

# Forschungsjournal

der Technischen Universität Graz

*Research Journal / Graz University of Technology*



# Inhalt

## **Vorwort / Preface**

- 3 Forschung und Technologie an der TU Graz  
*Wolfgang von der Linden*

## **Interuniversitäre Forschungsprojekte / Inter-University Research Projects**

- 4 Integriertes EU Projekt: Technologieinnovation im Tunnel und Kavernenbau (TUNCONSTRUCT)  
*Gernot Beer*
- 6 „JOIN“ – K<sub>net</sub> Kompetenznetzwerk für Fügetechnik  
*Horst Cerjak*

## **Christian Doppler-Labors / CD-Laboratories**

- 8 CD-Labor für Thermodynamik der Kolbenmaschinen  
*Raimund Almbauer*

## **Aus den Fakultäten / Faculty Report**

- 8 Die Rolle von Hochhäusern in der nachhaltigen Entwicklung europäischer Städte  
*Brian Cody*
- 11 Innovative Messtechnik in der Wasserwirtschaft – Kanal-Online-Monitoring  
*Günter Gruber*
- 12 Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb  
*Christian Hofstadler*
- 13 Identifikation, Wirkung und Verstärkung von Kernkompetenzen  
*Andreas Drumel*
- 14 Hemisphären Tests einer LKW Fahrerkabine  
*Hermann Steffan, Florian Feist*
- 16 Nicht-invasive Charakterisierung des Gewebezustandes mittels elektromagnetischer Nahfeld- Bildgebung  
*Hermann Scharfetter*
- 17 Wirkungsgradoptimaler Betrieb von Drehfeldmaschinen als Traktionsantrieb im Kraftfahrzeug  
*Reinhard Ingruber, Roland Seebacher*
- 18 Geodätische Aspekte des Forschungsprojekts TRASER  
*Klaus Legat*
- 20 Analytische Methoden mit sensorischer Unterstützung  
*Erich Leitner*
- 22 Styria Professur für zukunftsweisende Medien  
*Herman Maurer*

## **Neuberufungen / New Professors**

- 24 Univ.-Prof. Dipl.-Wi.-Ing. Dr.-Ing. *Martin Fellendorf*
- 25 Univ.-Prof. Priv.-Doz. Dr.-Ing. *Martin Schanz*
- 26 Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. *Dieter Schmalstieg*
- 27 Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. *Matthäus Siebenhofer*

## **Junge Forscherinnen und Forscher / Young scientists**

- 28 Adaptive Gebäudehäute  
*Andreas Ampenberger*
- 29 Wissensorientierung in der Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken  
*Karl Ritsch*
- 30 Metallocen-Katalysatoren der Gruppe 4 : Synthese, Anwendung und Molecular Modelling  
*Heidrun Wölfler*

## **Preise, Auszeichnungen und Veranstaltungen**

### **Impressum**

Eigentümer: Technische Universität Graz  
Herausgeber: Vizerektor für Forschung und Technologie  
Redaktion: Büro des Rektorates – Öffentlichkeitsarbeit  
Gestaltung und Satz: Ulrike Haring  
Auflage: 1.500  
Wir danken den Autorinnen und Autoren für die Bereitstellung der Texte und Fotos  
Geringfügige Änderungen sind der Redaktion vorbehalten  
Titelfoto: Invisible Train, Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen  
Verlag: Verlag der Technischen Universität Graz  
[www.fti.tugraz.at/Verlag](http://www.fti.tugraz.at/Verlag)

ISSN: 1682-5675  
ISBN: 3-902465-18-2  
© Technische Universität Graz 2005



## Forschung und Technologie an der TU Graz

### *Research and Technology at TU Graz*

Die TU Graz hat sich am F&E Offensivprogramm des RFT „UnilN-FRASTRUKTUR III“ wieder mit einer Vielzahl von Infrastrukturträgen im Rahmen von hochqualifizierten Projekten beteiligt. Das finanzielle Volumen der Genehmigung wird zwar nicht den gesamten Bedarf abdecken können, wir erhoffen uns jedoch einen signifikanten Beitrag.

Zeitgleich wurden viele interessante „Matching Grants“-Anträge eingereicht. Idee dieses einmalig möglichen TU-internen Konzepts ist es, dass bei F&E-Ausgaben, die mit Drittmitteln für die TU Graz getätigt werden, die Hälfte der Kosten von unserer Universität dazufinanziert werden. Die Genehmigungen für die Matching Grants-Anträge werden parallel mit der Bewilligung der RFT-Anträge kommuniziert werden.

Am 26. 4. 2005 wurde der Kooperationsworkshop „Medicine meets Technology“ abgehalten. Diese Veranstaltung war ein erster Schritt um Kooperationsmöglichkeiten auszuloten und den betroffenen ForscherInnen die Möglichkeit zu bieten, aufeinander zuzugehen. Mittlerweile wurde auf Rektoratsebene beschlossen, zwischen MUG und TU Graz weiterreichende Kooperationen einzugehen – einzelne strategische Schwerpunktprojekte konnten bereits definiert werden.

Weiters wurde der 2. gemeinsame Workshop mit den Geschäftsführern bzw. wissenschaftlichen Leitern der Kompetenzzentren abgehalten, auf dem speziell zukünftige Ausrichtungen, Kennzahlen für die Erfassung der gegenseitigen Leistungen und IPR-Regelungen behandelt wurden.

Vom 8. bis 10. Juni 2005 präsentierte sich die TU Graz im Rahmen der Messe „Toptec Styria“ in der Halle 10 der Grazer Messe. Die Toptec Styria war als High-Tech-Leistungsschau konzipiert, als Gelegenheit für die steirischen Universitäten, Forschungseinrichtungen und –netzwerke, ihre Leistungen am modernsten Messestandort der Region zu präsentieren. Die Besucherzielgruppe umfasste neben allgemein an Forschung und Technologie interessierten Personen vor allem Fachbesucher der gleichzeitig stattfindenden Fachmesse „Austrotec“ (Themen Produktion, Automation, Qualitätssicherung). Am zweiten Messetag fand auch die Prämierung des steirischen Innovationspreises „Fast Forward Award“ statt, bei dem ich als Juror eingeladen war. Insgesamt wurden wurden auf der Austrotec und der Toptec Styria 4.000 Besucher gezählt.

Veranstalter der Toptec Styria war die Steirische WirtschaftsförderungsgesmbH (SFG). Vertreten war die TU Graz durch die vier FoSPs Smart Systems for a Mobile Society, Algorithmen und Mathematische Modellierung, Advanced Materials Science und Fahrzeugtechnik, -antriebe und Fahrzeugsicherheit, ergänzt um zwei Institute, das Frank-Stronach-Institute für Werkzeugtechnik und spanlose Produktion und das Institut für Elektrische Messtechnik und Messsignalverarbeitung.

Zur Kommunikation konkreter Ergebnisse der TU Graz-Forschung wurden verschiedene Ausstellungsmedien genutzt: ein Exponat der Electrical Capacitance Tomography Group des Institut für EMT, Videomaterial der sechs Aussteller (Videoproduktion: ZID), sowie „klassische“ Posterpräsentationen. Von den meisten Ausstellern am TU Graz-Stand wurde die Zeit auch dazu genutzt, aktiv Gespräche mit anderen ausstellenden Kollegen, öffentlichen Förderstellen und potenziellen Partnern zu suchen – erfahrungsgemäß ein sehr wichtiger Nebeneffekt solcher Messeauftritte.

Die Stärke der Forschung an unserer Universität zeigt sich aber

nicht nur in Messeauftritten, sondern auch aufs Neue in der Quantität und Qualität der Beiträge in dieser Ausgabe des Forschungsjournal.

Erfreulicherweise konnte ein weiteres CD Labor eingerichtet werden: Raimund Almbauer und sein Team beschäftigen sich darin mit der Thermodynamik für Kolbenmaschinen. Um die vielen weiteren, erfolgreichen Kooperationen auf nationaler wie auch internationaler Ebene besser aufzeigen zu können, wurde die Rubrik „Interuniversitäre Forschungsprojekte“ eingeführt. Es freut mich dabei besonders, dass das EU-Projekt TUNCONSTRUCT mit einem Gesamtbudget von 26 Millionen Euro unter Federführung der TU Graz genehmigt wurde. Ein weiterer Erfolg ist die Genehmigung des Knet „JOIN“, das unter der Führung des Institutes für Werkstoffkunde, Schweißtechnik und Spanlose Formgebungsverfahren mit 1. Juni aus der Taufe gehoben wurde.

Die Bandbreite der unter der Rubrik „Aus den Fakultäten“ präsentierten Beiträge ist wie immer sehr weit. Abgerundet wird das Heft durch die Vorstellung vier neuer Professoren und drei engagierter JungforscherInnen, die Hoffnung auf eine erfolgreiche, wissenschaftliche Zukunft machen.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre und wünsche gleichzeitig einen entspannten Sommer 2005

Ihr Vizerektor für Forschung und Technologie  
 Wolfgang von der Linden

### *Research and Technology at TU Graz*

*Once again, TU Graz has participated in the R&D action programme „UnilN-FRASTRUKTUR III“ by the Austrian Council for Research and Technology Development with a large number of infrastructure applications in connection with highly qualified projects. At the same time, many interesting „Matching Grants“ applications have been submitted. The idea behind this TU-internal one-off concept is that our University co-finances half of the acquisition cost of infrastructure-related acquisitions for the TU Graz, that are paid with third-party funds.*

*On April 26th, 2005 the co-operation workshop „Medicine meets Technology“ took place. In the meantime the rectors of the MUG and TU Graz have decided to further expand the co-operations between the two universities.*

*TU Graz researchers have taken the opportunity to exhibit recent R&D results at a local High-Tech-Fair called „Toptec Styria“. Four of TU Graz 11 FoSPs and 2 departments have given insights into their work by means of „hands-on“ prototypes, multimedia presentations and posters. Additional oral presentations of TU Graz service units have added to a well-received presentation of TU Graz in the framework of this largest regional High-Tech-Fair: Together with the parallel Austrotec fair a total of 4.000 visitors attended this event. According to exhibitors feedback the opportunity to get in touch with a wide scope of potential partners, public funding bodies and colleagues in an informal environment has been a major benefit of TU Graz attendance.*

*This edition of the Research Journal again offers an insight into the impressive scope of the research activities at TU Graz. At this point we would also like to mention the launch of a new column, in which we present from now on special inter-university research projects at our University.*



# Integriertes EU Projekt: Technologieinnovation im Tunnel und Kavernenbau (TUNCONSTRUCT)

## *Integrated European research project: **Technology Innovation in Underground Construction** (TUNCONSTRUCT)*

Die Ausnützung des unterirdischen Raums kann wesentlich zu einer Verbesserung der Lebensqualität beitragen. Man denke nur an den Beitrag von U-Bahnen zur Verringerung der Feinstaubbelastung oder an innovative Ideen zur unterirdischen Beförderung von Fracht. Der unterirdische Raum wird derzeit nicht ausreichend genutzt. Man kann sich z.B. in Zukunft eine Stadt praktisch ohne Autoverkehr vorstellen (Abb. 1), wo die früheren Verkehrsflächen für Parks und Freizeiträume genutzt werden. Einer der Gründe warum der unterirdische Raum nicht vermehrt genutzt wird ist, dass die Kosten und die Risiken des unterirdischen Bauens im Vergleich mit dem Hochbau wesentlich höher sind. Ziel des Projekts TUNCONSTRUCT ist es durch die Einführung innovativer Technologien den Tunnel- und Kavernenbau wesentlich effizienter und weniger riskant zu machen. Dies sollte den Weg für die Einführung von innovativen Lösungen für Infrastruktur und Städte freigeben.

### Einleitung

Die Verkehrssituation wird vor allem in den Transitländern immer prekärer. Anrainer der Transitstrecken haben schon lange „die Nase voll“ von Schwerlastern, die in einer nicht endend wollenden Kolonne durch das Land donnern. Gleichzeitig wird die Umweltverschmutzung durch den Verkehr in den Städten immer ärger (die Grenzwerte für Feinstaub wurden z.B. in Graz dieses Jahr schon mehrmals überschritten). Diese Situation wird sich in den nächsten Jahren noch verschlechtern und die Gesellschaft ist gefordert etwas zu tun.

Für die Verkehrsinfrastruktur bietet sich der unterirdische Raum nahezu unbegrenzte Möglichkeiten. Vor einigen Jahren wurde an der Universität Bochum ein Konzept entwickelt das es erlaubt Fracht

über ein unterirdisches Tunnelsystem pneumatisch (ähnlich wie bei einer Flaschenpost) zu verschicken. Den Stadtverkehr kann man durch den Bau von unterirdischen Verkehrssystemen (U-Bahn etc.) wesentlich verringern. Die Erstellung eines unterirdischen Verkehrsnetzwerks ist jedoch extrem kostenaufwendig und dieses kann nur realisiert werden wenn die Kosten und Bauzeiten für



Abb 1: Die Stadt der Zukunft, so könnte sie aussehen wenn der Verkehr sich größtenteils unterirdisch abspielt.

unterirdische Bauwerke wesentlich reduziert werden können. Derzeit sind z.B. Projekte im Tunnelbau viel aufwendiger und risikoreicher als im Hochbau und Überschreitungen der Bauzeit und der Baukosten sind keine Seltenheit.

Der Grund liegt darin, dass die Eigenschaften des Baugrunds, in dem der Tunnel gebaut wird oft stark variieren und nicht mit genügender Genauigkeit bekannt sind. Vorhersagen sind daher häufig nicht mit genügender Genauigkeit möglich, da die für die Computermodelle notwendigen Eingabedaten fehlen. Ohne Vorhersage bzw. Kenntnis der geologischen Verhältnisse ist aber eine ausreichende Dimensionierung der notwendigen Stützmittel und der Aushubssequenz schwer möglich und dies macht Änderungen während des Vortriebs notwendig. Schlussendlich ist es bei einer Kostenkalkulation wichtig

die Gesamtkosten d.h. die Kosten von der Planung bis zum Abriss zu berücksichtigen, da die Wartungskosten über die Lebenszeit eines Tunnels signifikant sein können.

### „Technologieschub“ für den Tunnelbau

Ende 2003 wurde im 6. Rahmenprogramm der Europäischen Union Projektanträge zum Thema „Technologieinnovation in der Bauindustrie“ eingeladen. Gesucht wurden Projektanträge für integrierte Projekte, welche interdisziplinär und paneuropäisch sein sollten. Es sollte eine „kritische Masse“ mobilisiert werden welche einen wesentlichen „Technologieschub“ erlaubt. Nach sehr intensiven Verhandlungen ist es gelungen ein Konsortium für das Projekt zusammenzustellen welches die Hauptakteure aus Industrie Wissenschaft und Wirtschaft in der europäischen Union integriert. Am Forschungsschwerpunkt nehmen 43 Partner aus 11 Mitgliedsländern der EU teil. Von Seiten der TU Graz sind 3 Institute involviert:

- Institut für Baustatik (technische Koordination, numerische Simulation),
- Institut für Felsmechanik und Tunnelbau (Expertensysteme)
- Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie (administrative Koordination/Controlling).

Aus der Steiermark sind folgende Unternehmen dabei:

- VOEST Alpine Bergtechnik (Baumaschinen)
- Geodata (Messung/Aufnahme, Visualisierung)
- Montanuniversität Leoben (Erkundung, Baumaschinen)

Die Laufzeit des Projekts beträgt 4 Jahre und das Gesamtbudget ist 26 Millionen Euro, wovon 14 Millionen Euro von der EU und der Rest von den Partnern aufgebracht werden. Ziel des Projekts ist es durch Einsatz von innovativer Technologie die Kosten und die Bauzeit für den Tunnel- und Kavernenbau wesentlich zu vermindern und die Sicherheit und Nachhaltigkeit zu erhöhen.

Um dies zu erreichen wurde die Arbeit in folgende Hauptgebiete unterteilt, die die 4 Teilprojekte des Forschungsschwerpunkts darstellen:

- Vorhersage und Bemessung
- Baumaschinen und Baumaterialien
- Prozesse
- Wartung und Instandsetzung

### Vorhersage und Bemessung

Die Situation derzeit ist, dass die Zuverlässigkeit und Bedienbarkeit der Vorhersagemodelle nicht zufriedenstellend ist. Nur in seltenen Fällen werden wirklichkeitsnahe drei-dimensionale Simulationsmodelle angewendet. Die geologischen Verhältnisse werden in Modellen oft sehr ungenau wiedergegeben, da einerseits die Information fehlt andererseits die Benutzerfreundlichkeit des Programmsystems und Möglichkeit der Modellierung begrenzt sind. Ziel des Teilprojektes ist es, die Leistungsfähigkeit und Genauigkeit von bestehenden Simulationsmodellen zu erhöhen und diese so benutzerfreundlich zu machen dass sie auch von Nichtspezialisten in kurzer Zeit verwendet werden können. Aufgabe des Instituts für Baustatik wird es sein, innovative Simulationsmodelle für den Tunnelbau zu



entwickeln. Da die Kenntnis der geologischen Gegebenheiten sehr lückenhaft ist, fehlen oft wichtige Eingabedaten für die Modelle und daher muss zusätzlich die Erfahrung in die Bemessung einfließen. Mit diesem Thema wird sich u.a. das Institut für Felsmechanik und Tunnelbau befassen.

### Baumaschinen und Baumaterialien

Es gibt grundsätzlich zwei Arten Tunnel/Kavernen zu konstruieren: Mechanischer Vortrieb mit Tunnelbohrmaschinen (TBM) o.ä. und Sprengvortrieb. Unter idealen Bedingungen ist der TBM Vortrieb am schnellsten und billigsten. Allerdings haben Tunnelbohrmaschinen Probleme bei veränderlichen Bodeneigenschaften bzw. unvorherge-



Abb. 2: Die derzeit größte Tunnelbohrmaschine, geplant ist es den Durchmesser noch zu vergrößern

sehen geologischen Verhältnissen und sie sind nicht überall einsetzbar (z.B. bei größeren Kavernen). Ziel der geplanten Entwicklungen in diesem Bereich ist es Tunnelbohrmaschinen weit unabhängiger von den geologischen Verhältnissen zu machen. Es sollen auch die Fräswerkzeuge dauerhafter gemacht werden sodass die Frequenz der Wartung reduziert werden kann. Ein weiterer Nachteil einer TBM ist, dass derzeit nur Tunnel mit einem

Durchmesser von maximal 14 m gebohrt werden können. Will man mehr als zwei Fahrbahnen in einem Tunnel unterbringen und dadurch den Bau von zwei Röhren vermeiden muss dieser Durchmesser erhöht werden. Ziel ist es eine TBM mit über 15 m Durchmesser zu entwickeln. Zusätzlich beschäftigt sich dieses Teilprojekt mit dem Einsatz von neuen Materialien wie z.B. hochfesten Beton, intelligente und selbst reparierende Materialien.

### Prozesse

In vielen Industrieunternehmen ist der Ablauf der Prozesse sehr gut optimiert. Man denke nur an den Flugzeugbau, wo die Lage jeder der Millionen Bauteile jederzeit elektronisch abrufbar ist und die Arbeitsvorgänge exakt nach vorgegebenem Schema ablaufen. In gewisser Beziehung kann man eine Tunnelbaustelle mit TBM Vortrieb auch als eine Fabrik betrachten. Leider sind derzeit die Abläufe nicht so optimal geregelt. Ideal wäre es wenn man alle relevante Daten über die gesamte Lebenszeit d.h. von der Planung, Bemessung, Bauausführung, Wartung bis zur Dekommisionierung auf Knopfdruck abfragen könnte. Interessant wäre vor allem der kontinuierliche Vergleich von Messung mit Ergebnissen von numerischen Simulationen und die ständige Verbesserung der Kenntnisse der geologischen Verhältnisse während des Bauablaufs. Die Situation derzeit ist, dass Daten teilweise in unterschiedlichen Formaten abgespeichert sind, was den Zugriff erschwert. Auch gibt es derzeit keine Möglichkeit die Gesamtkosten eines Tunnels zu bestimmen. Ziel des Teilprojekts ist es eine einheitliche Datenstruktur für den Tunnelbau zu entwickeln, bei dem alle Daten auf Knopfdruck abgefragt bzw. aktualisiert werden können. Dies, zusammen mit innovativen Visualisierungsmethoden wie z.B. virtueller Realität, erlaubt dem Tunnelbauingenieur zu jeder Zeit über einen tragbaren Computer einen raschen und problemlosen Überblick über die gegenwärtige Situation.

### Wartung und Instandsetzung

Ein wesentlicher Bestandteil, der oft in einer Kostenberechnung

vernachlässigt wird sind die Wartungs- und Instandsetzungskosten. Diese sind über die Lebenszeit eines Tunnels signifikant und vergleichbar mit den Baukosten. Die Wartungskosten hängen sehr stark vom Verschleiß der verwendeten Materialien ab. Die derzeit in regelmäßigen Abständen notwendigen Inspektionen sind auch ein wichtiger Kostenfaktor, wobei man hier auch die Kosten der Gesellschaft berücksichtigen muss. Tunnelsperren wegen Wartungsarbeiten führen zu Verkehrsbehinderungen und zu Risiken. So wurde z.B. einer der bekannten verheerenden Feuerunfälle durch die Absperrung einer Richtungsfahrbahn im Tunnel für Wartungsarbeiten verursacht. Ziel dieses Teilprojekts ist es den Aufwand für die Wartung durch den Einsatz von eingebetteten Messsensoren und Robotern wesentlich zu verringern.

### Technologie Transfer und das Image der Bauindustrie

In der Gesellschaft hat die Bauindustrie oft den Ruf einer low-tech, umweltfeindlichen Industrie. Ein Ziel des Projekts wird es auch sein dieses Image zu ändern und die Bauindustrie als jene zu präsentieren, die es mit Hilfe von modernsten Technologien möglich macht die Lebensqualität zu erhöhen. Dadurch sollen auch in Zukunft mehr junge Leute dazu animiert werden Bauingenieurwesen zu studieren (derzeit sind die Studentenzahlen in einigen EU Ländern inklusive Österreich rückläufig). Es ist geplant, die im Projekt entwickelten Innovationen in die Vorlesungen einfließen zu lassen, sodass sie universitäre Ausbildung am letzten Stand ist. Ein zweiter wichtiger Aspekt ist der Technologietransfer. Am Ende des Projekts muss die Reduktion der Baukosten und Bauzeit nachgewiesen werden. Daher werden alle entwickelten Prototypen an Tunnelbaustellen ausführlich getestet. Im Konsortium befinden sich auch Tunnelbetreiber und Bauräger, die den Zutritt zu den Baustellen zugesagt haben.

