

# Forschungsjournal

der Technischen Universität Graz

*Research journal / Graz University of Technology*

# Inhalt

## Fakultäten

- 5 Fakultät für Architektur  
*Pierre-Alain Croset*
- 9 Fakultät für Bauingenieurwesen  
*Klaus Rießberger*
- 13 Fakultät für Maschinenbau  
*Ulrich Bauer*
- 20 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik  
*Manfred Rentmeister*
- 24 Technisch-Naturwissenschaftliche Fakultät  
*Hans Vogler*

## Forschungsinstitut und Versuchsanstalten

- 27 Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener Technischer  
Versuchs- und Forschungsanstalt (TVFA) für Festigkeits- und Materialprüfung  
*Helmuth Geymayer*
- 29 Seeing the Invisible  
*Ferdinand Hofer*
- 30 Risikoanalyse und Gefährdungsnachweis  
*Helmut Hutten*
- 31 Versuchsanstalt für Hochspannungstechnik  
*Hans Michael Muhr*
- 32 Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik  
*Helmut Stark*

## Kompetenzzentren

- 33 Numerische Werkstoff- und Verfahrensoptimierung  
*Bruno Buchmayr*
- 34 Virtuelle Welten: Abenteuer im Kopf  
*Franz Leberl*
- 36 Kompetenzzentrum für wissensbasierte Anwendungen und Systeme  
*Klaus Tochtermann*
- 37 ACC Akustikkompetenzzentrum Graz GmbH  
*Hans-Herwig Priebisch*
- 38 Kompetenzzentrum für Angewandte Elektrochemie  
*Gerhard E. Nauer, Peter Sattler*

## Christian Doppler Laboratorien

- 39 Neues Christian Doppler Laboratorium für Kraftfahrzeugmesstechnik am Institut für EMT  
*Georg Brasseur*
- 40 Christian Doppler Labor für Motor- und Fahrzeugakustik  
*Hans-Herwig Priebisch*
- 41 Die Vision des virtuellen Motors  
*Andreas Wimmer*

## Startprogramme

- 42 Konkrete Mathematik  
*Peter Grabner*
- 43 Biomechanik und Mechanobiologie  
*Gerhard Holzapfel*
- 44 Chirale Polysilane  
*Christoph Marschner*
- 45 Funktionelle medizinische Bildgebung im menschlichen Herzen  
*Bernhard Tilg*
- 46 Berührungsfreie optische Diagnose turbulenter Strömungen in Turbomaschinen  
*Jakob Woisetschläger*

## Impressum

Eigentümer: Technische Universität Graz  
Herausgeber: Vizerektor für Forschung  
Redaktion: Büro des Rektors, Referat für Öffentlichkeitsarbeit  
Gestaltung und Satz: Ulrike Haring  
Wir danken den Autoren für die Bereitstellung der Texte und Fotos

Druck: Agath Druck  
copyright by Technische Universität Graz  
ISBN 3-901351-55-8

O.Univ.-Prof. DI Dr. Hans Sünkel  
Vizekanzler für Angelegenheiten der ForschungO.Univ.-Prof. Dr. Dr.h.c. Erich Hödl  
Rektor

## Profil der Forschung – Forschung profiliert

### Schaufenster Forschungsjournal

Ist das universitäre Schaufenster nicht ohnehin schon randvoll mit Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft? Wozu also noch ein Forschungsjournal? Diese Frage hat durchaus ihre Berechtigung angesichts des schier ungebremsten Überflusses im Zeitalter der Information. Und das bloße Erscheinen eines Forschungsjournal sollte nicht alleiniger Beweis für seine Notwendigkeit sein. Daher benennen wir die Gründe für seine Installierung.

Das Instrumentarium "Forschungsjournal" verfolgt drei Ziele:

- die interessierte universitäre wie auch außeruniversitäre Öffentlichkeit auf die außerordentlichen Leistungen der TU Graz regelmäßig aufmerksam zu machen,
- den an unserer Technischen Universität Graz in Wissenschaft, Forschung und Entwicklung Tätigen eine weithin sichtbare und klar als TU-Produkt erkennbare Plattform zur adäquaten Präsentation ihrer aktuellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu geben und
- den Studierenden das breite Spektrum ihrer eigenen persönlichen Entwicklungsmöglichkeiten anhand konkreter Forschungsleistungen aufzuzeigen, um so die Neugier des akademischen Nachwuchses auf eine spannende berufliche Zukunft zu wecken.

