie des Polycarbonats sowie die Änderung der Oberflächenenergie nach den einzelnen Prozessschritten mit einem Atomkraftmikroskop (AFM) und Kontaktwinkelmessungen untersucht. Das verwendete AFM arbeitet interferometrisch, dabei wird mittels Laserstrahl die Vertikalbewegung einer Siliziumspitze, die über das Substrat geführt wird, detektiert. Zur Untersuchung der Oberfläche wird der sogenannte Non-Contact-Mode verwendet, d.h. die Spitze berührt nicht mechanisch, sondern es wird nur die Austauschwechselwirkung zwischen Oberflächenatomen und Atomen der Spitze messtechnisch ausgewertet.

Aus den Messwerten werden konventionelle Rauheitswerte errechnet. Bilddaten und Messwerte (Kontaktwinkel, Mittenrauhwert R_a) dokumentieren den Zustand des Substrates nach den einzelnen Prozessschritten und erklären den verbesserten Haftungsmechanismus der Dünnschichten auf plasmavorbehandeltem Substrat im Gegensatz zu unbehandelten Polycarbonat.

	Unbehandelt	Plasma-aktiviert	Beschichtet
Kontaktwinkel	76°	15°	-
R_a	0,006 μm	0,009 μm	0,004 μm
R_z	0,029 μm	0,043 μm	0,021 μm

Ergebnisse

Der Kontaktwinkel zwischen Substrat und Flüssigkeit wird durch die Plasmavorbehandlung deutlich verringert, d.h. die freie Grenzflächenenergie der Oberfläche ist im Vergleich zum unbehandelten Substrat größer geworden. Dadurch wird eine bessere chemische Verbindung zwi-

schen dem PC und der Schicht erzielt. In Bild 3 ist der Kontaktwinkel eines Wassertropfens auf dem unbehandelten Substrat und in Bild 4 auf dem plasmaaktivierten Substrat dargestellt. Die Kontaktfläche vergrößert sich wesentlich relativ zum Volumen des Tropfens.



Bild 3: Wassertropfen auf dem unbehandelten Substrat. Kontaktwinkel: 76°.



Bild 4: Wassertropfen auf dem plasmaaktivierten Substrat. Kontaktwinkel: 15°.

Die AFM Aufnahmen zeigen eine deutliche Änderung der Topografie. Die ursprüngliche Oberfläche des Substrates, Bild 5, zeigt nur wenige aktive Zentren. Dahingegen ist in Bild 6 der Anteil der Spitzen wesentlich höher, d.h. die aktive Oberfläche hat sich entschieden vergrößert und

schichtbildende Atome können sich schneller und besser anlagern. Genau das Gegenteil ist in Bild 7 erkennbar: Eine minimale aktive Oberfläche mit geringster Rauheit, Unebenheiten wurden ausgeglichen; es gibt wenig aktive Zentren, an denen Atome aus der Atmosphäre ankoppeln können. Dies lässt vermuten, dass die Oberflä-

che des beschichteten PC besser gegen chemische Umwelteinflüsse insbesondere gegen die Aufnahme von Wasser geschützt ist. Ein Wassertropfen nimmt nahezu Kugelform an und rollt leicht von der Oberfläche ab.

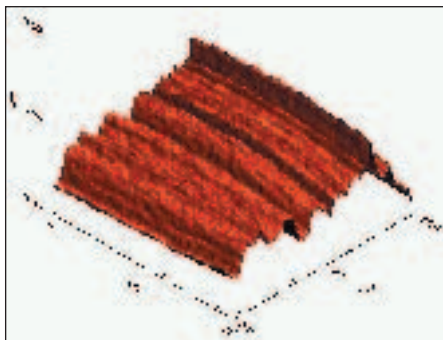


Bild 5: AFM Aufnahme: Unbehandeltes Substrat.

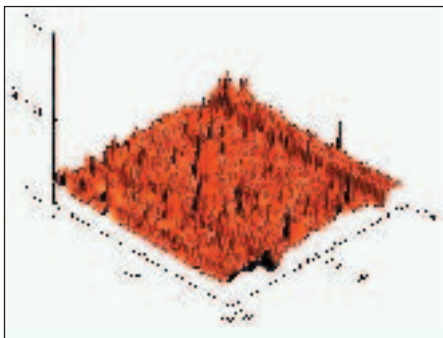


Bild 6: AFM Aufnahme: Plasmaaktiviertes Substrat. Die reaktiven Zentren erscheinen als Spitzen.

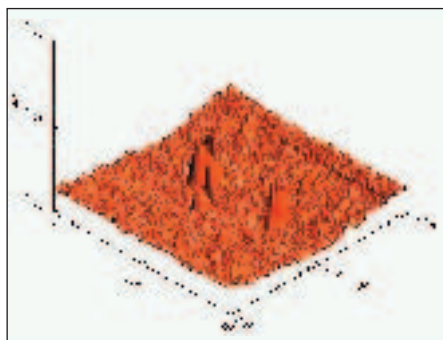


Bild 7: AFM Aufnahme: Glasartige Schicht, sehr glatt mit wenigen reaktiven Zentren.

Weitere Forschung

Zukünftig werden wir hybride Schichtsysteme untersuchen, bei denen eine Matrix mit nanoskaligen Kohlenstoffstrukturen gefüllt ist, um so die elektrischen Eigenschaften zu verändern.

Danksagung

Das universelle Messgerät mit Atomkraftmikroskop wurde aus HFBG Mittel beschafft. Die sehr gute Zusammenarbeit mit Sanjay Mathur soll an dieser Stelle hervorgehoben werden.

Kontakt:

Prof. Dr. Stefan Trapp
IMiP Institut für Mikroverfahrenstechnik und
Partikeltechnologie.
s.trapp@umwelt-campus.de

Prof. Dr. Sanjay Mathur
Leibniz-Institut für Neue Materialien
sanjay.mathur@inm-gmbh.de



Hochwasserrückhaltemaßnahmen in Waldgebieten

Prof. Dr.-Ing. Joachim Sartor

1. Allgemeines

Unter Leitung der Forschungsanstalt für Wald-ökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz in Trippstadt bearbeiten seit 2003 elf Partnerinstitutionen aus Deutschland, Luxemburg, Frankreich und der Schweiz das von der EU co-finanzierte Verbundvorhaben „Water Retention by Landuse“ (www.WaReLa.eu) im Rahmen des Interreg III B NEW Programms. Der Projektbeirat umfasst Mitglieder aus Deutschland, Luxemburg, Frank-

reich, Schweiz, Österreich und England. Das Gesamtbudget (incl. Maßnahmenumsetzung) des bis Ende 2006 angesetzten Hauptprojekts belief sich auf über 6,5 Mio. Euro. Bis Ende 2007 wird das Projekt nun in eingeschränkter Form fortgeführt.

Die FH Trier bearbeitet dabei das Teilprojekt „Hochwasserrückhaltemaßnahmen in Waldgebieten“, das auch vom saarländischen Ministerium für Umwelt mit beauftragt und finanziert wurde.

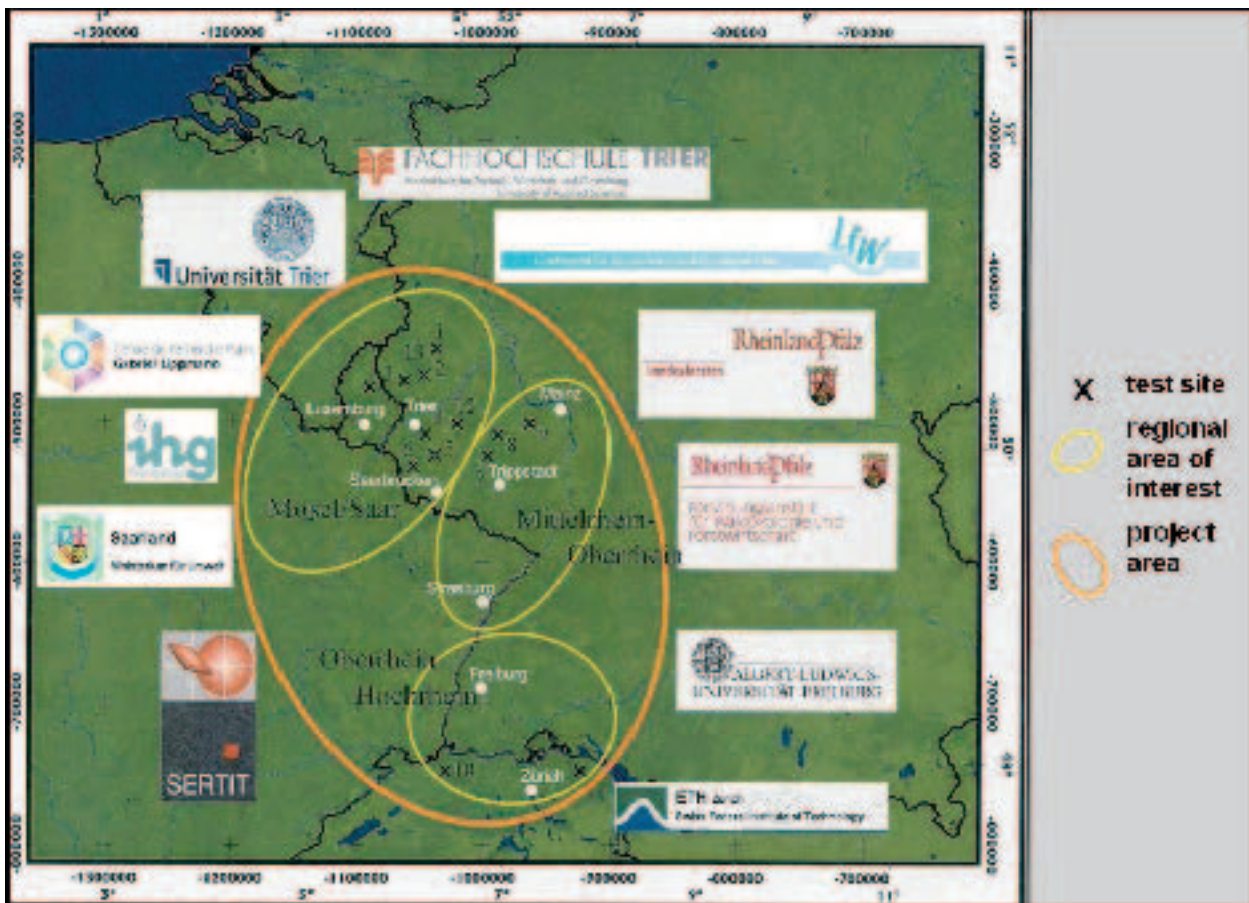


Bild 1: Projektpartner und -gebiete des WaReLa-Projekts

2. Aufgabenstellung und Konzeption des Gesamtprojekts (WaReLa)

Neben den Hochwasserkatastrophen an den großen Flüssen sind die Hochwasserereignisse an den kleineren und mittleren Zuflüssen von erheblicher Bedeutung. Bei einer effektiven Hochwasservorsorge müssen ingenieurtechnische Maßnahmen zum Hochwasserschutz an den Flüssen durch ein integriertes Einzugsgebietsmanagement unterstützt werden. Dies sind Maßnahmen des vorbeugenden Wasserrückhaltes durch die Flächenbewirtschaftung, also Maßnahmen der Forstwirtschaft, der Landwirtschaft und Maßnahmen im Siedlungs- und Verkehrsbereich. Darüber hinaus sollen, wo immer möglich, ehemals vorhandene Überschwemmungsgebiete wieder in das Abflussgeschehen einbezogen werden. Allerdings gibt es bisher eine nur geringfügige Integration von Wasserwirtschaft und Landnutzungsmanagement. Maßnahmen zum Wasserrückhalt in Einzugsgebieten haben positive Wirkungen im unmittelbaren örtlichen Zusammenhang. Aber es gibt bislang keine Übertragungsfunktionen von örtlichen Wirkungen auf die großräumliche Effektivität und damit ihre ökonomisch-ökologische Effizienz.

Daher werden in diesem Forschungsprojekt die Effektivität von wasserrückhaltenden und abflussverzögernden Maßnahmen bei der Bewirtschaftung von Waldflächen, landwirtschaftlichen Nutzflächen, Gewässern und Auen sowie im Siedlungs- und Verkehrsbereich in kleinen Raumeinheiten gemessen und auf große Raumeinheiten übertragen. Außerdem wird deren (Öko-) Effizienz bewertet. Effiziente Maßnahmen werden in ein Expertensystem für die Raumplanung eingebunden, das sowohl die sehr unterschiedlichen Landnutzungsmöglichkeiten, die Landschaftsstruktur, die standortstypischen Eigenschaften und auch mögliche

meteorologische Situationen berücksichtigt. Damit will dieses Projekt folgende Zielsetzung erreichen:

- Quantifizierung des Einflusses von Landnutzung, Landschaftsstrukturen und Geofaktoren auf die Hochwasserentstehung.
- Umsetzung von Landnutzungsmaßnahmen im Bereich der Forst- und Landwirtschaft, in den Gewässern und Auen sowie in der Siedlungs- und Verkehrswirtschaft zur Hochwasservorsorge und Quantifizierung der daraus resultierenden Wasserrückhaltepotenziale durch Messungen und Niederschlags-Abfluss-Modelle (NA-Modelle).
- Simulation von möglichen Maßnahme-Szenarien in den Projektgebieten und Beurteilung der ökonomischen, ökologischen und wasserwirtschaftlichen Effizienz und Effektivität im Rahmen einer Ökoeffizienzanalyse.
- Ausarbeitung von raumplanerischen Steuerungselementen für ein transnationales Flussgebietsmanagement zur Hochwasservorsorge.

In WaReLa werden zudem neue Instrumentarien entwickelt und erprobt, z. B. die Einbindung von GIS und EDV-gesteuerte Systemen zur Bewertung der ökonomischen Folgen und der Ökoeffizienz von hochwasservorsorgenden Landnutzungsmaßnahmen. Potentielle Nutzer dieses Systems zur Entscheidungsfindung (Decision Support System – DSS) sind Landwirte, Forstleute, Wasserwirtschaftsverwaltungen, Raumplanungsorganisationen und –behörden sowie Ingenieurbüros in den Ländern des nordwesteuropäischen Raumes mit Mittelgebirgsstruktur. WaReLa möchte das Verständnis der Landnutzer in den Einzugsgebieten für die Nöte der Flussanlieger wecken und einen sozialen Konsens zwi-



schen den unterschiedlichen Interessen fördern. Daher müssen alle raumplanenden und – bewirtschaftenden Gruppierungen – Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Weinbau, Siedlungswirtschaft, Verkehr und Strassenbau gemeinsam mit der Wasserwirtschaft bei der Raum- und Landnutzungsplanung im Hinblick auf Hochwasservorsorge kooperieren.

Beispielseise wird der hydroökologische Gesichtspunkt eines möglichst hohen Retentionsvermögens von Wasser in Waldgebieten und seines zeitlich verzögerten Abflusses aus dem Wald im besonderen Maße berücksichtigt durch :

- einen Waldbau mit ökologisch stabilen, naturnahen Waldgesellschaften
- die Erhaltung von Bruchstandorten und Feuchtbiotopen
- die schonende Bewirtschaftung von Bachauen mit Berücksichtigung der Eigendynamik der Waldgewässer
- Unterstützung und Entwicklung bodenschonender Bewirtschaftungstechnologien zur Vermeidung von Linienstrukturen im Wald
- die Reduktion jeglicher Bodenbearbeitung auf das absolut notwendige Maß
- die Reduktion der Wegedichte und Entwässerung des Waldwegenetzes in angrenzende Waldbestände
- Schaffung von Retentionsräumen (miteinander vernetzte, antizyklisch entleerender Rückhaltebecken)

3. Details des Teilprojekts der FH Trier

Die hier zu untersuchenden Hochwasserrückhaltemaßnahmen in Waldgebieten umfassen

- den Ersatz der Ableitungssysteme des Wegenetzes durch großflächige, seitliche Versickerung

- die naturnahe Waldbewirtschaftung, um z.B. die Bodenverdichtung zu minimieren oder um Kahlschläge und Windbruch in Monokulturen mit entsprechender Einschränkung der Transpirationsverdunstung zu vermeiden
- Kleinrückhalte zur zeitlichen Abflussverzögerung und Scheiteldämpfung.

Eine Quantifizierung ihres Einflusses auf den Hochwasserabfluss ist auf theoretischem Wege allerdings nur sehr eingeschränkt möglich, da die Mechanismen der Hochwasserentstehung (Weg des Niederschlags ins Gewässer) gemäß jüngeren Literaturstudien sehr komplex und noch nicht ausreichend erforscht sind. Dies liegt u. a. daran, dass Hochwasserwellen oft zum größten Teil (bis zu 80%) aus Altwasser bestehen, d. h. aus älterem Grundwasser und ausgedrücktem Bodenwasser, das bereits zu Beginn des aktuellen Niederschlagsereignisses im Einzugsgebiet gespeichert war. Dagegen spielt der Oberflächenabfluss meist nur eine untergeordnete Rolle. Es besteht daher z. B. die Gefahr, dass der Effekt von reinen Versickerungsmaßnahmen überschätzt wird. Einen Untersuchungsschwerpunkt sollten folglich Maßnahmen bilden, die zur Erhöhung der Transpiration beitragen und so das im Hochwasserfall zur Verdrängung bereitstehende Altwasser reduzieren.

Näherungsweise physikalisch basierte Modelle können diese Zusammenhänge im konkreten Einzelfall zwar größenordnungsmäßig erfassen, jedoch ist der hierzu erforderliche Datenaufwand (insbesondere hinsichtlich der Untergrundparameter) so hoch, dass solche Modelle aus wirtschaftlicher Sicht nur für kleinräumige Testgebiete in Frage kommen. Spätestens bei der Übertragung auf größere Einzugsgebiete („ups-caling“) muss daher auf bewährte praxistaugli-

che, sog. konzeptionelle NA-Modelle zurückgegriffen werden. Sie erfordern einen vertretbaren Datenaufwand und können anhand von Gewässerpegeln kalibriert werden.

Zur Untersuchung der hochwasserdämpfenden Wirkung von naturnahen Maßnahmen bieten sich folglich in erster Linie kleinere Referenzgebiete von einigen km² Größe an, die durch Abflusspegel und ein dichtes Netz von Niederschlagsschreibern beobachtet werden.

Für Maßnahmen zur zeitlichen Verzögerung des Abflusses ist ihre Lage im Einzugsgebiet zu beachten. Dies betrifft kleine Rückhalteräume (Flutmulden, ehemalige Fischteiche, Einstau von Wegedämmen etc.) sowie den Rückbau von wegebegleitenden Entwässerungsgräben. Die Wirkung auf die

Gesamtwelle durch günstigere Überlagerungsmechanismen mit den übrigen Gebietszuflüssen ist umso größer, je weiter bach-/flussaufwärts diese Maßnahmen angeordnet werden.

In den zwei pegelbeobachteten Referenzgebieten „Obere Blies“ (8,4 km² groß) und „Holzbach“ (4,2 km²) werden die o.g. Maßnahmen näher untersucht und die daraus gewonnenen Ergebnisse mittels einem konzeptionellen NA-Modell im Rahmen eines sog. upscalings auf die Flussgebiete der Blies (1.890 km²) und der Prims (734 km²) übertragen.

Kontakt:

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

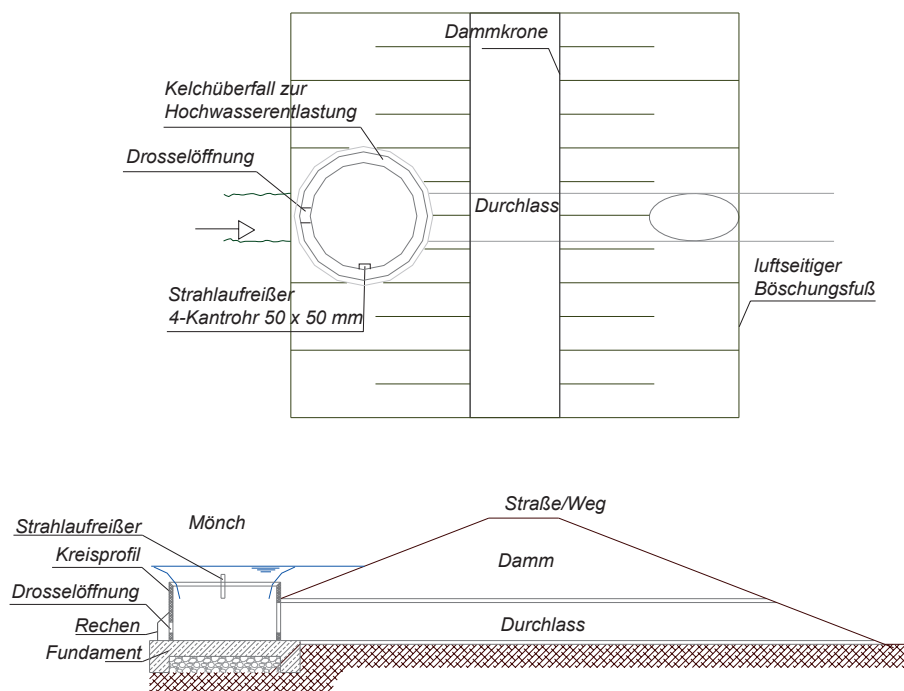


Bild 2: Kleinrückhalt durch Einstau eines vorhandenen Straßen- oder Wegedamms (mit Mönchbauwerk zur Drosselung des Durchlasses und zur Notentlastung)



Computerassistenz bei der Implantation von Elektroden zur tiefen Hirnstimulation

P. Gemmar, O. Gronz, S. Schnitzler, T. Henrichs, F. Hertel¹

Kurzfassung

Bei Bewegungsstörungen wie Parkinson wird seit einiger Zeit mit großem Erfolg die tiefe Hirnstimulation (THS) zur Therapie eingesetzt. Bei der Implantation der Stimulationselektroden ergeben sich jedoch hohe Anforderungen an die Positionierung und Navigation, die durch Computerverfahren nun effektiv unterstützt werden können. Dadurch können die Qualität der Therapie verbessert und die Belastungen für Arzt und Patient deutlich reduziert werden. So verkürzt z.B. eine automatisierte Klassifikation von Mikroableitungssignalen (MER) die intraoperative Phase und macht die Navigation sicherer. Eine Fusion von MER-Klassifikation mit funktional segmentierten Magnetresonanztomographiebildern (MRT) und eine anschauliche Visualisierung vereinfachen die intraoperative Navigation. Der Artikel beschreibt Verfahren und die Ergebnisse mit Prototypen, die für diese Aufgaben am i3A der FH Trier entwickelt wurden.