### *Integrated European research project: Technology Innovation in Underground Construction (TUN-CONSTRUCT)*

*The utilization of the underground space can have a significant impact on living conditions. One can think of the contribution underground trains make to the reduction of pollution and of innovative ideas for sending freight underground. In general it can be said that underground space is currently underused. One can envisage a city of the future that has virtually no vehicle traffic above ground, thereby freeing space for parks and recreational facilities (Figure 1). One of the reasons that underground space is underutilized is because, as compared to above ground construction, underground construction is still too risky and expensive. The aim of the project is to make underground construction significantly less risky and expensive by introducing innovative technology. This should free the way for the introduction of innovative solutions that have been proposed for the transport infrastructure and cities. The integrated project TUNCONSTRUCT gathers many of the main players in industry, research and business in a consortium of 35 partners from 11 countries of the European Union. The total budget for the 4 year project is 26 Mio €, of which 14 Mio € is provided by the European Commission. The planned innovations involve all aspects of underground construction and can be divided into the following areas:*

- Prediction and design
- Construction equipment
- Processes
- Maintenance and repair



## „JOIN“ – $K_{net}$ Kompetenznetzwerk für Fügetechnik

### „JOIN“ – $K_{net}$ Competence Network for Joining

Das Institut für Werkstoffkunde, Schweißtechnik und Spanlose Formgebungsverfahren (IWS) der TU Graz war 1998 wesentlich an der Gründung eines der ersten Kompetenzzentren Österreichs, dem Materials Center Leoben (MCL), sowie 2002 des K+ Zentrums „Das virtuelle Fahrzeug“ an der TU Graz beteiligt. Mit 1. Juni dieses Jahres wurde unter der Führung des IWS und der Schweißtechnischen Zentralanstalt in Wien das derzeit jüngste Kompetenznetzwerk Österreichs aus der Taufe gehoben – das Kompetenznetzwerk für Fügetechnik „JOIN“.

#### Kompetenznetzwerk für Fügetechnik „JOIN“

Das Kompetenznetzwerk für Fügetechnik „JOIN“ ist das österreichische Forschungs- und Entwicklungszentrum zur Sicherung der internationalen Konkurrenzfähigkeit österreichischer Betriebe auf dem Gebiet der Fügetechnik. Es basiert auf der strukturierten Kooperation der beteiligten Institutionen aus Wirtschaft und Wissenschaft auf dem Gebiet der Fügetechnik in Österreich. Die Finanzierung erfolgt einerseits über die beteiligten Industriepartner, das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, sowie den Ländern Steiermark und Oberösterreich und der Stadt Wien sowie der Stadt Graz.

Am Kompetenznetzwerk sind 15 Unternehmen und 4 Partner aus der Wissenschaft, neben dem IWS auch das Institut für Fertigungstechnik (IFT) der TU Graz, beteiligt.

Durch die im Vergleich zu anderen Ländern einmalige Vernetzung und Bündelung vorhandener Kompetenzen aus den Bereichen Werkstoffe (z.B.: VOEST, Böhler, ...), Verfahren (z.B.: Fronius, igm, ...), Anwendungen (z.B.: STS, MAGNA, ...) und Wissenschaft (z.B.: IWS und IFT der TU Graz, SZA Wien, ...) entsteht



Abb. 1: Übersicht der beteiligten Partner am Kompetenznetzwerk „JOIN“

eine kompetente Plattform im Bereich der Fügetechnik. Für die beantragten vier Jahre werden ca. 26 hochwertige Arbeitsplätze geschaffen. Rechtlich bilden die beteiligten Partner eine Arbeitsgemeinschaft unter der Führung von IWS und SZA. Nach Ablauf der genehmigten vier Jahre und einer positiven Evaluierung besteht die Möglichkeit auf eine dreijährige Verlängerung.

#### Wirtschaftliche und wissenschaftliche Relevanz

Das Kompetenznetzwerk „JOIN“ dient dazu, das österreichische Know-how speziell im Bereich der Schweißtechnik zu erhöhen. Mit den drei Hauptstandorten in Steiermark, Wien und Oberösterreich steht den Anwendern innerhalb Österreichs ein zentrales Netzwerk als kompetente Anlaufstelle bei fügetechnischen Fragen zur Verfügung. Dieses Netzwerk soll aber auch ermöglichen, die internationale Konkurrenz-

fähigkeit der österreichischen Wirtschaftsbetriebe auszubauen, und dadurch langfristig Arbeitsplätze zu sichern.

Im Netzwerk „JOIN“ sind die wesentlichen Repräsentanten der österreichischen Industrie (VOEST, MAGNA, Siemens, Fronius, Böhler, ...) mit Kompetenzen auf dem Gebiet der Fügetechnik vereint. Gemeinsam repräsentieren sie ein Umsatzvolumen von ca. 6,1 Mrd. €, und beschäftigen derzeit ca. 26.700 Mitarbeiter. Es gilt dieses Potential der österreichischen Wirtschaft zu erhalten, zu sichern, zu stärken und besonders im internationalen Kontext weiter auszubauen. Durch die wissenschaftliche Betätigung auf neuen Gebieten der Verbindungstechnik (z.B.: Friction Stir Welding FSW) und der Weiterentwicklung und Verbesserung bereits bestehender Prozesse, vor allem zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit, in Zusammenarbeit mit den Industriepartnern ist sichergestellt, dass besonders aktuelle Fragestellungen der Partner, aber auch zukunftssträngige Themenschwerpunkte bearbeitet werden. Als Basis all dieser Aufgaben können die Wissensgenerierung, Wissensaufbereitung und deren Umsetzung angesehen werden – die Hauptaufgaben des  $K_{net}$  „JOIN“.

#### Ziele

Folgende Schritte sind zur Umsetzung der gewünschten Ergebnisse vorgesehen:

- Neue Prozesse werden eingeführt (z.B. Friction Stir Welding) und Bestehende optimiert (z.B. Vielpunktschweißen).
- Pilotanlagen werden geplant, gebaut und in Betrieb genommen (Vermarktung im eigenen Unternehmen).
- Die Dienstleistung der wissenschaftlichen Partner wird durch das gesteigerte, industrie- und problembezogene Know-how gezielt verbessert.
- Durch die Vernetzung ist „JOIN“ ein Ansprechpartner, der Kunden von einer Stelle aus effizient, unbürokratisch und kompetent betreut.
- Durch ein mitlaufendes Wissensmanagementprojekt wird das vorhandene und erarbeitete Wissen aufgearbeitet und den Partnern aktiv zur Verfügung gestellt. Dies erfolgt für die Mitarbeiter der Partner als auch interessierter Kunden in Form von Seminaren, Tagungen, Schulungen und Weiterbildungslehrgängen.

#### Nutzung vorhandenen Know-hows und Investitionen

Ein entscheidender Vorteil von „JOIN“ besteht darin, dass die in den beteiligten Institutionen der Wirtschaft und Wissenschaft vorhandenen F&E Ressourcen, sowohl in Form von Know-how als auch der dort bereits vorhandenen Forschungseinrichtungen allen Partnern zur Verfügung stehen.

#### Schwerpunkte am IWS TU Graz

Das IWS tritt im Kompetenznetzwerk „JOIN“ als zentraler Projektpartner auf und ist somit in fast allen Einzelprojekten vertreten. Abb. 3 zeigt die einzelnen Themenschwerpunkte des Netzwerkes.

Als Bindeglied zwischen den einzelnen Aufgabenschwerpunkten und allen Teilprojekten steht die Modellbildung und Simulation. Durch die am IWS vorhandene Kompetenz auf diesem Gebiet ist das Institut daher an nahezu allen Projekten beteiligt. Ein weiteres zentrales Projekt beschäftigt sich mit dem Wissensmanagement der einzelnen Teilprojekte. Das generierte Wissen wird gesammelt, durch das IWS und die SZA aufbereitet und den Partnern in einer verdichteten Form wieder zur Verfügung gestellt. So soll das intensiv generierte Wissen möglichst

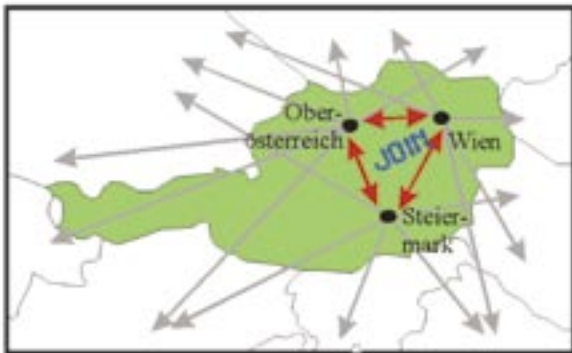


Abb. 2: Aufbau und Wirkungsweise von „JOIN“

effizient an die Partner und soweit möglich (sensible Daten) auch als Dienstleistung weitergegeben und so ein Wissensverlust bestmöglich vermieden werden. Weiters werden für Interessierte Vorträge, Tagungen, Schulungen, Firmenbesichtigungen und Seminare zur persönlichen Weiterbildung angeboten.

Das IWS ist weiters mit einzelnen Partnern an strategischen Projekten beteiligt. Ein Schwerpunkt liegt im Etablieren eines neuen Schweißverfahrens, des Rührreibschweißens – Friction Stir Welding in Österreich. Durch eine Investition im Rahmen eines Projektes in der Höhe von ca. 600.000 € wird an der TU Graz die erste Friction Stir Welding Maschine Österreichs angeschafft und in Betrieb genommen. Dieses Schweißverfahren zeichnet sich besonders durch die hervorragenden mechanisch-technologischen Eigenschaften der erzeugten Verbindungen aus und stößt besonders im Automobilbereich, dem Bahn-, Schiffs- und Flugzeugbau sowie der Raumfahrt auf enormes Interesse. Weiters wird durch dieses Verfahren ein Fügen von unterschiedlichen Werkstoffen z.B. Stahl mit Aluminium ermöglicht, da die beteiligten Werkstoffe nicht aufgeschmolzen werden und somit damit verbundene negative Änderungen (z.B. Bildung intermetallischer Phasen) weitestgehend vermieden werden.

Das Fügen von unterschiedlichen Werkstoffen ist generell von großem Interesse und wurde deshalb in zahlreichen Einzelprojekten verankert. Besonders auf dem Gebiet des Leichtbaus herrscht rege Nachfrage an für derartige Verbindungen geeigneten Fügeverfahren. Hierzu werden am IWS Projekte mit dem Schwerpunkten FSW und auch Cold Metal Transfer (CMT) mit den Industriepartnern gestartet. Weitere Projekte beschäftigen sich mit neuartigen Fügeverfahren zum Verbinden großer Stahlquerschnitte.

Insgesamt werden durch diese Projekte in den nächsten vier Jahren am IWS ca. sieben Dissertationen und mind. zehn Diplomarbeiten ermöglicht, aber auch die Finanzierung von Technikern in den Labors und Werkstätten des IWS sichergestellt.

Durch die Gründung des Knet „Join“ wird die hervorragende Kooperationsfähigkeit der TU Graz mit der Wirtschaft erneut unter Beweis gestellt.

Weitere Informationen finden Sie unter:

<http://www.knet-join.at>

<http://iws.tugraz.at>

<http://www.sza.info>



Abb. 3: Aufgabenschwerpunkte und deren Vernetzung im Kompetenznetzwerk „JOIN“

### “JOIN” – K<sub>net</sub> Competence Network for Joining

At the 1<sup>st</sup> of June this year a new competence network was launched under the leadership of the Institute for Materials Science, Welding and Forming (IWS) of Graz University of Technology and the Schweißtechnische Zentralanstalt (SZA) in Vienna. 15 Austrian companies and 4 scientific partners cooperate to form a competence network for joining. By the unique cooperation of partners from the fields of materials (VOEST, Böhler, ...), processes (Fronius, igm, ...) and applications (MAGNA, STS, ...) the complete field of joining is covered. Together these companies currently represent more than 26.700 employees and a turnover of approximately 6.1 billion €. The aim of the network is to develop and foster the international competitive position of Austrian industry on the field of joining. The network is on the one hand funded by the involved partners from industry and on the other hand by the Federal Ministry of Economics and Labour of the Republic of Austria and the Federal States of Styria, Upper Austria and Vienna. Through the close cooperation of industry and science on developing new technologies for joining (eg. friction stir welding) but also enhancing and improving well established technologies, it is guaranteed that current issues as well as seminal topics are treated. The overall goal of the network is to generate, process and implement knowledge on the field of joining. For reaching this goal several steps have to be made:

- implement new and optimize existing technologies.
- build pilot facilities and put them into operation.
- implement scientific research results in industrial know-how.
- generate and process knowledge and make it available for the partners as well as interested customers in form of seminars, workshops, trainings and documentations.

The main advantage of a competence network is that the currently available R&D resources of the involved parties from industry and science, in form of know-how as well as research facilities, are available for all partners.

The IWS acts as a central partner and is therefore involved in nearly all projects. The topic of “simulation and modelling” one of the main competences at the IWS links to nearly all projects. Also the interdisciplinary knowledge management is handled at the IWS in cooperation with SZA. From the technical viewpoint the first friction stir welding machine in Austria will be operated at the IWS. The main research topics for the first four years of “JOIN” will be joining of similar and dissimilar materials, joining of large sections, control and sensorics as well as modelling and simulation in joining. The overall budget available will be 12 million €.





## CD-Labor für Thermodynamik der Kolbenmaschinen

### *CD-Laboratory for the Thermodynamics of Reciprocating Engines*

Mit Beginn September 2004 wurde am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Helmut Eichlseder) ein neues Christian-Doppler-Forschungslabor unter der Leitung von Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Raimund Almbauer genehmigt. Die Mission eines CD-Labors besteht in der Grundlagenforschung und Aufbereitung der Erkenntnisse für die industrielle Anwendbarkeit und wird daher in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern durchgeführt.

Das CD-Labor für Thermodynamik der Kolbenmaschinen beschäftigt sich mit der Analyse von zwei speziellen Typen von Kolbenmaschinen, die beide in großen Stückzahlen gebaut werden. Einerseits der Kältemittelkompressor für Kühlschränke, von dem weltweit ca. 80 bis 100 Millionen Stück und andererseits der schnelllaufende 2-Takt Motor von dem weltweit mehrere Millionen Stück pro Jahr gefertigt werden. Auf Grund dieser hohen Stückzahlen führt jede geringfügige Verbesserung der einzelnen Maschine zu einer beträchtlichen Verringerung des Gesamtenergieverbrauchs. In den Forschungsprojekten wird versucht die Arbeitsprozesse der beiden Kolbenmaschinen mit Hilfe einer eingehenden thermodynamischen Untersuchung zu analysieren. Die Analyse wird mit 0d-, 1d-, und 3d-Simulationsmodellen unterstützt, die mit Hilfe von Messungen verifiziert werden.

Als gemeinsame Basis beider Maschinen ist der Gaswechsel anzusehen, bei dem durch einen Schalldämpfer angesaugt wird und das Gas die Maschine wieder über (einen) Schalldämpfer verlässt. Beide Kolbenmaschinen erzeugen dabei hoch transiente Strömungen mit starken Druckschwankungen. Sie beschleunigen und verzögern die Strömung während eines Arbeitszyklus innerhalb sehr kleiner Zeitspannen. Diese physikalischen Vorgänge beeinflussen wesentlich den Arbeitsprozess, den Wärmeübergang, die Strömungsverluste und die Wirkungsgrade und damit letztendlich den Energieverbrauch bzw. -aufwand. Neben diesen Gemeinsamkeiten bestehen jedoch auch entscheidende Unterschiede, die dementsprechend berücksichtigt werden müssen.

Kommerzielle Simulationsmodelle haben umfangreiche Möglichkeiten physikalische Prozesse abzubilden. Dabei sind nur wenige dieser Teilmodelle mathematisch exakt formuliert. Je komplexer die Vorgänge sind, desto mehr Parametrisierungen müssen verwendet werden, die ihrerseits auf Messergebnissen beruhen. Eine komplexe Simulation aufgabe ist u.a. durch die zweiphasige Strömung von Kältemittel und Öl im Gehäuse eines hermetisch abgeschlossenen Kältemittelkompressors gegeben. Die Ölströmung hat einen wesentlichen Einfluss auf den Wärmeübergang und damit auf die Leistungszahl des Kompressors. Ein weiteres Beispiel eines ebenso komplexen Vorgangs ist die Zeitspanne bei der der Auspuff beim Zweitaktmotor geöffnet wird. Durch das überkritische Druckverhältnis zwischen Zylinder und Auspuff wird im engsten Querschnitt Schallgeschwindigkeit erreicht, die zu Überschall-

effekten, Verdichtungsstößen und starken Verwirbelungen im Auspuff führt. Die Simulationen sollen schließlich Daten von einer solchen Qualität erzeugen, dass die 1-dim. und 3-dim. stationären Vorgänge der Gasbewegung, des Wärmeübergangs etc. richtig abgebildet sind und damit Analysen der Arbeitsprozesse zulassen.

Die Gültigkeit der Simulationsmodelle muss mit Hilfe gut vermessener und dokumentierter Testfälle der komplexen Vorgänge überprüft werden. Dabei ist es wichtig möglichst ähnliche Maschinen als Testfälle für Teilsysteme und das Gesamtsystem heranzuziehen. Diese Messungen werden teilweise am CD-Labor und teilweise bei den Industriepartnern durchgeführt.

Die validierten Simulationsmodelle dienen zur Analyse der physikalischen Prozesse durch Vergleich mit Idealprozessen, wie es in der Thermodynamik üblich ist, um Verbesserungspotenziale aufzuzeigen. Durch Erkennen der Schwachstellen von bestehenden Konstruktionen können neue Lösungen entwickelt werden. Solche Untersuchungen sollen mittels der abgestimmten Simulationsmodelle bereits im Konstruktionsstadium erfolgen können, um so die Entwicklungszeiten und die time to market zu verkürzen. Für den Fall, dass Simulationsmodelle ausreichend genau und schnell sind, können auch automatisierte Optimierungsstrategien angewandt werden.



Innenleben eines hermetischen Kältemittel - Kolbenkompressor von ACC (Bild: ACC, CDL)



Schnelllaufender 2 Zyl. 2-Takt Motor, 1000 ccm, mit 163 PS von ROTAX (Bild: ROTAX)

### *CD-Laboratory for the Thermodynamics of Reciprocating Engines*

*The CD-Laboratory for Thermodynamics of Reciprocating Engines deals with the analysis of two different types of reciprocating engines. One of them is the hermetic piston compressor for household refrigeration, of which about 80 to 100 million units are produced per year. The other one is the high-speed 2-stroke engine with a production of several million units per year. Due to the enormous numbers even small reductions of energy consumption of the single product will influence the total consumption immensely. In the ongoing research projects the working processes of both machines will be examined using thermodynamic analysis. 0d-, 1d-, and 3d-simulation models will be applied,*

*which are verified with measurement data. The common basis of both machines is the gas exchange, as the 'fresh' gas is sucked into the machine through a suction muffler, and the 'discharge' gas leaves the machine again through a muffler. Both reciprocating machines produce an instantaneous flow with strong pressure oscillations. Both machines accelerate and decelerate the flow during one cycle within a very short time. Different intake and exhaust respectively discharge mechanisms produce the geometrical boundary conditions for this gas flow. These physical processes influence the working process, the heat transfer, friction losses in the flows and thus the performance.*

<http://www.acc-austria.at>

<http://www.rotax.com>

<http://www.cdg.ac.at>

<http://fvkma.tu-graz.ac.at>





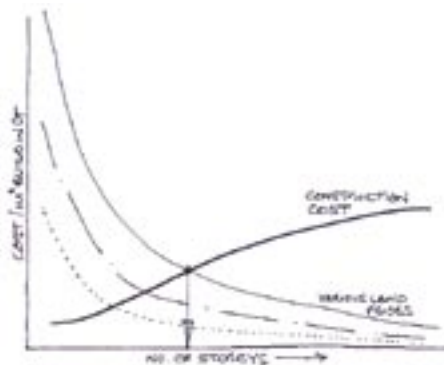
# Forschung an der Fakultät für Architektur

## Die Rolle von Hochhäusern in der nachhaltigen Entwicklung europäischer Städte

### *The Role of Tall Buildings in the Sustainability of European Cities*

Städte sind für ca. 80 % des Weltenergieverbrauches verantwortlich. In diesem Forschungsprojekt wird untersucht, in wie weit Hochhäuser durch eine Erhöhung der urbanen Dichte eine Reduzierung des Land-, Ressourcen- und Energieverbrauches und dadurch einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung unserer Städte leisten können.

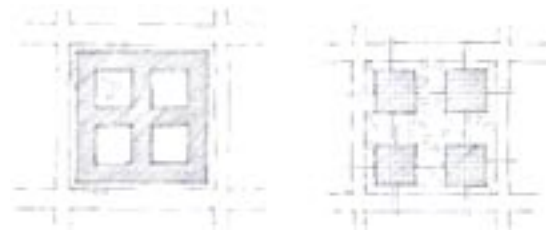
Untersuchungen haben eine direkte Beziehung zwischen urbaner Dichte und dem durch Verkehr verursachten Energieverbrauch aufgezeigt. Eine Schlüsselfrage für unsere zukünftige Entwicklung ist, in wie weit es möglich sein wird, hoch verdichtete urbane Gebiete mittels multifunktionaler Hochhäuser, die eine heterogene Mischung von Nutzungen beherbergen, zu entwickeln, und dabei attraktive Straßenräume und Plätze zu schaffen, ohne die Lichtverhältnisse in den untersten Geschossen zu beeinträchtigen. Hochhäuser wurden bis heute als Statussymbole bzw. aus ökonomischen Gründen (hohe Landpreisen) gebaut. Eine Verwendung im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung blieb bisher aus.



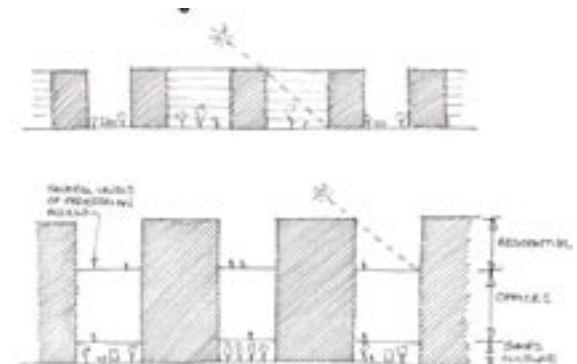
Zwei Aspekte, die gegen die Erreichung einer höheren Dichte durch Hochhäuser wirken, sind der aus lichttechnischen Gründen notwendigen größeren Abstand zwischen den Gebäuden und der mit zunehmender Höhe immer größer werdende Gebäudekern.



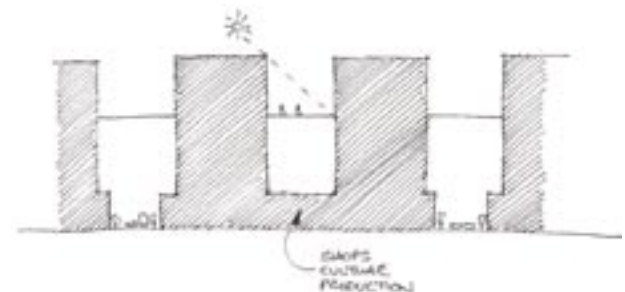
Vergleicht man eine typische europäische 6-stöckige Blockstruktur mit zentralen Höfen mit einer 15-stöckigen Hochhausstruktur, kann eine 70%-ige Erhöhung der Dichte – auch unter Berücksichtigung der o.a. Faktoren bei der Hochhausvariante erreicht werden.



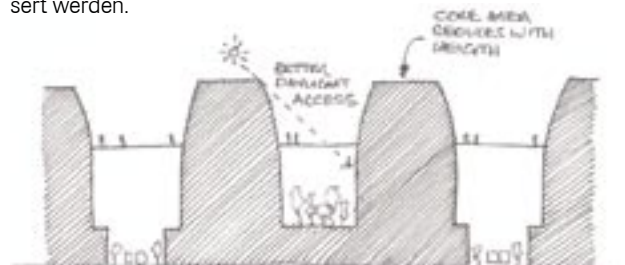
Durch vertikale Stapelung der verschiedenen Nutzungen ist es möglich, ähnliche Lichtverhältnisse für die Wohnungen herzustellen, wie die der Blockstruktur. In der zweiten Nutzungsschicht befinden sich die Büros, die weniger Licht und solare Gewinne benötigen; auf der Straßenebene Läden und kulturelle Einrichtungen.