Das Forschungsjournal wird ein mal pro Semester erscheinen (jeweils im November und im Mai). Diese nun vorliegende Erstausgabe ist der Darstellung der aktuellen Forschungsprofile der fünf Fakultäten sowie den großen bestehenden F&E-Einrichtungen gewidmet. Um ein breiteres Zielpublikum zu erreichen, sind die in Deutsch abgefassten Beiträge um eine Zusammenfassung in Englisch ergänzt.

Allen Personen, die am Zustandekommen dieser Erstausgabe des Forschungsjournal inhaltlich, gestalterisch und administrativ mitgewirkt haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

### Topografie der Forschungslandschaft

Die Technische Universität Graz versteht sich als ein Begegnungsort technischer Wissenschaften von internationalem Format inmitten von Europa. Dem Thema Forschung und Entwicklung in den technischen Wissenschaften wird eine besonders hohe Bedeutung beigemessen. Als wissenschaftliche Institution betreibt die TU Graz Grundlagenforschung sowie darauf aufbauende angewandte Forschung und forschungsorientierte Lehre auf hohem Niveau.

Die TU Graz positioniert sich wegweisend im zentraleuropäischen Wissenschafts- und Forschungsraum und pflegt eine sehr gut entwickelte Kooperation mit Partneruniversitäten, mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen, sowie mit Industrie und Wirtschaft auf nationaler und internationaler Ebene.

Eine Universität zeichnet sich durch eine Topografie ihrer individuellen Forschungslandschaft aus. Diese Topografie ist üblicherweise nicht flach, sondern strukturiert. Ihre höchsten Erhebungen stellen besonders ausgeprägte und weithin sichtbare Kompetenzen dar. Die TU Graz weist - bei generell hohem Allgemeinniveau - besonders ausgeprägte Kompetenzen in einigen sehr zukunftssträchtigen Bereichen der internationalen Forschungs- und Entwicklungslandschaft auf.

Solch international anerkannte fachliche Kompetenzen, die eingebettet sind in ein ausgewogenes wissenschaftliches Umfeld und getragen werden von einer klaren Fokussierung auf aktuelle

Forschungsthemen, erhöhen die Attraktivität eines universitären Standortes für Spitzenwissenschaftler aus dem In- und Ausland erheblich. Sie sind aber auch ein entscheidender Faktor bei Standortentscheidungen der Industrie. Daher ist der Stärkung von Kompetenzbereichen mit hohem technologischen Innovationspotenzial eine große Bedeutung beizumessen.

### Profilbildung

Im zunehmenden globalen Wettbewerb von Forschung und Entwicklung zwischen Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen auch in Zukunft reüssieren zu können, bedarf es einer klaren Konturierung der jeweiligen thematischen Stärken der Universitäten, sowie einer bewussten Fokussierung von Steuerungsmaßnahmen auf diese Stärken hin. Es bedarf weiters einer lokalen Bündelung von Einzelkompetenzen, einer Vernetzung von Kompetenzbereichen und eines bewussten Eintretens in den herausfordernden internationalen Wettbewerb.

Die Aufforderung unseres zuständigen Ressorts zur Profilbildung der Universitäten als Teil des gegenwärtigen Umbaus der universitären Landschaft Österreichs ist daher nicht als lästige Hausaufgabe zu verstehen, sondern schlicht als eine Notwendigkeit, um auch weiterhin im Wettbewerb bestehen zu können. Und dass auch der Rat für Forschung und Technologieentwicklung diese Profilbildung einfordert, unterstreicht ihre Bedeutung.

"Ideas must come from the team, not for the team". In diesem Sinne wurden die Fakultäten der TU Graz angehalten, neben strukturellen Überlegungen auch solche strategischer Art in Form einer Fokussierung auf ihre zukünftigen Forschungsthemen mit nachhaltiger Wirkung anzustellen. Diese Projektion in die Zukunft beginnt naturgemäß in der Gegenwart und nimmt Bedacht auf Erfolge der Vergangenheit. Sie findet statt vor dem Hintergrund inter-nationaler Tendenzen in Forschung und Entwicklung, welche sich vor allem im europäischen Forschungsraum im laufenden und zukünftigen Rahmenprogramm der EU abbilden.