Abstract

Movement disorders like Parkinson's disease can successfully be treated by deep brain stimulation (DBS). During implantation of stimulating electrodes the requirements for positioning, navigating and localizing of the electrodes are challenging. These tasks can be effectively supported by developed computer programs resulting in enhanced quality and reduced stress. E. g. the intraoperative phase can be shortened using an automatic classification of micro electrode recordings (MER) while navigation

becomes safer. A descriptive visualization of a fusion of MER classification and functionally segmented Magnetic Resonance Imaging (MRI) will simplify intraoperative navigation. This article describes algorithms and results achieved with prototypes which have been developed for these tasks at i3A.

Einleitung

Die tiefe Hirnstimulation (Deep Brain Stimulation DBS) des Nucleus Subthalamicus (STN) hat sich in den letzten Jahren als besonders erfolgreiche Behandlung von Symptomen bei fortgeschrittenem Morbus Parkinson etabliert. Darüber hinaus gibt es sehr gute Erfahrungen mit der DBS auch anderer funktionaler Areale des Gehirns z.B. bei verschiedenen Tremorformen, Schmerztherapie oder Depression. Futuristisch anmutende Perspektiven nennen neben den klinisch motivierten Behandlungen neuerdings die Beeinflussung von Gefühlen bis hin zur Steuerung des Bewusstseins, was hier aber nicht Gegenstand der Betrachtung ist.

Bei der DBS werden dem Patienten während einer Operation über ein Bohrloch in der Schädelkalotte Elektroden in bestimmte, tief gelegene Hirnareale platziert. Diese werden mit einem unter der Haut implantierten Schrittmacher zur Übertragung von Stimmulationsströmen verbunden. Zur Implantation müssen die Zielkoordinaten der Stimulationselektroden geplant und letztere möglichst genau in das Zielareal verbracht werden. Hierzu werden meist stereotaktische Operationssysteme in Verbindung mit computergestützten Planungssystemen eingesetzt (Bild 1).

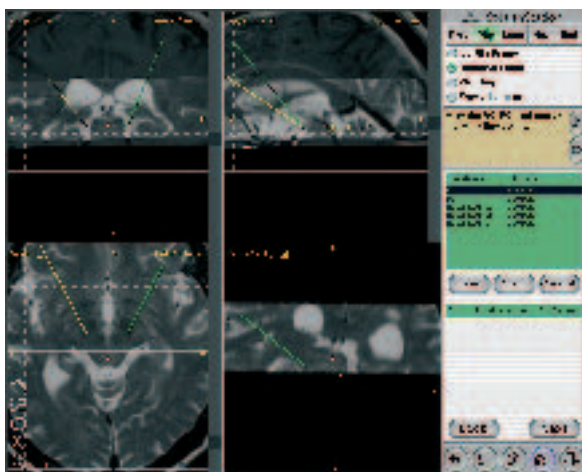


Bild 1: Planung und Operationsdurchführung für die tiefe Hirnstimulation (oben: Planung der Zielpunkte und Trajektorien für das Zielareal STN, Quelle: F. Hertel; unten: stereotaktischer Eingriff, Quelle: V. Tronnier)

Bei der Implantation ergeben sich somit hohe Anforderungen an die Positionierung und Navigation, die durch Computerverfahren effektiv unterstützt werden können, was die Qualität verbessert und die Belastungen für Arzt und Patient

deutlich reduziert. So verkürzt z.B. eine automatisierte Klassifikation von Mikroelektroden-Ableitungssignalen (Micro Electrode Recordings MER) die intraoperative Phase und macht die Navigation sicherer. Durch eine Fusion von MER-Klassifikation mit funktional segmentierten Magnetresonanzbildern (Magnetic Resonance Imaging MRI) und eine anschauliche Visualisierung lässt sich die intraoperative Navigation vereinfachen. Das i3A untersucht und entwickelt seit 2004 in Zusammenarbeit mit Dr. Hertel vom Klinikum Idar-Oberstein Verfahren zur Unterstützung der stereotaktischen DBS. Nach den Verfahren zur automatischen Zielpunktfindung und Trajektorienplanung (siehe Forschungsbericht 2005), die bereits für Planungssysteme übernommen wurden, befassen sich die hier beschriebenen Untersuchungen mit der intraoperativen Navigation.

Navigation mit Hilfe von Ableitungsdaten

Zur Navigation der Elektroden ins Zielgebiet werden beim schrittweisen Vorschieben von Test- bzw. so genannten Mikroelektroden neuronale Aktivitätspotenziale abgeleitet. Die Sequenz der MER (Bild 2 oben) wird interpretiert, wobei jedes Einzelsignal einem potenziellen neuronalen Areal, das auf der Trajektorie der entsprechenden Elektrode durchschritten wird, zugeordnet wird. Durch die so markierten Trajektorienabschnitte erhält man eine geometrische Information über die Lage der Elektroden – es werden bis zu fünf Mikroelektroden gleichzeitig benutzt – in Relation zur neuronalen Anatomie. Es ist nun Aufgabe des Neurochirurgen, sich ein gedankliches Bild der räumlichen Lage der Elektroden im Zielareal zu machen und die optimale Position für die endgültige Therapieelektrode, d.h. eine Position auf einer der bis zu fünf Trajektorien, individuell



für den Patienten festzulegen (Bild. 2 unten). Die Analyse der MER, die anatomische Zuordnung und räumliche Einordnung müssen intraoperativ erfolgen; sie erfordern viel Erfahrung, der zeitliche Aufwand belastet alle Beteiligten der Operation und nicht zuletzt den Patienten.

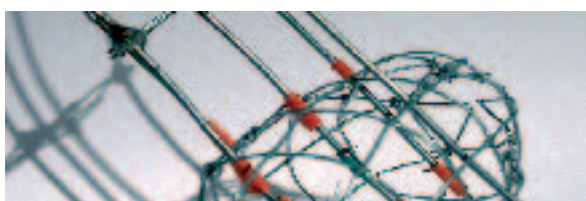
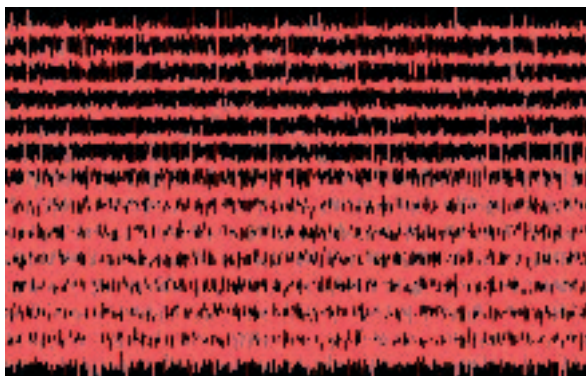


Bild 2: Sequenz von MER einer Elektrode (oben), räumliche Lage (unten) von fünf Elektroden im funktionalen Areal (STN als Drahtmodell, Beginn und Ende des als STN klassifizierten Trajektorienabschnitts auf den Elektroden rot markiert, eine Elektrode komplett außerhalb)

Klassifikation von MER-Signalen

Bei den MER handelt es sich um digitale Signale, die extrazelluläre Ableitungen von Aktionspotentialen in Form von Einzelimpulsen (spikes) oder Pulshaufen (bursts) unterschiedlicher Amplitude und Auftretsrates mit starkem Hintergrundrauschen darstellen. Je nach dem von welchem neuronalen Areal die Signale abgeleitet wurden, erhält man unterschiedliche stochastische Signalmuster (siehe Bild 3).

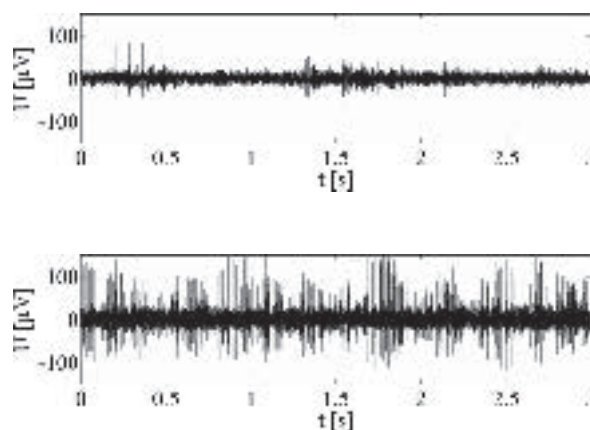


Bild 3: MER von unterschiedlichen Arealen (oben ohne neuronale Aktivität und unten mit neuronaler Aktivität)

Für eine Analyse dieser Signale und zur Ermittlung von aussagefähigen Merkmalen für eine zuverlässige und patienteninvariante Klassifikation der Signale nach ihrer neuronalen Herkunft werden die Signale aufbereitet. Hierzu wird eine Rauschunterdrückung mit nachfolgender multi-level-Dekomposition im Wavelet Raum durchgeführt. Aus der gefilterten und dekompositionierten MER-Sequenz werden statistische Merkmale über die Verteilung von Bursts und Spikes ermittelt. Damit werden die Signale mittels eines dreistufigen Klassifikators mit Fuzzy-Entscheidungsfunktionen einer neuronalen Klasse zugeordnet (Abb. 4).



Bild 4: MER - Klassifikation (links: grün STN-Areal, blau kein Areal, rot nicht-STN Areal) und STN-Markierung (rechts: rot) der Trajektorien (4 benutzte Mikroelektroden)

Im Test wurden von 14 Patienten 2434 Ableitungssignale von 103 Elektroden klassifiziert und mit den Klassifikationen eines erfahrenen Neurochirurgen verglichen. Danach stimmten 95% der Entscheidungen des Klassifikationssystems mit denen des Arztes überein.

3D-Abgleich der MER-Klassifikationen mit Arealgeometrie

Mit den aus der MER-Auswertung gewonnenen geometrischen Information über die Lage der Elektroden im neuronalen Zielareal kann eine Registrierung mit der patientenspezifischen Objektinformation über das Zielareal durchgeführt werden, um z.B. die optimale Lage der endgültigen Stimulanzelektrode (Makroelektrode) zu bestimmen. Für eine automatische geometrische Registrierung wurde ein Verfahren entwickelt, das die klassifizierten (markierten) Arealbereiche auf den Elektrodentrajektorien mit der Volumengestalt des Zielgebiets optimal in Übereinstimmung bringt (Bild 5).

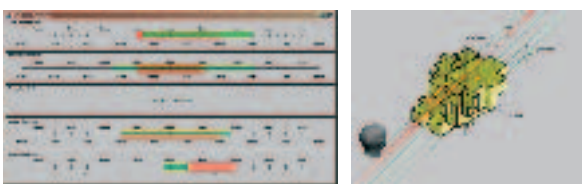


Bild 5: Markierte (grün) und optimal für die Registrierung passende (rot) STN-Abschnitte auf den Elektrodentrajektorien (links); Lage der Testelektroden (rechts) anhand der Registrierung (Volumendaten manuell ermittelt)

Die visuell dargestellte Lage der Elektroden im Zielareal soll die Entscheidung für die endgültige Positionierung der Stimulanzelektrode vereinfachen und optimieren. Je nach Diagnose ist es z.B. medizinisch indiziert, die Position in unterschiedlichen Bereichen des STN zu wählen.

Schlussbemerkung

Die hier vorgestellten Verfahren zur automatischen Klassifikation von MER Signalen für die rechnergestützte Navigation und zur geometrischen Registrierung und Auswahl von Trajektorien zur tiefen Hirnstimulation setzen die interdisziplinären Untersuchungen und Entwicklungen des i3A im Bereich Medizin-Informatik erfolgreich fort. Sie liefern einen wichtigen Beitrag zur qualitativen und ökonomischen Verbesserung im Bereich der Therapie mittels tiefer Hirnstimulation auch über den hier vorliegenden Diagnose- und Therapiebereich hinaus.

Die Verfahren wurden im Rahmen von Projekt- und Abschlussarbeiten in enger, interdisziplinärer Kooperation mit dem Neurochirurgen Dr. Hertel entwickelt. Sie wurden bereits auf internationalen Fachkongressen und auch interessierten Herstellern für Medizintechnik präsentiert. Die Verfahren sind als Laborprototypen implementiert und getestet und stehen für den Transfer in den medizinischen Einsatz zur Verfügung.

Kontakt:

Prof. Dr. Peter Gemmar
Fachbereich Informatik
p.gemmar@fh-trier.de
www.fh-trier.de/index.php?id=i3A



Fertigungsplanung unter Berücksichtigung mehrerer Optimierungsziele

Heinz Schmitz

Problemstellung

Die Fertigungsplanung versucht vorliegenden Aufträgen die zur Verfügung stehenden begrenzten Ressourcen eines Unternehmens so zuzuordnen, dass bestimmte Optimierungsziele möglichst gut erreicht werden. Ein einfaches Beispiel ist die Bestimmung einer Bearbeitungsreihenfolge von Aufträgen auf einer Maschine, so dass die Summe der Rüstzeiten minimiert wird. Allerdings treten in der Praxis häufig mehrere Zielsetzungen gleichzeitig auf. Neben der Minimierung der Rüstzeiten könnte es z.B. auch darauf ankommen, wichtige Aufträge bevorzugt fertig zu stellen. Mehrere solche Optimierungsziele stehen in der Regel in Konkurrenz zueinander, d.h. ein bzgl. eines Kriteriums optimaler Fertigungsplan ist nur unter Vernachlässigung eines anderen Kriteriums möglich.

In dieser Situation sind für die automatische Planerstellung durch eine Planungssoftware mehrere Ansätze denkbar. Der in der Vergangenheit typische Weg ist das gewichtete Zusammenfassen aller Kriterien in einer einzigen Bewertungsfunktion. Die so erzielten Ergebnisse sind jedoch aufgrund der statischen Kopplung oft unbefriedigend, die Parameterbestimmung ist problematisch.

Die *multikriterielle Pareto-Optimierung* dagegen versucht, die vorhandenen *Trade-offs* zwischen den Optimierungszielen deutlich zu machen. Dazu werden gleich mehrere Pläne erzeugt, die untereinander unvergleichbar, aber jeweils in einem bestimmten Sinn optimal sind (genauere Definition siehe unten). Unter diesen Alternati-

ven kann der Planer dann fallbasiert oder mittels automatischer Verfahren auswählen.

Modellierung

Wir beschränken uns in der Darstellung auf das oben genannte einfache Beispiel der Fertigungsplanung für eine einzelne Maschine. Dazu nehmen wir an, dass Aufträge $\{1, \dots, m\}$ vorgegeben und bereits bzgl. ihrer Priorität nummeriert sind. Mögliche Fertigungspläne sind alle Permutationen $t = (a_1, \dots, a_m)$ von $\{1, \dots, m\}$ wodurch jeweils genau eine Bearbeitungsreihenfolge festgelegt wird. Die Bewertung eines Plans t erfolgt für jedes Optimierungsziel separat. Aus einer vorgegebenen Kostenmatrix $C = (c_{i,j})_{m \times m}$ lassen sich zum einen die reihenfolgeabhängigen Rüstzeiten als

$$z_1(t) = c_{a_m, a_1} + \sum_{i=1}^{m-1} c_{a_i, a_{i+1}}$$

ermitteln. Zum anderen kann die Berücksichtigung der Auftragsprioritäten in einem Plan durch

$$z_2(t) = \sum_{i=1}^m p_i$$

bewertet werden, wobei $p_i = \max(i - a_i, 0)$ die Verletzung der Priorität von Auftrag a_i misst.

Für jeden Plan ergibt sich so ein Bewertungsvektor $z(t) = (z_1(t), z_2(t))$ mit dem Ziel, beide Komponenten (Summe der Rüstzeiten, Verletzung der Auftragsprioritäten) gleichzeitig zu minimieren. Der bewertete Lösungsraum aller möglichen Pläne lässt sich bezüglich dieser beiden Dimensionen gut visualisieren, siehe Bild 1. Besonders interessant sind nun diejenigen Fertigungspläne, bei denen beide Komponenten von $z(t)$ nicht mehr gleichzeitig verbessert wer-

den können. Solche Pläne heißen *Pareto-optimal* und sind in Bild 1 hervorgehoben.

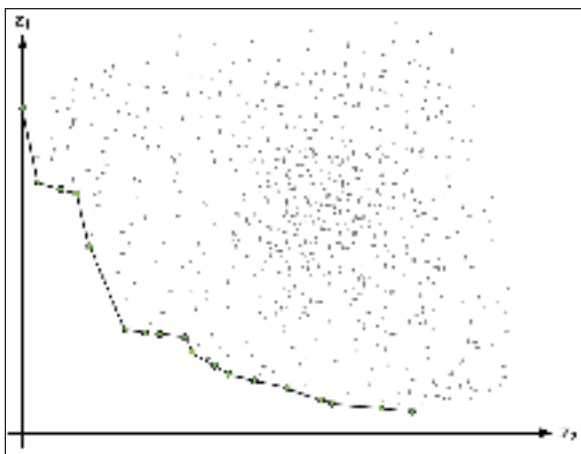


Bild 1: Bewerteter Lösungsraum mit Trade-off-Kurve der Pareto-optimalen Handlungsalternativen.

Die Menge der Pareto-optimalen Pläne stellt genau die sinnvollen Handlungsalternativen des Planers vor dem Hintergrund mehrerer gleichberechtigter Optimierungsziele dar.

Software-Entwicklung

Wesentliche Aufgabe bei der Entwicklung eines Systems zur automatischen Plangenerierung ist der Entwurf effizienter Optimierungsalgorithmen. Die Berechnung der exakten Menge aller Pareto-optimalen Lösungen ist in der Regel ein sehr schwieriges algorithmisches Problem, für das nur selten effiziente Verfahren bekannt sind. Beispielsweise verbirgt sich bereits hinter der Minimierung der Rüstzeiten in obigem Beispiel das NP-vollständige Problem des Handlungsreisenden.

Ein vollständiger Überblick über einen bewerteten Lösungsraum wie in Bild 1 lässt sich daher

nur für kleine Probleminstanzen mit wenigen Aufträgen in annehmbarer Zeit gewinnen. Wir entwickeln in unseren Projekten problemspezifische Heuristiken, die die Pareto-Menge bei realistischen Problemgrößen sehr gut annähern. Bild 2 zeigt beispielsweise für $m = 101$ Aufträge eine Menge von Plänen und deren Bewertung vor (oben) und nach der Optimierung (unten) durch eine spezielle Lokale-Suche-Heuristik.

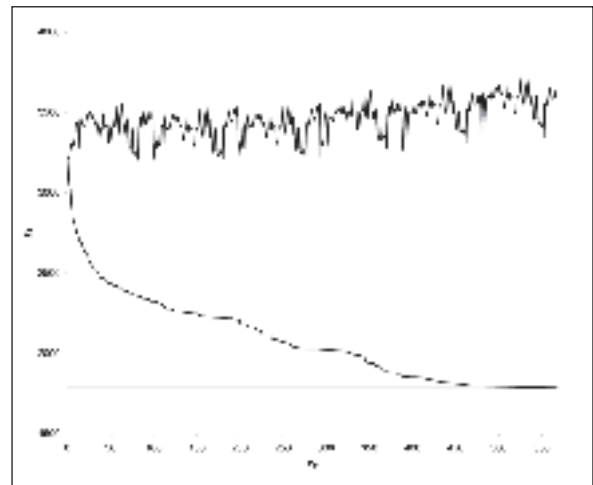


Bild 2: Ergebnis einer Heuristik zur Annäherung der Pareto-Menge.

Erfolgreiche Kooperationen mit Industriepartnern umfassen unter anderem ein Projekt zur multikriteriellen Zuschnittoptimierung und ein Projekt zur Gültigkeitsprüfung von Plänen in einer komplexen heterogenen Produktionsumgebung.