Durch eine Überlagerung dieser Struktur mit einer Blockstruktur können Nutzungen in Teilgebieten noch weiter verdichtet werden. Hier könnte Produktion, heute nicht mehr der schmutzige Prozess des vergangenen Jahrhunderts, problemlos integriert werden.



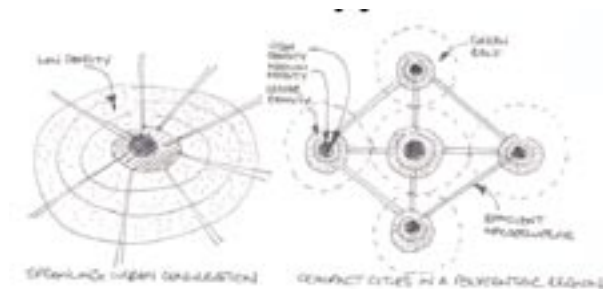
Mit zunehmender Höhe kann die eingenommene Fläche für Aufzüge und Technik reduziert werden, so dass die Gebäude nach oben verjüngt werden können, und so die Lichtverhältnisse noch verbessert werden.



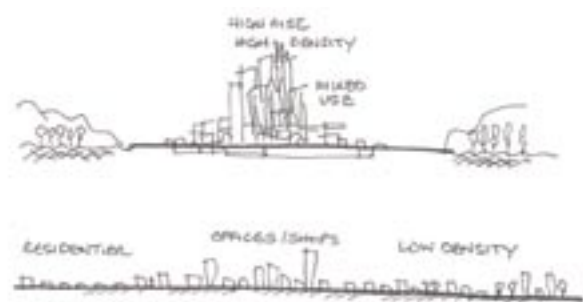
Wie kann Wachstum innerhalb der Stadt aufgefangen werden, anstatt dieses in die Peripherie hinaus zu verstreuen? Die Endlichkeit des zur Verfügung stehenden Baulandes innerhalb der Städte suggeriert Hochhäuser als mögliche Lösung. Die Herausforderung im Städtebau von morgen müsste lauten, so viel Nutzfläche wie möglich in unseren urbanen Zentren vorzusehen, mit einer heterogenen Mischung der Nutzungen und die Schaffung von attraktiven Gebäuden, Strassen und Plätzen. Die Integration von Mischnutzungen in flexiblen Hochhausstrukturen könnte eine mögliche Teillösung darstellen. Wir müssen auch mehr über Lösungen nachdenken, die Wohnbaumöglichkeiten für verschiedene Lebensabschnitte vorsehen, um die Fläche der Vororte einzugrenzen. Die Lebensqualität in einer urbanen Stadt hängt schließlich von der Integrität seines natürlichen Umfelds ab.

### Sieben Prinzipien für eine nachhaltige Entwicklung

1. Kompakte Städte in einer polyzentralen Region statt sich ausdehnender urbaner Ballungsgebiete



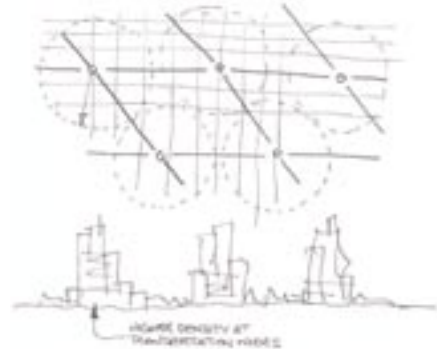
2. Urbane Dichte statt "Urban Sprawl"



3. Vertikale Städte mit heterogenen Mischnutzungen



4. Erhöhte Dichte bei Verkehrsknotenpunkten



5. Hoch verdichtete Anordnungen von verhältnismäßig niedrigen Hochhäusern statt Gruppierungen von isolierten hohen Hochhäusern (vgl. Via Grande in Madrid)



6. Optimierung der kumulativen Wirkung von Gruppierungen von Gebäuden (Schattenwirkung, passive solare Gewinne, Energieproduktion durch die Gebäudeoberflächen etc.)

7. Optimierung des Energieverbrauches in der Herstellung und im Betrieb der einzelnen Gebäude. Die energetischen Nachteile des Hochhaustypus sind zum einen der erhöhte Energiebedarf im Betrieb für Klimatisierung, Lüftung und Aufzüge und zum anderen die erhöhte eingebaute Energie in der Herstellung aufgrund des schlechteren Verhältnisses zwischen Brutto- und Nettogeschossfläche. Bei beiden Aspekten spielt die Gebäudetechnik eine entscheidende Rolle. Lösungen für diese Probleme werden gegenwärtig erforscht<sup>1</sup>.

Die Ergebnisse dieses Forschungsprojekts wurden auf dem 43. IMCL Kongress am 23. Juni 2005 in Venedig der internationalen Forschungsgemeinschaft vorgestellt.

### *The Role of Tall Buildings in the Sustainability of European Cities*

*Cities are responsible for the vast majority of world energy consumption. Against a background of rapidly depleting energy resources, global warming and exponential population growth it is clear that energy efficiency will become one of the most important design criteria for future urban design. The problems facing humanity are formidable. The potential contribution for solving these problems to be found in architecture and urban design is enormous. The challenges and opportunities for professionals which this situation offers are unprecedented. The embracement of issues related to sustainability and energy efficiency in urban design must be seen as a challenge, which can lead to a new urban design quality. This research project examines the role of tall buildings in the sustainability of European cities with a particular focus on aspects related to energy.*

<sup>1</sup> Cody, B., Forschungsjournal der technischen Universität Graz SS 04



# Forschung an der Fakultät für Bauingenieurwissenschaften

## Innovative Messtechnik in der Wasserwirtschaft - Kanal-Online-Monitoring

### *Innovative Technology for Integrated Water Quality Measurement – Sewer Online Monitoring*

Historisch bedingt werden das Abwasser und das auf die versiegelten Oberflächen fallende Regenwasser aus den urbanen Siedlungsbereichen zumeist gemeinsam in sog. Mischwasserkanälen abgeleitet und Abwasserreinigungsanlagen zugeführt. Vor allem aus wirtschaftlichen Gründen können dabei die Mischwasserkanäle nicht unendlich groß gebaut werden bzw. ist auch die hydraulische Aufnahmekapazität von Abwasserreinigungsanlagen mit dem zweifachen Trockenwetterzulauf begrenzt. Beide Umstände bedingen, dass die bei Regenwetter anfallenden deutlich größeren Mischwassermengen entweder entlang der Kanalnetze in die Vorfluter entlastet werden (in der Vergangenheit) oder in unterirdischen Speicheranlagen zwischengespeichert werden müssen (in Zukunft).

Eine gezielte Mischwasserbewirtschaftung erfordert für die Dimensionierung von Speicherbauwerken, für Modellsimulationen sowie zur Erfolgskontrolle und Überwachung den verstärkten Bedarf von Daten über die Variabilitäten in und aus den Mischwasserkanälen. Die Gewinnung von Messdaten aus Kanälen ist naturgemäß auf Grund der vorherrschenden Randbedingungen sehr schwierig und beschränkte sich in der Vergangenheit zumeist auf herkömmliche Probenentnahme und nachfolgender Laboranalytik.

Im Rahmen des interuniversitären Forschungsprojektes (BOKU, TU Graz und TU Wien) „Innovative Messtechnik in der Wasserwirtschaft“ (IMW, [www.imw.ac.at](http://www.imw.ac.at)) wurden Online-Messstationen entwickelt und zu einem Wassergütemessnetz vereint, mit denen es möglich ist, Wasserqualitäten an unterschiedlichen wasserwirtschaftlichen Fragestellungen mit hoher zeitlichen Auflösung zu erfassen. Dabei kamen unterschiedliche innovative Sensoren zum Einsatz, welche hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und Langzeitstabilität untersucht wurden. Ein zentraler Sensor aller Messstationen ist ein tauchfähiger UV/VIS-Spektrometer (s::can®), mit dessen gemessenen Spektren und geeigneten Kalibrationsmodellen es möglich ist, organische Verschmutzungskonzentrationen (CSB, TOC und BSB5) und Feststoffkonzentrationen summarisch zu erfassen. Von Seiten des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der TU Graz wurde im Rahmen des Projektes schwerpunktmäßig das Teilsystem Mischwasserkanalisation untersucht, wofür gemeinsam mit den Stadtverwaltungen von Graz und Wien im Bereich von Mischwasserentlastungen zwei Kanal-Online-Messstationen errichtet wurden und nun mehr seit Oktober 2002 bzw. November 2004 kontinuierlich betrieben werden. Hauptziel dieser beiden Messstationen ist es, Wasserqualitäten und -mengen bei unterschiedlichen Abflussverhältnissen mit einer hohen zeitlichen Auflösung zu erfassen. Daneben werden mit den beiden Messstationen auch die abgeschlagenen Schmutzfrachten in die Vorfluter, die Dauer und die Häufigkeiten der Entlastungsereignisse sowie immissionsseitig die Wasserqualität im Vorfluter kontinuierlich gemessen.



Abb. 1: Schwimmendes Ponton mit integriertem UV/VIS-Spektrometer bei unterschiedlichen Abflussverhältnissen in einem Mischwasserkanal.

Die Fotos der Abb. 1 zeigen ein in Graz im Bereich einer Mischwasserentlastung direkt im Kanal installiertes, schwimmendes Ponton bei unterschiedlichen Abflussverhältnissen. Direkt im Kiel des Pontons eingebaut ist ein UV/VIS-Spektrometer, der es erlaubt, die unterschiedlichen Wasserqualitäten in-situ im Abwasserstrom zu messen.

Abb. 2 zeigt beispielhaft den Verlauf der Zulaufwassermenge, der Entlastungwassermenge und der Schmutzstoffkonzentration CSB während eines Mischwasserereignisses.

Beide Kanal-Online-Messstationen liefern wertvolle Erkenntnisse über die vielfach noch unbekannten Transportvorgänge in und aus Mischwasserkanälen und erlauben damit eine effizientere und nachhaltigere Bewirtschaftung unserer Mischwassersysteme.

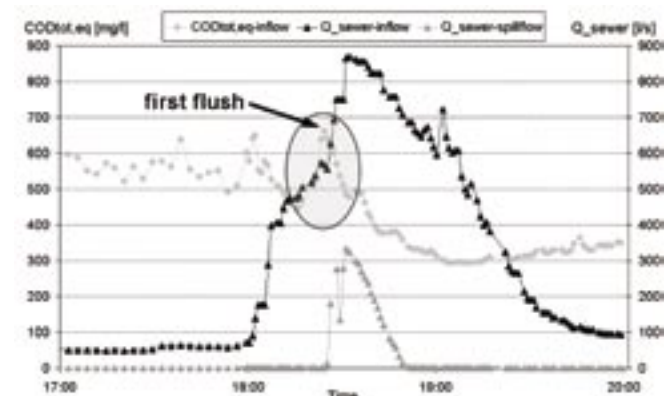


Abb. 2: Verlauf der Zulauf-, Entlastungs- und CSB-Ganglinie während eines Mischwasserereignisses in Graz

### *Innovative Technology for Integrated Water Quality Measurement – Sewer Online Monitoring*

*Especially in combined sewer systems there is often a lack of dynamic data, especially continuous measurements over longer periods. Dynamic data from sewer systems are necessary to design and to operate storage facilities and to calibrate and validate used simulation models.*

*In the frame of an interuniversity research project (BOKU, TU Graz and TU Vienna) called "Innovative Technology for Integrated Water Quality Measurement" and based on novel technologies, a modular online monitoring station suitable for continuous application in sewer networks, wastewater treatment plants and receiving water bodies has been designed. The monitoring station serves as the backbone of a water quality pilot network. As one part of this network two sewer monitoring stations have been installed at combined sewer overflows in Graz and in Vienna to quantify pollution concentrations and loads in the combined sewer and into the receiving water. The monitoring stations have been operating since October 2002 in Graz and since November 2004 in Vienna. Central sensor of all monitoring stations is a submersible UV/VIS-spectrometer (s::can®) which allows the continuous measurement of organic compounds like COD, DOC and BOD and total suspended solids.*

*The sewer monitoring stations are an example of continuous and consistent data collection and processing, which could strongly improve data to information transfer with respect to the complex transportation processes in sewer systems.*





# Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb

## *Work Scheduling and Logistics in Construction Management*

Produktionsprozesse in der Bauwirtschaft unterliegen, wegen der stets wechselnden Produktionsstandorte, ihres Unikat-Charakters, und insbesondere des Arbeitens im Freien, einer Vielzahl von Störeinflüssen. Äußere Störeinflüsse wie z.B. Umwelteinflüsse (z.B. außergewöhnlich lang anhaltende Kälteperiode für die betrachtete Jahreszeit, unüblich lange Regenperiode) oder - durch Dritte verursachter, unbeeinflussbarer - Planungsverzug sowie inhärente Störeinflüsse (z.B. Fehler in der Abstimmung der einzelnen Teilprozesse, unzureichende Arbeitsvorbereitung, Mitarbeiterfluktuation) können - bedingt durch den geänderten Bauablauf und/oder geänderte Ressourcennutzung - zu höheren Herstellkosten führen.

In der Bauablaufplanung werden für den Baubetrieb wesentliche Entscheidungen für die Erstellung eines Bauwerks getroffen. Im Zuge der Arbeitsvorbereitung wird vorausschauend festgelegt, in welcher Reihenfolge die Arbeiten ausgeführt werden. Die Reihenfolge der Arbeiten wird von der zur Verfügung stehenden Zeit, den Bestimmungen des Bauvertrags und von fertigungstechnischen und technologischen Randbedingungen geprägt. Die Produktionsfaktoren (Arbeit, Betriebsmittel, Stoffe) sollen durch die Bauablaufplanung derart miteinander kombiniert werden, dass dadurch das wirtschaftlich optimale Ergebnis erzielt wird (minimale Herstellkosten bei vorgegebenem Budget).

Wesentlichen Einfluss auf den Bauablauf und die Logistik hat die tägliche Arbeitsleistung. Die Dauer und in weiterer Folge der Fertigungsrhythmus werden maßgebend von der erzielbaren (bzw. erforderlichen) Leistung bestimmt. Eine häufige Fehlerquelle liegt in der Fehleinschätzung der Leistungsgrenzen.

Leistung und die Ressourcen stehen in Wechselbeziehung zueinander. Höhere Leistung zieht idR größeren Ressourceneinsatz nach sich, wobei die Grenzen für den Ressourceneinsatz u.a. aus Arbeitsraum, Logistik, Verfügbarkeit etc. gegeben sind.

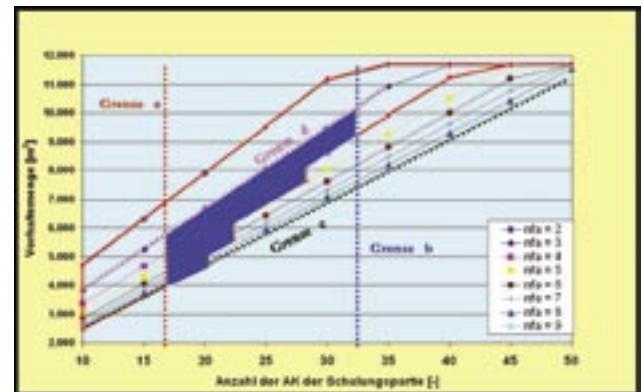
In der Ressourcenplanung ist die Beachtung der Grenzen für die Anzahl an einsetzbaren Arbeitskräften (Anzahl der maximal einsetzbaren Geräte bei geräteintensiven Tätigkeiten) essenziell für eine realitätsnahe und aussagekräftige Bauablauf- und Logistikplanung. In der angeführten Abbildung (Ausschnitt aus einem Anwendungsbeispiel) ist das Feld der möglichen Lösungen als blaue Fläche dargestellt. Dieses Feld wird durch die Grenzen a, b, c und d sowie dem „Mindest-Arbeitsraum“ je Arbeitskraft begrenzt. Innerhalb dieser Fläche liegen die sinnvollen Lösungen für die hier als Beispiel gewählten Schalungen für die Geschossdecken eines Bauwerks.

Auf der Abszisse ist die Anzahl der Arbeitskräfte und auf der Ordinate die Vorhaltemenge an Schalung aufgetragen. Die einzelnen Geraden im Diagramm (in der Legende mit nfa bezeichnet) stehen jeweils für eine bestimmte Anzahl an Fertigungsabschnitten. Danach wird mit steigender Anzahl an Fertigungsabschnitten und sinkender Anzahl an Arbeitskräften die erforderliche Vorhaltemenge reduziert.

Nicht alle Ergebnisse aber, welche durch die einzelnen Punkte der verschiedenen Geraden im Diagramm dargestellt sind, sind praktikabel. Zur klaren Abgrenzung für eventuelle unmögliche Lösungen sind vorher Grenzen festzulegen. Diese Grenzen ergeben sich z.B. aus den Bauwerks-, Baustellen- und Betriebsbedingungen.

Im dargestellten Diagramm haben die Grenzen, die als unterbrochene Linien dargestellt sind, folgende Bedeutung:

Grenze a: Begrenzt die Anzahl der Arbeitskräfte nach unten. Die



minimale Anzahl an Arbeitskräften folgt z.B. aus der vorgegebenen Bauzeit oder dem geplanten Fertigungsrhythmus.

Grenze b: Begrenzt die Anzahl der Arbeitskräfte nach oben. Die maximale Anzahl an einsetzbaren Arbeitskräften folgt beispielsweise aus den „Arbeitsraumverhältnissen“ und der Verfügbarkeit in der Ausführung.

Grenze c: Begrenzt die Anzahl der Fertigungsabschnitte nach oben. Die maximale Anzahl an Fertigungsabschnitten folgt z.B. aus konstruktiven Vorgaben oder aus dem Stützenraster.

Grenze d: Begrenzt die Anzahl der Fertigungsabschnitte nach unten. Die minimale Anzahl an Fertigungsabschnitten folgt z.B. aus konstruktiven Vorgaben oder aus der maximalen Betoniermenge, die aufgrund der Abschnittsgröße eingebaut werden kann.

Im Beitrag wurde nur ein, jedoch wesentlicher Punkt für die Bauablaufplanung und Logistik herausgegriffen. Wie hier gezeigt wurde, stellt bei arbeitsintensiven Tätigkeiten die maximale Anzahl an einsetzbaren Arbeitskräften eine wesentliche Randbedingung für den Projekterfolg dar.

## *Work Scheduling and Logistics in Construction Management*

*In the building process planning essential decisions for the construction of a building are made, in terms of construction management.*

*During the job planning decisions concerning the order of the works are made. The sequence of the works is influenced by the available time, the terms of the contract and by technical and technological "boundary conditions".*

*The daily performance has substantial influence on the work flow and on logistics. The duration and - in a further consequence - the manufacturing cycle are considerably determined by the attainable efficiency. The misinterpretation or lack of knowledge of the limits of performance is a frequent source of error.*

*The performance and resources are interdependent. Higher performance requires greater amount of resources. Logistics, availability, available working space and other parameters are possible limits for the resources.*

*In this article, only one - however substantial - point concerning the building process planning and logistics, was picked out. As represented here, the maximum number of workers represents a substantial boundary condition - if labour intensive activities are concerned.*





# Forschung an der Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

## Identifikation, Wirkung und Verstärkung von Kernkompetenzen

### *Identification, Performance and Amplification of Core Competencies*

Das Institut für Unternehmensführung und Organisation unter der Leitung von Professor Haberfellner beschäftigt sich mit drei Forschungsschwerpunkten:

- (1) Anwendung/Übertragung neuer Technologien, Methoden, Denkansätzen in bestimmten praktischen Situationen der Unternehmensführung.
- (2) Erfolgsforschung i.S. von theoretisch und empirisch begründbaren erfolgreichen Vorgehens- bzw. Verhaltensmustern.
- (3) Strategieforschung i.S. wichtiger unternehmerischer Weichenstellungen für die Zukunft (Produkte, Märkte, Struktur etc.).

Das hier vorgestellte, über vier Jahre laufende, Forschungsprojekt reiht sich in die Gruppe (3) ein.

Kernkompetenzen stellen Ressourcenbündel dar, die in den aktuellen Produkten bzw. Dienstleistungen einen für den Kunden wahrnehmbaren, im Vergleich zum Wettbewerb höheren Nutzen ermöglichen. Sie sind für den Wettbewerb nur schwer imitierbar bzw. substituierbar und bilden eine Basis für zukünftige Produkte und Dienstleistungen oder die Erschließung neuer Märkte. Somit tragen sie in besonderer Weise zum heutigen Wert und künftigen Erfolg einer Unternehmung bei. Kernkompetenzen können aber nur dann wirksam genutzt werden, wenn sie den in den Unternehmungen Handelnden bekannt und bewusst sind und gezielt im Wettbewerb eingesetzt werden. Interessanterweise gibt es in innerbetrieblichen Diskussionen durchaus unterschiedliche Auffassungen über die eigenen Kernkompetenzen.

Ziel der soeben abgeschlossenen Arbeit war es, ein Tool zu entwickeln,

das die treffsichere Identifikation von Kernkompetenzen erleichtert. Dieses Tool setzt sich aus einem Analyserahmen (Abb. 1) und einem zugehörigen, umfassenden Fragenkatalog zusammen. Der Fragenkatalog dient dazu, die interne Sichtweise auf die bedeutenden Ressourcen der Unternehmung zu lenken und diese zu ermitteln aber auch um die externe Sichtweise zu erheben (Kunden, Lieferanten und Partner). In weiterer Folge werden die erhaltenen Informationen im so genannten Konsolidierungsschema verdichtet. Dies verfolgt zwei Zielsetzungen. Einerseits wird dadurch die interne Sichtweise mit der externen verglichen, andererseits können eindimensionale (ungebündelte) Wettbewerbsvorteile von den interessanteren, weil wirksameren mehrdimensionalen (gebündelten) getrennt werden. Der letzte Schritt besteht in der Prüfung, ob mit den Ressourcenbündeln auch Kernkompetenzen vorliegen. Dazu werden Kernkompetenzen konstituierende Eigenschaften als Filter verwendet. Nach der Identifikation der unternehmungsspezifischen Kernkompetenzen können diese zur langfristigen Unternehmensplanung herangezogen und durch bewusste Nutzung verstärkt und weiterentwickelt werden. Das Tool wurde im empirischen Teil der Arbeit in acht Unternehmungen getestet und hat sich dabei als brauchbar erwiesen. Allerdings stellt es gewisse Anforderungen hinsichtlich der Qualifikation und Situationskenntnis der beteiligten Personen, da Informationen einerseits selektiert und andererseits interpretiert werden müssen. Im Beratungsgeschäft sollte diese Qualifikation aber vorausgesetzt werden und mit der Situationskenntnis der Kundenorganisation verbunden werden können.