Da Interdisziplinarität eine inhärente Eigenschaft komplexer Systeme ist und Spitzenforschung in den technischen Wissenschaften komplex ist, ist der viel zitierte Blick über den Tellerrand des ureigenen Fachbereichs hinaus nicht Ausdruck von Neugier, sondern vielmehr Beweis seiner Notwendigkeit. Interdisziplinarität ist daher neben der Internationalität eine Selbstverständlichkeit moderner Forschung.

Die als "Schwerpunkte" bezeichneten Forschungsstrategien der einzelnen Fakultäten stellen gleichsam die Säulen des Forschungsgebäudes der TU Graz dar. Ein Profil einer aktiven Forschungsuniversität bedeutet aber mehr. Die TU Graz hat in der Tat sehr viel mehr zu bieten und ist zurecht stolz auf ihre so ausgezeichnet funktionierenden Christian-Doppler-Labors, Kompetenzzentren sowie ihre Prüf- und Versuchsanstalten. Aushängeschilder besonderer Art sind ihre Start-Preisträger. Daher ist neben den ausführlichen Darstellungen der fünf Fakultäten auch diesen Themen breiter Raum gewidmet.

Natürlich ließe sich die Aufzählung der F&E-Highlights der TU Graz noch sehr viel weiter treiben und um zahlreiche beeindruckende wissenschaftliche Erfolgsmeldungen erweitern. Dies ist jedoch den zukünftigen Ausgaben vorbehalten.

In diesem Sinne wünschen wir Ihnen beim interessierten Lesen unseres Journals viel Freude.

### **Research Journal / Preface**

*Curiosity is an intrinsic human property, and necessity an intrinsic element of society and economy. And curiosity and necessity combined is the driving engine of research and development (R&D). The industrialized nations have realized that R&D excellence is a key factor in the competitive global economy. R&D is not just a goal in itself, it is an important factor for the development of society in general, and for prosperity, social welfare, employment, and cultural development in particular.*

*The purpose of the newly introduced research journal of the Graz University of Technology (TU Graz) is to increase the public awareness for research, to provide a proper platform for researchers for the public presentation of their outstanding research and development (R&D) achievements, and to wet the students' appetite for a career in R&D. The journal will be issued bi-annually. This first edition is dedicated to the presentation of the research profile of the five faculties and the large R&D facilities of TU Graz.*

*The Graz University of Technology is a meeting place of technical sciences and research of international profile. TU Graz performs pure and applied research alike and cooperates with partner universities, with research organizations and industry, both on a national and international level.*

*Scientific competence combined with a critical mass and networking with partner institutions are prerequisites for an academic institution to be a successful player on the competitive international research market. Therefore, the further development of know-how in a limited number of key areas, the focussing of resources, and the establishment of thematic networks are primary goals of TU Graz. Based on strategic considerations at faculty level, such key areas with outstanding profile which, at the same time, are in line with international developments in top-level research, have been identified.*

*These key research areas represent the main supporting elements of the research profile to which future sustainable developments in R&D at TU Graz will be referred. However, the research profile of TU Graz is a lot more: it is also the Christian-Doppler-Laboratories, the competence centers, the experimental research and test facilities, the large national and European research programs, the START programs, and dedicated individual research.*

*The number of R&D highlights at TU Graz is indeed remarkable of which this first edition of the research journal and coming ones bear evidence. With this in mind we wish this journal a good start and you a rewarding reading time.*