Kontakt:

Prof. Dr. Heinz Schmitz
Fachbereich Informatik
schmitz@informatik.fh-trier.de



Usability-Engineering für ein System zum Test und zur Überwachung von Kommunikationssatelliten

Prof. Dr. Rolf Linn

Für den Satellitenbetreiber SES ASTRA in Luxemburg wird vom Institut für Innovative Informatik-Anwendungen i3A der Fachhochschule Trier das Interaktionsdesign und die Gestaltung der Benutzungsoberfläche eines Systems zur Leistungsmessung von Kommunikationssatelliten durchgeführt. Wegen neuer Einsatzanforderungen und veralteter Hardware- und Softwaretechnologien soll das seit 1995 existierende System durch ein neues ersetzt werden. Fernziel ist die Entwicklung eines Style-Guide für die Benutzungsoberfläche derartiger Systeme. Damit soll eine Standardisierung der Bedienung und eine Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit erreicht werden.

In der ersten Phase wurden Anforderungen, Bedienabläufe und Bedienoberfläche entwickelt. Die Studenten des Master-Studienganges Informatik Richard Dörfler und Gerrit Meixner haben im Rahmen ihrer Abschlussarbeit [2] hierzu entscheidend beigetragen, die angehende Kommunikationsdesignerin Meike Linn besorgte die grafische Gestaltung.

Benutzer-orientierte Gestaltung interaktiver Systeme

Gute Software muss so genutzt werden können, wie ein Handwerker einen Hammer nutzt: Ohne sich der Existenz des Hammers als eines eigenständigen Objektes bewusst zu sein, hat er nur sein entstehendes Werk im Sinn.

Von der Software ist analog dazu zu fordern, dass der Benutzer gedanklich in der Begriffswelt

seiner Aufgabenstellung verbleiben kann, sich also nicht um Konzepte kümmern muss, die nur für die Struktur der Software von Belang sind. Wie lässt sich diese Forderung von Winograd und Flores [4] erfüllen? Nach DIN EN ISO 13407 ist die benutzer-orientierte Gestaltung interaktiver Systeme gekennzeichnet durch:

- die aktive Beteiligung der Benutzer und ein klares Verständnis von Benutzer- und Aufgabenanforderungen;
- eine geeignete Funktionsteilung zwischen Benutzern und Technik
- die Iteration von Gestaltungslösungen;
- multidisziplinäre Gestaltung

Wir folgten hier der im DATech-Prüfhandbuch Gebrauchstauglichkeit [1] beschriebenen Vorgehensweise. Obwohl als „Prüfverfahren“ bezeichnet, ist das Verfahren durchaus für Designprojekte anwendbar. Es dient dazu, die Konformität mit DIN EN ISO 9241 (Ergonomie der Mensch-System-Interaktion), Teile 11 und 110 zu erreichen. Im Teil 110 (Grundsätze der Dialoggestaltung) sind folgende sieben Dialogprinzipien festgelegt:

- Aufgabenangemessenheit
- Selbstbeschreibungsfähigkeit
- Erwartungskonformität
- Lernförderlichkeit
- Steuerbarkeit
- Fehlertoleranz
- Individualisierbarkeit

Kontextanalyse und Anforderungsspezifikation

Mit dem ErgoNorm-Benutzerfragebogen aus

dem DATech-Prüfverfahren konnte ein erster Eindruck von der Dringlichkeit einer Systemverbesserung aus Nutzersicht gewonnen werden. Aus den Befragungsergebnissen allein aber kann man die Anforderungen an die Nutzung des Systems nicht hinreichend herleiten. Um den Kontext der Systemnutzung gründlich analysieren und verstehen zu können, wurde die im DATech-Prüfhandbuch beschriebene Kontext-Szenario-Methode angewendet.

Diese Methode soll durch ein einfaches Beispiel verdeutlicht werden. Aus dem Kontextszenario, einer episodischen Beschreibung von Aufgaben und Tätigkeiten ohne Bezug zu konkreten Merkmalen eines Softwareproduktes, ergab sich folgender Sachverhalt: Die Messwerte werden von einem „Data Analyst“ an seinem Arbeitsplatz ausgewertet.

Hierin wurde ein Erfordernis erkannt: Die Messwerte müssen am Arbeitsplatz des Data Analyst zur Verfügung stehen. Dieses Erfordernis ist einleuchtend und selbstverständlich, also zweifelsfrei.

Diesem Erfordernis wurde das Dialogprinzip „Aufgabenangemessenheit“ (DIN EN ISO 9241-110) zugeordnet und der Norm eine auf den Sachverhalt anwendbare Empfehlung entnommen. Die Empfehlung der Norm lautet: „Die vom interaktiven System verlangten Dialogschritte sollten zum Arbeitsablauf passen, d.h. notwendige Dialogschritte sollten enthalten sein und unnötige Dialogschritte sollten vermieden werden.“ Durch Kombination dieser Empfehlung mit dem erkannten Erfordernis ergab sich folgende

Mindestanforderung an die Systemnutzung: Der Benutzer muss ohne unnötige Dialogschritte auf die Messwerte zugreifen können.

Diese Nutzungsanforderung ist objektiv, denn das zugrunde liegende Erfordernis ist unbezweifelbar und die verwendete Empfehlung stammt aus einer internationalen Norm, d.h. dem Konsens der Fachwelt.

Interaktionsdesign und Oberflächendesign

Durch die Beschäftigung mit dem Vorgängersystem, den Ergebnissen aus der Benutzerbefragung, den erhobenen Kontextszenarien und der Anforderungsspezifikation wurde ein Verständnis des Nutzungskontexts erarbeitet, mit dem das Interaktions- und das Oberflächendesign angegangen werden konnte.

Bei dem zu entwickelnden System handelt es sich um eine Messeinrichtung, bei dem folgende Kernaufgaben zu erledigen sind: Einstellungen vornehmen, Messungen initiieren, Überwachungsdaten prüfen und Messergebnisse ablesen. Ein Benutzer sollte die Möglichkeit haben, Kernaufgaben und zugehörige Teilaufgaben in einer von ihm bestimmten Reihenfolge durchzuführen, wie unter anderem folgende Aussage aus dem Kontextszenario zeigt: „Es gibt keine festgelegte Abfolge. Ich habe ein Gespür dafür, welche Arbeitsschritte nötig sind. Die Möglichkeiten sind dabei flexibel.“ Diese Anforderung wurde bereits vom Vorgängersystem erfüllt, Nutzungsprobleme aufgrund dessen Navigationsstruktur sind nicht bekannt. Daher wurde die Navigationsarchitektur des existierenden Systems übernommen, die es erlaubt, in



einem Hauptfenster den jeweils notwendigen Navigationspfad auszuwählen, um die gewünschte Funktion zu erreichen.

Im nächsten Schritt wurden dann Skizzen der Benutzungsoberfläche (Bild 1) angefertigt und mit Benutzern getestet.

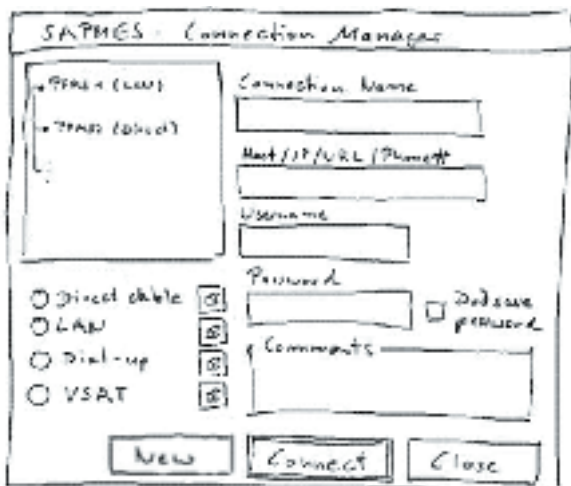


Bild 1: Connection Manager

Papierprototypen

Wesentliches Merkmal des benutzerzentrierten Entwicklungsprozesses ist nämlich das Ausprobieren der Entwürfe durch Benutzer. Erst wenn der Benutzer mit dem entwickelten System arbeitet, merkt er, was er braucht und was anders sein muss. Da man diese Information aber früher haben will, braucht man Prototypen. Im geschilderten Projekt haben sich Papierprototypen [3] bestens bewährt.

Mittels Papierprototypen haben wir das Arbeiten mit einem gedachten System simuliert. Das bereits existierende System blieb dabei außer Betracht. Neben dem Benutzer aus der Benutzerzielgruppe haben drei Personen an dem Test der Gebrauchstauglichkeit mitgewirkt: Einer leitete

die Sitzung, der Zweite machte Notizen und der Dritte spielte Computer. Der Benutzer hatte die Teilaufgaben zu lösen, die auf der Grundlage der Kontextanalyse bereits für das Interaktions- und Oberflächendesign entwickelt worden waren. Vier Teilaufgaben waren von beiden Benutzergruppen durchzuführen, 17 Teilaufgaben nur von der Benutzergruppe „Maintenance“ und fünf nur von der Benutzergruppe „Data Analysts“.

Beim Test mit einem Papierprototyp interagiert der Benutzer mit einer Skizze der Systemoberfläche (Bild 1), die vor ihm auf dem Tisch liegt. Er kann eingezeichnete Tasten drücken, Formularfelder ausfüllen oder andere Funktionen der Oberfläche ausführen. Die Person „Computer“ manipuliert die Skizzen, um die Änderungen der Oberflächenmerkmale zu simulieren.

Im ersten Durchgang mit einem Mitarbeiter der Maintenance-Group wurden 20 Nutzungsprobleme gefunden. Nach entsprechender Verbesserung des Papierprototyps wurden in einem zweiten Durchgang mit einem anderen Mitarbeiter der Maintenance-Group noch drei Nutzungsprobleme erkannt und deren Ursache behoben. Anschließend wurden mit einem Data Analyst als Benutzer noch weitere fünf Nutzungsprobleme aufgedeckt. Die verbesserten Skizzen dienten dann als Grundlage für das grafische Design sowie die Implementierung der Systemoberfläche.

Die Abläufe, die beim Test mit den Papierprototypen zu Nutzungsproblemen führten, wurden in Use-Szenarien dokumentiert. Ähnlich wie beim Kontextszenario wurden hieraus Anforderungen an die Nutzung der Software abgeleitet, die die vorgenommenen Verbesserungen begründen. Als Beispiel betrachten wir die Aufgabe: „Verbindungsherstellung mit der Station durch Hinzu-

fügen einer neuen Verbindung.“ Nach dem Start des Programms erscheint das Fenster „Connection Manager“ (Bild 1).

Das Erscheinen dieses Fensters führt zu einem kritischen Ereignis: „Der Nutzer versteht nicht, dass die Box links oben die gespeicherten Verbindungen anzeigt.“ Es handelt sich um ein Problem mit der Selbstbeschreibungsfähigkeit dieses Fensters. In DIN EN ISO 9241-110 wurde unter dem Prinzip Selbstbeschreibungsfähigkeit folgende Empfehlung gefunden: „Während der Interaktion mit dem System sollte die Notwendigkeit, Benutzerhandbücher und andere externe Information heranzuziehen, minimiert sein.“ Diese Empfehlung wurde passend zum kritischen Ereignis konkretisiert: „Erkennt der Benutzer die Bedeutung der Box mit den gespeicherten Verbindungen, ohne externe Information heranziehen zu müssen?“ Um das Problem zu beheben erhielt diese Box die Überschrift „Stored Connections“.

Die Testpersonen hatten keine Schwierigkeiten, statt mit einem Rechner mit dem Papierprototypen zu interagieren. In dem Projekt wurden die bekannten Vorteile des Testens mit Papierprototypen bestätigt:

- Es liefert frühzeitig substantielle Rückmeldungen von Benutzern, bevor Aufwand in die Implementierung gesteckt wurde.
- Es fördert die Kommunikation innerhalb des Entwicklungsteams und zwischen Entwicklungsteam und den Benutzern.
- Es fördert die Kreativität im Entwicklungsprozess. Bei einem Papierprototyp ist es offensichtlich, dass noch nichts implementiert ist und Änderungen einfach möglich sind.

- Eine von Hand grob skizzierte Bildschirmdarstellung vermeidet Diskussionen über untergeordnete visuelle Details, weil es offensichtlich ist, dass diese noch nicht festgelegt wurden.
- Beim Test erkannte Änderungsnotwendigkeiten können sofort in derselben Sitzung durchgeführt werden. Das spart Zeit in der iterativen Entwicklung.

Grafisches Design

Das Ergebnis der iterativen Entwicklung des Papierprototyps bestand aus ca. 75 Skizzen der verschiedenen Fenster, Formulare, Menüs, Dialogboxen sowie aus Zustandsdiagrammen, die die Navigationsarchitektur beschreiben.

Darauf basierend erfolgte anschließend die grafische Gestaltung. Im Hauptfenster (Bild 2) wurden die einzelnen Boxen in eine logische Reihenfolge gebracht: Der obere Teil zeigt von links nach rechts den Signalfluss von der Antenne bis zur Leistungsanzeige, im unteren Teil befinden sich Boxen für zusätzliche Information und Interaktion.



Bild 2: Entwurf des Hauptfensters



Die grafische Gestaltung beruht auf einem Raster aus 36 mal 27 Quadraten. Jedes Element orientiert sich daran, für kleinere Details werden die Seiten der Quadrate halbiert oder geviertelt. Das Design ist grundsätzlich in Graustufen, Farben sind für die Anzeige von Zuständen reserviert. Die Equipment Box im Hauptfenster hat einem roten Rahmen, der Übertemperatur signalisiert. So kann dieses Problem nicht übersehen werden.

Ergebnis und nächste Schritte

Die Ergebnisse der ersten Phase sind in einem "User Interface Developers Handbook" zusammengefasst. Dieses Handbuch enthält das Interaktions- und Oberflächendesign des zu entwickelnden Systems. Der Softwareentwickler findet hier zum Beispiel welche Fenster es gibt, wie sie aussehen, was ihre Funktion ist, was als nächstes geschieht usw. Die Navigationsarchitektur ist durch Zustandsdiagramme beschrieben. In einer späteren Phase soll ein Styleguide erarbeitet werden, der die Konsistenz der Oberflächengestaltung zwischen verschiedenen derartigen Systemen sichern helfen soll.

Die Software für die Benutzungsschnittstelle wird von einer externen Firma, im Auftrag von SES ASTRA, entwickelt werden; das i3A wird hierbei nur beratend tätig sein. Anschließend wird das i3A die Konformität mit den im "User Interface Developers Handbook" beschriebenen Nutzungsanforderungen prüfen. Nach einer eventuell erforderlichen Nachbesserung werden ein Feldtest und die Überführung in die Nutzungsphase folgen.

Auch die sorgfältigste Entwicklung kann nicht das spätere Auftreten von Nutzungsproblemen verhindern. Bei komplexen Systemen wird es immer verborgene Probleme geben, die erst in der Nutzungsphase erkannt werden. In dem hier beschriebenen Projekt wird das Projektmodell „Design-Use-Cycle“ angewendet. Das heißt, im Sinne einer benutzer-orientierten Entwicklung werden die Nutzungsprobleme aufgearbeitet, die erst durch Nutzungserfahrung festgestellt werden konnten und zu einem besseren Verständnis des Nutzungskontextes, zu verbesserten Anforderungen und damit zu verbesserter Software führen.

Literatur:

- [1] DATech Deutsche Akkreditierungsstelle Technik GmbH: Leitfaden Usability, 2007. <http://www.datech.de/share/files/leitfaden-usability.pdf>
- [2] Dörfler, Richard; Meixner, Gerrit: Usability Analysis and Interface Design for a Satellite Performance Monitoring System, Master Thesis, 2007, FH Trier, Fachbereich Informatik
- [3] Snyder, Carolyn: Paper Prototyping. Morgan Kaufmann Publishers, 2003, ISBN 1-55860-870-2.
- [4] Winograd, Terry; Flores, Fernando: Understanding Computers and Cognition: A new Foundation for Design. Reading, MA: Addison-Wesley, 1987.

Kontakt:

Prof. Dr. Rolf Linn
Institut für innovative Informatik-Anwendungen (i3A)
linn@i3a.fh-trier.de

FABEGG: Framework für die Abbildung und Beschleunigung von E-Government Genehmigungsverfahren Schwerpunkt: Barrierefreie Benutzerschnittstellen

Prof. Dr. Norbert Kuhn,
Prof. Dr. Gisela Sparmann

- Projektleitung: Prof. Dr. Gisela Sparmann,
Prof. Dr. Norbert Kuhn
- Projektförderung: Bundesministerium für Forschung und Technik
- Projektstatus: in Bearbeitung (Laufzeit:
01.09.05 – 31.08.08)
- Partner:
- SilverCreations AG, Birkenfeld, <http://www.silvercreations.de>
 - Zentrum für Telekommunikation und Technologietransfer (ZTT), Fachhochschule Worms, <http://ztt.fh-worms.de>
 - SHE IT AG, Ludwigshafen
 - Kreisverwaltung Birkenfeld

Zusammenfassung

Wie viele Unternehmen versuchen auch öffentliche Verwaltungen und Behörden durch die Nutzung moderner Informations- und Kommunikationstechniken ihre Vorgänge effizienter und schneller abzuwickeln. Ein wesentlicher Beitrag dazu kann durch die Umstellung papiergebundener Vorgangsbearbeitung auf elektronische Ablaufsteuerung geleistet werden.

Das Projekt FABEGG dient diesem Zweck. Insbesondere sollen hier Vorgänge betrachtet werden, die zwischen Bürgern und Verwaltungen ablaufen. Von diesen läuft eine große Anzahl nach einem Antrag / Bescheid Schema ab. Für die Kommunikation sowohl zwischen internen Sachbearbeitern selbst sowie zwischen diesen

und den Antrag stellenden Bürgern lässt sich die Internettechnologie gewinnbringend einsetzen. Dafür sollen im Rahmen des vom Bundesministeriums für Forschung und Technologie geförderten Vorhabens generische Komponenten und Verfahren entwickelt und erprobt werden.

Der Umwelt-Campus Birkenfeld und die ebenfalls in Birkenfeld ansässige SilverCreations AG bearbeiten als Partner insbesondere die Gestaltung und Realisierung barrierefreier Benutzerschnittstellen.

Einleitung

In den letzten Jahren haben viele Unternehmen und Behörden Internetzugänge zu ihren Informationssystemen geschaffen und dabei auch Maßnahmen getroffen, um Menschen mit Behinderungen ebenfalls den Zugang zu ermöglichen. Verstärkt wurden diese Bemühungen auch durch gesetzliche Regelungen und Vorgaben, beispielsweise in den USA durch den Americans with Disabilities Act (1990), in der Europäischen Union durch die Richtlinie des Rates zur Gleichbehandlung Behinderter in Beruf und Bildung (2000) oder in Deutschland durch das Allgemeine Gleichbehandlungsgesetz (2006).

Betrachtet man die bereit stehenden Angebote näher, so stellt man fest, dass viele davon lediglich Möglichkeiten für den Download von Formularen oder Dokumenten bieten, die dann ausgedruckt, ausgefüllt und auf dem Postweg wieder zurückgeschickt werden müssen. Diese Vorgehensweise ist insbesondere für Menschen mit Sehbehinderungen oder auch für ältere Bürger schwer zu handhaben.



Eine weitere wesentliche Kategorie von Formularen sind Fragebögen oder Anhörungsbögen, z.B. zu Finanz-, Grundstücks- oder Rechtsangelegenheiten. Solche Formulare sind oft bereits teilweise mit persönlichen oder vorgangsbezogenen Daten ausgefüllt und sollen vom Bürger an bestimmten Stellen ergänzt werden.

Im FABEGG Projekt arbeiten wir an einer Lösung, die eine einfache computergestützte Bearbeitung der zuvor genannten Dokumenttypen erlaubt. Die generelle Idee besteht darin, dass der Benutzer des Systems ein eingehendes Dokument mit einem Scanner oder einer Digitalkamera erfasst und das Bild dem System übergibt. Das FABEGG System identifiziert dann automatisch den Typ des Formulars und bestimmt die notwendigen weiteren Bearbeitungsschritte für den Benutzer. Dieser wird im weiteren Verlauf durch den Prozess des Ausfüllens geleitet, indem er entweder durch geeignete visuelle Hervorhebungen oder durch Nutzen der Sprachausgabe zum Vorlesen der Formularfelder und entsprechenden Informationen zur erwarteten Eingabe erhält. Bild 1 skizziert grob den Ablauf der Dokumentbearbeitung.

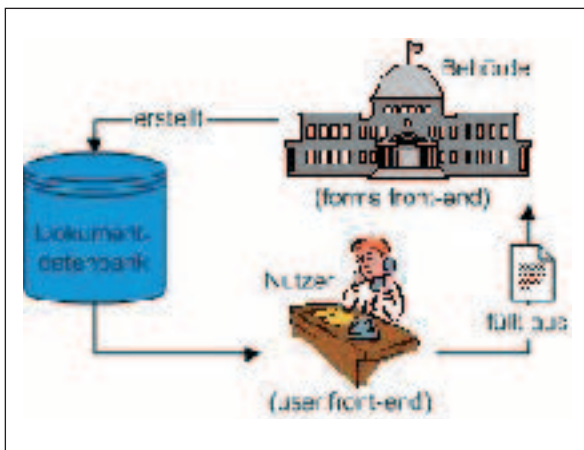


Bild1. Prozess der Formularbearbeitung

Als Bindeglied zwischen den Formularen, die in einer Behörde vorhanden sind und der Klientenseite dient ein so genanntes Dokumenten Template Repository. Das Repository ist eine Dokumentdatenbank, die Bilder der Formulare enthält, sowie Informationen zu den darin vorhandenen Feldern. Dies betrifft z.B. die Typen der Felder (z.B. ein Datum), ob es vorausgefüllt oder auszufüllen ist und in der Regel eine Hinterlegung mit einem Hilfetext, der die semantische Bedeutung beschreibt. Bei Eingabe eines Dokumentbildes über das User Front-end wird das passende Template aus dem Repository gesucht und damit die Interaktion des Benutzers mit dem FABEGG System gesteuert. Das Repository selbst wird von den Mitarbeitern der Behörden über das Forms Front-end gespeist.