#### Ablauf der Kernkompetenzen-Identifikation

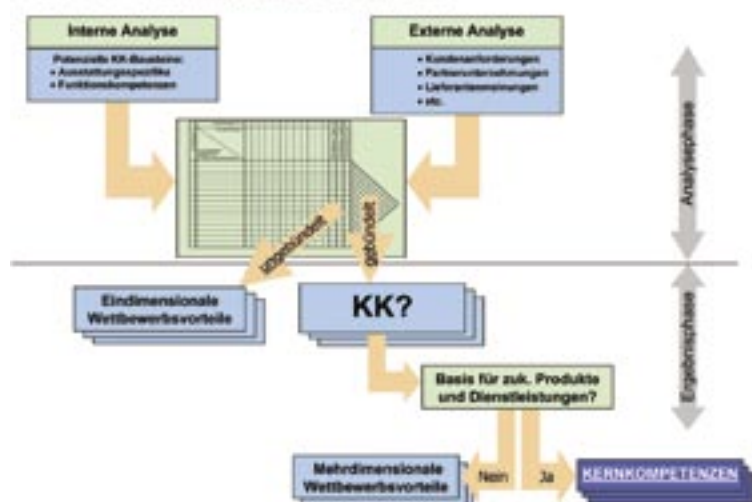


Abb. 1: Analyserahmen zur Identifikation von Kernkompetenzen (KK)

### *Identification, Performance and Amplification of Core Competencies*

This project mainly deals with the possibilities for the identification of core competencies. The starting point was formed by the literature, but also by actual enterprise examples. The result of this desk research shows the fact that there are no efficient and pragmatic tools for the identification of enterprise specific core competencies yet given. Therefore a pragmatic tool is developed. This tool consists of a framework for the identification and the analysis of core competencies and a supporting questionnaire. This framework forms a multistage action model and allows the separation of core competencies and skills of companies which are not core competencies. Nevertheless, not only present core competencies are taken into consideration, but also potentials for the future. Another aspect of the work discusses the performance of core competencies and the possibilities for their amplification. Therefore strategies are introduced. These strategies vary because of the following parameters: the position in the core competence-life cycle, external as well as internal publicity. Both, the identification tool and the suggested strategies are valuable instruments and recommendations respectively for the strategy consulting branch.

**Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Hermann Steffan**  
Institut für Fahrzeugsicherheit  
E-Mail: h.steffan@TUGraz.at  
Tel: 0316 873 9400



**Dipl.-Ing. Florian Feist**  
Institut für Fahrzeugsicherheit  
E-Mail: florian.feist@TUGraz.at  
Tel: 0316 873 9408



CO-Autoren:  
**Dipl.-Ing. Dr.techn. Erich Mayrhofer**  
**Dipl.-Ing. Heribert Kassegger**

## Hemisphären Tests einer LKW Fahrerkabine

### *Integrated Project on Advanced Protection Systems (APROSYS)*

#### Einleitung

Das Institut für Fahrzeugsicherheit (VSI) ist einer von 47 Partnern im „Integrated Project on Advanced Protection Systems“ (APROSYS). Dieses von der EU geförderte Projekt konzentriert sich auf technologische und wissenschaftliche Entwicklungen im Bereich der Fahrzeug-sicherheit.

Eines der neun APROSYS- Unterprojekte, welches vom VSI geleitet wird, erforscht Schutzsysteme für ungeschützte Verkehrsteilnehmer<sup>1</sup>, die in einem LKW Unfall verwickelt sind.

Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Entwicklung von einem so genannten „Aggressivitäts-Index“ (AI). Der Aggressivitäts-Index umfasst sowohl Aspekte der aktiven als auch der passiven Sicherheit, welche sich ihrerseits wiederum aus drei Komponenten zusammensetzt: Der Struktur-Aggressivität, der Geometrie-Aggressivität und der Überfahr-Aggressivität<sup>2</sup>.

Die Struktur-Aggressivität soll mittels experimenteller Tests ermittelt werden. Für diesen Zweck führte das VSI so genannte Hemisphären-Tests durch. Hemisphären-Tests sind bisher in Verwendung, um den Schutz von PKWs gegenüber Fußgängern zu beurteilen. Eine LKW-Fahrerkabine mittels Hemisphären-Tests zu bewerten ist eine Neuheit.

#### Rahmenbedingungen

Die Tests wurden mit einer 2,5 kg schweren Hemisphäre (entspricht

dem Kopf eines Kindes) und einer 4,8 kg schweren Hemisphäre (entspricht dem Kopf eines Erwachsenen) durchgeführt (gemäß den Test-Richtlinien von Euro-NCAP und EEEV WG 17, Phase 2).

Beginnend mit einer Testgeschwindigkeit von 20 km/h, wurde diese in 5 km/h Schritten solange erhöht bis das Verletzungskriterium HIC(d) den Wert 1000 überstieg.

#### Ergebnisse

Mit Hilfe eines Bildes werden die Testergebnisse zusammengefasst (siehe Abb. 1 und Abb. 2). Ausgehend von einer Notenskala (siehe Tabelle 1), wurde die LKW-Front bewertet: Dunkelrot kennzeichnet kritische, grün unkritische Bereiche der LKW-Front. Prasad und Mertz [1 bis 4] haben basierend auf Kadaver Tests einen Zusammenhang zwischen HIC<sup>3</sup> und Verletzungsschwere AIS aufgestellt. Tabelle 1 listet typische Verletzungen in Abhängigkeit vom HIC auf. Basierend auf den Testergebnissen, zeigt das Bild die Gefährlichkeit der LKW-Front gegenüber ungeschützten Verkehrsteilnehmern. Offensichtlich ist der Stoßfänger im Bereich der Aufhängung (Verschraubung) besonders gefährlich. Auf der anderen Seite verursachen der Schmutzabweiser und die Windschutzscheibe geringe Beschleunigungen und hatten damit einen kleinen HIC zur Folge. Kleine Teile, wie z.B. der Griff, mittig unter der Windschutzscheibe, waren sehr steif und verursachten hohe Beschleunigungen und damit einen HIC weit über dem Grenzwert von 1000.

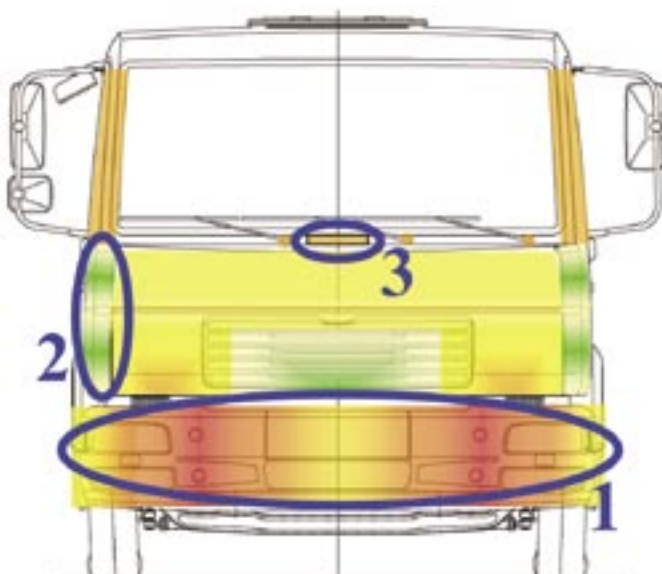


Abb. 1: Visualisierung der Testergebnisse bei 20 km/h



Abb. 2: Visualisierung der Testergebnisse bei 25 km/h

<sup>1</sup> „Ungeschützte Verkehrsteilnehmer“ ist ein Sammelbegriff für Fußgänger und Radfahrer

<sup>2</sup> Ein Gutteil aller tödlichen Verletzungen wird durch das Überrollen des ungeschützten Verkehrsteilnehmers verursacht.

<sup>3</sup> HIC ist ein sogenanntes Verletzungskriterium. Vereinfacht ausgedrückt ist der HIC eine mittlere Beschleunigung während einer bestimmten Zeitspanne ( $\Delta t=15\text{ms}$  oder  $36\text{ms}$ ) multipliziert mit der Dauer der Zeitspanne:  $HIC = a_{\text{mittel}} \cdot \Delta t$

Note	HIC		AIS-Level	Wahrscheinlichkeit für AIS beim obem HIC Wert	Symptome
	Oberer Grenzwert	Unterer Grenzwert			
6	2000	1250	AIS 5	39,0%	Gehirnerschütterung evtl. mit Schädelfraktur, über 12 Stunden Ohnmacht mit Blutungen im Schädel eventuell in Verbindung mit anderen kritischen neurologischen Indikatoren
5	1250	1000	AIS 4	27,0%	Geschlossene, verschobene oder eingedrückte Schädelfraktur mit schwerwiegenden neurologischen Schäden
4	1000	750	AIS 3	38,4%	Gehirnerschütterung evtl. mit Schädelfraktur, über 15 Minuten Ohnmacht ohne schwerwiegende neurologische Schäden, geschlossene, verschobene oder eingedrückte Schädelfraktur, Verlust der Sehkraft
3	750	500	AIS 2	40,8%	Gehirnerschütterung evtl. mit Schädelfraktur, unter 15 Minuten Ohnmacht, Hirnhautreißer, Nasenblutung, Gesichts- oder Nasenbeinbruch
2	500	250	AIS 1	39,1%	Unbedeutende Kopfverletzungen, Kopfschmerzen, Schwindel, keine Ohnmacht, unbedeutende Hirnverletzungen, Poliochenochlagysyndrom, Abschürfungen, Prellungen
1	250	0	AIS 1	21,8%	

Tabelle 1: Bewertungsschema

Auszugsweise seien die Ergebnisse der Tests umrissen:

#### Stoßfänger:

Der Stoßfänger absorbiert nur wenig Energie und ist extrem steif (siehe Abb. 1 und Abb. 2, Area 1). Die Verformung im äußeren Bereich wird durch die dahinter liegende Fahrertreppe eingeschränkt. Daher verschlechtern sich die Ergebnisse bei höheren Testgeschwindigkeiten überproportional.

#### Griff:

Der Griff, welcher vom Fahrer genutzt wird, um den LKW besteigen und die Windschutzscheibe zu reinigen, ist ein weiteres kritisches Bauteil. Bei 20 km/h Aufprallgeschwindigkeit wurde bereits ein HIC von 1000 erreicht (siehe Abb. 1 und Abb. 2, Area 3). Der Griff wies infolge der Tests keine sichtbaren Verformungen auf.

#### Schmutzabweiser:

Der HIC überschritt selbst bei einer Testgeschwindigkeit von 25 km/h nicht den Wert 500 (siehe Abb. 1 und Abb. 2, Area 2). Der Schmutzabweiser wurde auch im Bereich seiner Fixierung getestet. Bei einer Testgeschwindigkeit von 25 km/h brach der Schmutzabweiser.

#### Resümee

Die Hemisphären Tests zeigten ein weites Spektrum an Ergebnissen. Mit wenigen Ausnahmen beträgt der HIC-Grenzwert in den internationalen angewandten Testverfahren 1000. Wie man in Abb. 1 und Abb. 2 sehen kann, wird dieser Grenzwert bei fast allen getesteten Bereichen bereits bei einer Testgeschwindigkeit von 25 km/h überschritten. Geht man von den Testverfahren – die in der EU Anwendung finden – und deren Rahmenbedingungen (Testgeschwindigkeit=40 km/h und geforderter HIC<1000) aus, so erscheint die Front gängiger LKWs inakzeptabel. Zum Schutz von Radfahrern und Fußgängern wären Eigenschaften, wie sie der Schmutzabweiser oder die Windschutzscheibe aufweisen, wünschenswert. Die Verwendung von energieabsorbierenden Materialien beim Stoßfänger würde dazu beitragen, die Wahrscheinlichkeit schwerer Verletzungen zu reduzieren. Abgesehen vom Stoßfänger bergen die A-Säule und der Griff ein hohes Risiko für schwere Verletzungen. Insbesondere Strukturen, wie die des Griffs, könnten einfach verändert werden und dabei Komfort für Fahrer (einfaches Besteigen des Fahrzeuges, Stabilität bei Zugbelastungen) und Sicherheit für ungeschützte Verkehrsteilnehmer (Absorption von Druckkräften) verbinden. Tragende Strukturen, wie die der A-Säule, müssen einem LKW Auffahrunfall (LKW fährt auf den vorausfahrenden LKW auf) und verschiedenen Tests (wie z.B. Pendeltest oder Dachdruck-Test) standhalten. Die

A-Säule Fußgänger-freundlich zu gestalten, wird weitaus schwieriger sein als das beim Griff der Fall ist: Der Ansatz ist – wie beim Stoßfänger – eine stufenweise kollabierende Struktur zu entwickeln, welche sowohl die Energie kleiner, lokal auftretender Lasten absorbiert, aber auch hohen Kräften des LKW Auffahrunfalls standhält.

#### Referenz

[1] Prasad P. and Mertz H., 1985. The Position of the United States Delegation to the ISO working group 6 on the use

of HIC in the Automotive Environment, SAE technical Paper Series.

- [2] Shojaati, M., 2003. Correlation between injury risk and impact severity index ASI, 3rd Swiss Transport Research Conference Paper – Session Safety.
- [3] N.N. Injury Risk Curves and Protection Reference Values. <http://www.nhtsa.dot.gov/cars/rules/rulings/80g/80gii.html>
- [4] N.N. Injury Criteria. <http://www.nhtsa.dot.gov/airbag/PrelimE-conAssess/chpt03.html>
- [5] Niewöhner, W., Berg, F.A., 2004. Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende LKW, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Fahrzeugtechnik, Heft 54

#### Links

APROSYS: <http://www.aprosys.com/>

Fußgängerschutz-Tests: <http://www.fussgaengerschutz.net/register.html>  
<http://www.easi.de/safetywissen/fussgaengerschutz.php3>

VSI-Homepage: <http://www.vsi.tugraz.at/>

### Integrated Project on Advanced Protection Systems

Graz University of Technology (TUG) is one of 47 partners in the "Integrated Project on Advanced Protection Systems" (APROSYS), which is funded by the European Community.

One APROSYS sub-project is focusing on heavy truck accidents; more precisely, on protection systems for vulnerable road users. A main objective of the sub-project is to develop a so-called "Aggressivity Index" (AI), which quantifies the dangerousness of trucks towards vulnerable road users. The AI comprises aspects of active and passive safety, which itself consists of three components: structural aggressivity, geometrical aggressivity and run-over aggressivity.

The estimation of the structural aggressivity is based on experimental tests; for this purpose VSI carried out so-called hemisphere tests on a truck cabin. Hemisphere tests are used to quantify the injury risk for pedestrians, more precisely, for the pedestrian's head. So far hemisphere tests have been used for the assessment of passenger cars exclusively, testing a truck cabin by means of hemisphere tests is new.

Hemisphere testing of the truck cabin showed a wide variety of results. As can be seen in Abb. 1 und Abb. 2, most areas of the truck reached are critical for vulnerable road users – already at an impacting speed of 25 kph





# Forschung an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

## Nicht-invasive Charakterisierung des Gewebezustandes mittels elektromagnetischer Nahfeld- Bildgebung

### *Non-invasive Characterization of Tissues with Electromagnetic Near-field Imaging*

Der gläserne Mensch ist ein alter Traum in der Medizin, und daher verwundert es nicht, dass bildgebende Verfahren eine zentrale Rolle in der modernen Diagnostik spielen. Schon länger geht der Trend in der medizinischen Bildgebung dahin, nicht bloß anatomische Strukturen im Patientenkörper abzubilden, sondern zunehmend auch die Funktion von Geweben und Organen sichtbar zu machen.

Über klassische Verfahren (Röntgen-CT, NMR-Tomographie, Ultraschallbildgebung etc.) hinaus gibt es neue, in Entwicklung befindliche Methoden, bei denen über Elektroden bzw. Spulen elektromagnetische Wechselfelder im Nahfeldbereich in den Körper eingekoppelt werden. Aus der Rückwirkung durch das Objekt werden Bilder der komplexen elektrischen Leitfähigkeit rekonstruiert, die wiederum Rückschlüsse auf bestimmte krankhafte Veränderungen im Gewebe zulassen.

Am Institut für Medizintechnik werden die elektrische Impedanztomographie (EIT) und die magnetische Induktionstomographie (MIT) entwickelt bzw. für die klinische Applikation getestet. Beide Techniken liefern nach der Lösung eines komplexen inversen Problems Bilder mit niedriger räumlicher Auflösung, zeichnen sich aber durch völlige Nichtinvasivität, kostengünstige Instrumentierung und die Möglichkeit kontinuierlichen Monitorings am Patientenbett aus. MIT arbeitet zudem berührungslos und vermeidet die problematischen Elektroden.

Bei der Entwicklung der magnetischen Induktionstomographie ist das Institut für Medizintechnik weltweit führend, wobei der Erfolg mit darin begründet ist, dass von der Hardwareentwicklung bis zur Bildrekonstruktion alle Schlüsselbereiche vor Ort abgedeckt werden. Der hier entwickelte MIT-Prototyp erlaubt die Einkopplung des Erregers in den zu untersuchenden Körper aus 16 verschiedenen Richtungen bei gleichzeitig 6 – 8 Frequenzen zwischen 100 kHz und 1.5 MHz. Mit 14 speziellen Empfangsspulen wird das resultierende Feld gemessen, wobei die aufzulösenden Signale um bis zu 107 mal kleiner sind als das eingekoppelte Feld.

Die Bewältigung der technischen Herausforderungen erforderte die interdisziplinäre Zusammenarbeit mehrerer Gruppen. So wurde die hoch auflösende und extrem rauschoptimierte Mess- und Datenverarbeitungseinrichtung in einer mehrjährigen Zusammenarbeit

mit dem Departament d'Enginyeria Electrònica der UPC in Barcelona entwickelt. Für die Bildrekonstruktion mussten Probleme der Feldnumerik, der Optimierungstheorie und der softwaretechnischen Realisierung auf hohem Niveau gelöst werden, was durch die Kooperation mit dem Institut für Grundlagen und Theorie der Elektrotechnik der TU Graz und mit dem Institut für Mathematik der Karl-Franzens-Universität Graz gelungen ist.

Auf dem Gebiet der EIT kann auf bereits verfügbare Hardware zurückgegriffen werden, daher liegt der Entwicklungsschwerpunkt auf der Implementierung modellbasierter Rekonstruktionsalgorithmen und auf der klinischen Evaluierung. Letztere erfolgt in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Hyperbare- und Thoraxchirurgie der Medizin-Universität Graz.

Ein derzeit konkret verfolgtes Anwendungsgebiet ist die Überwachung lebensbedrohlicher Ödeme, etwa im Gehirn oder in der Lunge, für deren kontinuierliche Überwachung nach wie vor unzureichende Methoden existieren. Um einen gefährlichen Druckanstieg durch ein Gehirnödem permanent zu kontrollieren, muss z. B. eine Gehirndrucksonde implantiert werden. Das kontinuierliche Monitoring des Lungenödems, bei dem sich die Sauerstoffversorgung des Körpers dramatisch verschlechtert, ist zur Zeit nur durch eine invasive Katheter-Technologie möglich.

Während für die Lunge sowohl EIT als auch MIT einsetzbar sind, ist beim Gehirn aufgrund ausschließlich MIT Erfolg versprechend. Eine andere Anwendung der auch auf magnetische Eigenschaften empfindlichen MIT ist die Bestimmung des Eisengehalts in der Leber bei Eisenstoffwechselerkrankungen. Weitere Anwendungsgebiete werden derzeit geprüft, so könnte MIT auch für die Frühdiagnose von Brustkrebs in Frage kommen. Im Bereich der Lebensmittelsicherheit ist die Beurteilung des Frischezustandes von Fleisch eine mögliche Anwendung, da sich zelluläre Degradationsprozesse sehr schnell in der Frequenzabhängigkeit der Leitfähigkeit zeigen.

<http://www.imt.tugraz.at/scharfetter/research/bis.htm>

### *Non-invasive Characterization of Tissues with Electromagnetic Near-field Imaging*

Modern medical imaging increasingly aims at mapping the functional state of tissues, organs and more recently also cells rather than just imaging anatomical structures in the patient's body. Following this trend the Institute for Medical Engineering is developing new electromagnetic near-field imaging methods, e. g. magnetic induction tomography (MIT) and electrical impedance tomography. Both techniques aim at the reconstruction of the passive electrical properties (conductivity, permittivity) of tissues from their interaction with electromagnetic AC-fields which are coupled to the body by electrodes or coils. The images contain information about the (patho-) physiological state of tissues, especially the integrity of the cell membrane and the hydration state. Both methods yield low image resolution but are non-invasive and economic and allow continuous bedside monitoring. In an interdisciplinary cooperation with several national and international partners the institute has developed the world-wide first true multi-frequency MIT prototype with 16 projection directions and 14 receiver channels. Potential applications are the monitoring of life-threatening edema in the brain and lung, breast cancer screening and the monitoring of iron overload during disorders of iron metabolism.

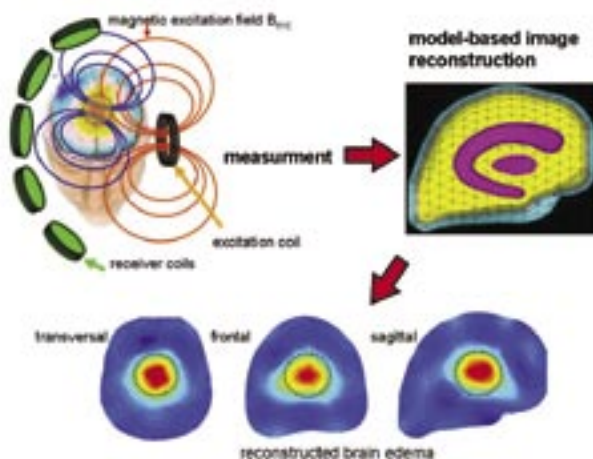


Abb. 1: Schema der Bildgewinnung bei MIT, gezeigt für das Beispiel des Gehirnödem-Monitorings. Die gezeigten Rekonstruktionen basieren auf simulierten Daten, die Auflösung entspricht jedoch etwa den bereits verfügbaren in-vitro Ergebnissen.





# Wirkungsgradoptimaler Betrieb von Drehfeldmaschinen als Traktionsantrieb im Kraftfahrzeug

## *Optimizing the Efficiency of AC Machines Driving Motor Vehicles*

Die Beschäftigung mit elektrischen Antrieben im KFZ hat am Institut für elektrische Maschinen und Antriebstechnik eine lange Tradition. Die Projekte reichen dabei von einem Elektrotaxi über ein eigens konzipiertes Elektromobil bis zur Untersuchung verschiedener Hilfsantriebe.

Der Bedarf an elektrischer Leistung im KFZ hat sich seit 1970 vervierfacht. Ein Großteil dieses Zuwachses geht auf das Konto elektrischer Antriebe, sowohl für Komfort-Features, als auch für sicherheitsrelevante Komponenten. Dafür kommen sowohl ungeregelte Gleichstrommaschinen, die nur durch Ein- und Ausschalten oder überwacht (z.B. Fensterheber) betrieben werden, als auch geregelte Hilfsantriebe (Aktor des Verteilgetriebes bei Vierradantrieb) zur Anwendung.

Einen weit größeren Zuwachs an im KFZ umgesetzter elektrischer Energie bringt der elektrische Traktionsantrieb (sowohl als Hybrid, als auch als ausschließlicher Antrieb), in dessen Regelung und Speiseeinrichtung sehr viel Know-How steckt, um die mitgeführte kostbare Energie möglichst effizient zu nutzen. Der Einsatz reicht dabei vom Boost Modus zur Verbesserung der Fahrdynamik (Stichwort aktive Sicherheit) bis zum ausschließlichen Antrieb in umweltsensiblen Situationen (Großstädte bei Smog oder Feinstaubbelastung).