## Fakultät für Architektur

Was bedeutet in der Architektur "Forschung"? Als wissenschaftliches, technisches und künstlerisches Fach in einem zwingt die Architektur, zwischen zwei Forschungsrichtungen zu unterscheiden. Auf der einen Seite haben wir die Forschungsarbeit, die sich mit den Kenntnissen der Architektur auseinandersetzt: Es handelt sich um eine Forschung der Architektur als Fach, als Produktion oder als Phänomen, bei der die kognitiven und methodologischen Mittel der Naturwissenschaften und der Geisteswissenschaften angewendet werden. Auf der anderen Seite haben wir die Forschungsarbeit, die sich mit den Werken der Architektur auseinandersetzt: Es handelt sich um eine Forschung, die unter Einsatz der konzeptionellen und kreativen Mittel des Architekturentwurfs innerhalb der künstlerischen Praxis der Architektur betrieben wird. Während sich die erste Forschungsrichtung vorwiegend der Produktion von neuen Kenntnissen in der Architektur widmet, bezweckt die zweite, einen kleinen architektonischen Kunstbau von Qualität zu schaffen, wobei es nicht von Bedeutung ist, ob es sich um einen virtuellen Raum, um einen nur entworfenen architektonischen Gegenstand oder um ein gebautes Gebäude handelt. Der Begriff der Qualität, auf den sich die zweite Forschungsrichtung bezieht, setzt eine subjektive, in einigen Fällen sogar "willkürliche" Bewertung der Ergebnisse der Entwurforschung voraus. Heute existieren nicht mehr die absoluten, objektiven und geradezu "wissenschaftlichen" Kriterien, mit denen in der Vitruvianischen Tradition des Traktats die Regeln der "guten Architektur" definiert wurden. Dies führt häufig zu völlig auseinander gehenden Bewertungen, was die Qualität eines spezifischen architektonischen Eingriffs anbelangt. Es existiert daher eine gewisse Asymmetrie in der Art und Weise, in der die beiden Forschungsrichtungen in der Architektur beurteilt werden können: Während die Produktion von neuem Wissen, die Lösung neuer Probleme und die Entwicklung neuer Architekturinterpretationen auf der Grundlage der fortwährend durch Veröffentlichungen und Fachversammlungen entstehenden kritischen Konfrontation immer noch positiv oder negativ bewertet werden können – wie es in anderen Bereichen der wissenschaftlichen Forschung passiert –, führt die Entwurforschung zu schwieriger zu beurteilenden Ergebnissen, weil sich die Architekten nicht mehr über die Methoden für eine klare Definition der Grenze einig sind, über die hinaus ein einfacher "kleiner Kunstbau" oder ein banaler "Entwurf" den Wert eines authentischen "architektonischen Werks" erlangt.

Die beiden Forschungsrichtungen sind fest miteinander verbunden: Die interessantesten und innovativsten theoretischen Forschungen ermöglichen häufig, neue Entwurfsversuchsbereiche aufzutun, während zugleich die besten architektonischen Werke zu einem Studienobjekt werden, von dem aus neue Bereiche theoretischer Betrachtungen erforscht werden. Aus diesem Grund erscheint es absolut notwendig, die beiden sich ergänzenden Forschungsaktivitäten innerhalb einer Fakultät für Architektur zu fördern. Es existieren jedoch objektive Schwierigkeiten, die es in den Augen der wissenschaftlichen Gemeinde schwierig machen, die Entwurforschung als eine spezifische Forschungsform in der Architektur anzuerkennen. Diese Schwierigkeiten sind auf drei Tatsachen zurückzuführen.

**Erstens** ist die Entwurforschung der Architekten in den meisten Fällen eine überwiegend private Forschung, die in den Architekturbüros als Antwort auf konkrete Aufträge oder auf bei Architekturwettbewerben aufgekommene Themen betrieben wird. Diese Situation ändert sich nicht, wenn ein Architekt Assistent oder Professor an der Universität wird, im Gegenteil: Die Aufrechterhaltung der "privaten" Entwurforschungsaktivität ist normalerweise

für einen Universitätsdozenten die einzige Möglichkeit, das Überleben seiner spezifischen Identität als Architekt zu garantieren, eine Identität, auf die derjenige selbstverständlich nicht verzichten kann, der beabsichtigt, den schwierigen Beruf des Architekten zu lehren. Als Beweis kann die Tatsache aufgeführt werden, dass in den letzten Jahren ein großer Anteil der besten europäischen Architekten es abgelehnt hat, in die akademische Welt einzutreten. Sie wollten ihre Entwurforschungen nicht wegen der immer größeren Belastung durch die didaktische Aktivität und die Verwaltungsarbeit im Universitätsbetrieb reduzieren oder opfern müssen. Dieses "private" Statut der Entwurforschung der Architekten – insbesondere der Professoren – wird in Universitätskreisen häufig als Zeichen eines unerträglichen Privilegs kritisiert. In Wirklichkeit bedeutet die Entwicklung einer "privaten" Entwurforschung vor allem die Autofinanzierung dieser Forschung, was häufig mit sehr großen finanziellen Opfern verbunden ist. Einige der größten Architekten des XX. Jahrhunderts – darunter ist auf Le Corbusier, F. L. Wright und später Jean Nouvel hinzuweisen – mussten sogar über Monate und manchmal auch über Jahre ihre Büros auf Grund der übermäßigen finanziellen Schwierigkeiten schließen.