Formularschnittstelle

Über die Formularschnittstelle können Mitarbeiter einer Behörde Dokumente und Formulare für das FABEGG System bereitstellen. Die Ablage eines Formulars besteht dabei aus dem Bild des Formulars und weiteren Angaben zu den vorhandenen Feldern.

Dazu wird in einem ersten Bearbeitungsschritt ein Formular digitalisiert und anschließend auf dem Bild die Bedeutung der einzelnen Bestandteile festgelegt. Dazu gehören Angaben darüber, ob das Feld von der Behörde oder dem Bürger ausgefüllt wird oder die Angabe eines Inhaltstyps, wie beispielsweise ein Datum, eine Postleitzahl oder eine Währungseinheit. Dazu passend können Validierungsfunktionen für die spätere Überprüfung ausgewählt werden. Eine weitere wesentliche Information sind Hilfetexte, die dem Bürger im Formular vorhandene oder einzutragende Information genauer erklären sollen.

Benutzerschnittstelle

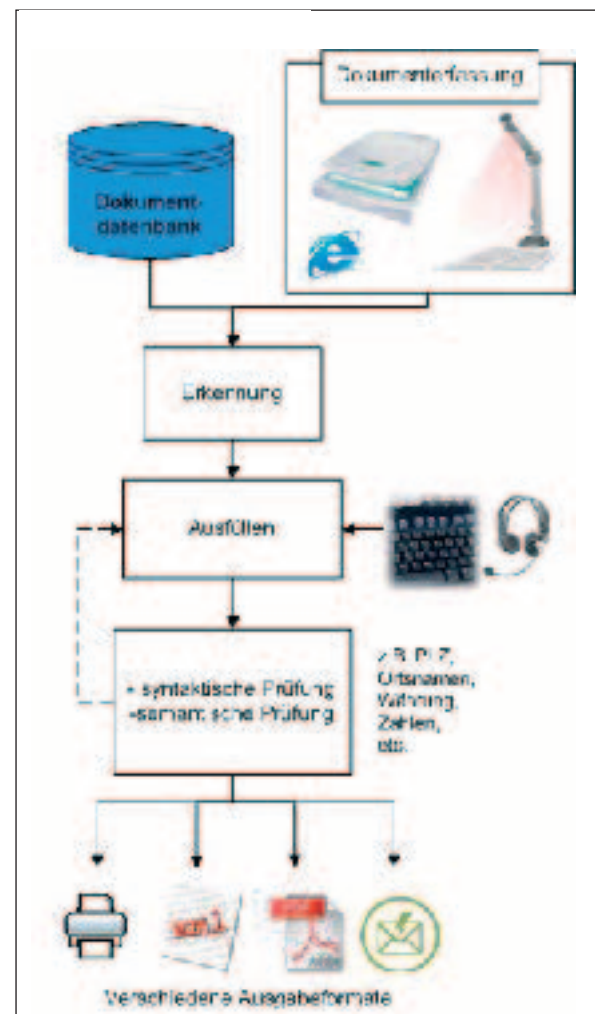
Auf der Seite des Benutzers benötigt das System neben einem Rechner eine Erfassungseinheit für eingehende Dokumente. Letzteres kann ein handelsüblicher Scanner oder eine Digitalkamera sein. Für unseren Prototyp nutzen wir die Dokumentenkamera Sceye der SilverCreations AG (s. Bild 2).



Bild 2: Prototyp Benutzerschnittstelle des FABEGG Systems

Zur Darstellung der Dokumente kann der Benutzer aus einer Reihe von Einstellmöglichkeiten wählen, die bei bestimmten Beeinträchtigungen des Sehvermögens ein besseres Erkennen ermöglichen. Darüber hinaus kann das Dokument auch über ein Sprachausgabesystem vorgelesen werden, wobei unterstützend für das Verständnis das aktuell gesprochene Wort oder der aktuelle Satz auf dem Bildschirm markiert werden kann. In Abbildung 2 ist dies an dem roten Rahmen erkennbar. Durch Tippen auf den Bildschirm oder eine andere entsprechende Interaktion kann das Vorlesen an jeder beliebigen Stelle gestoppt oder begonnen werden. Für das Ausfüllen der Felder nutzen wir bisher die Tastatur als Eingabemedium. Die Integration einer sprecherunabhängigen Spracheingabe ist gegenwärtig in Arbeit.

Der Ablauf der Formularbearbeitung ist damit schematisch wie in Abbildung 3 gegeben. Nach der Erfassung des Formulars, das zu bearbeiten ist, bestimmt FABEGG das passende Template aus der Formulare Datenbank und lädt das Originalbild mit den zugehörigen gespeicherten Informationen. Damit kann nun der Nutzer durch den Prozess des Ausfüllens geleitet werden. Hilfen bei der Eingabe werden eingeblendet oder vorgelesen wenn der Benutzer dies wünscht (z.B. durch Drücken der F1-Taste), Eingaben können anhand hinterlegter Validierungsfunktionen auf





Plausibilität überprüft werden. Zum Abschluss des Prozesses stehen verschiedene Optionen zur Verfügung: das Dokument kann ausgedruckt und per Post verschickt werden oder auch in verschiedene elektronische Formate exportiert werden, die dann an die Behörde elektronisch übermittelt und dort weiter verarbeitet werden können. Als Datenaustauschformat nutzen wir hierzu den Internetstandard XML.

Zusammenfassung

Das FABEGG System erlaubt die Ablage von Behördenformularen und zugehörigen Verarbeitungsinformationen in einer Datenbank sowie einen automatisierten Zugriff auf diese Daten.

Damit wird ein wesentlich verbesserter Zugang zu Behördenformularen erreicht. In Verbindung mit den vorhandenen visuellen und sprachlichen Ausgabefunktionen ergibt sich besonders für sehbehinderte Menschen, aber auch für Menschen mit Lese-/Rechtschreibschwächen oder mit Migrationshintergrund eine deutliche Verbesserung für die Formularbearbeitung.

Kontakt:

Prof. Dr. Norbert Kuhn, Prof. Dr. Gisela Sparmann
Institut für Softwaresysteme (ISS)
n.kuhn@umwelt-campus.de
g.sparmann@umwelt-campus.de

Low-cost Airports als Wirtschaftsfaktor

Prof. Dr. Kai Heuer,
Prof. Dr. Thorsten Schaper

Grundlagen

Im internationalen Luftfahrtverkehr existieren die beiden grundsätzlich konkurrierenden Geschäftsmodelle Hub-and-Spoke-Systeme und Point-to-Point-Verkehre. Während Hub-and-Spoke-Systeme bzw. Drehkreuze darauf ausgerichtet sind, die Umsteigeverbindungen für Fluggäste zu minimieren, werden Point-to-Point-Verkehre als Direktverbindungen auch unter Verzicht auf Anschlussverbindungen von einer Fluggesellschaft angeboten. Das zweite Geschäftsmodell haben die Low-cost Carrier (LCC) in den letzten Jahren vorangetrieben und revolutioniert (DB Research 2006). Als Low-cost Airports (LCA) können allgemein die Flughäfen angesehen werden, die überwiegend von Low-cost Carriern benutzt werden. Direktverkehre stellen somit einen Indikator für einen Low-cost Airport dar. Weitere Merkmale sind kurze Standzeiten der Flugzeuge und der regelmäßige Einsatz kleinerer Flugzeuge und möglichst einheitlicher Flotten. Dadurch sind auch Interkontinentalverbindungen für LCC weniger interessant, da die Standzeit im Verhältnis zur Flugzeit von untergeordneter Bedeutung ist. Low-cost Airports zeichnen sich daneben durch niedrige Flughafenengebühren, niedrige Kosten für die Flughafenausstattung und fehlende Hub-Funktion aus. Da die großen Hub-Flughäfen (Primärflughäfen) in Deutschland Frankfurt/Main und München an ihre Kapazitätsgrenze stoßen, sind sie für den Low-cost Bereich nur schwer zugänglich. Aber schon die so genannten Sekundärflughäfen, die zwar keine Hub-Funktion aber ein attraktives Einzugsgebiet aufweisen, werden neben dem Linienverkehr zunehmend auch von Low-cost Carriern – außer Ryanair – angefliegen. Zu nennen sind hier z.B. Hamburg oder Köln/

Bonn als Marktführer des Low-cost Verkehrs in Deutschland mit etwa 662 Flügen pro Woche, das entspricht ca. 61 % des dortigen Flugaufkommens (DLR/ADV 2007). Tertiärflughäfen sind übrige Flughäfen, die in die Flugpläne von Linien-Fluggesellschaften eingebunden sind, aber ein weniger bedeutendes Einzugsgebiet aufweisen, z.B. Dresden oder Nürnberg. Quartärflughäfen als ehemalige Militär- und Regionalf Flughäfen werden hauptsächlich von LCC angefliegen. Letzteren fehlt meist die kritische Größe, die 0,5 Mio. bis 2,0 Mio. Passagiere pro Jahr betragen sollte, um einen Flughafen kostendeckend betreiben zu können. Dies erreichten in 2004 nur fünf der 39 Regionalf Flughäfen in Deutschland, u.a. Paderborn-Lippstadt als größter mit 1,3 Mio. gefolgt von Weeze, Niederrhein mit 0,8 Mio. Passagieren (DB Research 2005). Der frühere Militär- und Regionalf Flughafen Frankfurt-Hahn ist mittlerweile ein internationaler Verkehrsflughafen, der in 2006 über 3,7 Mio. Passagiere zählte und durch den Low-cost Verkehr mit Ryanair geprägt ist.

Zusammenfassend lassen sich Low-cost Airports durch folgende Merkmale beschreiben:

- Point-to-Point-Verkehre,
- kurze Standzeiten der Flugzeuge,
- Einsatz von kleineren Flugzeugen und einheitlichen Flotten,
- keine oder wenige Interkontinentalverbindungen,
- niedrige Flughafenengebühren,
- geringe Kosten für die Flughafenausstattung,
- günstige Ticketpreise,
- meist Regionalf Flughafen.

Wichtige Zielkunden von Low-cost Airports im Passagebereich sind Low-cost Carrier (z.B. Ryanair), die besondere Anforderungen an einen



Flughafen stellen (Heuer/Klophaus/Schaper 2005):

- Funktionale und einfache Flughafeninfrastruktur,
- freie Kapazitäten hinsichtlich Flugbewegungen und Passagierabfertigung,
- ein den Ansprüchen von Low-cost Airlines entsprechendes Leistungsangebot, z.B. niedrige Lande- und Abfertigungsgebühren, kurze Bodenzeiten der Flugzeuge,
- Standortnähe zu großen Ballungsräumen und
- gute landseitige Verkehrsanbindung.

Auch in der Luftfracht werben Low-cost Airports damit, „Low-cost Air Cargo“ zu ermöglichen. Die Kostensensibilität der Luftfrachtspediteure und Cargo Airlines ist dabei im Bereich der Standardfracht am höchsten und nimmt bei der Spezial- und Expressfracht ab. Gerade im Luftfrachtgeschäft sind neben den Kosten auch die von einem Flughafen angebotenen Leistungen in Umfang und Qualität von Bedeutung. Zu den wichtigen Entscheidungskriterien für die dauerhafte Wahl eines Flughafens zur Abwicklung von Luftfrachttransporten zählen insbesondere (Heuer/Klophaus/Schaper 2005):

- Gute Flughafeninfrastruktur mit einer Start- und Landebahn, die direkte interkontinentale Dienste ohne Reichweiten- bzw. Startgewichtsbeschränkungen ermöglicht,
- 24-Stunden-Betriebsgenehmigung und Frachtservice,
- freie Kapazitäten und Flächen für die Frachtabfertigung,
- Standortnähe zu großen Ballungsräumen,
- ausgewiesene Bauflächen zur Ansiedlung von Logistikpartnern und Kunden.

Insgesamt summiert sich der LCC-Verkehr in Deutschland auf 40,3 Mio. Passagiere in 2006. Das ist ein Zuwachs von 21,4 % gegenüber dem Vorjahr (DLR/ADV 2007). Gleichwohl stellt sich die Frage, ob und welchen wirtschaftlichen Nutzen ein Low-cost Airport darstellt. Wie kann man – ausgehend von dem Verkehrsaufkommen – die wirtschaftliche Bedeutung von Low-cost Airports methodisch ermitteln?

Methodische Vorgehensweise

Entsprechend der Methodik des Airports Council International (ACI Europe/York Aviation 2004) können die Beschäftigungs- und Einkommenswirkungen, die vom Betrieb und Ausbau eines Flughafens ausgehen, in vier Kategorien systematisiert werden:

- **Direkte Effekte:** Diese Beschäftigungs- und Einkommenseffekte entstehen bei den auf dem Flughafengelände angesiedelten Unternehmen und Betrieben und lassen sich als Zahl der Erwerbstätigen und als direkte Bruttowertschöpfung ausdrücken.
- **Indirekte Effekte:** Die am Flughafen ansässigen Unternehmen und Betriebe benötigen Vorleistungs- und Investitionslieferungen von Auftragnehmern außerhalb des Flughafengeländes, die zur Abwicklung der Aufträge selbst wieder Vorleistungen beziehen und Investitionen tätigen. Die außerhalb des Flughafens ausgelöste Beschäftigung und Bruttowertschöpfung wird zu den indirekten Effekten zusammengefasst.
- **Induzierte Effekte:** Die direkt und indirekt entstandenen Einkommen der Arbeitnehmer und Selbständigen werden zu einem großen Teil verausgabt (Konsumausgaben) und lösen dadurch Einkommens- und Beschäftigungseffekte aus, die als induziert bezeichnet werden.

- **Katalysierte Effekte:** Die zunehmende internationale Anbindung eines Flughafens führt zu einer erhöhten Attraktivität der Flughafenregion für einreisende Touristen und Unternehmen. So ist eine internationale Luftverkehrs-anbindung für viele Unternehmen ein wichtiger Standortfaktor, der zu Ansiedlungen oder Erweiterungen von Unternehmen in der Region führen kann. Durch diese touristischen und unternehmerischen Aktivitäten entstehen Beschäftigungs- und Einkommenseffekte, so genannte katalysierte Effekte.

plätze, erzielte Umsätze, getätigte Vorleistungskäufe, gezahlte Lohn- und Gehaltssummen sowie realisierte Investitionen. Die so erhobenen Daten ermöglichen auch die Berechnung der indirekten und induzierten Einkommens- und Beschäftigungseffekte. Dieses ist auf verschiedene Weise möglich. Das inzwischen in der Wissenschaft vorherrschende Verfahren ist die Input-Output-Analyse, welche die Vorleistungsverflechtungen zwischen den Wirtschaftszweigen in der Bundesrepublik erfasst. Grundlage sollte die neueste Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes sein, da diese ständig aktualisiert wird.

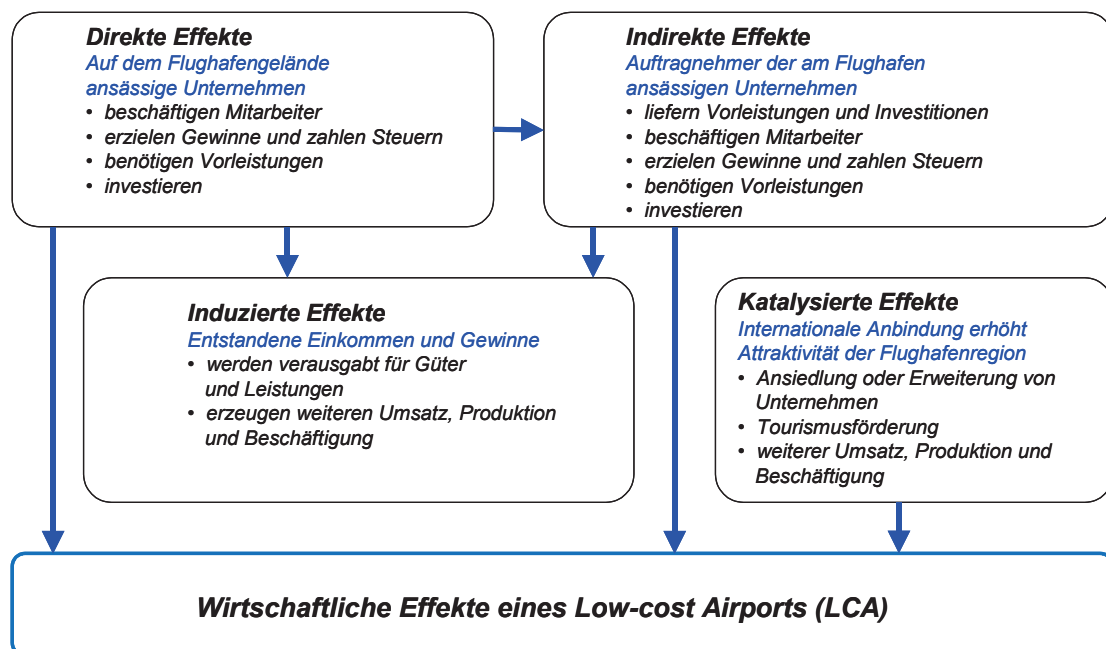


Abb.1: Wirtschaftliche Effekte eines Low-cost Airports (LCA)

Zur Bestimmung der direkten Einkommens- und Beschäftigungseffekte eines Flughafens ist eine Primärerhebung durchzuführen. So sollten die am Flughafenstandort angesiedelten Unternehmen und Betriebe folgende Daten im Rahmen einer Befragung zur Verfügung stellen: Zahl der Arbeits-

Ein wesentlicher Teil der katalysierten Effekte resultiert aus der touristischen Erschließung einer Flughafenregion, die sich aus einer zunehmenden internationalen Anbindung eines Low-cost Airports an das europäische Luftverkehrsnetz ergibt. Die Wirkungen der einreisenden Touristen



(Incoming-Tourismus) auf die Einkommens- und Beschäftigungssituation in der Flughafenregion können ebenfalls quantifiziert werden. Hierzu müssen detaillierte Daten zum Reiseverhalten, z.B. hinsichtlich der Aufenthaltsdauer, der Urlaubsziele und der Ausgabenhöhen bzw. -strukturen der Touristen erfasst werden, um somit die katalysierten Effekte des Incoming-Tourismus zu kalkulieren. Allerdings können durch Urlaubsreisen ins Ausland (Outgoing-Tourismus) auch Kaufkraftverluste im Inland entstehen.

Mit den erhobenen Daten ist es möglich, die gesamtwirtschaftlichen Einkommens- und Beschäftigungseffekte eines Flughafens zu berechnen. Um die Bedeutung eines Low-cost Airports für dessen Umland herauszuarbeiten, ist der regionale Anteil der Beschäftigungs- und Einkommenswirkungen zu ermitteln. Die Regionalisierung der indirekten und induzierten Effekte sollte dabei getrennt voneinander erfolgen.

Das Regionalisierungsverfahren für die indirekten Effekte basiert auf der Befragung der am Flughafen ansässigen Unternehmen zum regionalen Anteil der Auftragssummen für Vorleistungskäufe und Investitionen. Generell kann angenommen werden, dass der Regionalanteil der Aufträge entlang der Wertschöpfungskette abnimmt. Damit kann ein über die verschiedenen Zulieferstufen gewichteter Regionalanteil für die indirekten Effekte eines Flughafens berechnet werden.

Bei der Regionalisierung der induzierten Effekte kann unterstellt werden, dass der Wohnortanteil der am Flughafen und bei den Zulieferunternehmen Beschäftigten dem regionalen Anteil der Konsumausgaben entspricht. Somit stellen sich die Einkommens- und Beschäftigungseffekte aus den Konsumausgaben überwiegend in einer

Flughafenregion ein. Bei der Berechnung der regionalisierten induzierten Effekte ist dabei für die Beschäftigten der Zulieferunternehmen ein geringerer Wohnortanteil als bei den direkt am Flughafen Beschäftigten anzusetzen.

Die Regionalisierung der wirtschaftlichen Effekte durch Ausgaben einreisender Touristen kann durch das Erfragen der konkreten Urlaubziele relativ einfach ermittelt werden.

Aus den genannten wirtschaftlichen Effekten ergeben sich für den Fiskus zusätzliche Einnahmen, sog. **fiskalische Effekte**. Die Steuereinnahmen, die der Staat aus den Tätigkeiten des Airport-Betreibers und der am Flughafen ansässigen Unternehmen sowie der Zulieferunternehmen und Konsumgüter- und Dienstleistungsproduzenten erhält, sind von der Leistungserstellung am Flughafen abhängig. Diese Steuereinnahmen lassen sich aus den zuvor ermittelten gesamtwirtschaftlichen Wirkungen berechnen.