Ausgehend vom Energiespeicher (Batterie oder jetzt aktuell Ultracaps) ermöglicht moderne Leistungselektronik die Versorgung der elektrischen Maschine mit höchster Dynamik. Die rasante Entwicklung der Elektronik sowohl in Hinblick auf Leistungsfähigkeit (mehr Leistung in kleinerem Volumen) als auch der Informationsdichte erlaubt es immer mehr „Berechnung“ auszuführen und neben den Aufgaben der Energieumformung durch den Umrichter auch Regelalgorithmen und Aufgaben der Systembeobachtung zu übernehmen.

Der Wirkungsgrad des gesamten Antriebssystems vom Energiespeicher über den Umrichter (Leistungselektronik zur Einstellung der gewünschten Fahrzeuggeschwindigkeit) bis zum elektrischen Antrieb ist bei beschränktem Energievorrat (Tank, Batterie) unmittelbar erkennbar und von großer Bedeutung. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit einem Automobilhersteller wurde daher eine Regelungsstrategie für den energieeffizienten Betrieb einer Asynchronmaschine als Traktionsantrieb entwickelt, mit dem Ziel, Verluste im Umrichter und in der elektrischen Maschine zu minimieren.

Erstere setzen sich bei vorgegebener Batteriespannung aus den Schalt- und den Durchlassverlusten zusammen. Zweitere werden durch den Strom in den Wicklungen verursacht und durch die Ummagnetisierung des Eisens, das wegen der guten magnetischen Leitfähigkeit zur Flussführung verwendet wird.

Abb. 1 zeigt als Ergebnis einer solchen Untersuchung die Regel-Kennlinien für bestmöglichen Wirkungsgrad bei unterschiedlichem Drehmoment. Die Komplexität des regelungstechnischen Konzeptes wird deutlich, wenn man sich vor Augen führt, dass je nach gewünschtem Betriebspunkt sprich dem Wertepaar Drehmoment, Drehzahl eine andere Kombination aus magnetischem Fluss ( $\psi_r$ ) und Strom ( $i_{sq}$ ) zum besten Wirkungsgrad führt.

Der Fluss ergibt sich bei der Asynchronmaschine aus Drehzahl, Ständerfrequenz und Strom, bei der Permanentmagnet-Synchronmaschine hängt er vom Strom und der Temperatur der Magnete ab. Da der Fluss nicht als Messgröße zur Verfügung steht, muss er in der Regelstruktur anhand eines mathematischen Modells der Maschine online berechnet werden. Die Veränderung der Eigenschaften der Maschine aufgrund von Erwärmung und betriebspunktabhängiger Sättigung des Eisens erfordern eine Nachführung der Parameter des Maschinenmodells.

Die entwickelte Methode der Parameternachführung ermöglicht

zusätzlich eine exakte Einstellung des gewünschten Drehmoments bis zu niedrigsten Drehzahlen.

Ergebnis der Untersuchung ist ein Algorithmus, der zu jedem Betriebspunkt, bestimmt durch Moment und Drehzahl, die wirkungsgradoptimale Kombination aus magnetischem Fluss und Strom einstellt. Die entwickelte Methode zur Parameternachführung gewährleistet eine vom Betriebspunkt unabhängige Dynamik der Drehmomentregelung.

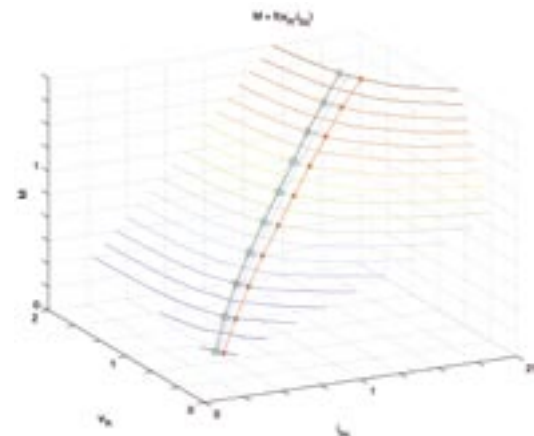


Abb. 1: Regelkennlinie für optimalen Wirkungsgrad

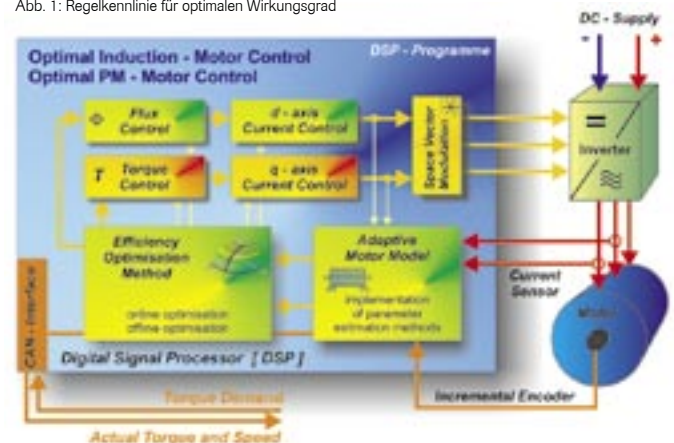


Abb.2

## *Optimizing the Efficiency of AC Machines Driving Motor Vehicles*

Due to the large amount of electric drives (e.g. window lift, gearbox, ...) in cars the electric power consumption is rapidly increasing. Additionally, electric traction also requires much electric power. Current research at the Institute of electric machines and drives in co-operation with automotive industry covers the field of improving the efficiency of these traction drives. In addition to a proper design of the electrical machine an appropriate control strategy is necessary to grant optimal efficiency. The increasing computational power of digital signal processors allows the implementation of sophisticated control algorithms. Most of these control strategies operate with a model based approach. In order to cope with the changing behaviour of the electrical machine (due to heating up and varying saturation of iron) an online parameter adaptation is necessary and has been developed. Apart from a major improvement in efficiency the new algorithm results in extremely powerful torque control and extraordinary dynamics which does not depend on the current operating point.



# Forschung an der Fakultät für Technische Mathematik und Technische Physik

## Geodätische Aspekte des Forschungsprojekts TRASER *Geodetic Aspects of the Research Project TRASER*

Das Projekt TRASER ist eine fakultätsübergreifende Zusammenarbeit der Institute für Maschinenelemente und Entwicklungsmethodik bzw. Navigation und Satellitengeodäsie und stellt ein konkretes Projekt im Rahmen des Forschungsschwerpunkts VII (Fahrzeugtechnik) an der TU Graz dar. Es beschäftigt sich mit der Trassierungserfassung sowie lauftechnischen und Betriebsfestigkeitsuntersuchungen für Anwendungen im Schienenverkehr. Der Beitrag beschreibt zunächst die Zielsetzung des Projekts und konzentriert sich in der Folge auf die geodätischen Aspekte.

### Zielsetzung

Im Schienenverkehr besteht eine signifikante Wechselwirkung zwischen dem Wegenetz und den Fahrzeugen, die dieses befahren. Die Qualität von Schienennetzen zeigt häufig beträchtliche Unterschiede zwischen verschiedenen Ländern bzw. Betreibern. Die Einführung neuer Fahrzeuge in bestehende Netze kann daher zu großen Betriebsproblemen oder sogar zu schwerwiegenden Unfällen führen. Die Beurteilung der Wechselwirkungen zwischen Fahrzeug und Fahrweg erfordert sowohl die Kenntnis des Fahrzeugverhaltens als auch Informationen über die Trassierung des aktuell befahrenen Fahrwegs. Zur Erfassung des Fahrzeugverhaltens steht eine Reihe unterschiedlicher Messsysteme (z.B. Kraft-, Weg-, und Beschleunigungsaufnehmer, Messradsätze) zur Verfügung. Die Trassierung wird meist von speziellen Gleismesswagen erfasst und anschließend mit dem separat gemessenen Fahrzeugverhalten synchronisiert. Dies ist eine bei großen Bahnbetreibern etablierte und weitgehend automatisierte Vorgangsweise. Für Betreiber kleinerer Netze oder Fahrzeughersteller ist jedoch der Einsatz eines Gleismesswagens aufgrund technischer Gegebenheiten oder finanzieller Aspekte oft nicht möglich. Außerdem sind die Ergebnisse verschiedener Gleismesswagen vielfach nur beschränkt vergleichbar. Für Fahrzeughersteller sind Vergleiche der Trassierungen unterschiedlicher Netze daher meist unmöglich.

Der Ansatz, die Trassierung im Rahmen des normalen Fahrbetriebs in einer für lauftechnische Experimente bzw. Betriebsfestigkeitsuntersuchungen ausreichenden Qualität mit einem geeignet ausgestatteten Versuchsfahrzeug selbst zu erfassen, wird zurzeit nur vereinzelt verfolgt. Das Institut für Maschinenelemente und Entwicklungsmethodik hat sich auf derartige Messaufgaben spezialisiert. Durch die gleichzeitige Trassierungserfassung können problematische Belastungen, die auf das Fahrzeug einwirken, den einzelnen Segmenten des Schienennetzes direkt zugeordnet werden (Georeferenzierung).

Diese Aufgabe wird in Zusammenarbeit mit dem Institut für Navigation und Satellitengeodäsie auf Basis einer Integration von Empfängern des Global Positioning System (GPS) mit einem Inertial Navigationssystem (INS) gelöst. Zu diesem Zweck wurde in einer gemeinsamen Anstrengung ein eigenes INS entwickelt, das sich momentan in der Testphase befindet. Einen Grund für die Eigenentwicklung stellt die wissenschaftliche Herausforderung dieser anspruchsvollen Forschungsaufgabe dar.

### Geodätische Aspekte des Projekts

#### *Satellitengestützte Positionierung*

GPS ist ein globales, ständig verfügbares, allwettertaugliches, und frei verwendbares 3D-Positionierungssystem, das auf der Beobachtung künstlicher Erdsatelliten beruht. Durch die Konstellation des Systems wird erreicht, dass jeder Benutzer auf oder nahe der Erde ständig „Sichtverbindung“ zu mindestens vier Satelliten hat (unter Vernachlässigung von Topographie, Bewuchs und Bebauung). Alle Satelliten strahlen kontinuierlich zwei Trägerwellen mit Frequenzen von ca. 1.5 bzw. 1.2 GHz ab, wobei die Trägerwellen durch binäre Phasenmodulation mit Informationen angereichert werden. Die Signale werden durch den Empfänger eines Benutzers aufgenommen und zur Ableitung der Entfernung zu den Satelliten verwendet. Die kinematische Punktbestimmung anhand eines einzelnen Empfängers liefert eine absolute Positionsgenauigkeit von ca. 10 m. Das Ergebnis der Einzelpunktbestimmung kann durch den koordinierten Einsatz zweier oder mehrerer Empfänger verbessert werden, wobei die Rohdaten der Empfänger miteinander kombiniert werden. Die höchste Genauigkeit wird durch Messung der Trägerwellenphase erreicht. Diese liefert jedoch uneindeutige Ergebnisse, da die Phase nur innerhalb eines einzigen Wellenzyklus (ca. 20 cm) eindeutig ist. Zur Lösung dieser Ambiguitäten bedarf es der Kombination der Rohdaten der Empfänger. Die erreichbaren Genauigkeiten liegen bei kinematischen Anwendungen im Bereich von ca. 0.1-0.5 m. Dieses Verfahren wird als Basislinienbestimmung bezeichnet. Können die Ambiguitäten der Phasenmessung aufgrund widriger Umstände nicht gelöst werden, so liegt die Genauigkeit bei etwa 1-5 m.

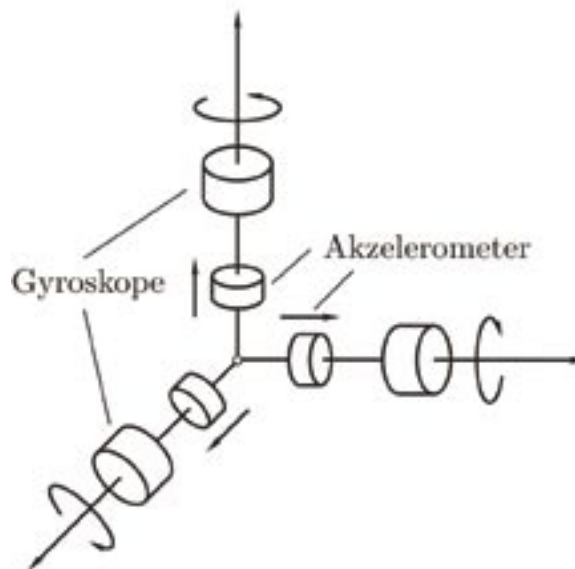


Abb. 1: Schematische Darstellung der Sensoranordnung in einer IMU

#### *Elemente der Inertialnavigation*

Ein INS besteht aus einer Inertial Measurement Unit (IMU) sowie aus entsprechender Hard- und Software zur Integration der Differenzgleichungen, die die Messdaten des Systems mit den gesuchten

Bewegungsparametern verknüpfen. In modernen Realisierungen ist die IMU fest mit dem Fahrzeug verbunden („Strapdown“ Systeme). Sie umfasst zwei achsparallele, orthogonale Dreibeine von Akzelerometern und Gyroskopen bzw. Gyros (Abb. 1).

In einer Strapdown IMU realisieren die Akzelerometer ein Koordinatensystem, das eine feste Orientierung relativ zum Fahrzeug besitzt und als Body Frame bezeichnet wird. Die Akzelerometer messen die dreidimensionale spezifische Kraft, die auf das Body Frame einwirkt. Der Kraftvektor hängt vom Koordinatenrahmen ab, in dem die Bewegungsparameter ermittelt werden sollen. Er enthält Anteile, die der Translation des Fahrzeugs zuzurechnen sind (das eigentlich gesuchte „Signal“ in der Navigation), gravitationsbedingte Anziehungskräfte, sowie Scheinkräfte, die durch die Rotation des Body Frame relativ zum Inertialraum (vorstellbar als Raum der Fixsterne) entstehen (Zentrifugal- und Corioliskräfte). Die Akzelerometer messen eine Überlagerung dieser Kräfte und können per se nicht zwischen den verschiedenen Anteilen unterscheiden. Die Gyros werden zur Messung der Winkelgeschwindigkeiten des Body Frame relativ zum Inertialraum eingesetzt. Daraus kann bei bekannter Startorientierung des Fahrzeugs die aktuelle Raumlage (Attitude) des Fahrzeugs durch einmalige numerische Integration berechnet werden.

Um die aktuelle Geschwindigkeit des Fahrzeugs zu ermitteln, muss die aus den Akzelerometer-Messungen abgeleitete translatorische Beschleunigung einmal numerisch integriert werden. Dafür müssen die störenden Anteile (Gravitation, Zentrifugal- und Corioliskraft) abgespalten werden. Weiters müssen die Messungen anhand der aktuellen Attitude in ein übergeordnetes Koordinatensystem transformiert werden. Für die Bestimmung der aktuellen Geschwindigkeit muss die Ausgangsgeschwindigkeit bekannt sein. In einem weiteren Schritt kann die aktuelle Position des Fahrzeugs durch eine weitere numerische Integration des zuvor ermittelten Geschwindigkeitsvektors berechnet werden. Dabei ist die Kenntnis der Ausgangsposition erforderlich. Da zur Ermittlung der aktuellen Bewegungsparameter die jeweils zugehörigen Startwerte erforderlich sind, wird die Inertialnavigation den relativen Positionierungsverfahren zugerechnet. Hierbei akkumulieren sich systematische Fehler der Messung, was zu einer ständigen Abnahme der Navigationsqualität führt.

#### GPS/INS-Integration

Durch die Integration von GPS mit einem INS können die Trassierungsparameter gemäß den Anforderungen von Fahrzeugherstellern erfasst werden. Die beteiligten Systeme liefern komplementär-redundante Beobachtungen, da sie gegenteiligen Messprinzipien folgen. Daraus ergeben sich auch komplementäre qualitative Eigenschaften. Die Stärken von GPS liegen in der Bereitstellung absoluter Positionen und der hohen Langzeit-Genauigkeit; die Schwächen betreffen die relativ geringe Datenrate (vor allem für hochkinematische Bewegungsabläufe), die beschränkte Kurzzeit-Genauigkeit, die mitunter mangelnde örtliche wie zeitliche Verfügbarkeit und die Empfindlichkeit gegenüber äußeren Störeinflüssen und Abschattungen. Im Gegensatz dazu bietet ein INS eine hohe Kurzzeit-Genauigkeit, eine sehr hohe Datenrate, eine unbegrenzte Verfügbarkeit und eine Unempfindlichkeit gegenüber äußeren Störungen; Nachteile bestehen im Hinblick auf den relativen Charakter der Positionsinformation und die geringe Langzeit-Genauigkeit. Durch die Verknüpfung der wechselseitigen Vorteile der beiden Systeme eignet sich die GPS/INS-Integration hervorragend für die Trassierungserfassung sowie die Georeferenzierung von Belastungsspitzen innerhalb des Projektes TRASER (Abb. 2).

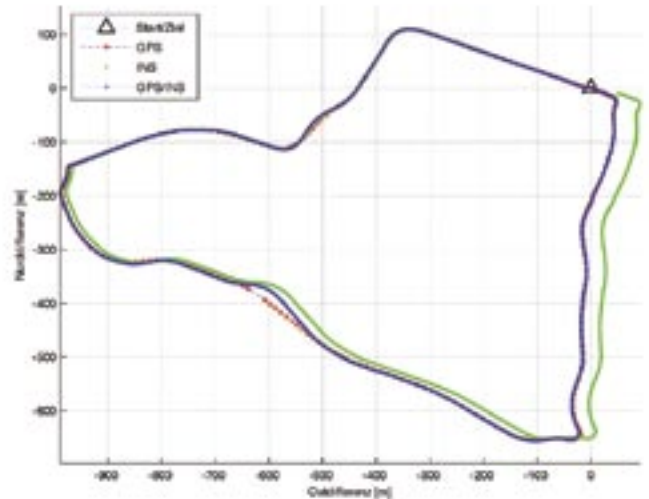


Abb. 2: Beispielhafter Vergleich der 2D-Trajektorien von GPS, freier Inertialnavigation und GPS/INS-Integration. Letztere erlaubt die Überbrückung von GPS-Datenlücken sowie die Korrektur der Abdrift der INS-Positionen

### Geodetic Aspects of the Research Project TRASER

*The project TRASER is an inter-faculty cooperation between the Institutes of Machine Elements and Methods of Development as well as Navigation and Satellite Geodesy. It represents a concrete project in the context of the research focus VII (vehicle technology). The project deals with the recording of the track geometry in the railway sector together with investigations of locomotion and operational stability.*

*In rail transport, there are significant interactions between the railroad and the vehicles. Further, there are often considerable quality differences of railway networks among different countries and operators. Introducing new vehicles to existing networks may, thus, lead to huge operational problems or even heavy accidents. Assessing the interactions between the vehicles and the railroad requires knowledge about both, the actual vehicle behavior and the geometry of the presently traversed railroad segments. For the investigation of the vehicle behavior, a variety of different sensors exists (e.g., accelerometers, extensometers, strain gages). The track geometry is usually recorded and analyzed by dedicated railroad measurement cars and is afterwards synchronized with the vehicle behavior. This approach is widely applied by major railroad operators and provides a high level of automation. However, minor operators or vehicle manufacturers cannot do so due to technical or financial reasons. Furthermore, the results obtained with different measurement cars are often difficult to compare. Vehicle manufacturers can, thus, hardly assess the quality differences between the networks.*

*The approach of recording the track geometry under normal operational conditions (i.e., with a normal railcar supplied with the required sensory) at a quality level sufficient for locomotion and operational-stability investigations is currently rarely applied. The Institute of Machine Elements and Methods of Development has specialized on such measurements. By simultaneously recording the track geometry, problematic loads affecting the vehicles can be directly assigned to certain segments of the railroad (suchlike tasks are known as "georeferencing" in geodesy). The geometric assignment is performed in cooperation with the Institute of Navigation and Satellite Geodesy by integrating receivers of the Global Positioning System (GPS) with an Inertial Navigation System (INS). For this purpose, an own INS was developed in a common effort that is currently in the test phase. One driver for the INS development was the scientific challenge of this ambitious research problem.*





# Forschung an der Fakultät für Technische Chemie, Verfahrenstechnik und Biotechnologie

## Analytische Methoden mit sensorischer Unterstützung

### *Analytical Methods in Combination with Sensory Investigations*

Gerüche und Geruchseindrücke haben die Menschheit seit grauer Vorzeit in ihren Bann gezogen. Nicht nur die positiven Veränderungen beim Kochen und Garen von Lebensmitteln, sondern auch der Wohlgeruch bestimmter Pflanzen und Öle spielte schon seit Jahrtausenden eine bedeutende Rolle. Schon in den alten Schrifttafeln der Assyrer wird von der Verwendung von Weihrauch berichtet.

Der Geruchssinn ist in positiver wie auch in negativer Hinsicht bedeutungsvoll. In positiver Hinsicht gibt er Auskunft über die Frische und Unversehrtheit eines Lebensmittels, z.B. bei Fleisch und Fleischwaren, Gemüse, Gewürzen, Obst usw., andererseits weisen negative Gerüche vorwiegend auf beginnende, fortschreitende oder bereits gesundheitsgefährdende Veränderungen hin. Der Geruchssinn hat damit auch eine Schutzfunktion.

Geruchsempfindungen werden durch flüchtige und lösliche chemische Verbindungen, vorwiegend organischer Natur, hervorgerufen. Moleküle mit einem Molekulargewicht größer als 300 Dalton weisen keine Geruchsaktivität mehr auf. Die Schwierigkeit dabei ist, dass die meisten Geruchssensationen nicht von einzelnen Verbindungen hervorgerufen werden, sondern meist aus dem Gesamteindruck von komplexen Mischungen, die aus zahlreichen Einzelkomponenten bestehen können, entstehen. Unterschiedliche Aromastoffe vereinigen sich in Mischungen oftmals zu neuartigen Geruchseindrücken, die mit den Geruchsbeschreibungen der einzelnen Verbindungen nicht ident sind. Die flüchtige Fraktion von geröstetem Kaffee hat z. B. lediglich einen Anteil am Gesamtgewicht von nur 0,05%. Dennoch besteht dieses komplexe Gemisch aus über 850 identifizierten Verbindungen, von denen keine einzige Verbindung nach Kaffee riecht<sup>1</sup>.

unabhängig von der Testperson und vom Geruchstoff ist.

Der Bereich „Gaschromatographie und sensorische Analyse“ des Institutes für Lebensmittelchemie und -technologie beschäftigt sich seit Bestehen des Institutes mit der Identifikation und Bestimmung von geruchsaktiven Substanzen. Diese spielen nicht nur in Lebensmitteln eine wesentliche Rolle, wo sie unter anderem für den Konsumenten ein Qualitätsmerkmal darstellen, sondern auch in vielen anderen Bereichen des täglichen Lebens, wo diese, wenn auch oft unbewusst zu einer Bevorzugung oder Ablehnung eines Produktes beitragen können.

Um das oftmals sehr komplexe Thema Geruch beschreiben zu können, bedienen wir uns bei unseren Arbeiten unterschiedlicher Techniken, die nachfolgend genauer beschrieben werden sollen.