**Zweitens** ist in der akademischen Welt die Tendenz zu beobachten, dass die Entwurforschung unterschiedslos mit der einfachen "entwerfenden Aktivität" gleichgestellt wird. Es ist darauf hinzuweisen, dass vom geschichtlichen Gesichtspunkt aus gesehen nur ein winziger Teil der entwerfenden Aktivität legitim als das Ergebnis einer authentischen "Forschungsarbeit" anerkannt werden kann. Es ist kein Zufall, dass Le Corbusier, der sicherlich wusste, was in der Architektur "Qualität" heißt, den schönen Ausdruck geduldige Forschung gebrauchte, um die sehr schwierige und mühselige Arbeit der entwerfenden Schöpfung zu beschreiben. Nur mit einer mit Geduld durchgeführten Entwurforschungsarbeit ist eine effektive architektonische Qualität zu erzielen. Diese sorgfältige Arbeit wird nur von einer sehr geringen Anzahl von Architekten durchgeführt, von denen die meisten nicht in den Architekturfakultäten lehren, was wiederum zu nicht wenigen Problemen für die "akademische" Anerkennung der entwerfenden Aktivität als Forschungsaktivität führt.

**Drittens** wird häufig die ganz und gar "künstlerische" Dimension der Entwurforschung überbewertet, wodurch die Möglichkeit stark reduziert wird, sie auch unter dem Gesichtspunkt des wissenschaftlichen Denkens zu betrachten. Dieser negative Zustand, der vor allem mit dem von den Architekten selbst bevorzugten Mythos des demiurgischen Künstlers genährt wird, tendiert dazu, die Architekten von der wissenschaftlichen Gemeinschaft zu entfernen: Diese Tatsache erscheint paradox, wenn eine rigorose Betrachtung der konzeptionellen Mechanismen tief greifende Analogien zwischen dem entwerfenden Denken eines Architekten und dem eines Wissenschaftlers bei seiner Laborarbeit aufzeigt. In diesem Zusammenhang erscheint es interessant zu analysieren, was Fernando Gil hinsichtlich des für die Enciclopedia von Einaudi verfassten Stichworts Forschung schreibt. Er betrachtet die Forschung als den "Weg, der von der subjektiven Erfindung zur objektiven Kenntnis führt" und nimmt in ihr eine Einheit wahr, die "transversal die von der Lehre definierten Bereiche, die Wissenschaften, die Künste und die Techniken umreißt. Genauer gesagt widmet sich die Forschung bestimmten Problemen, die sie sich zum Ziel gesetzt hat, zu lösen, und das ist das, was definiert werden soll und nicht eine Erfindungspsychologie" (Fernando Gil, *Ricerca*, in Enciclopedia, Einaudi, Torino 1981, vol. 12, S. 3). Indem sie für jede authentische Forschung die Notwendigkeit anerkennt, "von der subjektiven

Erfindung zur objektiven Kenntnis" zu gelangen, weist die von Fernando Gil vorgeschlagene Definition darauf hin, wie der Entwurfsforschung ein wissenschaftliches Statut zuzuweisen ist: Es müssen nicht nur die Probleme, denen sich die Entwurfsforschung widmet, sondern auch die zu ihrer Lösung angewendeten Methoden klar formuliert werden, wobei des Weiteren versucht werden muss, die Gründe zu objektivieren, entsprechend denen diese Forschung architektonische Ergebnisse von Qualität hervorbringen kann oder nicht.

Die Fakultät für Architektur der Technischen Universität Graz hat auf Grund der Qualität dieser "Entwurfsforschung", die von einem bedeutenden Teil ihres Lehrpersonals betrieben wird, einen internationalen Ruf erlangt. Dennoch fehlte dieser Forschungsarbeit bis jetzt eine rigorose kritische Betrachtung der erzielten Ergebnisse: Die sog. "Grazer Schule" gründet nicht auf theoretisch begründeten Prinzipien und Anschauungen. Das führt so weit, dass für einige Grazer Architekten eben das Nichtvorhandensein von Regeln und die abstrakte Idee des "künstlerischen Experimentierens" ihre Forschungslinie darstellt.