Das Steueraufkommen ist wie folgt von der Leistungserstellung der Low-cost Airports betroffen (Heuer/Klophaus/Schaper 2005):

- Die durch die Leistungserstellung des Flughafens entstehenden Einkommen beeinflussen die Höhe des Lohn- und Einkommensteueraufkommens einschließlich Solidaritätszuschlag.
- Aus den Einkommen resultieren Konsumausgaben. Dadurch erhöht sich das Aufkommen aus Umsatz- und Mineralölsteuer.
- Die Produktion des Flughafenbetreibers und der am Flughafen ansässigen Unternehmen sowie der Zulieferunternehmen und Konsumgüterproduzenten führt zu Steuereinnahmen aus gewerblicher Tätigkeit.

Hinzu kommt ein Entlastungseffekt für die öffentlichen Kassen, die aufgrund der geschaffenen Arbeitsplätze weniger Transferleistungen erbringen müssen.

Ergebnisse

Weltweit sind in 2004 29,0 Mio. Arbeitsplätze mit der Luftverkehrsbranche verknüpft. Davon sind 5,0 Mio. direkte Arbeitsplätze, 4,3 Mio. bei Airlines und Airports sowie 0,7 Mio. bei zivilen Luftfahrtunternehmen (Flugzeugherstellern etc.), entstanden. 5,8 Mio. indirekt Beschäftigte resultieren durch außerhalb des Flughafens ausgelöste Vorleistungs- und Investitionslieferungen. 2,7 Mio. induziert Beschäftigte gibt es durch Konsumausgaben von direkt und indirekt entstandenen Einkommen der Arbeitnehmer und Selbständigen. Daneben existieren 15,5 Mio. Arbeitsplätze durch den katalysierten Effekt der Luftfahrtbranche. Allein 6,7 Mio. Arbeitsplätze in der Tourismusbranche resultieren aus den Konsumausgaben von internationalen Besuchern, die mit dem Flugzeug einreisen (ATAG 2005).

Werden die indirekten und induzierten Effekte hinsichtlich der Zahl der Erwerbstätigen bzw. der Lohn- und Gehaltssumme ins Verhältnis zu den entsprechenden Kennzahlen der direkten Effekte gesetzt, erhält man die Beschäftigungs- und Einkommensmultiplikatoren. Weltweit ergibt sich aus den oben genannten Zahlen ein Beschäftigungsmultiplikator von 1,7.

Gesamtwirtschaftliche Beschäftigungsmultiplikatoren aus Untersuchungen deutscher Flughafenstudien weisen eine Bandbreite von 1,8 bis 2,2 und gesamtwirtschaftliche Einkommensmultiplikatoren von 1,9 bis 2,1 auf (Heuer/Klophaus/Schaper 2005).

Bei einem Low-cost Airport wird der jeweilige Multiplikator durchschnittlich um ca. 0,5 niedriger liegen. Die relativ niedrigen gesamtwirtschaftlichen Einkommens- und Beschäftigungsmultiplikatoren für einen Low-cost Airport lassen sich wie folgt begründen. Die Investitionen und Vorleistungskäufe der an einem Low-cost Airport ansässigen Unternehmen dürften im Flughafenvergleich wesentlich geringer ausfallen. Ein Low-cost Airport benötigt beispielsweise keine aufwendige Ausstattung des Passagierterminals. Hieraus ergeben sich verminderte indirekte Effekte. Außerdem werden die Beschäftigten an solchen Flughäfen im Flughafenvergleich niedrigere Löhne und Gehälter erhalten. Dies trifft insbesondere für Low-cost Airports mit Standorten in eher strukturschwachen Gebieten zu. Gleiches gilt dann auch für die sich um den Flughafenstandort angesiedelten Zulieferunternehmen, bei denen die Lohn- und Gehaltssumme je Erwerbstätigen im Durchschnitt unter denjenigen von Ballungsgebieten wie z.B. dem Rhein-Main-Gebiet oder der Metropolregion Hamburg liegt.

Ausblick

Das Marktumfeld für die Luftfahrt entwickelt sich auch zukünftig positiv. Nach den unbeständigen Jahren 2001 bis 2004 zeigen die Vorhersagen nun stabile Wachstumsraten für die nächsten Jahre (IATA 2005). Airbus (2006) prognostiziert für den europäischen Passagierverkehr ein leicht unter dem weltweiten Durchschnitt liegendes jährliches 20-Jahres-Wachstum von 4,8 % von 2006 bis 2025. Boeing (2007) erwartet in den Jahren 2006 bis 2026 für Europa ein jährliches Wachstum von 4,2 % (weltweit 5,0 %). Low-cost Airlines sind weiter ein Treiber der deutlichen Zuwachsraten mit jährlichen Steigerungsraten von 13 % bis 2010 (Pompeo 2005). Nach einer Vervierfachung von 5 % mit 12 Anbietern in 2000 auf rund 19 % mit

Wirtschaft und Recht



54 Anbietern in 2004 wird für 2010 ein Marktanteil von 33 % im europäischen Luftverkehr prognostiziert (Mercer Consulting 2004).

Dieses Wachstumsszenario geht mit einer Konsolidierung der Zahl der Low-cost Carrier einher, so dass die dann noch im Markt verbleibenden drei bis vier Low-cost Carrier von dieser dynamischen Entwicklung überproportional profitieren werden. Gewinner des Konsolidierungsprozesses könnten der Kostenführer Ryanair und easyJet sein.

Noch stärker als der Passagierverkehr soll der Luftfrachtverkehr wachsen. So wird in den nächsten 20 Jahren ein durchschnittlicher weltweiter Anstieg der Luftfrachtleistung in Frachttonnenkilometer von jährlich 6,0 % bzw. 6,1 % prognostiziert (Airbus 2006; Boing 2007). Durch hohe Ölpreise und geringeres Wachstum in einigen Schlüsselbranchen wie der Informationstechnik verlangsamte sich das Wachstum in 2005. Doch der Ausblick bleibt weiterhin positiv, da eine anhaltende positive Entwicklung in der globalen Wirtschaft der Treiber für eine stetige Zunahme im Luftfrachtbereich sein wird. Die dynamischen Frachtmärkte sind eng mit dynamischen Wachstumsmärkten verbunden. Neben China sind vor allem in sich entwickelnden Märkten wie Indien und Osteuropa gute Wachstumsaussichten gegeben (IATA 2005).

Um am Wachstum des Luftverkehrsaufkommens teilhaben zu können, müssen die Low-cost Airports die eingangs definierten wichtigen Erfolgsfaktoren weiterhin beachten. Eine positive Entwicklung des Flughafenstandortes wird schließlich auch zu einer Aufwertung der gesamten Flughafenregion als Wirtschaftsstandort führen.

Literatur

- ACI Europe/York Aviation (2004): The Social and Economic Impact of Airports in Europe, o.O. 2004.
- Airbus (2006): Global Market Forecast 2006-2025, Blagnac Cedex 2006.
- ATAG (2005): The Economic & Social Benefits of Air Transport, September 2005.
- Boeing (2007): Current Market Outlook 2007, Seattle 2007.
- DB Research (2005): Ausbau von Regionalflughäfen: Fehlallokation von Ressourcen, Frankfurt am Main 2005.
- DB Research (2006): Zukunft der Drehkreuzstrategie im Luftverkehr, Frankfurt am Main 2006.
- DLR/ADV (2007): Low Cost Monitor I und II/2007, Der aktuelle Low Cost Carrier Markt in Deutschland, Köln-Berlin 2007.
- Heuer, K./Klophaus, R./Schaper, T. (2005): Regionalökonomische Auswirkungen des Flughafens Frankfurt-Hahn für den Betrachtungszeitraum 2003-2015, Birkenfeld 2005.
- IATA (2005): Passenger and Freight Forecast 2005 – 2009, o.O. 2005.
- Mercer Consulting (2004): Entwicklung der europäischen Airline-Industrie, München 2004.
- Pompeo, L. (2005): Business Breakfast, Billigflieger in Europa – ein Boombranche vor dem Wendepunkt, McKinsey-Studie, Frankfurt 2005.

Kontakt:

Prof. Dr. Kai Heuer, Prof. Dr. Thorsten Schaper
Fachbereich Umweltwirtschaft/-recht
k.heuer@umwelt-campus.de,
t.schaper@umwelt-campus.de

Umweltinformationen Online - Anforderungen an Umweltdatenportale für Land und Kommunen -

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

Hintergrund und rechtlicher Rahmen

Die Rio Declaration, die Umweltinformationen eine weltweite Bedeutung gibt, war ein Ergebnis der UN-Konferenz über „Umwelt und Entwicklung“, die im Jahr 1992 in Rio de Janeiro stattfand. Grundsatz 10 der Deklaration fordert, dass jeder Bürger einen angemessenen Zugang zu den die Umwelt betreffenden Informationen haben soll und ihm darüber hinaus die Möglichkeit einzuräumen ist, bei den Entscheidungsprozessen der Verwaltungen mitzuwirken. Verbindliche Voraussetzungen für einen öffentlichen Zugang zu Umweltinformationen wurden auf europäischer Ebene bereits 1990 mit der Richtlinie 90/313/EWG geschaffen. Diese wurde durch die Richtlinie 2003/4/EG als Folge des Übereinkommens von Aarhus aktualisiert und mit der Änderung des Umweltinformationsgesetzes (UIG) im Jahre 2005 national neu geregelt.

Für die Bürgerinnen und Bürger soll sich damit nach dem Willen des Gesetzgebers der Zugang zu Umweltinformationen deutlich verbessern. Zukünftig müssen alle Stellen der öffentlichen Verwaltung, aber auch Firmen und andere Private, die im öffentlichen Auftrag tätig sind, Umweltinformationen auf Anfrage bereitstellen. Zudem wird die Verwaltung verpflichtet, umfassender als bislang geschehen, aktiv Umweltinformationen zu verbreiten. Es wird empfohlen, das Internet als modernes und schnelles Medium zur Umsetzung der Richtlinie zu nutzen.

Um den Zugang zu den verteilt vorliegenden Umweltinformationen (Bund, Länder, Kommunen)

konform mit der neuen Rechtslage zu ermöglichen, bedarf es jedoch neuer organisatorischer und technischer Konzepte, welche sowohl eine Harmonisierung der Information als auch eine behördenübergreifende sowie behördeninterne Integration der Datenbestände ermöglicht.

Ziele der F&E - Projekte

Im Rahmen verschiedener Kooperationsprojekte mit dem Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, dem Umweltministerium des Saarlandes sowie dem Landkreis Birkenfeld werden am Institut für Softwaresysteme die funktionalen und technischen Anforderungen an Umweltdatenportale analysiert und die unterschiedlichen Nutzerprofile ausgewertet. Gleichzeitig werden die derzeit auf nationaler Ebene (PortalU/InGrid) sowie in den Bundesländern (Umweltdatenkatalog) eingesetzten Softwaresysteme auf deren Eignung hinsichtlich einer Erfüllung der neuen Anforderungen an die Informationsbereitstellung untersucht.

Ziel der Projekte ist dabei, die Entwicklung geeigneter IT-Strategien zum Zugang zu Umweltinformationen sowie darauf aufbauend die Konzeption und Implementierung von generischen Umweltdatenportalen zu erleichtern. Diese sollen in idealer Weise der Erfüllung der aus dem neuen Umweltinformationsrecht resultierenden Anforderungen an die Informationsbereitstellung auf der jeweiligen administrativen Ebene dienen.

Technische Arbeitsziele sind:

- Analyse und Konzeption möglicher technischer Szenarien zum Aufbau von Umweltdatenportalen unter besonderer Berücksichtigung von PortalU/InGrid, dem Umweltdatenkatalog



sowie von Standard-Content-Management-Systemen

- Bewertung der Komponenten bezüglich eines Einsatzes im produktiven Umfeld

Wissenschaftliche Ziele sind:

- Identifizierung von Referenzprozessen für die Umweltdatenverwaltung
- Identifizierung von Möglichkeiten zur zeitgemäßen Dokumentation von Umwelt- und Geofachdaten

Aktueller Entwicklungsstand

Basierend auf der Analyse des organisatorischen und technischen Umfeldes (vgl. FISCHER-STABEL, KRIEGER, SCHÄFER, WANNEMACHER 2007) werden derzeit sowohl für das Saarland als auch für den Landkreis Birkenfeld entsprechende Prototypen aufgebaut. Saarlandbezogene Umweltinformationen sowie Metainformationen zu Geofachdaten können derzeit bereits online über <http://www.portalu.de> abgerufen werden. Der Prototyp eines kommunalen Umwelt-Informationportals (Beispiel: Landkreis Birkenfeld) befindet sich aktuell noch in der Testphase. Nachfolgende Abbildung zeigt die Nutzeroberfläche des Prototypen welcher neben einer umweltfachlichen Suchkomponente auch ein raumbezogenes Informations- und Visualisierungswerkzeug umfasst.

Mit erfolgreichem Abschluss der Projekte werden Anfang des Jahres 2008 zum einen die Prototypen interessierten Bürgern für Online-Recherchen zur Verfügung stehen, zum anderen aber auch die erreichten wissenschaftlichen Ziele in den entsprechenden Fachorganen publiziert sein.



Bild: Nutzeroberfläche des Umwelt-Informationportals des Landkreises Birkenfeld

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

Quellenhinweise:

- UMWELT-INFORMATIONSPORTAL DEUTSCHLAND: <http://www.portalu.de>
- UMWELTDATENKATALOG DES LANDES RHEINLAND-PFALZ: <http://www.udk.rlp.de>
- FISCHER-STABEL, P., KRIEGER, R., SCHÄFER, K., WANNEMACHER, S. (2007): Functional and Technical Requirements for a Regional Environmental Information System - Proceedings of the 21th International Conference Informatics for Environmental Protection, EnvirolInfo 2007, Warzaw, Poland.

Kontakt:

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

keiten 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 knapp 14.000 deutschen Gemeinden und Ge-

meindeverbände 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“

Kontakt:

Prof. Dr. Jochen Struwe
Fachbereich Umweltplanung/-technik
j.struwe@umwelt-campus.de



Hochschulnetzwerk ETAP – Die Erfolgsgeschichte einer internationalen Hochschulkooperation –

Prof. Dr. Axel Kihm¹

ETAP („European Taxation and Accounting in Practice“) steht als Synonym für ein internationales Netzwerk von zurzeit **19 Hochschullehrerinnen und -lehrern** aus **zwölf europäischen Ländern**². Auf Initiative von **Prof. Dr. Axel Kihm** ist die **Fachhochschule Trier** seit 2006 in diesem Netzwerk, das 1996 in Brüssel gegründet wurde, als einzige deutsche Hochschule vertreten (vgl. zu den Mitgliedern des Netzwerks Bild 1).



Bild 1: Die Mitglieder des Netzwerks ETAP bei der letzten „Week of Accountancy“ im März 2007 in Lille (Frankreich)

Das Netzwerk wurde ins Leben gerufen, um³

- europaweit anwendbare **Lehrmaterialien** über die Internationale Rechnungslegung von Unternehmen (u.a. Erstellung von Jahresabschlüssen, Erstellung von Konzernabschlüssen) nach den IFRS (International Financial Reporting Standards) für Studierende von Bachelor-Studiengängen zu entwickeln,
- **Lehrmethoden** zur Thematik der Internationalen Rechnungslegung in den Studiengängen

der dem Netzwerk angeschlossenen Hochschulen abzustimmen und

- im Rahmen des Netzwerks die **Entwicklung** der jeweiligen **nationalen** Rechnungslegungssysteme unter dem Einfluss der Internationalen Rechnungslegung zu verfolgen.

Die von ETAP fokussierte Zielsetzung wird zurzeit vor allem im Rahmen der **jährlich** stattfindenden **„Week of Accountancy“** verfolgt. Neben dem fachlichen Austausch unter den Hochschullehrerinnen und -lehrern fördert diese einwöchige Präsenzveranstaltung in Vorlesungen und während der Fallstudienarbeit das Verständnis der Studierenden für die **internationale Dimension des Wirtschaftsgeschehens** (vgl. zur Fallstudienarbeit Bild 2).



Bild 2: Fallstudienarbeit in international gemischten Teams während der „Week of Accountancy“ im März 2007 in Lille (Frankreich)

Zuletzt wurde die „Week of Accountancy“ im März 2007 an der **Universität des Sciences et Technologies de Lille, Frankreich** mit über **125 Teilnehmerinnen und Teilnehmern**⁴ veranstaltet.

Der Fachbereich Wirtschaft der Fachhochschule Trier war mit neun Studierenden des Studiengangs „International Business English“ sowie dem betreuenden Hochschullehrer vertreten (vgl. Bild 3). Während dieser Woche bearbeiteten die Studierenden, neben der Teilnahme an ausgesuchten **Vorlesungen** zur Internationalen Rechnungslegung, eigens entwickelte **Fallstudien**; sie wurden beispielsweise mit den Jahresabschlüssen zweier Unternehmen eines fiktiven Konzerns konfrontiert und mussten – unter Berücksichtigung weiterer Geschäftsvorfälle – entsprechend der **IFRS-Regelungen** einen **Konzernabschluss** ableiten. Um den interkulturellen Besonderheiten international gemischter Teams Rechnung zu tragen und die Teamarbeit möglichst effizient zu gestalten, wurde den Studierenden zunächst die Aufgabe übertragen, ein prägnantes **Regelwerk für die internationale Teamarbeit** zu erarbeiten; erst dann durften sie sich der eigentlichen fachlichen Aufgabe stellen. Die Verständigung fand ausschließlich in **englischer Sprache** statt. Insofern konnten sich die Studierenden nicht nur **fachlich**, sondern auch **allgemein-sprachlich** und **fachsprachlich** weiterentwickeln. Zudem erlaubte die Zusammenarbeit in international gemischten Teams, der vor dem Hintergrund zunehmend globaler Wirtschaftsprozesse immer größere Bedeutung beizumessen ist, die Entfaltung einer **„interkulturellen Sensibilität“**.



Bild 3: Die Trierer Teilnehmerinnen und Teilnehmer der „Week of Accountancy“ im März 2007 in Lille (Frankreich) mit Prof. Dr. Axel Kihm

Erstmalig fand Ende **September 2007** das jährliche ETAP-Treffen der beteiligten Hochschullehrerinnen und -lehrer an der **Fachhochschule Trier** statt. Neben der Klärung organisatorischer und inhaltlicher Fragestellungen zur Vorbereitung der nächsten „Week of Accountancy“ wurde das dreitägige Treffen auch genutzt, um **Neuerungen der Internationalen Rechnungslegung** zu diskutieren.

Kontakt:

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

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

² Belgien, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Lettland, Portugal, Russland, Spanien, Tschechien und Ungarn.

³ Vgl. hierzu auch www.ncp.fi/liike/etap.

⁴ 85 Studierende, 21 Professorinnen und Professoren, ein Gastdozent, zwei Gastprofessoren sowie 16 studentische Organisatoren aus Lille.



Zum gegenwärtigen Stand praktizierter Budgetierungskonzeptionen

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

Einleitung

In dezentral organisierten Unternehmen werden Entscheidungen nicht nur von der Unternehmensleitung getroffen, sondern auch in der Unternehmenshierarchie nach unten delegiert. So liegen die notwendigen Aufgaben und Kompetenzen in einer Hand, wodurch die Qualität der Entscheidungen sowie die Motivation der Mitarbeiter gesteigert werden können. Neben diesen Vorteilen eröffnet die Dezentralisierung vor allem zwei Problembereiche: Zum einen werden die dezentralen Entscheidungen isoliert – und damit nicht koordiniert – getroffen (Integrationsproblem; vgl. Laux, Liermann 2003, S. 195). Zum anderen besteht die Gefahr, dass die dezentralen Entscheider individuelle Ziele verfolgen und ihre Entscheidungen nicht in Einklang mit dem Zielsystem des Unternehmens treffen (Moral hazard-Problem; vgl. Küpper 2005, S. 69).

Das Controlling stellt verschiedene Instrumente zur Verfügung, die den aufgezeigten Problembereichen entgegenwirken sollen. Unter diesen Instrumenten kommt der Budgetierung als wertmäßigem, i.d.R. jährlichem Planungsprozess ergänzt um Kontrollen und entsprechend ausgestaltete Anreizsysteme in der betrieblichen Praxis überragende Bedeutung zu. Trotz der weiten praktischen Verbreitung zeigt die Budgetierung Schwachpunkte: Der mit der Budgeterstellung verbundene Aufwand sowie der Steuerungseffekt werden kritisiert. Als Antwort auf diese Kritik sind in Praxis und Theorie Verbesserungsvorschläge entwickelt worden, die in der am weitest gehenden Form des Beyond Budgeting vollständig auf die Budgetierung verzichten (vgl. Weber, Schäffer

2006, S. 272 ff.). Im Folgenden soll diese Entwicklungstendenz kritisch analysiert werden.