#### Die sensorische Prüfung

Die sensorische Prüfung von Produkten ist das Beurteilen von Merkmalen mit allen fünf menschlichen Sinnen (Geruchs-, Geschmack-, Tast-, Gesichts- und Gehörsinn). Diese Prüfung wird nach mathematisch-statistischen Grundprinzipien geplant und durchgeführt. Die dazu eingesetzten Prüfer müssen eine sensorische Ausbildung haben und zusätzlich Mindestanforderungen nach einschlägigen Normen erfüllen. Diese Anforderungen werden durch regelmäßige Schulungen und Verkostungen überprüft und dokumentiert. Die Prüfungen werden dazu in unserem Sensoriklabor durchgeführt, welches 2004 eröffnet wurde und internationalen Standards entspricht. An dieser Stelle gilt es den gesamten Mitgliedern des Verkosterpanels meinen besonderen Dank auszusprechen, denn ohne deren hohes Maß an Motivation, Engagement und Disziplin wäre es nicht möglich, die vielfältigen Themen so erfolgreich zu bearbeiten.

Je nach Fragestellung sind die Prüfer in der Lage Unterschiede zwischen einzelnen Proben, aber auch quantitative Aussagen über bestimmte Merkmalseigenschaften (Intensität von Geruch, Konzentration eines Stimulus) reproduzierbar zu beschreiben. Tatsächlich kann man in diesem Fall vom „Prüfinstrument“ Mensch sprechen, der gerade im Bereich der Lebensmittelprüfung unverzichtbar ist, denn nur der geschulte Verkoster ist in der Lage Produkte in seiner Gesamtheit zu erfassen und zu beschreiben.

#### Gaschromatographie-Olfaktometrie (GCO)

Die GCO, oftmals auch als „GC-Sniffing“ bezeichnet, stellt gewissermaßen das Bindeglied zwischen sensorischen und analytischen Methoden dar. Dabei wird die menschliche Nase als sehr selektiver und empfindlicher Detektor für die Identifizierung geruchsaktiver Verbindungen verwendet. Es ist dies ein äußerst wichtiges Instrument in der Aromastoffanalyse, da man damit in der Lage ist, Gerüche von einzelnen Verbindungen oder aber auch von komplexen Gemischen zu beschreiben, die am „Sniffing Port“ abgerochen werden.

Die Probenbestandteile komplexer Gemische werden im Gaschromatographen aufgetrennt und gelangen zeitlich versetzt zum Sniffing Port, wo sie als unterschiedliche Geruchseindrücke wahrgenommen werden. In der Praxis wird der Gasstrom aus der analytischen Trennsäule über einen variablen Splitter geteilt, wobei ein Teil des Probenstromes in einen herkömmlichen Detektor geleitet wird und der andere Teil wird in den „Schnüffeldetektor“ geleitet. Die Schwie-



Abb. 1: Am Schnüffeldetektor (©Leitner)

So ist der Mensch nicht in der Lage Mischungen, die aus mehr als vier oder fünf Geruchsstoffen bestehen, in die einzelnen Komponenten aufzulösen.<sup>2</sup> Diese Limitierung in der Fähigkeit einzelne, individuelle Substanzen in Gemischen geruchlich aufzulösen scheint ein generelles Phänomen der Geruchswahrnehmung zu sein, da dies

<sup>1</sup> I. Flament, Coffee Flavor Chemistry, John Wiley 2001

<sup>2</sup> A. Jinks, D.G. Laing, The analysis of odor mixtures by humans: evidence for a configurational process, Physiology & Behaviour, 2001 (72), 51-63



rigkeit liegt darin, dass die Substanzen als schmale „Zeitfenster“ von wenigen Sekunden an die Nase des Prüfers gelangen. Dieser muss in der Zeit sowohl eine Geruchswahrnehmung haben und auch in der Lage sein diesen sofort zu beschreiben. Aufgrund von Ermüdungserscheinungen des olfaktorischen Organs, kann diese Tätigkeit nur über Intervalle von 15 Minuten, maximal 4-6 Mal pro Tag ausgeführt werden.

GCO ist eine sehr empfindliche Methode um geruchsaktive Verbindungen zu bestimmen. So können zum Beispiel in Abhängigkeit von der Person zwischen 50 und 500 Femtogramm (10-15 g) von  $\beta$ -Damascenon (Geruch nach gekochten Äpfeln) wahrgenommen werden. Aufgrund der geringen Mengen reicht die Nachweisempfindlichkeit der verwendeten Detektoren nicht aus, ein messbares Signal zu erhalten. Um diese Verbindungen mittels Massenspektrometrie identifizieren zu können, müssen weitere Anreicherungsschritte angewandt werden.

#### Analytische Methoden und Datenbanken

Die erste Herausforderung bei der Bestimmung von aromaaktiven Substanzen besteht in der Identifikation all der chemischen Verbindungen, die das erwünschte oder auch unerwünschte Aroma einer Probe ausmachen. Ist dies getan wird in einem zweiten Schritt nach zuverlässigen und reproduzierbaren Methoden gesucht, diese Substanzen zu quantifizieren. Die meisten verwendeten Analysemethoden basieren auf der Abtrennung der flüchtigen Fraktion von den nichtflüchtigen Bestandteilen, wobei dabei darauf geachtet werden muss, dass es zu keinen Verlusten und/oder Veränderungen beim Abtrennprozess kommt. Die Probenvorbereitung stellt den ersten und zugleich entscheidenden Schritt bei analytischen Arbeiten dar. Nur durch sorgfältige Auswahl und Vergleich unterschiedlicher Techniken können gute analytische Ergebnisse sichergestellt werden. Insbesondere beim Arbeiten mit leichtflüchtigen Substanzen muss sichergestellt sein, dass es während der Probenaufarbeitung zu keinen Verlusten kommt.

Zusätzlich müssen die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen im oder unter dem Bereich der sensorischen Wahrnehmungsschwelle liegen, denn nur dann ist eine analytische Erfassung hinsichtlich der Geruchsproblematik sinnvoll.

Als die Methode der Wahl eignet sich die hochauflösende Kapillargaschromatographie in Kombination mit massenselektiver Detektion. Lösungsmittelfreie Probenvorbereitungstechniken wie Festphasenmikroextraktion (Solid Phase Microextraction, SPME), Solid Phase Dynamic Extraction (SPDE) und ähnliche Techniken werden erfolg-

reich eingesetzt. So können damit mikrobiell verursachte Fehlgerüche in Fruchtsäften quantitativ bestimmt werden. Als Ergänzung wird seit vielen Jahren in Kooperation mit anderen Institutionen an einer Aromastoffdatenbank gearbeitet. Diese umfasst momentan Informationen (Massenspektrum, Retentionsindices, Geruchsbeschreibung, Schwellenwerte, sowie relevante Literaturstellen) von über 800 geruchsaktiven Verbindungen, die es ermöglichen, unbekannte Substanzen schnell zu identifizieren und deren Geruchspotential abzuschätzen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass erst das Zusammenspiel von sensorischen und analytischen Methoden die komplexe Welt der geruchsaktiven Verbindungen beleuchten kann.

#### Analytical Methods in Combination with Sensory Investigations

*Scents and odours cast its spell over the human race since ancient times. Not only the positive changes during the preparation and cooking process of food, but also the fragrance of certain plants and oils played an important role since centuries.*

*Impressions of smell are induced by volatile, soluble mainly organic compounds, which react.*

*The research group "gas chromatography and sensory analysis" at the Institute of Food Chemistry and Technology deals with the identification of odour active substances. These components do not only play an important role as quality indicators for consumers in food stuff. In different parts of daily life they can also be responsible for a preference or disliking a certain product.*

*To describe the complex theme of smell we use a combination of different and complimentary techniques.*

#### Sensory Analysis

*Sensory analysis is judging certain properties of products using all five human senses (smell, taste, touch, sight and hearing). The testing is performed under the use of mathematical and statistical methods and is performed in a sensory lab. Depending on the type of test a given number of trained panellists which fulfil certain requirements in terms of sensitivity and reproducibility are used. In fact they can be used as "testing instruments".*

#### Gas Chromatography Olfactometry (GCO)

*This links the world of sensory and analytical techniques. The human nose is used a very sensitive and selective detector for the identification of odorous substances in complex samples. An extract of a sample which can contain up to several hundred components is separated on a gas chromatograph (GC). The effluent from the analytical column is split in two gas streams. One goes into a conventional detector, the other goes to a nose cone where the panellists perceive the impression of smell. By overlaying the chromatogram and the impression of smell odour active regions can be identified in the chromatogram.*

#### Analytical Methods and Databases

*Very often an extraction and concentration step is necessary to separate the volatile fraction from the sample matrix. In this case the analyst has to be sure that neither loss nor changes of the initial composition occur. In addition the limits of detection and quantitation have to be at least in the range of the sensory threshold.*

*Solvent free methods like Solid Phase Microextraction (SPME), Solid Phase Dynamic Extraction (SPDE) and related methods can be used successfully. For example microbial induced off flavours in fruit juices can be quantified. In addition a database for aroma active compounds is under construction and contains information on more than 800 substances.*



Abb 2.: Verkosterschulung im Sensoriklabor



## Forschung an der Fakultät für Informatik

### Styria Professur für zukunftsweisende Medien

#### *Styria Chair for Emerging Media Technologies*

Mit Beginn 2005 hat die Styria Medien AG der TU Graz eine zunächst auf vier Jahre begrenzte, großzügig dotierte Summe zur Verfügung gestellt, die es erlaubt, eine neue Professur für zukunftsweisende Medien einzurichten. Die Mittel sind so ausgelegt, dass nicht nur eine hoch qualifizierte Persönlichkeit angeworben werden kann, sondern dass auch mehrere Mitarbeiter eingestellt werden können. Die Professur wird dem Institut für Informationssysteme und Neue Medien (IICM, siehe [www.iicm.edu](http://www.iicm.edu)) der Fakultät für Informatik (siehe [www.informatik.tugraz.at](http://www.informatik.tugraz.at)) zugewiesen. Die Styria Medien AG hat bezüglich der Aufgaben der Professur kaum Auflagen gemacht, doch wünscht sich der Vorstandsvorsitzende Dr. Pirker viererlei: erstens, dass die Professur ein permanentes Technologie-Scouting durchführt damit viel versprechende Entwicklungen, die die Medienlandschaft verändern könnten, nicht übersehen werden; zweitens, dass gewisse Aspekte neuer Technologien, die für Verlage relevant sind, prototypenhaft erprobt werden, wobei die Auswahl weitgehend der Professur überlassen wird; drittens, dass sich die Professur in Lehre und Forschung engagiert und damit zahlreiche und optimal ausgebildete Studierende von der TU Graz abgehen; und schließlich, viertens, dass das Engagement aufzeigen soll, dass sich Styria als Teil der steirischen und österreichischen Gesellschaft sieht, und den hohen Stellenwert von Forschung und Qualität in der Ausbildung für die Zukunft herausstreicht.

Obwohl die entscheidenden Gespräche zwischen der Styria Medien AG und der TU Graz erst im Dezember stattfanden, und der Vertrag im Februar 2005 unterzeichnet wurde, hat die TU Graz sofort mehrere Aktivitäten aufgenommen. Erstens wurden erste Projekte im Bereich Technologie-Scouting begonnen – insbesondere was neue Schirmtechnologien einerseits und Erfolgsmerkmale im WWW andererseits betrifft – zweitens wurde ein erstes Gebiet –im Umfeld Wikis, Blogs und Electronic Communities – als Prototyp in Angriff genommen, und drittens wurde mit höchster Priorität die Professur ausgeschrieben. Es ist erfreulich, dass mit Ende Mai bereits mit der Einladung von ausgezeichneten Kandidaten für Gespräche und Interviews

begonnen werden kann, Kandidaten, die aus einer Liste von 16 durchwegs beachtenswerten Bewerbungen besonders hervorstechen. Es kann mit einigem Optimismus davon ausgegangen werden, dass längstens mit Ende 2005 die Professur hervorragend besetzt sein wird: bis dahin übernimmt, auf ausdrücklichen Wunsch der Styria AG, das IICM die beabsichtigten Aufgaben.

#### Erste Arbeiten

Es besteht kein Zweifel, dass sich die Informationstechnologie in einer noch immer andauernden, wenn nicht sich beschleunigenden Umbruchphase befindet. Ein besonders beachtenswerter Aspekt ist die Konvergenz von Telephonie, Computer, Photographie, Videographie, Rundfunk und Fernsehen. Diese Konvergenz wird zusätzlich zu den erwähnten elektronischen Medien in der Zukunft auch immer mehr die Printmedien beeinflussen. Die reine Verarbeitungs- und Speicherkapazität von Handys wird in Kürze jene von Laptops erreichen, die Qualität der Photos bzw. Videos der neuesten Handys kann schon jetzt fast mit digitalen Kameras konkurrieren, und die Audio-Komponente mancher Handys ist schon soweit ausgebaut, dass ein eigener MP3 Audiospieler fragwürdig wird. Es stellt sich fast die Frage, ob Handys der Zukunft nicht auch alle Funktionen von Kameras, Fernseher, Audioabspielgeräten und Laptops integrieren werden. Freilich gibt es dabei entscheidende Engpässe: gegenwärtige Batterien werden bei Zusatzfunktionen noch rascher

erschöpft sein, als das ohnehin der Fall ist, der Minibildschirm eines Handys kann nicht einen hoch auflösenden LCD Schirm ersetzen, und eine flüssige Eingabe ohne vernünftig große Tastatur scheint noch immer unmöglich. Aber in all diesen und anderen Bereichen geht die Entwicklung zügig voran, wie hier nur an Hand zukünftiger Schirmtechnologien exemplarisch erläutert werden soll. Es ist genau die Verfolgung solcher Technologien, die eine zentrale und hochinteressante Aufgabe der neuen Professur darstellt.

Bei Schirmtechnologien gibt es eine Unzahl interessanter Ansätze: das reicht von rollbaren oder faltbaren Schirmen zur so genannten „Digital Ink“. Dabei hat man das Gefühl, ein sehr

dickes Papier in der Hand zu halten, wobei aber die sichtbare Information wie bei einem Bildschirm jederzeit verändert werden kann, etwa



Abb1.

indem ein neuer Inhalt vom Computer-Handy oder einer Rundfunkstation übertragen wird; die ‚alten‘ Bildschirme auf Kathodenstrahlbasis werden zunehmend durch flimmerfreie LCD Schirme ersetzt, und bevor sich dieser Ersetzungsprozess noch voll durchgesetzt hat, tauchen vermehrt OLED Schirme (Organic Light Emitting Diodes) auf, von denen man vermutet, dass sie schon bald billig und leicht großflächig auf fast jeden Untergrund ‚aufgesprüht‘ werden können. Außerdem gibt es den Ansatz, Schirme durch Miniprojektoren zu ersetzen, die vielleicht im Extremfall sogar 3D Bilder liefern oder – auch das gibt es schon als Prototyp – Informationen über Spiegelchen in einer Brille durch die Pupille direkt auf die Retina der Augen projizieren. Ein Beispiel dafür ist in Abb1. zu sehen. In dieser aus Maurer (2004) entnommenen Darstellung wird von einer Kombination Handy/Computer (1) Audioinformation drahtlos auf die Bügel der Brille und damit – für andere unhörbar – auf die Gehörknöchelchen (2) übertragen. Über Spiegelchen in der Brille (5) wird der Bildschirm ersetzt, und eine kleine Kamera in der Mitte der Brille (4) dient nicht nur als solche, sondern über entsprechende Bildverarbeitung von Gesten auch als Ersatz einer Tastatur.

Dass man vielleicht über ein Kehlkopfmikrophon (6) auch Sprache als Eingabe (für Handy und Computer) benutzt, und gar mit einem Bügel (3) noch gewisse Gehirnzustände messen und verwenden kann, zeigt, wie weit potentiell die Symbiose der verschiedensten Technologien mit Medien und Menschen führen könnte.

Ein ganz anderer Aspekt ist die fortlaufende Miniaturisierung bis hin zur Nanotechnologie, die über Schlagworte wie NFC (Near Field Communication) schon in naher Zukunft unser Leben stark verändern wird, und wo Langzeitentwicklungen bis zum ‚intelligenten Staub‘ ganz neue Effekte mit sich bringen: positive, etwa in der Medizin, das Leben vereinfachende durch z.B. intelligente Räume, und negative, durch zunehmende potentielle Überwachung.

Noch einmal zurück zu der nahen Zukunft über NFC: da geht es vom oft beschworenen Verschwinden der Kassen in Kaufhäusern (weil sich die Produkte selbst über z.B. RFID Chips identifizieren und das Lesen der heutigen Strichcodes unnötig wird) bis hin zu sehr viel stärker umwälzenden Veränderungen: der Handy-Computer wird wohl das Zahlungsmittel/ Zahlgerät der Zukunft. Ein einfaches Beispiel mag belegen, wie stark doch NFC helfen und in unser Leben eingreifen wird: am Grazer Bahnhof findet man eine Landkarte mit dem Eisenbahnnetz. Will man zu einem Ort X fahren, so hält man den NFC Handy-Computer auf diesen Ort, fährt dann noch zu den gedruckten (aber mit RFID Chips bedeckten) Feldern für z.B. 1. oder 2. Klasse, einfache oder Hin- und Rückfahrt, etc. und erhält auf dem Bildschirm die damit erstandene und bereits bezahlte Karte, die der Schaffner jederzeit kontrollieren kann: er braucht seinen Handy-Computer nur in die Nähe unseres Gerätes bringen.

Dass die TU Graz und die Fakultät für Informatik gerade eine weitere große Stiftung im Bereich NFC erhält, ergibt eine ideale Symbiose mit der Styria Professur!

Neben neuen Technologien im obigen Sinn beschäftigt sich schon jetzt ein Team mit einem anderen zukünftigen Aufgabengebiet der Styria Professur: mit der Erforschung, wie sich das Internet weiter entwickeln und wandeln wird. War es bis vor kurzem ein noch sehr chaotisches Informationsmedium, bei dem Kooperation, wenn überhaupt, im Wesentlichen über Email erfolgte, so wird es zunehmend zu einem interaktiven Medium mit allmählich auch besserer Strukturierung. Noch sind Ansätze wie die Wikipedia (siehe <http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite>), bei der man kooperativ Informationen einbringt, noch in den Kinderschuhen und nur Weiterführungen des

in [www.aeiou.at](http://www.aeiou.at) schon fast zehn Jahre alten Annotationskonzeptes, aber „wikis“ und „blogs“ (siehe [www.globeofblogs.com](http://www.globeofblogs.com)) ändern das WWW genau so stark wie die Tatsache, dass nach jahrelangen Durststrecken Bannerwerbungen erstmals tatsächlich die Kosten für komplexe Angebote wie Google, Yahoo etc. tragen. Ein interessantes innovatives Projekt unter dem Codenamen ‚Alexander‘ wird im Rahmen der Stiftung diese Konzepte verfolgen und in neuer Form ausnützen. Allgemeine Angaben dazu finden sich in Kolbitsch et al. (2005), Genauerer dazu wird in einer zukünftigen Ausgabe zu berichten sein!

#### Literaturhinweise:

[Kolbitsch et al 2005] [http://www.iicm.edu/iicm\\_papers/05-03-01-Kolbitsch-Maurer1.pdf](http://www.iicm.edu/iicm_papers/05-03-01-Kolbitsch-Maurer1.pdf)

[Maurer 2004] H. Maurer: Der PC in zehn Jahren; Informatik Spektrum 27, 1 (Februar 2004), 44-50.

### Styria Chair for Emerging Media Technologies

*The Styria Media Group has decided to support Graz University of Technology as of beginning of 2005 by providing funds for a special "Styria Chair for Emerging Media Technologies". The generous funding is initially available for a period of four years. It allows the appointment of an internationally recognized professor together with a group of both scientific and administrative assistants. Graz University Technology is providing space and hardware infrastructure for the group that is to become part of the Institute of Information Systems and Computer Media (see [www.iicm.edu](http://www.iicm.edu)) of the Faculty of Computer Science (see [www.cs.tugraz.at](http://www.cs.tugraz.at)). Styria Media group has been generous also in a different way: there are really no "strings attached" to what the new chair will do except that the CEO Dr. Pirker has stipulated four rough aims: one, to establish a group that would do continuous technology scouting to make sure that emerging technologies important for publishing companies are not recognized too late; two, that some aspects at the discretion of the Chair will be tested as prototypes to establish technological and/ or economic viability; three, to engage in research and teaching to increase the number and quality of students graduating from Graz University of Technology; and four, to demonstrate serious commitment of the Styria Group to research and quality education as important factors for the future of the Austrian society.*

*The decisive talks between the Styria Group and Graz University of Technology took only place in December of 2004, and the official agreement was signed in February 2005. Never the less, Graz University of Technology has immediately started activities on a number of fronts: as to technology scouting, two aspects --- future screen technologies and certain parameters of WWW success are now under investigation; as to prototyping, with the major Austrian newspaper "Die Presse" and in conjunction with the major publisher of Encyclopedias in Germany "Brockhaus" certain aspects of new developments like Wikis, Blogs and Electronic Communities are going to be tested in a prototype; as to the appointment of a chair, maximum speed in the complex and careful selection process has it made possible that a slate of outstanding candidates will already be interviewed in June 2005, the selection taken from a total of 16 well qualified applicants for the job. It is not unrealistic that by end of 2005 the latest the Chair will have been appointed. Till then the IICM is trying, as agreed with the Styria Group, to carry out the agenda of the Professorship as thoroughly as possible, continuing the work described above.*



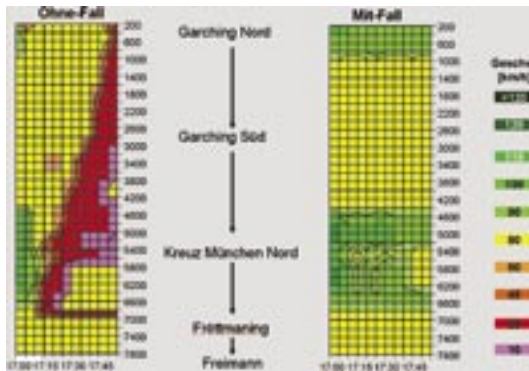


## Martin Fellendorf

*Seit 2. Mai 2005 Professor für "Straßen- und Verkehrswesen"  
am Institut für Straßen- und Verkehrswesen*

### Arbeitsschwerpunkt

Im Verkehrswesen werden Fragen zur Mobilitätssicherung erörtert, Verkehrsnetze geplant und der Betrieb von Verkehrsanlagen analysiert. Unter Einbeziehung der Verkehrsmittel Zu-Fuß-Gehen, Fahrrad, Pkw, Lkw, Bus und Straßenbahn beschränkt sich das ISV auf Verkehrsbewegungen auf unseren Straßen. Die Straßen sollen so geplant und gebaut werden, dass mit den Transportmitteln zum einen ein möglichst sicherer und leistungsfähiger Verkehrsablauf gewährleistet werden kann, aber zum anderen die Umwelt belastenden Einflüsse der Straße selbst und der darauf abgewinkelte Verkehr für die Betroffenen akzeptabel ist.



Geschwindigkeit in Abhängigkeit von Weg und Zeit; fehlende Geschwindigkeitsbeeinflussungsanlage (links) führt zu Stauausbreitung stromaufwärts

In diesem Spannungsfeld zwischen Mobilitätssicherung und Umwelt hat der planende Ingenieur intelligente Lösungen für den Entwurf und den Betrieb von Straßen zu entwickeln. Unter dem Leitgedanken „Modelle führen zu Entdeckungen – Entdeckungen fördern das Verständnis – Verständnis bringt

kontrollierbare Prozesse“ sollen am Institut Verkehrsmodelle entwickelt und angewendet werden, um Verkehrsabläufe zu verbessern. Dem Grundsatz folgend, dass Modelle so einfach wie möglich, aber auch nicht einfacher sein sollen, werden anwendungsspezifische Modelle entwickelt, wobei schwerpunktmäßig unterschiedliche Modelle miteinander vernetzt werden sollen.