Unsere Fakultät muss daher notgedrungen rigoros die theoretischen Prinzipien und Methoden definieren, mit denen ihre Entwurfsforschung weiterentwickelt werden soll, damit diese effektiv in der akademischen Welt als spezifische Forschungsform der Architektur anerkannt wird. Es muss überdies garantiert werden, dass ein Großteil dieser Entwurfsforschung innerhalb der Universität stattfinden kann. Bis jetzt konkretisierte sich der größte Teil dieser "internen" Entwurfsforschung in den besten Projekten der Studenten: nicht nur in den besten Dissertationen, sondern auch in den internationalen Entwurfswettbewerben, bei denen regelmäßig Grazer Studenten prämiert wurden. Zukünftig müssen die konkreten Möglichkeiten untersucht werden, öffentliche Verwaltungen und private Industrien mehr mit einzubeziehen und mit ihnen konkrete Entwurfsthemen auszuarbeiten. Auf diese Weise könnte garantiert werden, dass ein Teil der Forschungstätigkeiten, die von den Dozenten privat in ihren Architekturbüros durchgeführt werden, auf die Universität übertragen wird. Auch im Hinblick des Doktoratsstudiums muss die Möglichkeit geboten werden, der Entwurfsforschungsbereich nach dem Modell einiger europäischer und amerikanischer Fakultäten für Architektur ein wissenschaftliches Status anzuerkennen: Eine akademische Gleichstellung der "reinen Architekturforschung" und der "Entwurfsforschung" erscheint notwendig, um in der Zukunft zu garantieren, dass unsere Fakultät ein attraktiver Ort für junge und talentierte Architekten bleibt, die daran interessiert sind, eine akademische Karriere zu beginnen, ohne dabei auf die Ausübung der eigenen künstlerischen Kreativität verzichten zu müssen.

#### Profilentwicklung der Forschung an der Fakultät für Architektur

Wie können wir in unserer Fakultät diese beiden Forschungsrichtungen, die sich jeweils dem Wissen und den architektonischen Werken widmen, gleichzeitig stärken? An erster Stelle muss die öffentliche Information und die kritische Diskussion über die Forschungsergebnisse verbessert werden, indem die Datenübertragung besser organisiert wird, und zwar nicht mehr nur auf dem Niveau der einzelnen Institute, sondern auch auf dem Niveau der gesamten Fakultät. In diesem Sinne ist die Veröffentlichung der besten Forschungsarbeiten in einer Schriftenreihe der Fakultät vorgesehen, aber auch die Ergänzung der Forschungsdatenbank der TU Graz mit neuen, den Werkbereich dieser Forschung

repräsentierenden Rubriken: Werkverzeichnisse, Wettbewerbsfolge und Werkpublikationen.

An zweiter Stelle muss im Bereich der gesamten Fakultät die Forschungsarbeit besser koordiniert und programmiert werden. Während sich zuvor der größte Teil der Forschungsarbeiten auf eine völlig individuelle Weise entwickelt hat, mit geringer Zusammenarbeit zwischen Instituten und anderen Fakultäten, hat unsere Fakultät vor kurzem entschieden, die Inhalte und die Programme der Forschung anhand der Bestimmung von 5 großen Forschungsgebieten neu zu definieren. Diese Bereiche berücksichtigen einerseits die starken Seiten der bisher in unserer Fakultät betriebenen Forschungen, während sie andererseits neue interdisziplinäre Forschungsrichtungen hervorheben, die ausgehend von der Koordinierung der Forschungsarbeit innerhalb mehrerer Institute entwickelt werden können. Alle fünf Forschungsbereiche entsprechen in der internationalen Forschung ausführlich erörterten Problematiken, gleichzeitig gehen sie jedoch auch aus der starken Bindung mit dem kulturellen, sozialen, politischen und wirtschaftlichen Umfeld von Graz, der Steiermark und des weiter reichenden geographischen Alpen-Adria-Kontextes hervor. Diese fünf Forschungsbereiche müssten daher die nächsten 5-10 Jahre die Profilentwicklung der Forschung in unserer Fakultät sowohl im Bereich der theoretischen Forschung als auch im Bereich der Entwurfsforschung entscheidend ausrichten.

Der erste Forschungsbereich mit dem Titel **Entwurfstheorie: Entwurfsprinzipien und Entwurfsmethoden** beabsichtigt, die theoretische Betrachtung über die Entwurfstheorie und die Entwurfsarbeit zu entwickeln, um eine vorrangige Verbindung zwischen der theoretischen Forschungsarbeit und der Lehre des Architektorentwurfs zu schaffen. Dieser Bereich ermöglicht, die Beziehungen der internationalen Zusammenarbeit zu stärken, die bereits im Bereich historiographischer-kritischer Studien (Veröffentlichungen und Ausstellungen über wichtige moderne und zeitgenössische Architekten), im Bereich der Untersuchung der Beziehungen zwischen neuen Medien und Architektur (Einfluss des Computers auf die Darstellung und die Formalisierung des architektonischen Raums) und im Bereich der Wahrnehmung und Phänomenologie des Raums (Experimentierung neuer Geräte und Methoden für die Raumsimulation und Kontrolle einiger Phänomene der Wahrnehmungssillusion) geknüpft wurden. Die in diesen Forschungsbereich mitein-