Hervorgegangen ist diese Untersuchung aus dem Forum Rechnungswesen und Controlling. Diese Initiative der Autoren dient dem Informationsaustausch zwischen regionaler Wirtschaft und der Fachhochschule Trier. Veranstaltet werden regelmäßig Vorträge und Diskussionsrunden zu aktuellen Themen des Rechnungswesens und Controlling sowie ein reger Erfahrungsaustausch zwischen Experten und Praktikern. Der vorliegende Beitrag basiert auf dem Vortrag „Quo Vadis Budgetsteuerung?“ von Prof. Keilus. Der Vortrag sowie weitere Informationen zum Forum können unter <http://www.fh-trier.de/go/triererforum> abgerufen werden.

Ziele, Prozesse und Risiken der Budgetierung

„Ein Budget ist ein in wertmäßigen Größen formulierter Plan, der einer Entscheidungseinheit für eine bestimmte Zeitperiode mit einem bestimmten Verbindlichkeitsgrad vorgegeben wird“ (Horváth & Partners 2006, S. 163). Budgets sind damit primär nicht aktionsorientiert und schaffen so die notwendigen Entscheidungsspielräume für die Delegation (vgl. Pfaff 2002, Sp. 231 ff.). Budgets werden im Rahmen der Budgetierung erstellt. Dieser Prozess kann Top-down, Bottom-up oder im Gegenstrom organisiert werden. Er umfasst als Gegenstromverfahren fünf Stufen und ist in der Abbildung dargestellt.

Die mit der Budgetierung verfolgten Ziele leiten sich aus den in der Einleitung aufgezeigten Vorteilen (Entscheidung, Motivation) und Problembereichen (Integration, Moral hazard) ab (vgl. Pfaff 2002, Sp. 231 ff.):



Wirtschaft und Recht

Schritt	Inhalt
1) Entwicklung der Richtlinien	<i>Abgeleitet aus den übergeordneten Plänen, insbesondere der Strategie, gibt die Unternehmensleitung Eckwerte für die Budgetierung vor.</i>
2) Erarbeitung von Entwürfen	<i>Die dezentralen Bereichsleitungen entwickeln Entwürfe für die Betriebs- sowie Investitionsbudgets auf Basis der Eckwerte, dabei entstehen i.d.R. auch Aktionspläne, und die Auswirkungen auf knappe Ressourcen werden offensichtlich.</i>
3) Verhandlungen	<i>Die Budgets werden zwischen der Unternehmens- und den Bereichsleitern verhandelt. Gegenstand der Verhandlungen sind nicht Maßnahmen, sondern Ergebniswirkungen bzw. Wirkungen auf Ressourcen.</i>
4) Abstimmung und Überprüfung	<i>Die einzelnen Budgets werden zu einem Gesamtbudget zusammengefasst, die Teilpläne aufeinander abgestimmt und mit den Zielen abgeglichen. Gegebenenfalls erfolgt eine Überarbeitung durch die Bereichsführung. Im Ergebnis liegen dann ganzheitliche Unternehmenspläne für Gewinn und Verlustrechnung, Bilanz und Finanzmittel vor.</i>
5) Genehmigung und Vorgabe	<i>Die so abgestimmten Budgets werden durch die Unternehmensführung genehmigt und den Bereichen als Ziele vorgegeben. Die Kompetenzen über Entscheidungen innerhalb des Budgets liegen bei der Bereichsführung.</i>

Abb.: Schritte der Budgetierung (in Anlehnung an Friedl 2003, S. 295 ff.)

- a) *Entscheidung:* Die Budgetierung soll zur Planung anregen und der Umsetzung übergeordneter Pläne dienen. Die aus der Planung resultierenden Entscheidungen sollen sich am Zielsystem des Unternehmens ausrichten. Die Koordination ergänzt die Planung. Sie sorgt für eine Integration der Teilpläne unter Berücksichtigung sachlicher Interdependenzen.
 - b) *Verhaltensbeeinflussung:* Durch Freiräume bei Planung, Entscheidung und Ausführung soll die Motivation der Mitarbeiter gesteigert werden. Gleichzeitig gilt es, Fehlverhalten wie das Verfolgen individueller Ziele oder das Zurückhalten relevanter Informationen zu verhindern.
 - c) *Kommunikation:* Der Informationsaustausch zwischen Unternehmensleitung und den einzelnen Bereichen sowie zwischen den Bereichen selbst betrifft die übergeordneten Unternehmensziele sowie die dezentralen Pläne, Prognosen und Abweichungen.
 - d) *Wirtschaftlichkeit:* Als letztes muss die Budgetierung dem Prinzip der Wirtschaftlichkeit genügen. Der erzielte Nutzen muss also den Aufwand der Budgetierung übersteigen.
- Die Budgetierung, ergänzt um feedforward- und feedbackorientierte Kontrollen sowie Anreizsysteme, bietet gute Voraussetzungen, die angesprochenen Ziele zu erreichen, sie scheitert



dennoch häufig in der Praxis. Einem gewinnmaximierenden Unternehmen mit einer Engpassressource (Restriktionsverbund) stellt sich das operative Entscheidungsproblem:

$$(1) \quad G = DB(x_1, \dots, x_I) - K^{Fix} \rightarrow \max!$$

unter $r(x_1, \dots, x_I) = R$

mit G als dem Unternehmensgewinn, DB als dem von den Bereichsentscheidungen x_i abhängigen Deckungsbeitrag K^{Fix} und als den Unternehmensfixkosten. R bezeichnet die insgesamt zur Verfügung stehenden Einheiten der Engpassressource und r die Ressourcenbeanspruchung in Abhängigkeit von x_i . Eine optimale und koordinierte Budgetierung liegt vor, wenn bei der Zusammenführung der Teilbudgets folgende Marginalbedingungen, abgeleitet aus der unter (1) sich ergebenden Lagrangefunktion, erfüllt sind:

$$(2) \quad \frac{\partial G}{\partial x_i} = \frac{\partial DB}{\partial x_i} - \lambda \frac{\partial r}{\partial x_i} = 0 \quad \forall i$$

Dann gilt:

$$(3) \quad \underbrace{\frac{\partial DB}{\partial x_i} / \frac{\partial r}{\partial x_i}}_{\text{relativer Grenz - DB des Bereichs i}} = \underbrace{\frac{\partial DB}{\partial x_j} / \frac{\partial r}{\partial x_j}}_{\text{relativer Grenz - DB des Bereichs j}}$$

Der relative Grenzdeckungsbeitrag eines Bereichs kann im iterativen Gegenstromverfahren näherungsweise ermittelt werden (vgl. Klein, Scholl 2004, S. 244 ff.). Durch Reallokation der knappen Ressource wird dabei ein Ausgleich der relativen Grenzdeckungsbeiträge erzielt. Damit führt die Budgetierung zu einer zulässigen, guten und koordinierten Lösung. In der Praxis unterbleibt jedoch häufig eine Optimierung im aufgezeigten Sinne. Es erfolgt lediglich eine Aggregation isoliert ermittelter Budgets. Damit ergibt

sich ein zulässiges, aber i.d.R. nicht optimales Gesamtbudget, die Entscheidungsfunktion wird dann nur teilweise erfüllt. Unterstützt wird die Entscheidungsfunktion der Budgetierung häufig durch Kontrollen, die im Laufe der Budgetperiode Abweichungen vom Budget aufzeigen und so Anpassungsentscheidungen unterstützen (vgl. Kloock u.a. 2005, S. 270). Die Qualität dieser Kontrollen – und damit der Anpassungsentscheidungen – hängt von der Qualität der Budgets ab.

Die *Verhaltensbeeinflussung* ergibt sich zuerst aus dem Prozess der Budgetierung. Budgets schaffen Freiräume für die Mitarbeiter und steigern somit die Motivation. Darüber hinaus sind Budgets Vorgabegrößen für die Mitarbeiter. Diese können in Anreizsysteme eingebunden und über Kontrollen verhaltenswirksam analysiert werden (vgl. Kloock u.a. 2005, S. 270). Anreizsysteme tragen erheblich zum Erfolg der Budgetierung bei (vgl. Pfaff 2002, Sp. 237 f.), können jedoch durch Kollusion unterlaufen werden. Budgetausweitung, -reserven und -verschwendung sind die Folge.

Bei stringenter Vorgehensweise leiten sich die Eckdaten der Planung aus der Unternehmensstrategie ab. Ferner werden in der Eckdatenfestlegung relevante Entwicklungen der Umwelt prognostiziert. Die Unternehmensleitung sowie die anderen Bereiche werden inhaltlich und zahlenmäßig über die Absichten der jeweiligen planenden dezentralen Einheit informiert. Verkommt jedoch die *Kommunikation* zu einem bloßen Ritual, so sind die Eckdaten rein technischer Natur bzw. stellen Fortschreibungen der Vergangenheit dar, ein Bezug zur Strategie fehlt dann. Wenn Stäbe ohne Prozessverantwortung die Budgets erstellen, können die Inhalte des Prozesses verloren gehen. Letztlich kann die numerische Festlegung

eine Genauigkeit vortäuschen, die inhaltlich nicht hinterlegt ist.

Damit hat die Budgetierung zwei Gesichter: Sie kann die ersten drei Zielgrößen vollständig erfüllen, jedoch sind Dysfunktionalitäten möglich, die einer Zielerreichung im Wege stehen. Sollte letzteres bei einem Unternehmen zutreffen, dann wird das vierte Ziel, die *Wirtschaftlichkeit*, nicht erreicht: Budgetierung, vor allem im Gegenstromverfahren ist ein sehr aufwendiger Prozess, der bis zu 20 % der Zeit von Führungskräften und ca. 50 % der Kapazitäten einer Controllingabteilung in Anspruch nimmt (vgl. Horváth & Partners 2006, S. 190).

Beyond Budgeting: Budgetverzicht als Alternative

Die Schwachpunkte der praktizierten Budgetierung bilden den Ausgangspunkt für ein Steuerungsmodell, dass auf die Budgetierung verzichtet. Stattdessen wird ein Handlungsrahmen durch Controllinginstrumente wie Verrechnungspreise, Balanced Scorecard, Informationssysteme und rollende Forecasts sowie Anreizsysteme installiert, die durch eine weitestgehende Dezentralisierung sowie den Einsatz von marktähnlichen Regelstrukturen charakterisiert werden kann (vgl. grundlegend zum Beyond Budgeting Hope, Fraser 2003). Folgende Zielkonzeption lässt sich ableiten:

a) Entscheidung: Die Unternehmensleitung gibt den dezentralen Bereichen lediglich einige Kennzahlen als strategische Ziele vor, die relativ im Vergleich zu externen oder internen Wettbewerbern definiert werden. Die anschließende strategische und operative Planung obliegt der Verantwortung der dezentralen Bereiche. Als Instrument zur Bereichsteuerung wird speziell die Balanced Score-

card empfohlen. Die notwendige Koordination erfolgt durch interne Märkte sowie Verrechnungspreise.

- b) Verhaltensbeeinflussung: Durch die Verantwortlichkeit hinsichtlich Planung, Entscheidung und Ausführung soll die Motivation der Mitarbeiter gesteigert werden. Am relativen Teamerfolg orientierte Vergütungssysteme sollen Fehlverhalten verhindern und die Motivation zusätzlich verstärken.
- c) Kommunikation: Der Informationsaustausch zwischen Unternehmensleitung und den einzelnen Bereichen richtet sich zum einen auf die Vorgabe der zentralen Zielgrößen. Zum anderen kommunizieren die Bereiche unterjährig ihre Prognosen zum Geschäftsverlauf und kommentieren auftretende Abweichungen sowie ggf. getroffene Gegenmaßnahmen.
- d) Wirtschaftlichkeit: Im Vergleich zur traditionellen Budgetierung soll der Steuerungsprozess vor allem dem Primat der Wirtschaftlichkeit genügen.

Ähnlich der Budgetierung kann das Beyond Budgeting die gesetzten Ziele erreichen, jedoch sind auch hier zahlreiche Dysfunktionalitäten denkbar. Die Entscheidung wird im Gegensatz zur Budgetierung vollständig dezentral getroffen, wobei aber Eingriffe der Unternehmensleitung erfolgen können (vgl. Daum 2003, S. 84; Francke 2003, S. 91). Vor allem Verrechnungspreise übernehmen die Koordination. Die für die Bereichsentscheidungen notwendige Optimalbedingung gemäß Formel (2) kann umgeformt werden zu:

$$(4) \quad \underbrace{\frac{\partial DB}{\partial x_i} / \frac{\partial r}{\partial x_i}}_{\text{relativer Grenz-DB des Bereichs } i} = \underbrace{\lambda}_{\text{Schattenpreis der knappen Ressource}}$$

Wirtschaft und Recht



Die Variable λ stellt hierbei den Verrechnungspreis dar, der in die jeweiligen Bereichskalküle eingeht. Die Engpassressource wird solange nachgefragt, bis der relative Grenzdeckungsbeitrag des Bereichs dem Verrechnungspreis entspricht. Im Gegensatz zur Budgetierung wird die Optimalbedingung nicht iterativ angenähert, sondern hängt entscheidend von einem Vorgabewert – dem Verrechnungspreis – ab. Dieser Vorgabewert kann bestimmt werden, wenn die zugrunde liegende Engpassressource am Markt substituiert werden kann. Handelt es sich hingegen um eine für das Unternehmen spezifische Ressource, scheitert die Ermittlung des Verrechnungspreises und damit auch die Koordination (vgl. Laux, Liermann 2003, S. 385 ff.). Über- bzw. Unterauslastungen der Ressource und damit suboptimale Bereichsentscheidungen sind die Folge. Zwar wird insgesamt der Planungsprozess zwischen Unternehmensleitung und dezentralen Bereichen vereinfacht. Für den Planungsaufwand innerhalb der Bereiche gilt dies jedoch nicht, da die Bereiche sehr wohl die zentralen Erfolgsziele auf die Abteilungen sogar als Budgets herunterbrechen (vgl. Daum 2003, S. 83).

Bei der *Verhaltensbeeinflussung* schafft das Beyond Budgeting größere Entscheidungsfreiräume und damit auf den ersten Blick mehr Motivation als die Budgetierung. Anreizsysteme auf der Basis der relativen Leistung sollen dem Fehlverhalten vorbeugen. Dem gegenüber stehen jedoch offene Informationssysteme und Kontrollprozesse in Form von externen oder internen Betriebsvergleichen. Diese Instrumente sollen den im Vergleich zur traditionellen Budgetierung geringeren Informationsstand der Unternehmensleitung beseitigen und können letztlich demotivierend wirken: So müssen Bereiche „deshalb nicht nur die Monats-, sondern bei Bedarf auch Tages- und

Wochenzahlen offen legen“ (Daum 2003, S. 83). Zudem enthalten die Vergleichsgrößen des Betriebsvergleichs Unwirtschaftlichkeiten, so dass diese Form der Kontrolle schon von Schmalenbach (1963, S. 447) nur als Vergleich von „Schlendrian mit Schlendrian“ gewertet wurde.

Kommunikation erfolgt zum einen durch eine Top-down-Vorgabe der Ergebnisziele, die nicht unbedingt motivationsfördernd wirkt, wenn Ziele unrealistisch und undiskutiert festgelegt werden. Bottom-up haben zum anderen die Bereiche Prognosen über den Geschäftsverlauf bereitzustellen, die Grundlage für feedforwardorientierte Kontrollen sind. Ergänzend werden auch Koordinationsorgane eingerichtet (vgl. Daum 2003, S. 84 f.), die offensichtlich Unvollkommenheiten der internen Märkte beheben sollen.

Die *Wirtschaftlichkeit* dieses Verfahrens hängt vor allem von den begleitenden Kontroll- und Koordinationsinstrumenten ab. So sind insbesondere die geforderten offenen Informationssysteme oft nur mit sehr hohem Aufwand zu realisieren.

Fazit

Die voran stehenden Ausführungen haben die Budgetierung sowie das Beyond Budgeting jeweils kurz charakterisiert und in Bezug auf ihre Zielerreichung bewertet. Dabei zeigt sich, dass grundsätzlich beide Vorgehensweisen bei optimaler Umsetzung geeignet sind, die gesetzten Ziele zu erreichen. Bei der Kommunikation setzen Budgetierung und Beyond Budgeting unterschiedliche Schwerpunkte. Bei der Entscheidung und Koordination weist die Budgetierung Vorteile auf, die Koordination des Beyond Budgeting funktioniert nur, wenn marktähnliche Strukturen auch intern gegeben sind. Bei der Verhaltensbeeinflussung schafft das Beyond Budgeting

im Idealfall Freiräume, die daraus resultierende Motivation kann jedoch durch ungeeignete Kontrollen beeinträchtigt werden. Stringenter geht hier die Budgetierung vor, die (in Form der Budgets) Ziele vorgibt, deren Erreichungsgrad eindeutig überprüft und darüber hinaus aus den Feedforward-Kontrollen Entscheidungsbedarf ableitet. Unterschiede in der Wirtschaftlichkeit sind offen. Schlussfolgernd zeichnet sich somit eine Überlegenheit der Budgetierung gegenüber dem Beyond Budgeting ab. Diese resultiert zum einen aus der adäquateren Form der Koordination bei der Budgetierung sowie dem in Bezug auf die Motivation konterkarierenden Instrumenteneinsatz im Beyond Budgeting.

Literatur

- Daum, J. H. (2003): Von der Budgetsteuerung zum Beyond Budgeting: Motivation, Fallbeispiele der Pioniere und Zukunftsperspektiven, in: Schäffer, U.: Budgetierung im Umbruch?, zfcM-Sonderheft, Wiesbaden S. 77 – 90.
- Francke, L. (2003): Managen ohne Budgets bei Svenska Handelsbanken, in: Schäffer, U.: Budgetierung im Umbruch?, zfcM-Sonderheft, Wiesbaden S. 91 – 93.
- Friedl, B. (2003): Controlling, Stuttgart.
- Hope, J., Fraser, R. (2003): Beyond Budgeting: How Managers Can Break Free from the Annual Performance Trap, Boston MA.
- Horváth & Partners (2006): Das Controllingkonzept, 6. Auflage, München.
- Klein, R., Scholl, A. (2004): Planung und Entscheidung, München.
- Kloock, J., Sieben, G., Schildbach, Th., Homburg, C. (2005): Kosten- und Leistungsrechnung, 9. Auflage Stuttgart.
- Küpper, H.-U. (2005): Controlling, 4. Auflage, Stuttgart.
- Laux, H., Liermann, F. (2003): Grundlagen der Organisation, 5. Auflage, Berlin u.a.
- Pfaff, D. (2002): Budgetierung, in: Küpper, H.-U., Wagenhofer A.: Handwörterbuch Unternehmensrechnung und Controlling, 4. Auflage, Stuttgart Sp. 231 – 241.
- Schmalenbach, E. (1963): Kostenrechnung und Preispolitik, 8. Auflage bearb. von R. Bauer, Köln – Opladen.
- Weber, J., Schäffer, U. (2006): Einführung in das Controlling, 11. Auflage, Stuttgart.

Kontakt:

Prof. Dr. Dominik Kramer, Prof. Dr. Michael Keilus
Fachbereich Wirtschaft
kramer@fh-trier.de, keilus@fh-trier.de



Existenzgründung an der Fachhochschule Trier

Prof. Dr. Constanze Chwallek

Das Gründungsbüro der Fachhochschule Trier bietet allen gründungsinteressierten Studierenden, Hochschulabsolventen und Mitarbeitern verschiedene Veranstaltungen zum Thema Existenzgründung und unternehmerisches Denken an. Das Gründungsbüro hat das Ziel, ein grundsätzliches Bewusstsein zu schaffen für die „Selbstständigkeit“ als berufliche Perspektive.

Im Wintersemester 2006/2007 und Sommersemester 2007 wurde ein vielfältiges Programm angeboten, welches sich aus unterschiedlichen Bausteinen zusammengesetzt. Neben der curricular verankerten Vorlesungsreihe „Unternehmensgründung“ und dem Planspiel Topsim wurde im Sommersemester in Zusammenarbeit mit dem TZT-TechnologieZentrum Trier GmbH die Veranstaltungsreihe „Innovation now!“ ins Leben gerufen. Diese Veranstaltung, die an den Standorten Schneidershof und Birkenfeld stattfand, ist insbesondere auf potenzielle Gründer mit technologieorientiertem Hintergrund zugeschnitten und wurde sehr gut angenommen. Kooperationspartner waren neben dem TechnologieZentrum Trier, die Industrie- und Handelskammer Trier, das Patentinformationszentrum der Universität Kaiserslautern, die Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz sowie Gründer aus dem Raum Trier, die mit ihren Erfahrungsberichten die Veranstaltung abgerundet haben.

Darüber hinaus wurden in verschiedenen Einzelveranstaltungen, in sog. Gründungsspecials, wie z.B. „Berufliche Perspektiven für freiberuflich Tätige in kreativen Berufen“ bestimmte Themenschwerpunkte für eine ausgewählte Zielgruppe vertieft. Die Beratertage eröffnen die Möglichkeit, eine bereits konkrete Gründungs-

dee mit kompetenten Experten aus der Praxis zu diskutieren und so wichtige Tipps im Hinblick auf eine Umsetzung des Gründungsvorhabens zu erhalten. Insgesamt haben in den letzten beiden Semestern etwa 200 Gründungsinteressierte an den Veranstaltungsangeboten des Gründungsbüros teilgenommen. Damit konnten die Teilnehmerzahlen um mehr als 30 % im Vergleich zum Vorjahreszeitraum gesteigert werden. Ziel ist es, den Trend zur Angebotsdifferenzierung fortzusetzen und so die Ansprache noch zielgruppenspezifischer vorzunehmen.