Nehmen wir als Beispiel die städtische Verkehrsplanung: Die Einführung von Busfahrstreifen führt zu einer Kapazitätseinschränkung aufgrund dessen einige Autofahrer alternative Routen nehmen werden, sofern diese als attraktiver eingestuft werden. Diese Verlagerung bewirkt möglicherweise Behinderungen an bisher nicht betroffenen Knotenpunkten, denen mit einer geänderten Signalsteuerung begegnet



Simulation eines signalisierten Kreisverkehrs

werden könnte. Dieses Beispiel zeigt, dass Einzelmaßnahmen sehr weiträumige Auswirkungen haben können, die sowohl die Verkehrsplanung als auch die Verkehrssteuerung betreffen.

In den meisten Verwaltungen sind die Zuständigkeiten zwischen der Straßenplanung und der Verkehrssteuerung über Abteilungen hinweg verteilt; ein abteilungsübergreifendes Denken fehlt meist ebenso wie geeignete Modelle, die eine makroskopische Sicht auf ganze Verkehrsnetze und gleichzei-

tig eine mikroskopische Betrachtung auf einzelne Fahrbewegungen zulassen. Am Institut soll ein Simulationslabor aufgebaut werden, wobei bestehende Simulationsmodelle um eigene Entwicklungen ergänzt und miteinander verknüpft werden sollen. Der Schwerpunkt liegt in der Modellentwicklung und nicht in einer anwenderfreundlichen Programmierung der umgebenden Softwarelösungen.

Der abnehmende Ausbau des Straßennetzes bei gleichzeitiger Zunahme des Personen- und Güterverkehrs erfordert zwangsläufig eine bessere Nutzung der vorhandenen Verkehrsinfrastruktur. Sowohl steuernde Maßnahmen der Betreiber, wie Lichtsignalsteuerung und dynamische Anzeigen auf Autobahnen, die derzeit in Tirol und in Wien installiert werden, als auch Verkehrsinformationen wie Radioansagen oder dynamische Navigationssysteme, beeinflussen das Wahlverhalten der Verkehrsteilnehmer bezogen auf Ziel-, Verkehrsmittel- und Routenwahl. Mit einem übergeordneten Verkehrsmanagement versuchen die Betreiber regelnd einzugreifen. Auch zur Planung und Beurteilung von Verkehrsmanagementsystemen werden geeignete Simulationsmodelle benötigt. Diese Modelle dürfen nicht nur auf die Abbildung der Verkehrsnachfrage und des Verkehrsablaufs beschränkt bleiben, sondern müssen gerade vor dem Hintergrund der aktuell diskutierten Feinstaubproblematik verkehrsbedingte Emissionen aber auch Lärm als einen weiteren Störfaktor betrachten. Für diese interdisziplinäre Aufgabe ist eine Zusammenarbeit mit Maschinenbauern, Tontechnikern und Wirtschaftswissenschaftlern angestrebt.

### Lebenslauf

- 1986 Abschluss des Wirtschaftsingenieurstudiums mit der Fachrichtung Operations Research / Informatik an der Universität Karlsruhe
- 1991 Promotion am Institut für Verkehrswesen an der Bauingenieur fakultät der Universität Karlsruhe mit einer Arbeit zur Optimierung der Lichtsignalsteuerung
- 1991–2005 bei der PTV system GmbH, später PTV AG, einem international tätigen Software- und Consultingbüro im Transport und Verkehrswesen erst als Projektleiter für verkehrstechnische Software und später als Prokurist verantwortlich für Verkehrsmanagement und internationale Geschäftsentwicklung
- Mai 2005 Berufung zum Professor für Straßen- und Verkehrswesen an der TU Graz
- seit 1982 Stipendiat und Mitglied der Studienstiftung des Deutschen Volkes
- seit 2000 Mitglied der Association of European Transport
- seit 2002 Mitglied der Working Group „Next Generation Simulation“ des US-amerikanischen Transportation Research Board
- 2004 Verleihung der Feuchtinger/Wehner-Gedenkmünze durch die deutsche Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

*The Institute of Highway Engineering and Transport Planning teaches courses in urban and interurban Road Design, General Transport Planning Process, Regional Planning, Traffic Engineering, Traffic Management and Transport related environmental Impacts. Students will learn about projects by doing case studies in road design and transport planning. Research will focus on simulation models to analyze traffic flow on roads within multi-modal transport networks of different granularity in network topologies. A transport simulation laboratory will be implemented to develop interfaces between macroscopic transportation planning models and microscopic traffic flow. Linkage between static transport modelling and traffic management with dynamic influences will be looked at. The models will be applied in real-world examples to help relieving current traffic problems. Furthermore research is conducted in the human reception of noise evoked by road traffic. Contacts to various other faculties and road administrations will be strengthened to foster joined development and application in a multi-disciplinary environment.*





## Martin Schanz

*Seit 3. Jänner 2005 Professor für "Mechanik"  
am Institut für Allgemeine Mechanik*

Die Mechanik ist eine der theoretischen Grundlagen in den Ingenieurwissenschaften. Trotz ihres ‚Alters‘, die wesentlichen Axiome sind mehrere hundert Jahre alt, ist die Mechanik immer noch lebendig. Ein wesentlicher Fortschritt wurde im letzten Jahrzehnt durch die Etablierung günstiger und leistungsfähiger Computer im Bereich der numerischen Mechanik (Computational Mechanics) erzielt.

Mein Arbeitsschwerpunkt liegt in der Modellierung und Simulation von Wellenausbreitungsvorgängen in unendlich ausgedehnten Medien, wie zum Beispiel die Simulation der Ausbreitung von Erdbebenwellen. Aber auch die Ausbreitung von anderen Störungen im Boden, zum Beispiel hervorgerufen von einer Maschine, sollen modelliert und simuliert werden. Für die numerische Simulation solcher Wellenausbreitungsphänomene bieten sich in der Festkörpermechanik im wesentlichen die Finite Element Methode (FEM) und die Randelementmethode (BEM) an. Dabei hat die BEM den Vorteil die Abstrahlung von Wellen in unendlichen Gebieten (z.B im Erdreich) korrekt zu modellieren im Gegensatz zur FEM. Allerdings bereitet es immer noch Schwierigkeiten Nichtlinearitäten mit der BEM zu modellieren, was bei der FEM mittlerweile Stand der Technik ist. Daher ist es erstrebenswert beide Verfahren zu koppeln, um die Vorteile beider auszunutzen.

Mein Arbeitsschwerpunkt liegt zum einen auf der Weiterentwicklung der BEM im Zeitbereich für visko- und poroelastische Materialien. Zum anderen werden in meiner Arbeitsgruppe effektive Koppelstrategien auf Basis iterativer Methoden mit der FEM entwickelt. Schlussendlich soll ein numerisches Simulationswerkzeug geschaffen werde, das Wellenausbreitung in baurelevanten Fragestellungen simulieren kann, so dass z.B. Maßnahmen zur Erdbebensicherheit von Bauwerken studiert werden können. Dafür ist zum einen eine intensive Zusammenarbeit mit der numerischen Mathematik erforderlich, als auch mit den angewandten Disziplinen aus den Bauingenieurwissenschaften.

Bei der oben geschilderten Modellierung darf das Erdreich meistens nicht als elastisches Material, sondern sollte mindestens viskoelastisch oder poroelastisch modelliert werden. Damit müssen solche Stoffgesetze analysiert und für die Anwendung in der BEM formuliert werden. Aufbauend auf mikromechanischen Betrachtungen werden mit Homogenisierungsverfahren die makroskopischen Materialdaten bestimmt. Die Untersuchung solcher Materialien kann nicht nur im Erdbebeningenieurwesen benutzt werden, sondern zum Beispiel auch zur Modellierung des akustischen Verhaltens von poroelastischen Platten (z.B. Schalldämmmatten im PKW).

Neben diesen zwei Forschungsarbeiten wird von meinem Institut die Grundausbildung von Bauingenieuren in der Mechanik durchgeführt. Darauf aufbauend soll in den neu geplanten Masterstudiengängen Ingenieurbau und Geotechnik auch die höhere Mechanik nicht zu kurz kommen. Vertiefend zu diesen allgemeineren Lehrveranstaltungen biete ich auch Vorlesungen zur Randelementmethode und zu Stoffgesetzen an.

### Lebenslauf

- 1963 geboren in Neu-Ulm (Bayern)
- 1984 - 1990 Studium des theoretischen Maschinenbaus an der Universität Fridericiana zu Karlsruhe
- 1990 - 1994 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität der Bundeswehr in Hamburg
- 1994 Promotion zum Dr.-Ing. an der Universität der Bundeswehr in Hamburg
- 1994 - 2004 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Braunschweig
- 1999 Forschungsaufenthalt an der University of Delaware, Newark, Delaware
- 2001 Habilitation im Fach Mechanik an der Technischen Universität Braunschweig
- 2002 Forschungsaufenthalt an der Sao Paulo State University at Campinas, Brasilien
- 2005 Univ.-Prof. für Mechanik an der Technischen Universität Graz

*The research activities of my group concern the simulation of wave propagation in visco- and poroelastic media. Possible applications are earthquake engineering or the acoustic behaviour of porous media. For semi-infinite media the Boundary Element Method (BEM) is further developed to establish algorithms in time domain for poroelastic as well as viscoelastic materials. As the BEM loses its efficiency if nonlinearities are considered coupling strategies with the Finite Element Method (FEM) are under study. With such a BE-FE coupling the advantages of both methods can be combined. However, such a coupling should preserve the advantages of each method. Therefore, iterative strategies like mortar methods are under development for visco- and poroelastic materials.*

*A second aspect of my research activities are homogenisation for micro structured materials. Actual research takes inertia effects on the micro scale into account yielding viscoelastic material behaviour on the macro scale. This approach also motivates the usage of poroelastic theories on the macro scale with application in acoustics, e.g., to model the acoustic behaviour of a poroelastic plate for sound insulation.*



## Dieter Schmalstieg

*Seit 1. Oktober 2004 Professor für "Virtual Reality und Computergrafik" am Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen*

### Augmented Reality macht die Welt zur Benutzerschnittstelle

Wie werden Benutzerschnittstellen für Computersysteme in zehn Jahren aussehen? Ohne Zweifel gibt es einen Trend zu immer höher auflösenden Bildschirmen, verfügbar als winzige Mobilgeräte oder als riesige Anzeigewände. Derartige Geräte sind aber nur die Fortschreibung existierender Lösungen mit neuer Technologie und beinhalten keine fundamental neuen Ideen. Die Menschen erwarten sich die Verfügbarkeit von Computerunterstützung immer und überall, aber die Bedienung des Computers durch Maus und Tastatur ist abseits des Schreibtisches im allgemeinen nicht sehr wirkungsvoll. Auch geübte SMS-Enthusiasten sind beim Erstellen von Texten per Handy im Gedränge der U-Bahn sehr viel langsamer als mit einem PC, und ein Flugzeugmechaniker hat bei Reparaturarbeiten gar keine Hand frei, um Eingaben zu machen. Gerade jedoch bei so komplexen Aufgaben wie Flugzeugwartung ist der Zugriff auf gespeichertes oder aktuelles, veränderliches Wissen unbedingt nötig. Wie kann man also eine Benutzerschnittstelle gestalten, die immer und überall das benötigte Wissen zur Verfügung stellt?

Augmented Reality (AR) tritt an, diese Benutzerschnittstelle zu liefern, indem computergenerierte Informationen den (meist visuellen) Wahrnehmungen des Benutzers hinzugefügt werden. Dies kann durch spezielle „Dursicht“-Datenbrillen geschehen, die mittels einer Spiegeloptik Computerbilder in das Sichtfeld einblenden, oder neuerdings durch „Video See Through“, basierend auf einer Kombination aus Videokamera und Kleinbildschirm, auf dem das Live-Videobild durch Computergraphik überlagert angezeigt wird. Letzteres lässt sich heutzutage schon mit einem handelsüblichen Kamerahandy gut erledigen.

AR-Systeme erfassen durch zusätzliche Sensoren in Echtzeit die Bewegungen des Benutzers und können so auf Benutzereingaben (etwa durch Gesten) und sonstige Ereignisse in der Umgebung reagieren. Über drahtlose Netzwerke können zusätzliche aktuelle Informationen zur Verfügung gestellt werden. Der Flugzeugtechniker profitiert von diesem „Super-Sehsinn“ genauso wie der Chirurg, der durch AR den Röntgenblick erhält, oder der Feuerwehrmann, der die Position des Gaslecks in einem brennenden Gebäude durch die Mauern hindurch wahrnehmen kann.

AR-Systeme verhalten sich prinzipiell orts- und situationsabhängig, jedoch wurde dieser Aspekt wegen der grossen Zahl von technischen Hürden bisher nur sehr wenig erforscht. Im Rahmen des vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung FWF finanzierten Projekts „Augmented Reality für Pervasive Computing“ werden erstmals

skalierbare AR-Systeme konstruiert und untersucht, die viele Benutzer und Orte gleichzeitig bedienen können.

Dieter Schmalstieg ist seit dem Beginn des Studienjahrs 2005/2006 Professor für Computergraphik und Virtual Reality am Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen der Technischen Universität Graz. Das Institut ist hinsichtlich der doppelten Ausrichtung auf die komplexen Forschungsbereiche Computergraphik und Computer Vision in Österreich einzigartig, und bildet eine ausgezeichnete Umgebung für Forschung im Bereich Augmented Reality, wo beide Themen verschmelzen. Prof. Schmalstieg leitet die Entwicklung der Softwareplattform „Studierstube“, welche seit nunmehr neun Jahren als Grundlage für eine Vielzahl von nationalen und internationalen Forschungsprojekten dient. Vor seiner Berufung an die TU Graz war er an der TU Wien tätig, wo er auch promoviert hat. Im Jahr 2002 wurde ihm der START-Preis des österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung FWF verliehen. Neben seiner Lehrtätigkeit im Bereich Computergraphik und Multimedia-Technologie für die Studienrichtungen Telematik und Softwareentwicklung ist Prof. Schmalstieg in verschiedenen wissenschaftlichen Funktionen tätig, unter anderem als Obmann der EUROGRAPHICS Working Group on Virtual Environments und als Mitglied des Steuerungsausschusses des IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality.

Siehe auch: <http://www.studierstube.org>

*Augmented Reality (AR) is a new user interface technology, which uses see-through displays to superimpose computer generated information directly in a user's field of view. Multiple sensors (for example, miniature video cameras and gyroscopes) recognize the user's movements and the current location and situation in real time, and allow the computer to display context sensitive information directly at the task location. A maintenance technician can be provided with detailed explanation of the electronic circuit being repaired, while a surgeon is enabled to see „into“ the patient based on real-time medical imaging.*

*While these prospects are very exiting, until now there has been little research on making AR systems truly mobile and ubiquitous. Scaling up AR solutions to large environments and large numbers of concurrent users is the current mission of the Augmented Reality research group of Prof. Schmalstieg at Graz University of Technology.*



Die Züge beim „Invisible Train“ folgen der hölzernen Streckenführung, fahren aber nur auf den PDA-Computern. Dieses Exponat für mehrere Personen, das die Möglichkeiten von Augmented Reality spielerisch aufzeigt, war bereits auf über zehn internationalen Ausstellungen zu sehen.



## Matthäus Siebenhofer

*Seit 2. Mai 2005 Professor für „Reaktive Systeme in der Verfahrenstechnik“  
 am Institut für Thermische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik*

Die chemische Industrie steht an der Schwelle zu einer neuen Ausrichtung von Verfahrens- und Produktionskonzepten. Während in der Vergangenheit maximale Produktion und Produktionsauslastung die Denkweise in Planung und Betrieb von Produktionsanlagen dominiert hat, ist bedarfsorientierte Flexibilität in zunehmendem Ausmaß Leitlinie für die zukünftige Ausrichtung von Planung und Betrieb von Produktionsanlagen.

Dieser Trend wird zusätzlich von sicherheitstechnischen, legislativen und logistischen Aspekten tangiert. Die auch in Zukunft zu erwartende Verschärfung dieser Rahmenbedingungen muss in entsprechendem Ausmaß in die Planung und in die Realisierung von Produktionsanlagen einfließen. Dazu bedarf es aber auch völlig neuer Konzepte bei der Aus- und Durchführung stoffumwandelnder Prozesse, um der Forderung nach Flexibilität und Minimierung sicherheitstechnischer Risiken bei Transport, Lagerung und chemischer Reaktion selbst zu entsprechen.

Lösungsansätze dazu sind „On site“ Produktion und Versorgung mit Reaktionspartnern und Hilfsstoffen, um nach Möglichkeit durch „Insellösungen“ Unabhängigkeit und Flexibilität zu erreichen.

Die elektrochemische Reaktionstechnik entspricht genau diesem Anforderungsprofil. In Verbindung mit fotochemischen Prozessen bietet sie ein breites Anwendungsfeld in der chemischen Synthese und im Umweltschutz.

Daher wurden am Institut für Thermische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik diese stoffumwandelnden Grundverfahren zu einem eigenen Forschungsschwerpunkt zusammengefasst. Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der Entwicklung von „Advanced Oxidation Processes“ (AOP) in der chemischen Synthese und im Umweltschutz.

Unter anderem werden am Beispiel Abwasserreinigung/Wasser-aufbereitung AOPs untersucht und modelliert, um für die Reaktorauslegung geeignete Algorithmen zur Verfügung stellen zu können. Beispielhaft für die Anwendung im Umweltschutz sei kurz die Behandlung EDTA-belasteter Wässer skizziert. Grundsätzlich kann die „Entgiftung“ EDTA-belasteter Wässer auf die Zerstörung der Komplexbildungsfähigkeit begrenzt werden. Es kann aber auch die partielle oder vollständige Mineralisierung gefordert sein. Beide Reaktionswege können durch AOPs realisiert werden.

Abb.1 zeigt den Vergleich des EDTA-Abbaues, also des Verlustes der Komplexbildungsfähigkeit, mit der Mineralisierung in Abhängigkeit der Arbeitsbedingungen. Wie die Graphik zeigt, kann der Abbau durch

die Wahl geeigneter Reaktionsbedingungen von der Mineralisierung weitgehend entkoppelt werden. Durch Änderung der Reaktionsbedingungen ist dem Abbau die vollständige Mineralisierung überlagert.

In diesen Forschungsschwerpunkt sind neben einem Spin-off Unternehmen der Montanuniversität Leoben auch die Firmen VTU Engineering GmbH und BDI GmbH eingebunden. Darüber hinausgehend bietet dieses Forschungsgebiet sehr gute Voraussetzungen für eine intrafakultäre Forschungsvernetzung und für die Einbindung aktuellster Ergebnisse in die Lehre.

Am Institut für Thermische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik selbst wird durch Kooperation mit weiteren Forschungsgruppen auch die Kombination von AOPs mit thermischen Grundverfahren bearbeitet.

Weitere Informationen:

[www.tvtut.tugraz.at](http://www.tvtut.tugraz.at)

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

### Lebenslauf

- 1973 - 1979 Studium der Technischen Chemie-Chemieingenieurwesen an der Technischen Universität Graz
- 1979 - 1983 Dissertation bei Professor Marr auf dem Gebiet der Solventbeschreibung in der Extraktion mit chemischer Reaktion
- 1983 Promotion zum Doktor der Technischen Wissenschaften
- 1982 - 1986 Vertragsassistent am Institut für Verfahrenstechnik der Technischen Universität Graz
- 1986 - 1987 Universitätsassistent am Institut für Verfahrenstechnik der Technischen Universität Graz
- 1987 Ziviltechnikerprüfung für Technische Chemie
- 1987 - 1992 F&E, Firma Refractories Consulting & Engineering GmbH in Radenthein
- 1992 - 1996 F&E und Engineering für Sonderverfahren bei Firma VTU GmbH in Graz
- 1994 Konzessionsprüfung für die befugten bewilligungspflichtigen Gewerbe der Technischen Büros
- 1996 - 1997 Technische Leitung des gesamten Versuchs- und Produktionsbetriebes der Firma ABRG GmbH in Arnoldstein
- 1997 - 2005 F&E und Engineering für Sonderverfahren bei Firma VTU GmbH in Graz
- Seit 1995 Lehrbeauftragter an der Montanuniversität Leoben
- Seit 2000 Lehrbeauftragter an der Technischen Universität Graz
- 2005 Ruf an die Technische Universität Graz

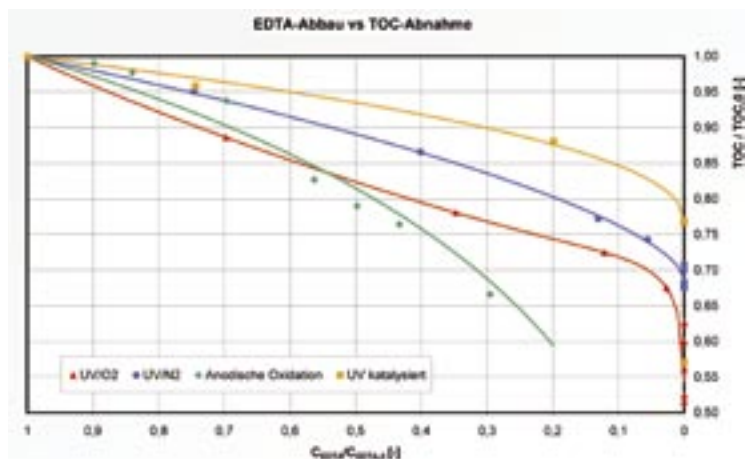


Abb. 1: Einfluss der Arbeitsbedingungen auf den EDTA-Abbau und auf die Mineralisierung von EDTA; Temperatur: 20 °C; EDTA-Startkonzentration: 1.34 mM/l; UV/O2: luftbegast; UV/H2O2: stickstoffbegast.

*The chemical industry has become subject of severe changes in legislative and logistic as well as safety and security affairs. In comparison with design and operation philosophy in the past, governed by maximum production capacities, production on demand increasingly affects operation, plant- and process design. As a consequence high flexibility and risk minimisation have a major influence on design and production.*

*On site synthesis of feed products, intermediates and auxiliaries refers to the strategy of minimum risk regarding safety, security and logistic affairs. Electrochemical reactions and synthesis correspond with this strategy. The Institute for Process and Plant Design and Environmental Protection has established a task force with a research focus on Advanced Oxidation Processes (AOPs) in synthesis and environmental applications. Research activity is based on partnership with industrial partners and several institutes of Graz University of Technology and the Montanuniversität Leoben.*





## Adaptive Gebäudehäute

### *Adaptive facades*

Seit dem Wintersemester 2004/2005 bin ich als Universitätsassistent am Institut für Gebäude und Energie tätig.

Nach einem Maschinenbaustudium an der TU München mit Schwerpunkt in der Energie- und Gebäudetechnik habe ich zunächst an der Forschungsstelle für Energiewirtschaft in München überwiegend auf dem Gebiet der Anlagentechnik für Gebäude gearbeitet. Ein wichtiges Arbeitsgebiet waren Untersuchungen zum Taktverhalten von Wärmeerzeugern mittels Entwicklung, Aufbau und Betrieb eines entsprechenden Prüfstandes. Mein Wunsch das energetische Verhalten von Gebäuden bereits im Entwurf zu berücksichtigen und zu beeinflussen, führte in der Folge zum Architekturstudium an der TU München. Zeitgleich war ich für eine große Ingenieurgesellschaft in der Planung und Umsetzung von Energiekonzepten großer Bauvorhaben tätig.