Projekt "Dignity" (Stadtmodell Graz - [www.dignity.tu-graz.ac.at](http://www.dignity.tu-graz.ac.at))  
(Grafik R.Plösch)

bezogenen Institute sind: Baukunst, Kunstgeschichte, Künstlerische Gestaltung, Raumgestaltung, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Grundlagen der Informationsverarbeitung und dem Institut für computerunterstützte Geometrie und Grafik der Technischen Universität Graz. Es ist auch Absicht der Fakultät, innerhalb der Bibliothek ein Archiv der modernen Architektur in der Steiermark auf der Grundlage der Vermächtnisse der Architekten zu schaffen.

Der zweite Forschungsbereich mit dem Titel **Innovative Baumethoden** beabsichtigt, eine internationale Forschungsrichtung zu stärken, die die Wirkung neuer Bausysteme auf die Entwicklung der zeitgenössischen Sprache der Architektur untersucht, um die kritische Betrachtung über die Beziehungen zwischen Entwurforschung und Bau zu intensivieren. Der Forschungsbereich betrifft insbesondere die Methoden des industrialisierten Baus, das Experimentieren neuer Materialien zur Bildung innovativer Trägerstrukturen, aber auch die Holzbautechnologie, die eine besondere Rolle im



lokalen Kontext der Holzbauindustrie spielt. Die in diesem Forschungsbereich miteinbezogenen Institute sind: Hochbau, Tragwerkslehre, in Zusammenarbeit mit diversen Instituten der Fakultät für Bauingenieurwesen an der Technischen Universität Graz.

Der dritte Forschungsbereich mit dem Titel **Die Kondition der Stadt – conditio urbana** beabsichtigt, auf interdisziplinäre Weise eine bereits in unserer Fakultät konsolidierte kritische Betrachtung über die Beziehungen zwischen der Architektur und den für die zeitgenössische Gesellschaft typischen städtebaulichen Phänomenen zu stärken. Ausgehend von einer historisch-kritischen Betrachtung in Bezug auf die Entwicklung im XX. Jahrhundert von neuen städtebaulichen Theorien über den internationalen Umlauf von Modellen und Ideen, insbesondere zwischen Europa und Amerika, aber auch über den Einfluss der neuen Medien wie die Fotografie und das Kino auf die Darstellung der modernen Kondition in der Stadt. Dieser Forschungsbereich beschäftigt sich in Verbindung mit der



Erarbeitung von neuen Entwurfsstrategien auch mit den zeitgenössischen Phänomenen der Vorstadt, der Megalopolis und der Mobilität in der Stadt. Stark mit den Entwurfsproblematiken verbunden übt diese Forschungsrichtung nicht nur einen großen Einfluss auf die Thematiken einer bedeutenden Anzahl von Dissertationen aus, sondern ist auch für Graz von strategischer Bedeutung angesichts der territoriale Lage der Steiermark als zukünftige Region der "offenen Grenze" mit den Ländern Mitteleuropas. Die in diesem Forschungsbereich miteinbezogenen Institute sind: Kunstgeschichte, Städtebau, Baukunst, in Zusammenarbeit mit diversen Instituten der Karl Franzens Universität Graz.

Der vierte Forschungsbereich mit dem Titel **Freizeit, Wohnen, Tourismus und Landschaft in Europa** beabsichtigt zu untersuchen, wie das zeitgenössische Phänomen der "Freizeit" immer stärker die territoriale Umwandlung beeinflusst. Er versucht insbesondere hervorzuheben, wie das Phänomen des Tourismus kulturelle, soziale, ökologische und typologische Wirkungen auf die Entwicklung der neuen Architektur hat, formuliert aber auch Fragen in Bezug auf die professionelle Rolle des Architekten als Erzeuger von Bildern und als Experte für die Produktionsorganisation. Auch dieser Forschungsbereich ist stark mit den Entwurfsproblematiken verbunden und für Graz und die Steiermark als Fremdenverkehrsregion von strategischer Bedeutung. Die in diesem Forschungsbereich miteinbezogenen Institute sind: Gebäudelehre, Regionales Bauwesen, Städtebau.