Bild 1: Auftaktveranstaltung „Innovation now!“

Neben den genannten Angeboten ist die Fachhochschule Trier, vertreten durch das Gründungsbüro, Projektpartner im EU-geförderten interregionalen Projekt COURAGE¹, über welches Unternehmertum in der Großregion forciert werden soll. Weitere Projektpartner sind u.a. die Universitäten Saarbrücken, Trier und Luxemburg. Das Courage-Projekt erstreckt sich im wesentlichen auf die Initiierung von Weiterbildungsangeboten in den Themengebieten Unternehmensgründung, Unternehmensübernahme und -entwicklung im Großherzogtum Luxemburg, im Landkreis Merzig-Wadern, im Landkreis Trier-Saarburg und der kreisfreien Stadt Trier. Neben

Veranstaltungen für Studierende und Hochschulabsolventen, wie der Summer School und dem Planspielwettbewerb „Gründercup“, bei dem die Hochschulen gegeneinander antreten, wird zurzeit die Veranstaltungsreihe „Nachdiplom in Unternehmensführung“ durchgeführt, die sich an erfahrene Praktiker aus Unternehmen der Region wendet. In Planung ist die Konzeption eines interregionalen MBA in Entrepreneurship.



Bild 2: Siegerehrung Gründercup Interregional 2007 in Orscholz

Ein Höhepunkt im Courage Projekt war das Forum Entrepreneurship Interregional, welches im Januar 2007 stattfand. Neben einem Resümee und einem Ausblick auf die weiteren Aktivitäten stand vor allem der Austausch zwischen Akteuren im Bereich Entrepreneurship in der Großregion im Vordergrund.



Bild 3: Forum Entrepreneurship Interregional 2007

Generell ist festzuhalten, dass die Förderung von Existenzgründungen facettenreich ist und viele Ansatzpunkte hat. Die Bereitstellung von gründungsrelevantem Wissen allein greift zu kurz. Um das Gründungspotenzial der Fachhochschule zu erschließen, bedarf es vielmehr auch einer Sensibilisierung und Motivationsförderung. Schließlich geht es darum, an der Fachhochschule eine Unternehmerkultur nachhaltig zu verankern und die dafür optimalen Voraussetzungen in Forschung, Lehre und Verwaltung zu schaffen.

Kontakt:

Prof. Dr. Chonstanze Chwallek
Fachbereich Wirtschaft
c.chwallek@fh-trier.de

¹ weiterführende Informationen unter www.courage-entrepreneurship.eu



Videos für das Internet und den OK 54 Bürgerrundfunk zur Dokumentation der moselfränkischen Kultur

Prof. Dr. Helge Klaus Rieder

Moselfränkisch als Wirtschaftsfaktor?

Regionale Identität ist ein wichtiger „weicher“ Wirtschaftsfaktor für erfolgreiche Regionen. Regionale Mundarten sind ein wichtiger Teil davon. Das Freilichtmuseum Roscheider Hof in Konz ist das größte volkskundliche Museum in der Region und damit ein wichtiger Kristallisationspunkt für derartige Anliegen. Für das Museum wiederum ist jede Art von Medienpräsenz von Vorteil um Präsenz und Bekanntheitsgrad zu steigern.

Seit 1995 besteht eine Partnerschaft mit dem Freilichtmuseum Roscheider Hof, bezüglich Betreuung der Internetseiten des Museums. Seit 2002 werden nahezu alle wichtigen Veranstaltungen (Ausstellungseröffnungen, Museumserweiterungen, Prominentenbesuche, Verleihung von Ehrenbürgerschaften etc.) als Video dokumentiert und sind über die Internetseiten des Museums abrufbar.

Publikationsmöglichkeiten für Videos:

Gestern und Heute

Die Publikationsmöglichkeiten für Videos waren jahrzehntelang sehr eingeschränkt. In der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts waren sie auf vorgeführte Filme, dann auf wenige Fernsehkanäle beschränkt zu denen nur sehr wenige Menschen Zugang hatten.

Privatsender vergrößerten seit 1984 zwar die Anzahl der Programme, verbesserten aber nicht unbedingt die Möglichkeit eines aktiven Zugangs. Zeitgleich entstanden als „Korrektiv“ mit dem Ansatz der freien Meinungsäußerung in einigen Bundesländern „Offene Kanäle“, die ihre Sendungen in ein regional begrenztes Kabelnetz einspeisten. Diese bieten ihren Nutzern eine gute Infrastruktur, entsprechende Fortbildung und Beratung, sind

aber nicht kommerziell für Werbung nutzbar.

Die auch wirtschaftliche Bedeutung von Videos im Internet wuchs durch die Einführung von schnellen Internetzugängen für Privathaushalte mit 1 MBit/s und schneller, größtenteils aufgrund der Verbreitung der DSL-Technologie. Mittlerweile kommen deutlich über 90% der Seitenabrufe von Besuchern mit einem mindestens mit DSL1- ausgestatteten Zugang. In absehbarer Zeit kann davon ausgegangen werden, dass die meisten Internetnutzer, Videos der Qualität eines PAL-Systems vergleichbar, empfangen können.

Nicht zuletzt aufgrund des Erfolgs der Videoportale wie youtube.com erleben wir, dass das Internet sich als Medium von einem primär schriftbasierten Medium immer mehr zu einem Medienmix aus Schrift, Bildern und Videos hin entwickelt, das in naher Zukunft auch für eine breite Nutzerschicht über mobile Endgeräte zugänglich sein wird.

Das Projekt

Ziel des beschriebenen Projekts ist die Dokumentation der Moselfränkischen Mundart an einigen Beispielen von literarischen Texten, zumeist Gedichten. Die überwiegende Anzahl der Videos wurde mit Personen im Seniorenalter gestaltet, die die Lebenswelt mit traditioneller Landwirtschaft und traditionellem Handwerk noch miterlebt haben. Die meisten lesen eigene Werke vor. In zwei Fällen wurden Texte von lokalen Schriftstellern aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts als Grundlage genommen.

Besonders erfreulich war, dass nahezu die ganze lokale „Moselfränkische-Prominenz“ für das Projekt gewonnen werden konnte: So gibt es Beiträge von Helmut Haag, Helmut Leidendecker, Woltaehr (Walter Liederschmitt) und den Wengert Stompers.



Bild: Internetvideo: Woltaehr (Walter Liederschmitt) singt vor dem Haus Sensemichel im Freilichtmuseum Roscheider Hof, Konz. Alle Videos sind vom Webserver des Freilichtmuseum Roscheider Hof <http://www.RoscheiderHof.de> abrufbar.

Die bisher 55 Videos und 3 Audios wurden seit 2004 produziert. Aktuellste Videos stammen vom August 2007. Neben Eigenproduktionen werden in Zukunft auch kostenlos von Dritten bereit gestellte Videos in das Angebot integriert.

4. Verbreitungskanäle

Um einen möglichst großen Verbreitungsgrad zu erreichen, ist es notwendig alle zur Verfügung stehenden Verbreitungswege zu nutzen:

1. Videos auf der Internetseite des Freilichtmuseums Roscheider Hof, Konz, für stationäre Internetzugänge. Nutzung: Alle Videos komplett auf diesem Server
2. Verbreitung über Offene Kanäle, insbesondere den OK 54 Bürgerrundfunk mit Sitz in Trier. Nutzung: Nahezu alle Videos liefen im OK Trier, die meisten wurden auch in den Wiederholerschleifen gesendet.
3. Videos für PDAs und Handys: Dies ermöglicht Besuchern in bestimmten Museumsräumen Videos abzurufen und so den Raum zumindest virtuell zu beleben: Status: Angedacht für den Sommer 2007. Auf-

grund zu geringer Verbreitung der notwendigen Endgeräte bei den Besuchern und aufgrund der noch nicht kompletten Standardisierung um 1 bis 2 Jahre verschoben

4. Verbreitung über Video-upload-Server:

Einige ausgewählte Videos befinden sich auf dem Server des Trierischen Volksfreunds <http://www.volksfreund.de/ok/>.

Ein Upload ausgewählter Videos auf Server wie youtube.com und myvideo.de ist angedacht

Dabei sind schon bei der Planung die Besonderheiten der verschiedenen Plattformen zu berücksichtigen. Folgende Aspekte sind von entscheidender Bedeutung:

- Ist es möglich Informationen z.B. Text auch außerhalb des Videos zu übermitteln?
- Welche Auflösung und welche Qualität (Unschärfe, störende Komprimierungsartefakte) hat - bedingt durch externe Vorgaben das Endprodukt?
- Welche weiteren von dritten definierten Qualitätsanforderungen sind zu beachten?

Zukunftsperspektiven

Solange sich Mundartautoren finden wird die Reihe wie bisher fortgeführt. Ergänzend wird eine Videoreihe geplant, die einzelne Ausstellungsbereiche des Museums beleben soll. In ähnlicher Form werden in Zusammenarbeit mit dem Besucherbergwerk Fell die Portraits ehemaliger Bergleute fortgesetzt.

Kontakt:

Prof. Dr. Helge Klaus Rieder
Fachbereich Wirtschaft
h.rieder@fh-trier.de



Form- und Farbgestaltung erzeugt eine unverwechselbare Markenästhetik mit funktionalem Mehrwert

Prof. Anita Burgard

Im Auftrag der Feluwa Pumpen GmbH entstand die Entwicklung und Realisation eines Gebrauchsdesign für Pumpen. Das Unternehmen gehört zu den Top 100 der innovativsten Firmen Deutschlands.

Problemstellung

Das vorhandene visuelle Erscheinungsbild sämtlicher Pumpen spiegelte in keinsten Weise die Qualität der einzigartigen innovativen Produkte und ihre Funktionsweise wieder.

Anhand der Neuentwicklung des Produktes „Multisafe“, einer Prozesspumpe mit doppelter Schlauchmembrane, sollte durch eine Farb- und Formgestaltung ein eigenständiges Design für Feluwa-Produkte entwickelt werden, welches die Adaption auf vorhandene und weitere Produkte ermöglicht.



Die „Multisafe“ bestand aus einer Ansammlung von unterschiedlich gestalteter Formen in Verbindung mit dem Kernstück der Pumpe, der Kolbenanlage aus Spritzguß. Antriebsmotor mit Abdeckhaube, Standfuß sowie Bedienelemente waren sowohl funktional als auch formal nicht aufeinander abgestimmt. Produktionstechnisch nicht zu vermeidende Mängel, wie grober Spritzguß, waren durch eine Lackierung betont, statt zurückgedrängt. Neben der fehlenden Gesamtanmutung gab es keine formalen Hilfen zur Bedienbarkeit der Pumpe.

Zielsetzung

Entwicklung einer markenästhetischen Gesamtanmutung, die eine eigenständige, unverwechselbare Form- und Farbsprache erzeugt, die der hohen Qualität der Produkte entspricht. Neben diesem rein ästhetischen Nutzen soll durch das Design ein funktionsunterstützendes Handling bewirkt werden.

Allgemeine Wirkung von Form- und Farbgestaltung

Die Form- und Farbgestaltung ist in allen Bereichen des Corporate Designs von großer Bedeutung. Sie dient der Information und der Kommunikation:

- sie lenkt die Aufmerksamkeit
- sie vermittelt Botschaften
- sie leistet Orientierungshilfe
- sie bezeichnet besondere Funktionen
- sie weist auf Gefahren hin

Sie beeinflusst entscheidend die Aussage, Wirkung und Akzeptanz von Gegenständen und ihren räumlichen Umwelten.



Gestaltung und Medien



Lösungsvorschläge

1.Phase: Zwischenpräsentation

Die präsentierten Entwürfe zeigen eine Formreduzierung auf. Der Antriebsmotor wurde als sichtbares Element in die Farbgebung einbezogen. Die Farbgestaltung zeigte unterschiedliche Farbkompositionen und Farbkontraste auf:

- **Verlaufskontrast** (monochrom) **wirkt dynamisch**, abgestimmt auf die Funktionsweise,
- **Komplementärkontrast** (Gegenfarbe) **setzt Akzente**, schließt eine monotone Wirkung aus,

- **Bunt-Unbuntkontrast**, stärkt die Buntfarbe, **betont den Signalcharakter für besondere Details.**

Zwischenpräsentation:

Vier Gestaltungsrichtungen wurden für die Weiterentwicklung präferiert:

- Zweifarbige Lackierung _Bunt-Unbuntkontrast mit form-und farbveränderten Bedienelementen
- Aufnahme des Antriebsmotors in das untere Trägersystem
- Verkleidungslösung für die Kolbenanlage
- Detailarbeit bei Armaturen und Abdeckungen



Lösungsvorschläge

2.Phase: Präsentation

Die Pumpe präsentiert sich in einem formreduzierten, Produktdesign. Es zeigt ein Trägersystem, das die Pumpe frei schweben lässt. Aus den Veränderungen ergeben sich formale und funktionale Produktnutzen:

Funktionale Produktnutzen:

- **Erreichbarkeit aller wichtigen Bedienelemente**
- **Minimierung des Geräuschpegels, da die Pumpe nicht mehr auf einem Resonanzkörper liegt**
- **Form-und farbveränderte Armaturen sowie Griffe, die das Handling erleichtern**

Formale Produktnutzen:

- **optische Leichtigkeit**
- **einfache Orientierung durch den Einsatz der Bunt-/Signalfarbe**
- **einheitliches Gesamterscheinungsbild**

Ergebnis

Das Ergebnis stellt ein formreduziertes Gesamtbild mit neuem Trägersystem dar.

Die Farbgestaltung zeigt einen Bunt-Unbuntkontrast in den Farben „eisengrau“ für die Grundelemente und „signalrot“ die für Bedienelemente und andere Details.

Die Gesamtanmutung wirkt sachlich modern mit gezielt eingesetztem, funktionalen Farbpell. Form- und Farbelemente bewirken eine hohe Eigenständigkeit und einen eindeutigen Wiedererkennungswert mit signifikanten, funktionalen und formalen Alleinstellungsmerkmalen im vergleichbaren Produktsegment.

Kontakt:

Prof. Anita Burgard
Fachbereich Gestaltung
Studienrichtung Kommunikationsdesign
burgard@fh-trier.de

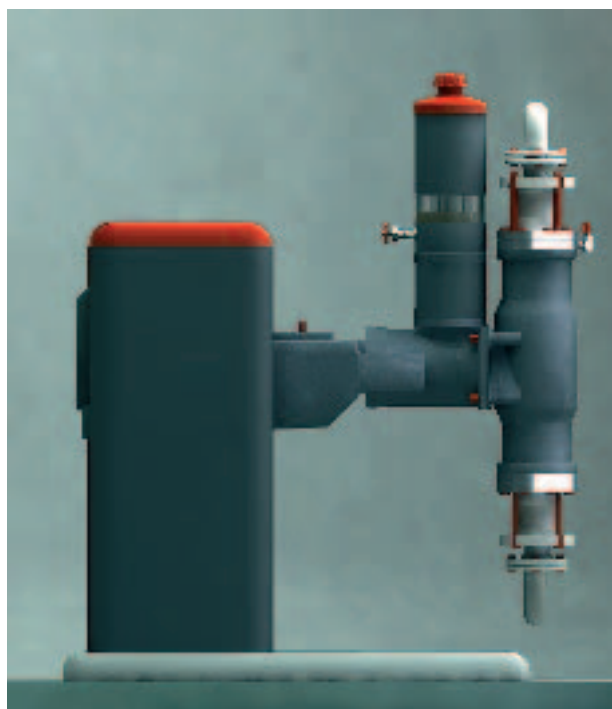
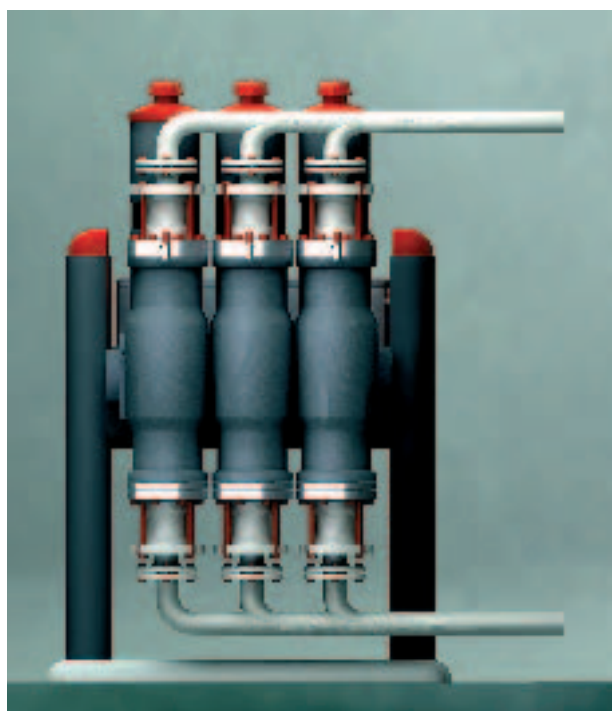
Auszeichnung:

Das Design erhielt eine Auszeichnung beim Rheinlandpfalz-Designpreis in der Kategorie „Produktdesign“





Gestaltung und Medien





Achat +

Thomas Dierks,
Prof. Ute Eitzenhöfer
Prof. Lothar Brügel

Idar-Oberstein ist als Stadt der Edelsteine weltweit bekannt. Sie hat im Umgang mit Edelsteinen und mit der Herstellung von Schmuck eine weit zurückreichende Tradition.

Als Grundstein der Edelsteinbearbeitung und Edelsteinindustrie in Idar-Oberstein nimmt der Achat auch heute noch einen festen Platz in Handel und Gewerbe ein. Achat war Ausgangsmaterial und Ausgangspunkt für ein Projekt, das mögliche Verknüpfungen der Fachrichtung Edelstein- und Schmuckdesign in Idar-Oberstein und den ortsansässigen Firmen beleuchtete.

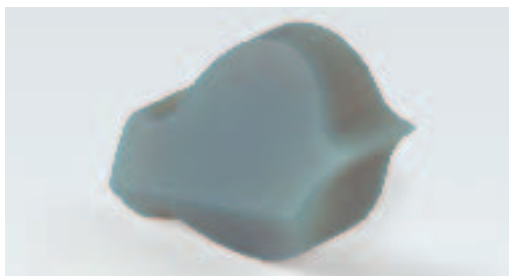


Bild 1: Prototyp aus Achat, Katharina Vanselow

„Achat+“ eröffnete einen Zugang zur Auseinandersetzung mit traditionellen und modernen Techniken der Edelsteinbearbeitung und förderte die Möglichkeiten, neue Technologien zu testen und einzusetzen. Das Vernetzen von Kompetenzen und das Zusammenführen von verschiedenen Produktionsformen hat im Ergebnis zu einer Kompetenzsteigerung aller Beteiligten geführt.

Am Beispiel der Entwicklung von innovativen, zur Serienfertigung geeigneten Produkten wurde mit Hilfe neuester Fertigungstechniken eine Ausweitung der Grenzen der Gestaltungsmöglichkeiten

von Serienprodukten aus Edelstein ausgelotet, ohne jedoch als Ziel zu haben, Gestaltungsvarianten von schon Bekanntem zu entwickeln.



Bild 2: „Minute“, Prototypen aus Bergkristall und synthetischem Spinell, Erik Dijkhuizen

„Achat+“ wurde im Rahmen der Lehrveranstaltungen „Dreidimensionale Gestaltung“, „Computerunterstützte Gestaltung“ und „Edelsteindesign“ durchgeführt.

Neben den fachspezifischen Seminaren und Vorlesungen wurde das Projekt von verschiedenen Vorträgen, Seminaren, Workshops und Infoveranstaltungen durch Gastdozenten und Kooperationspartner begleitet. Die zu durchlaufenden Projektphasen für jeden einzelnen Kurs waren: Recherche, Konzeption, Entwurf, Konstruktion, Darstellung und Fertigung.

In Kooperation mit der Herbert Stephan KG und den Studierenden der Fachrichtung „Edelstein- und Schmuckdesign“ entstanden Prototypen aus Achat und transparenten Steinen, die mit geringen Modifikationen zur Serienfertigung geeignet sind.

Methode

Alltägliche Gegenstände wie Becher Plastikflaschen, Töpfe oder sonstige Formen und Hohlkör-



Gestaltung und Medien

per wurden mit Gips ausgegossen und auf Volumen und Gestalt untersucht, anschließend gezielt oder auch willkürlich mit einem oder mehreren Sägeschnitten zerteilt. Die neu entstehenden Formen verloren ihre ursprüngliche Bedeutung zugunsten der gegenstandslosen, aber interpretierbaren Gestalt. So wurden edelsteinuntypische Gebilde zu deren Gestaltung hinzugezogen und konnten das Design anregen und bereichern. Neben der rein subtrahierenden Reduzierung der Ausgangsvolumen boten sich Additionen zweier oder mehrerer Fragmente zu einem neuen Ganzen an.

Im Unterrichtsfach „Computerunterstützte Gestaltung“ wurde der Prozess der subtrahierenden Reduzierung der Ausgangsformen virtuell nachvollzogen.