Meine Arbeit am Institut für Gebäude und Energie ermöglicht es, die Sichtweise, den Energiebedarf bereits durch einen intelligenten Entwurf zu minimieren, weiterzuverfolgen.

Die Gebäudehaut als „Systemgrenze“ zwischen Innenraum und äußerer Umgebung ist wesentlich verantwortlich für den Eintrag oder die Verringerung von Raumlasten und damit für ein behagliches Raumklima, das möglichst energieeffizient aufrechterhalten werden soll. Erstrebenswert ist deshalb ein ausgeprägtes Anpassungsvermögen der Gebäudehaut an die Umwelt, an Zustände im Innenraum und an das Nutzerverhalten. Bisher besitzen fast alle Gebäudefassaden weitgehend feststehende Eigenschaften, die meist nur auf einfache Weise in wenigen Stufen veränderbar sind und damit den komplexen Anforderungen nicht genügen (z.B. Jalousie). Dabei besteht sowohl Optimierungsbedarf hinsichtlich einer exakteren Reaktion auf zeitlich variable Einflussgrößen, wie z.B. der solaren Strahlungsgewinne (die sind im Winter erwünscht, im Sommer erhöhen sie jedoch den Kühlbedarf) und hinsichtlich der Behandlung von Konfliktsituationen (eine Verschattung im Sommer vermindert zwar einerseits den Kühlbedarf, kann andererseits jedoch einen erhöhten Energieverbrauch infolge Kunstlichtnutzung verursachen).

Erschwerend kommen meist weitere Anforderungen hinzu wie das Sicherstellen einer ausreichenden Entblendung. Diese Vielfalt der Einflussgrößen und Anforderungen in Kombination mit den Besonderheiten einer konkreten Bauaufgabe verursacht die derzeit zu beobachtende Unsicherheit in der Planung energieeffizienter Gebäude.

In der Forschungsarbeit „Adaptive Gebäudehäute“ werden anhand eines standardisierten Bürogebäudes unter Berücksichtigung der äußeren und inneren Lasten und für einen definierten zu erreichenden Raumzustand alle wichtigen die Fassade betreffenden Maßnahmen systematisch variiert. Ziel der Arbeit ist es, einerseits für Architekten und Fachplaner einen umfassenden Katalog zu erstellen, der es erlaubt, die Auswirkungen von Planungsschritten auf den Energiehaushalt von Gebäuden hinreichend genau zu bewerten und gegebenenfalls zu verbessern. Andererseits sollen die durchgeführten Analysen als Basis für die Entwicklung intelligenter Gebäudehüllen dienen. Die zur Anwendung kommende Methode der thermischen Gebäudesimulation und Strömungssimulation

erlaubt eine sehr differenzierte und genaue Betrachtungsweise, die unbedingt erforderlich ist, um festzulegen, welche Eigenschaft die Gebäudehülle zu welchem Zeitpunkt annehmen soll.

Die Bewertungen werden anhand der erzielten Primärenergieeinsparung sowie der erreichten Behaglichkeit vorgenommen. In enger Zusammenarbeit mit anderen Instituten der Fakultät Architektur – u.a. innerhalb des Forschungsschwerpunktes „Design Science in Architecture“ – finden die Ergebnisse Eingang in eine ganzheitliche Betrachtungsweise, die zusätzlich beispielsweise Aspekte des Städtebaus berücksichtigen wird.



Phase changing material (PCM) zur Anpassung der Speicherfähigkeit von Materialien  
Bild: Michelle Addington, Smart Materials and Technologies for the architecture and design professions, Elsevier Architectural Press, Oxford 2005

### *Adaptive facades*

*Recent developments in energy-efficient buildings were successful in improving the static properties of facades, e.g. thermal insulation. For further improvement detailed and differentiated research has to be done to explore the interaction of the different variables. For a standard office building this research project varies systematically layout and properties of its facade and components in order to determine which property should be adapted at which point of time. Research work is carried out by means of dynamic thermal simulation and computational fluid dynamics, which allows monitoring of energy demand and certain indicators for comfort. As a result a design guide with possible combinations in facade design will be generated. It will allow architects to evaluate the building's energy performance at an early stage of planning. In addition this research work will define the feasibility of further development in adaptive building materials to lower the energy demand of buildings.*



## Wissensorientierung in der Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken

### *Knowledge Orientation in the Design of Value Adding Networks*

Die Verknüpfung von Technik, insbesondere Maschinenbau, und Wirtschaft hat mich seit meiner Mittelschulzeit fasziniert und so war es ein logischer Schritt, Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau zu studieren, wofür für mich nur die TU Graz in Frage kam.

Nach 1¾ Jahren bei einer großen steirischen Industrieunternehmung wollte ich noch tiefer in die Materie einsteigen und wechselte als Universitätsassistent an das Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung bei Prof. Wohinz.

Aus Sicht der Forschung war (und ist) vor allem der Forschungsschwerpunkt des Instituts eine große Herausforderung: Das Wissensmanagement und das Innovationsmanagement, beides Themen höchster Aktualität, wobei ersteres mein persönlicher Schwerpunkt werden sollte: Wissen wird in zunehmendem Maß als die wichtige Ressource in Leistungserstellungsprozessen erkannt – das Wissensmanagement als die gezielte Auseinandersetzung mit Wissen und das Managements einer Organisation unter dem Aspekt Wissen ist eine logische Konsequenz daraus.

Das Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung beschäftigt sich bereits seit Mitte der 90er Jahre intensiv mit dem Thema Wissensmanagement, wodurch bereits eine Reihe an Dissertationen zur Verfügung stand, auf die aufgebaut werden konnte. Die Herausforderung bestand nun darin, die erarbeiteten Konzepte mit einem weiteren Trend zu verbinden, der mittlerweile die Wirtschaft prägt: Heute ist eine einzelne Unternehmung immer seltener in der Lage, alle zur Leistungserstellung notwendigen Ressourcen in der geforderten Zeit, Qualität und Kosten alleine zur Verfügung zu stellen. Kooperationen und über mehrere Leistungsstufen verzahnte Wertschöpfungsprozesse stehen an der Tagesordnung, Wertschöpfungsnetzwerke entstehen.

Auch für Wertschöpfungsnetzwerke trifft die hohe Bedeutung der Ressource Wissen zu und verlangt ein adäquates Management dieser. Bevor aber ein effizientes und effektives Wissensmanagement betrieben werden kann, ist das Netzwerk sinnvollerweise derart zu gestalten, dass Wissensmanagement-Interventionen bestmöglich unterstützt werden, eine durchaus anspruchsvolle Aufgabe.

Soll nun Wertschöpfungsnetzwerk aus der Sicht von Wissen und Wissensmanagement – also wissensorientiert – gestaltet werden, kommt es darauf an, Rahmenbedingungen zu schaffen die garantieren, dass Wissen im Netzwerk bestmöglich generiert, transferiert, vernetzt und angewendet werden. Diese Rahmenbedingungen betreffen konkret drei Dimensionen:

- Die Strategie als die grundlegende Leitlinie der Entwicklung, mit welcher sich eine Organisation gegenüber ihrem Umfeld zu behaupten versucht,
- die Struktur als ein System geltender Regelungen, die für die Steuerung der Handlungen und des Verhaltens der Organisationsmitglieder zur Erreichung der Organisationsziele eingesetzt werden und
- die Kultur als ein System von gemeinsamen Prämissen, Werten und Artefakten, welche eine Organisation im Laufe der Zeit „erlernt“ hat und die Zusammenarbeit der Organisationsmitglieder bei der Bewältigung ihrer Aufgaben prägt.

Mit der Berücksichtigung der Strategie rückt zunächst die strategische Relevanz der Ressource Wissen für den Erfolg in das Zentrum der Überlegungen. Die Beachtung von Aspekten der

Struktur und der Kultur sollen dann gewährleisten, dass zum einen rasch auf die Wissensbestände im Netzwerk zugegriffen werden kann und zum anderen, dass der Aufbau von Vertrauen zwischen den Partnern Wissensmanagement bestmöglich unterstützt.

Das besondere ist, dass Strategie, Struktur und Kultur sowohl aus Sicht des Netzwerkes, als auch aus Sicht der daran beteiligten Organisationen (Unternehmungen, Forschungsinstitutionen etc.) von Bedeutung sind.

Die wissensorientierte Gestaltung eines Wertschöpfungsnetzwerkes kann nun systematisch nach einem allgemeinen, aus drei Schritten (Analyse, Gestaltung und Entwicklung) bestehenden Vorgehensmodell erfolgen (siehe Abbildung). Dieser Ansatz soll dazu dienen, die „operative“ Abwicklung eines derartigen Vorhabens zu erleichtern, da dieser sequentiell umgesetzt werden kann. Er ist jedoch nicht als starre Abfolge von Schritten und Teilschritten zu sehen, sondern als flexibler Rahmen zu interpretieren, der modifiziert werden kann und dazu dient, die Komplexität der Gestaltungsaufgabe zu reduzieren.

Um auch persönlich den Netzwerkgedanken zu pflegen, bin ich Mitglied im Wissensmanagement Forum Graz – die beiden letzten Jahre in der Funktion des Obmannes –, einem Netzwerk bestehend aus Wissenschaftlern dreier steirischer Universitäten, das sich zur Aufgabe gemacht hat, das Thema Wissensmanagement weiterzuentwickeln und in die Praxis zu tragen.



Ansatz zur Wissensorientierten Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken

### *Knowledge Orientation in the Design of Value Adding Networks*

*In a time of ongoing economic changes, single enterprises are less capable to provide all the resources needed for the production of goods and services within a desired time and at a desired quality level. As a consequence, value adding networks are formed. Due to the fact that knowledge increasingly becomes the most valuable resource for value adding processes, an adequate management of knowledge is needed.*

*However, before starting effective and efficient knowledge management, the value adding network has to be designed in a manner that knowledge management interventions are supported. Strategy, structure and culture can be identified as the essential design dimensions for value-adding-networks and for knowledge management in value adding networks as well.*

*In order to cope with the challenging task of forming a value adding network according to the needs of knowledge and knowledge management a design approach for the knowledge oriented design of value-adding-networks was developed. This forms strategy, structure and culture of a network and happens in a sequence of three steps (analysis, design and development).*



# Metalloce-Katalysatoren der Gruppe 4 : Synthese, Anwendung und Molecular Modelling

## Group 4 Metallocenes: Synthesis, Application and Computational Modelling

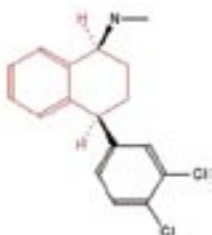
„Wer sich Steine zurechtlegen kann, über die er stolpert, hat Erfolg in den Naturwissenschaften“. Frei nach diesem Zitat von Erwin Chargaff habe ich mich nach der Reifeprüfung entschlossen, hier an der TU Graz Technische Chemie zu studieren. Da mein Interesse dabei von Anfang an aber auch den verfahrenstechnischen Gebieten galt, habe ich im zweiten Studienabschnitt den Zweig Chemieingenieurwesen gewählt, die Chemie dabei aber nie ganz hinter mir gelassen. Mit Metallocenen der Gruppe 4 beschäftige ich mich seit meiner Diplomarbeit, die ich durch die Vermittlung von Prof. Raupenstrauch vom Institut für Apparatebau, Mechanische Verfahrenstechnik und Feuerungstechnik bei Prof. Johannes Khinast am Department of Chemical and Biochemical Engineering, Rutgers The State University of New Jersey machen durfte. Die erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe rund um Prof. Khinast setzt sich nun während meiner Dissertation im Bereich der Metallocen-Katalyse fort.

Metallocene, auch „Sandwich-Verbindungen“ genannt, sind Substanzen, die ein Metallatom zwischen zwei aromatischen Ringsystemen besitzen. Zu den wohl bekanntesten Vertretern dieser Gruppe gehören die Ferrocene, die ein Eisenatom von zwei aromatischen Fünfringen umgeben aufweisen. Die Substituenten an den Ringsystemen können generell in zahlreichen Modifikationen variiert werden, wodurch die Eigenschaften des Komplexes erheblich beeinflusst werden. Metallocene haben ein sehr facettenreiches Anwendungsgebiet, die meisten werden als Katalysatoren oder als Katalysator-Vorstufen verwendet.

Mein Arbeitsgebiet beinhaltet Metallocene der Gruppe 4, also Verbindungen mit den Übergangsmetallen Titan, Zirkonium oder Hafnium, die als besonders aktive und selektive Katalysatoren bekannt sind. Im Speziellen beschäftige ich mich mit der Untersuchung der Kinetik und des Reaktionsmechanismus der Hydrosilylierung von prochiralen Iminen mit Hilfe eines chiralen Titanocen Katalysators. Die dabei produzierten chiralen Amine sind wichtige Zwischenstufen in der Herstellung von stickstoffhaltigen Verbindungen, die in Pharmazeutika (z.B. Sertralin (Gladem®, Zoloft®), siehe Abb. 1), Herbiziden (z.B. (S)-Metolachlor, aktiver Bestandteil im Herbizid Dual Magnum® mit einer Produktion von > 10 000 t/a) und vielen anderen industriellen Produkten vorkommen.



Abb. 1: Die chemische Struktur des Antidepressivums Sertralin (Gladem®, Zoloft®)



Bei der Hydrosilylierung addiert ein Si-H Element entlang einer Doppelbindung wie C=C, C=O oder, wie im Falle der Imine, C=N. Nach der Entfernung der Silylgruppe enthält man die entsprechende hydrierte Verbindung. Da im Gegensatz zur Hydrierung mit Wasserstoff bei der Hydrosilylierung

die Silan-Gruppe als Wasserstoff-Donor fungiert, ist diese Methode sicherer und einfacher in der Durchführung.

Metallocene der Gruppe 4 werden neben der Hydrosilylierung und Hydrierung auch für die Polymerisation verwendet, wo sie eine echte Konkurrenz zu den Ziegler-Natta Systemen darstellen. Die meisten der

in diesem Zusammenhang verwendeten Katalysatoren liegen während der Reaktion gelöst vor, d.h. es mangelt ihnen an den Vorteilen heterogener Verbindungen. Die einfache Entfernung und Rückgewinnung des Katalysators, um ein Verschleppen der Metallkomponente zu vermeiden, als auch die Möglichkeit der kontinuierlichen Prozessführung sind Eigenschaften, die besonders in der pharmazeutischen Reaktionstechnik angestrebt werden. Ein weiteres Arbeitsgebiet der Mitarbeiter von Prof. Khinast ist deshalb die Entwicklung von Synthesemethoden für Metallocen-Liganden, die eine funktionelle Gruppe am Ringgerüst aufweisen. Diese Verbindungen können als solche für katalytische Reaktionen verwendet oder an heterogene Träger gebunden werden. Meine Aufgabe wird es sein, die Leistung dieser neuen Katalysatoren zu erforschen.

Molecular Modelling Methoden haben sich in diesem Zusammenhang als ein sehr nützliches Werkzeug für das „Katalysatordesign“ erwiesen. Mit Hilfe der DFT (Dichte Funktional Theorie) Methode werden die Einflüsse der Substituenten am Metall und der Ringliganden auf die Geometrie und die molekulare elektronische Struktur untersucht, um damit auf die Reaktivität der Verbindungen und auch auf mögliche Reaktionszwischenstufen zurück zuschließen. Die Ergebnisse einer DFT Studie für einen Titanocen-Katalysator sind in Abb. 2 dargestellt.

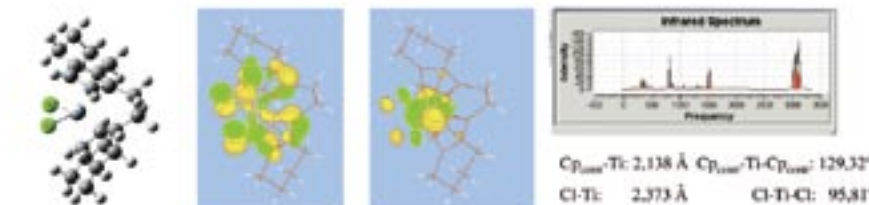


Abb. 2: Ergebnisse der DFT Studie für Ethylen-1,2-bis (η<sup>5</sup>-4,5,6,7-tetrahydro-1-indenyl) titandichlorid als Beispiel eines Metallocen-Katalysators der Gruppe 4: Struktur, HOMO (highest occupied molecular orbital), LUMO (lowest unoccupied molecular orbital), IR Spektrum und einige geometrische Parameter (Cpcentr=Zentrum des Cyclopentadienylrings)

## Group 4 Metallocenes: Synthesis, Application and Computational Modelling

Metallocenes, also known as “sandwich compounds”, are substances with a metal atom surrounded by two aromatic rings. The substituents on the rings can be varied in numerous ways, leading to modifications, which influence the properties of the complexes.

My research area includes Group 4 metallocenes, which contain titanium, zirconium and hafnium. Particularly, I'm investigating reaction kinetics and mechanistic pathways of the hydrosilylation of prochiral imines using a chiral titanocene catalyst. The reactions yield chiral amines, which are important intermediates in pharmaceutical and agrochemical industry. Hydrosilylations involve silanes as hydrogen donors and are therefore easier to handle than reactions using hydrogen gas.

Further applications of Group 4 metallocenes are polymerizations, where they compete against the popular Ziegler-Natta systems. Since the metallocene-catalysts are often homogeneous, they lack the advantages of heterogeneous catalysts. Therefore, one research objective is the development of new ligands containing functional groups for immobilization.

Molecular modelling methods, particularly DFT methods, are used to analyse the geometries and the electronic structures of these compounds to get more information about the reactivities and about intermediates in the reaction pathways.



## Preise und Auszeichnungen

Rektor O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. **Hans SÜNKEL** wurde in der Plenarversammlung der Österreichischen Rektorenkonferenz am 14./15. März 2005 ins Präsidium gewählt und ist nun für den Bereich Forschung und Forschungspolitik zuständig.

O.Univ.-Prof. Dr. Dr.h.c. **Erich HÖDL**, Rektor der Technischen Universität Graz von 2000-2003 ist von der Bundesregierung für eine fünfjährige Amtsperiode in den Österreichischen Akkreditierungsrat berufen worden.

Dipl.-Ing. Dr.techn. **Dieter MÜNZER** (Institut für Organische Chemie) wurde am 18. März 2005. mit dem Josef-Krainer-Preis ausgezeichnet.

Den zweiten Platz beim Johann Puch Award für Excellence in Automotive Engineering erreichten Dipl.-Ing. **Gerald KELZ** (Institut für Mechanik) und Dipl.-Ing. **Martin ROSENBERGER** (VIF-Kompetenzzentrum – Das virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft mbH). Die Preisverleihung fand am 7. April 2005 statt.

Dipl.-Ing. Dr.techn. **Ernst KOZESCHNIK** wurde am 26. April 2005 in Dallas, USA, mit dem renommierten „Professor Koichi Masubuchi Award“ der American Welding Society ausgezeichnet.

Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Hansjörg ALBRECHER**, Institut für Mathematik B (Mathematische Optimierung, dynamische Systeme und Diskrete Mathematik) wurde am 27. April 2005 mit dem „Gauss-Preis“ der Deutschen Gesellschaft für Versicherungs- und Finanzmathematik sowie der Deutschen Aktuarvereinigung ausgezeichnet.

## Veranstaltungen

03. Aug. 2005 (13:00 – 19:00 Uhr, HS WB (Stremayrgasse 10/II), 04. Aug. 2005 (07:30 – 19:00 Uhr, HS WB, Stremayrgasse 10/II), 05. Aug. 2005 (07:30 – 17:00 Uhr, Zentral-Wasserversorgung Hochschwab-Süd und Stadtkraftwerk Leoben), 06. Aug. 2005 (07:30 – 14:30 Uhr, Leibnitz)

**7. Treffen junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler deutschsprachiger Wasserbauinstitute** (JuWi-7), Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

15. Sept. – 17. Sept. 2005, 09:00 – 18:00 Uhr, Universität Klagenfurt  
**Workshop „Business Building – Basic Training I“**, Science Park Graz GmbH, build! Gründerzentrum Kärnten GmbH, Universität Klagenfurt – Lehrstuhl für Innovationsmanagement und Unternehmensgründung

19. Sept. – 21. Sept. 2005, 08:00 – 18:00 Uhr, HS P1 (Petersgasse 16/EG)  
**36. Tagung „Moderne Schienenfahrzeuge“**, Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft

21. Sept. 2005, 08:15 – 19:00 Uhr, SR BKEG053 (Petersgasse 14/EG)  
**Tagung „DSM-Meeting“**, Angewandte Biokatalyse –Kompetenzzentrum GmbH

29. Sept. – 01. Okt. 2005, 09:00 – 18:00 Uhr, Universität Klagenfurt  
**Workshop „Business Building – Basic Training II“**, Science Park Graz GmbH, build! Gründerzentrum Kärnten GmbH, Universität Klagenfurt – Lehrstuhl für Innovationsmanagement und Unternehmensgründung

18. Okt. 2005, 09:00 – 18:00 Uhr, Universität Klagenfurt  
**Workshop „Kreativitätstechniken zur Produktentwicklung – AplusB Business Building“**, Gründerzentrum Kärnten GmbH, Universität Klagenfurt – Lehrstuhl für Innovationsmanagement und Unternehmensgründung

18. Okt. 2005, 14:00 – 22:00 Uhr, Aula (Rechbauerstraße 12/I)

**1. Karriere-Forum E+I-Technik mit Diplomarbeitpräsentation und Podiumsdiskussion**, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, e2i, Verein der Absolventen der Elektrotechnik und Informatik (ELITE), Österreichischer Verband für Elektrotechnik (OVE)

21. Okt. – 22. Okt. 2005, 08:00 – 22:00 Uhr, HS I (Rechbauerstraße 12/K1)  
**Symposium „Die Zukunft der Stadt ist, dass sie überall ist“**, Institut für Städtebau

05. Nov. 2005, 09:00 – 18:00 Uhr, HS XII (Rechbauerstraße 12/EG)  
**Workshop „Rhetorik – wer reden kann, ist besser dran!“**, Akademisches Gründerzentrum Science Park Graz GmbH, build! Gründerzentrum Kärnten GmbH, Universität Klagenfurt – Lehrstuhl für Innovationsmanagement und Unternehmensgründung

10. Nov. – 11. Nov. 2005, 09:00 – 17:00 Uhr, Vitalhotel Bad Gleichenberg  
**ZECO Emissions Conference 2005**, Institut für Ressourcenschonende und Nachhaltige Systeme, BM:VIT

16. Nov. 2005, 08:00 – 20:00 Uhr, HS WB (Stremayrgasse 10/II)  
Tagung **„Wasser am Nachmittag – Bier am Abend“**, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau

02. Dez. 2005, 09:00 – 12:00 Uhr, HS Modul (Inffeldgasse 21/A/EG)  
Workshop **„Praxissteuerfragen rund um die Unternehmensgründung – AplusB Business Building“**, Science Park Graz GmbH, build! Gründerzentrum Kärnten GmbH, Universität Klagenfurt – Lehrstuhl für Innovationsmanagement und Unternehmensgründung



Kontaktadresse:  
Technische Universität Graz  
Büro des Rektorates – Öffentlichkeitsarbeit  
Rechbauerstraße 12, 8010 Graz  
Tel: ++43 (0) 316 873 6064  
info@tugraz.at  
<http://www.TUGraz.at>