Die entstandenen Gipsformen wurden dort noch einmal so konstruiert wie sie zuvor im Material entstanden waren.

Mit Hilfe des CAD wurde die angewendete Methode der Gestaltung erneut durchgespielt und die entwickelten Formen in Ihren Details weiter bearbeitet, verändert und perfektioniert. Die zahlreichen Varianten ermöglichten eine nochmalige Überprüfung von Form und Gestalt. So konnten z.B. Proportionen und Größenverhältnisse am Bildschirm verändert und im anschließenden Rendering die Wirkung von Materialien in Bezug auf die entstandenen Formen getestet werden.

Die meist drastische Verkleinerung der erarbeiteten Form in das Material Edelstein erwies sich als zusätzliche Entfremdung von der ursprünglichen Bedeutung.

Auf dem Weg zum fertigen Produkt fanden mehrere Präsentationen mit den Kooperationspart-

nern statt. Dabei spielte neben der Ausarbeitung der Formen auch die technische Umsetzung der Entwürfe in Hinsicht auf das Material und die dafür geeigneten Produktionstechniken eine große Rolle.

In Zusammenarbeit wurden die entwickelten Entwürfe an das technisch Umsetzbare angepasst, für die Produktionsmittel vorbereitet und ein Teil der Entwürfe in Edelstein gefertigt.

Die vorhandenen Computerdaten dienten als Grundlage für Vorbereitung und Herstellung von Sonderwerkzeugen zur Fertigung.



Bild 3: Prototyp aus Zirkonia, Melanie Brischwein

Das Projekt startete im Sommersemester 2005. Im Oktober 2006 fand eine Präsentation der Prototypen und Produkte mit zahlreichen Besuchern aus Industrie und Wirtschaft statt.

Durch Achat+ wurde eine Plattform für einen intensiven Dialog zwischen den beteiligten Kooperationspartnern aus Wirtschaft und Hochschule geschaffen. Eine neue Ebene und Struktur der Zusammenarbeit entstand.

Zur Ausstellung ist ein Booklet erschienen.

Kontakt:

Prof. Ute Eitzenhöfer
Fachbereich Gestaltung
eitzenho@fh-trier.de



Schmuck-Denken - Auf der Suche nach einer Theorie des Schmucks

Wilhelm Lindemann

Zum dritten Mal wurde am 23. und 24. Mai 2007 in Idar-Oberstein das Fachsymposium Schmuck-Denken abgehalten. Dieses Jahr haben 160 Fachleute das Symposium besucht, eine Steigerung um fast 100 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Der nachfolgende Text ist der Prolog von Wilhelm Lindemann zu „SchmuckDenken III“.

Als wir unsere Suche nach einer Theorie des Schmucks vor nun mehr als drei Jahren begannen, taten wir das vor allem mit der Wahrnehmung, dass es auf der Seite der Schmuckschaffenden, insbesondere in der Praxis der sich als Künstlerin oder Künstler verstehenden, eine zwar zumeist eher unterschwellig geführte, doch sehr prinzipielle Debatte über die schmückende Funktion des Schmucks gibt. Man könnte sie in der Aussage zuspitzen, dass Schmuck sich gewissermaßen seiner schmückenden Eigenschaft entledigt und sich vom Schmucksein emanzipiert, sobald er zum Kunstwerk wird und dadurch eine besondere Semiotisierung, eben die des Kunstwerks, erfährt. Schmuck und Kunst scheinen ein ambivalentes Verhältnis zu haben, sich nicht miteinander zu vertragen.

Diese Diskussion spiegelt eine auf den ersten Blick offensichtliche Entwicklung und einen Zustand, in dem die Welt des Schmucks radikal gespalten erscheint: Auf der einen Seite steht ein Schmuck, der sich ganz offen zum Kult tradierter Schönheitsvorstellungen und als Personenverzierung bekennt. Dabei scheint es in ästhetischer Hinsicht völlig zweitrangig, ob er als durch Design konfektioniertes Industrieprodukt wohlfeil und massenhaft verkauft oder

als sündhaft teures Teil aus edelsten Materialien vom Juwelier individuell gefertigt wird – letzteres bekommt allerdings als Index des sozialen Status des Trägers/der Trägerin eine besondere Bedeutung. Auf der anderen Seite steht die – in Marktanteilen gerechnet eher kleine – Welt des Autorenschmucks, in der sich der Autor des Schmucks als Künstler versteht und der Kunstwerke schafft, die sich, je mehr sie sich für die künstlerischen Diskurse der Gegenwart öffnen, sich von der schmückenden Funktion zu emanzipieren scheinen. Zur künstlerischen Aussage geworden, erfährt er seine eigentliche Nobilitierung am ehesten in der Sammlung eines Museums, während der schmückende Schmuck seine Trägerin oder seinen Träger schön macht und adelt.



Wilhelm Lindemann - Tagungsleiter



Prof. Dr. Wilfried Menninghaus - Referent



Gestaltung und Medien

Auch wenn ich nicht außer acht lasse, dass sich Schmuck-Kunst des Repertoires tradierter Vorstellungen von Schönheit und von Schmücken bedienen kann, indem sie sie reflektierend aufnimmt, so sind es doch zwei Welten des Schmucks, die nicht selten sogar scharf voneinander geschieden sind, wenn ich an die schon traditionellen Attacken aus Schmuckbranche auf die Schmuckkünstler denke, und deren Trennung andererseits auch nur rhetorisch und etwas hilflos überbrückt wird, wenn sich Schmuck-Kunst als Avantgarde des Schmuckdesigns und der Schmuckmode zu erklären sucht, um in der Welt des Marktes gesellschaftliche Relevanz zu signalisieren.

Mit unserem Theorie-Projekt Schmuck-Denken wollen wir uns der hinter diesen von mir beschriebenen Frage zuwenden, was Schmuck sei und was er bedeutet, jener uns aus der damaligen Sicht nicht so leicht zu beantworteten Frage, die uns gewissermaßen zu einer umfassenderen Theoretisierung zu drängen schien und noch immer scheint. Andererseits stellten wir nämlich fest, dass auf der Seite der „zuständigen“ Kulturwissenschaften dieses bislang noch kaum geleistet schien – obwohl Schmuck und Schmücken Alltagsphänomene sind – und bislang nur jeweils sehr spezielle Perspektiven auf den Schmuck anzutreffen sind, die Schmuck entweder als Gegenstand der Kunstgeschichte oder der

Psychologie oder der Anthropologie fassen, ohne sich dem Phänomen in einer ganzheitlichen Betrachtungsweise als eine Theorie des Schmucks zu nähern.

Das hat uns so neugierig gemacht, dass wir uns vornahmen, uns mittels einer Folge von Colloquia auf die Suche nach der Theorie des Schmucks zu begeben. Die seitdem wachsende Resonanz auf Schmuck-Denken zeigt, dass wir nicht alleine mit unserer Neugier stehen.

Während wir 2005 in erster Linie unterschiedliche Positionen aus den Kulturwissenschaften zum Thema einsammelten, begannen wir im vergangenen Jahr 2006 damit, mehr exemplarisch, die jeweiligen theoretische Ansätze im künstlerischen Werk von Manfred Nisslmüller, Suska Mackert und Jivan Astfalck vorzustellen und zu beleuchten. Ich möchte beispielhaft der Vortrag von Suska Mackert in Erinnerung bringen, die einerseits die Bedeutung von Schmuck bei der Zuweisung von sozialem Status, andererseits aber auch bei der Konstruktion des eigenen Selbsts herausgearbeitet hat.

Mit unserem diesjährigen Thema „Schönheit“ wollen wir die Frage nach dem Wesen des Schmucks gewissermaßen erstmals sehr zugespitzt „auf den Punkt“ bringen. Wir folgen damit einer Spur, die Künstler wie Manfred Nisslmüller in ihrem Werk gelegt haben, indem sie insbesondere der schmückenden Funktion von Schmuck zuwenden und diese in ihren Kontexten hinterfragen.

Schon der Begriff des Schmückens, mit dem wir „Schönheit“ als „Sich-schön-Machen“ konnotieren, verweist zugleich auf die soziale Dimension von Schönheit und das Streben nach sozialer Anerkennung als einer anthropologischen Konstanten: der dem Menschen angeborene Drang nach sozialer Anerkennung und damit zu gefallen

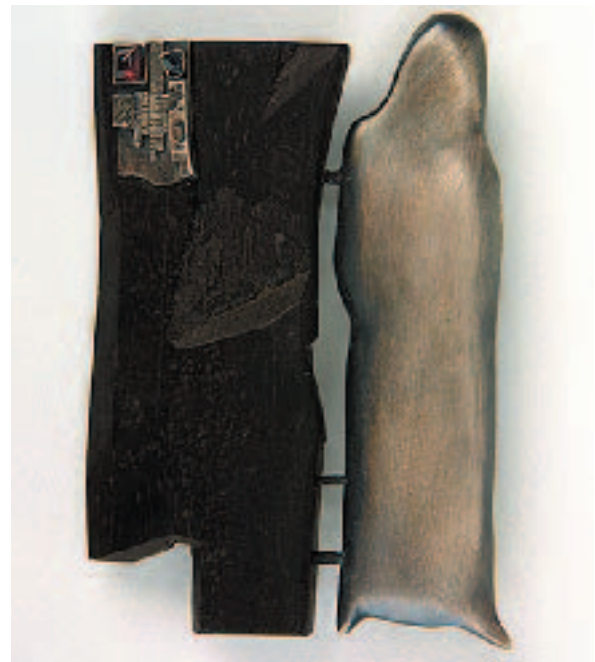


Das Auditorium

Gestaltung und Medien



findet seinen Widerschein in der Formulierung „Schön ist, was gefällt“ und erahne schon im Voraus Ihr Aufstöhnen, wenn ich hinzufüge: „Am allerschönsten ist etwas, wenn es allen gefällt.“ Es handelt sich um einen Satz, der besonders im Kreise dieses Auditoriums, das sich überwiegend aus Menschen zusammensetzt, die sich den Künsten verpflichtet fühlen, etwas aufspannend wirken muss, da er so offensichtlich den Jahrtausende alten, differenziert geführten ästhetischen Diskurs über das Schöne außer Betracht lässt, Schönheit zu einer Frage der sozialen Anerkennung macht und im Ergebnis auf die nivellierende Konsequenz zuzulaufen scheint, dass Schönheit unstrittig gegeben ist, wenn sie von allen, oder zumindest vielen als solche anerkannt ist. Dahinter würde der angeborene Drang stehen, genauso zu sein wie alle, und der sich selbst als das erste Gesetz eines objektiven, allgemein gültigen Schönen formuliert. Um diese These zu stützen, kann ich allerdings, zusammen mit Winfried Menninghaus, auf die Ergebnisse der empirischen Schönheitsforschung und zudem auf Kant und Winkelmann verweisen: „ „Attractiveness“ ... korreliert negativ mit „distinctiveness“: Je weniger individualisierende Merkmale ein Gesicht aufweist, desto höher sind seine Chancen, in einer rein ästhetischen, von allen sonstigen Kenntnissen der Person freien Beurteilung als schön bewertet zu werden. Auch Kant hat die Reinheit des ästhetischen Urteils von allen nicht-ästhetischen Begriffen und Ausdruckswerten propagiert: die „Normalidee“ eines schönen menschlichen Körpers ist ihm ein reines Gestalt-schema ohne jede besondere Note, eine „vage Schönheit““. Menninghaus verweist allerdings auch darauf, dass sowohl Kant als auch Winkelmann die Vorstellung von der Unbestimmtheit zurück gebunden haben als Ausdruck einer Vernunftidee oder einer sittlichen Werthaftigkeit.



Kadri Mälk - Love Affair

Wir nehmen andererseits aber heute auch wahr, dass uns trotz der Ergebnisse der empirischen Schönheitsforschung der Glaube an die Wirksamkeit der aufgeklärten Vernunftidee des Schönen verlassen und eher pluralistischen Schönheitsvorstellungen Platz gemacht hat. Denn das Begehren, sich schön zu machen im Streben nach Anerkennung „so zu sein wie“ ist immer sehr konkret und bezieht sich auf die eigene Gruppe, die Familie, die Peers, eine bestimmte soziale Gruppe und bildet insofern zugleich schon das „Anders sein als“, also ein Unterscheidungsmerkmal. Und mit dieser Relativierung von schmückender Schönheit beginnt die doppelte Karriere von Schmuck – als Index für Geschlecht, sozialen Status, Gruppenzugehörigkeit und als auf das eigene Selbst gerichtete Manifestation der eigenen Identität. Obwohl, ich hier nur eine einführende Bemerkungen machen möchte, muss ich doch noch



Gestaltung und Medien

einmal auf Winfried Menninghaus zurückkommen: er hat in seinem Buch „Das Versprechen der Schönheit“, auf Darwin, aber vor allem auch multiple künstlerische Ausdeutungen dieses Themas rekurrierend, noch ein weiteres, genetisch angelegtes Schönheitsprogramm herausgearbeitet: Man(n) will zwar so schön sein wie alle anderen der gleichen Art, allerdings sich durch ein noch größeres individuelles Maß an Schönheit herausheben und sich dadurch als besonders attraktiv zeigen. Dies führe zu einem, von ihm als „runaway“ bezeichneten, in der Tendenz fatalen Kult der Schönheit, der letztlich sogar bedrohlich für die eigene Existenz werden könne: Schönheit, auf die Spitze getrieben, kann im Hang zur zuspitzenden Übertreibung nicht nur zum Genuss, der weh tut, sondern sogar zum Tode führen. Zwei Veränderungen bezüglich des Kultes des Schönen hält Menninghaus für den Übergang in die Moderne fest. Die Orientierung am Schönen beinhaltet eine zunehmende Anforderung, an Schönheit zu arbeiten. So wächst mit den technischen Möglichkeiten, Schönheit medial zu erzeugen und allgegenwärtig zu halten, der in vielerlei Hinsicht ambivalente Anpassungsdruck, auch den eigenen Körper zu modeln. Parallel dazu dient Schönheit zunehmend der „ästhetischen Selbstbegründung“: die ästhetische Selbstgestaltung als Legitimation der eigenen Existenz. Hier ist es nun die Kunst, die in der Moderne zu einem ausgezeichneten Bereich des „freien“ Schönen wird, indem sie entgegen der Tendenz zur Ornamentalisierung und Verpuppung das Schöne wieder an den ganzen Menschen zurückbindet. „In dieser Rolle kompensiert sie nicht die Akzeptanzdefizite von Religion und Metaphysik; ebenso wenig ist Ästhetik etwa das Resultat einer fortschreitenden Säkularisierung traditioneller Religionen. Ihr wächst vielmehr kraft ihrer eigenen Gegebenheiten eine genuin religiöse Funktion zu, welche frei flottierend geworden ist

und nach neuen Besetzungen verlangt, die nicht bereits der gleichen ‚Entzauberung‘ unterliegen wie die herkömmlichen Riten und Glaubensinhalte.“ (S. 260) Menninghaus bestimmt jedoch auch die kulturelle Grenze dieser Freiheit: „Eine Freiheit, nicht zu wählen, das ‚Spiel‘ der ästhetischen Selbstbeglaubigung nicht mitzuspielen, gibt es immer weniger.“ (S. 263-264)

Meine sehr verehrten Damen und Herren, Ihnen muss ich an dieser Stelle sicher nicht weiter ausführen, dass mit diesen Feststellungen zum Bedürfnis nach schmückender Schönheit als einer anthropologischen Konstituenten viele Phänomene des Schmucks – um in der Gegenwart zu bleiben: vom modischen Accessoire im Tchibo-Geschäft bis zum Piercing-Objekt oder dem tödlichen Körper-Konzept der Magersucht – angesprochen werden.

Wovon bislang noch kaum die Rede war: der mit der Antike einsetzende ästhetische Diskurs über Schönheit. Hierzu haben wir heute Abend und morgen Nachmittag mit Lucy Sarneel, Bernhard Schobinger, Iris Bodemer, Manuel Vilhena und Kadri Mälk fünf bedeutende zeitgenössische Schmuckkünstlerinnen und Schmuckkünstler eingeladen, die sicher sehr unterschiedliche künstlerische Konzepte als Antwort-Versuche zu unserer Fragestellung vortragen werden.

Wilhelm Lindemann hat seit vielen Semestern einen Lehrauftrag für Kunsttheorie in der Fachrichtung Edelstein- und Schmuckdesign der FH Trier am Standort Idar-Oberstein. Er ist künstlerischer Leiter der Stadt Idar-Oberstein.

Kontakt:

Prof. Theo Smeets
Fachbereich Gestaltung
smeets@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 INNOVATIVE INFORMATIKANWENDUNGEN, I3A

Das i3A analysiert und berät bei informationstechnologischen Fragestellungen, es entwickelt und integriert Softwarelösungen und Prototypen.

Leitung: Prof. Dr. Peter Gemmar
 Tel.: (06 51) 81 03-3 75, e-mail: i3a@fh-trier.de

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
 Tel.: (0 67 82) 17-11 13, e-mail: w.gerke@umwelt-campus.de

INSTITUT FÜR FAHRZEUGTECHNIK, IFT

Das IFT Trier hat seine Tätigkeitsfelder im Bereich Verbrennungsmotorentechnik, der Antriebstechnik/Fahrwerkstechnik und der Fahrzeugsicherheit.

Leitung: Prof. Dr. Hartmut Zoppke
 Tel.: (06 51) 81 03-2 19, e-mail: ift@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
 Tel.: (0 67 82) 17-15 72, e-mail: ifas@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
 Tel.: (06 51) 81 03-3 12, e-mail: ies@fh-trier.de

INSTITUT FÜR STANDARDSOFTWARE-BASIERTE ANWENDUNGEN IM BAUWESEN, ISA

Neue Softwaretechnologien (MS-Sharepoint/Office 2003/Flash) – Interaktive webbasierte Bemessungsdiagramme im Bauwesen – Autorentsystem ELISA für den Einsatz in Lehre und Industrie.

Leitung: Prof. Dr. Henning Lungershausen
 Tel.: (06 51) 81 03-2 39, e-mail: isa@fh-trier.de

INSTITUT FÜR SOFTWARESYSTEME IN WIRTSCHAFT, UMWELT UND VERWALTUNG, ISS

Die Aufgaben des ISS sind insbesondere die Durchführung von innovativen Forschungsprojekten im Bereich der betrieblichen, behördlichen und umweltfachlichen Datenverarbeitung.

Leitung: Prof. Dr. Rolf Krieger
 Tel.: (0 67 82) 17-19 70, e-mail: iss@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
 Tel.: (0 67 82) 17-15 03, e-mail: imip@umwelt-campus.de

ZENTRUM FÜR BODENSCHUTZ UND FLÄCHENHAUSHALTPOLITIK, ZBFUCB

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 Löhner
 Tel.: (0 67 82) 17-13 24, e-mail: info.zbf@umwelt-campus.de

KOMPETENZZENTRUM BRENNSTOFFZELLE RLP FUEL CELL CENTRE RHEINLAND-PFALZ

Die Schwerpunkte des Zentrums sind die Arbeiten mit industriellen Partnern auf den Gebieten von Brennstoffzellen, Brennstoffzellen-Komponenten und vollständigen Systemen.

Leitung: Prof. Dr. Gregor Hoogers
 Tel.: (0 67 82) 17-12 50, e-mail: fuelcell@umwelt-campus.de

KOMPETENZZENTRUM KOMMUNALES UMWELTRECHT, KKU

Schwerpunkte wissenschaftlicher Auseinandersetzung des KKU sind rechtliche Fragen, die sich in der kommunalen Entsorgungswirtschaft (konkret der Abwasser- und Abfallentsorgung) ergeben.

Leitung: Prof. Dr. Tilman Cosack
 Tel.: (0 67 82) 17-12 57, e-mail: kku@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,
 Tel.: (06 51) 81 03-3 44, e-mail: blaesus@fh-trier.de

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
 Tel.: (06 51) 81 03-8 38, e-mail: kluge@fh-trier.de

TRANSFERBEAUFTRAGTE

DER FACHHOCHSCHULE TRIER:

Prof. Dr. Michael Schuth
 Tel.: (06 51) 81 03-3 96
 e-mail: m.schuth@fh-trier.de

STANDORT TRIER:

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:
 Technologietransfer der FH Trier
 Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Bier
 d.bier@fh-trier.de

Beiträge sind namentlich gekennzeichnet.

Anzeigen und Layout: VMK-Verlag GmbH & Co. KG
 Druck: VMK-Druckerei GmbH
 Faberstraße 17, 67590 Monsheim,
 Tel.: 06243/909-0, www.vmk-verlag.de

KOPFARBEITER

WIP-Wissenschaftspark Trier

Der Büro- und Dienstleistungsstandort mit Köpfchen.





FACHHOCHSCHULE TRIER

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung
University of Applied Sciences

Standort Schneidershof
Schneidershof
D-54293 Trier

Standort Imminenfreihof
Imminenfreihof
D-54290 Trier

Standort Paulusplatz
Paulusplatz 4
D-54290 Trier

Standort Birkenfeld
Umwel-Campus
Campusallee
D-55768 Neubücke

Standort Idar-Oberstein
Vollmersbachstraße 53 a
D-55743 Idar-Oberstein

www.fh-trier.de