Der fünfte Forschungsbereich mit dem Titel **Architektur und Siedlungsformen in außereuropäischen Kulturen** beabsichtigt,



Foto der Altstadt von Nablus/Palästina (Foto H.Hohmann)

eine besondere Forschungstradition zu stärken, die sich während der letzten 20 Jahre in unserer Fakultät entwickelt hat und die große internationale Anerkennung auf sehr spezialisierten Gebieten hinsichtlich der Kulturen von Mesoamerika, des Vorderen Orients und der Region des Himalaja fand. Die Bedeutung dieser Forschung resultiert auch aus der ethischen Motivation, spezifische wissenschaftliche Beiträge in Ländern mit begrenzten finanziellen Mitteln zu leisten: nicht nur auf dem Gebiet der historischen Analyse und der Denkmalpflege, sondern auch mit konkreten Entwurfsvorschlägen auf dem Gebiet der Städteplanung und dem Bau von kostengünstigen Wohnungen in Drittweltländern. Die in diesen Forschungsbereich miteinbezogenen Institute sind: Städtebau, Baukunst, Hochbau, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Geodäsie, der Universität Wien und diversen internationalen Universitäten und Organismen.

#### Research in the Faculty of Architecture

*What does „research“ mean in the field of architecture? In this field, which is together scientific, technical and artistic, architecture needs to be split into two types of research. On the one hand, we have research applied to the knowledges of*

architecture: this is a research on architecture considered as a subject, as production or as a phenomenon; research to be carried out using the cognitive and methodological instruments of natural sciences and human sciences. On the other hand, we have research activities applied to architectural works: this research is to be done within the artistic practice of architecture, using the conceptual and creative instruments of the architectural project. While the former type of research is primarily dedicated to the production of new architectural knowledges, the latter aims at creating a quality architectural product, and this quite apart from whether this is a virtual space, a merely designed architectural object or a finished building. These two types of research are closely related: the most interesting and innovative theoretical research often makes it possible to open up new fields of design experimentation, while at the same time, the best architectural works become the subject of study and departure points from where to explore new fields of theoretical reflection. For this reason, it appears most necessary to promote both these complementary research activities within a Faculty of architecture. Objective difficulties exist however that make it hard for the scientific community to recognise design research as a specific form of research in the field of architecture. These difficulties arise from three different types of problem.

First of all, architectural design research is in most cases an essentially private type of research, carried out within professional studies in response to concrete appointments or issues that emerged during architectural competitions. This situation does not change when an architect becomes a university assistant or professor, quite the contrary: for a university professor, maintaining this „private“ design research activity is normally the only way of ensuring the survival of his/her specific identity as an architect, an identity that of course cannot be sacrificed by whosoever intends teaching the difficult job of architectural design. Secondly, the tendency exists in the academic world to assimilate design research to simple „design activity“, without distinguishing in any way between the two. It should be remembered that historically only a very small part of design activity can be legitimately recognised as the result of authentic „research activity“. It was hardly by chance that Le Corbusier, who undoubtedly knew what „quality“ meant in architecture, used the wonderful expression patient research to describe the very difficult and tiring job of design creation. Thirdly, the purely „artistic“ dimension of design research is often overestimated, thereby strongly reducing the possibility of also conceiving this in terms of scientific thought. This negative condition, fuelled above all by the myth of the artist-creator of which architects themselves are especially fond, tends unfortunately to keep architects apart from the scientific community: this seems paradoxical considering rigorous reflection on design mechanisms shows close similarities between the design thought of an architect and that of a scientist in his laboratory activities.

The Faculty of architecture of Graz Polytechnic has become famous throughout the world for the quality of this „design research“ carried out by a large part of the teaching staff. Nonetheless, a rigorous critical reflection has thus far been missing as regards the results of this activity. Our Faculty must therefore necessarily carefully define the theoretical principles and the methods required to further develop its design research activities, so that these are actually recognised in the academic world as a specific form of research in the field of architecture. It is also necessary to ensure that a larger part of this design research can be done inside the University. In future, the concrete possibility will have to be considered of involving to a greater extent local authorities and private industries with which to

develop concrete design research themes: this way, it might be possible to ensure that a part of the research activities performed privately by the professors in their own professional studies are transferred inside the University. At doctorate research level as well, the chance will have to be given of providing design research work with a scientific statute, as is currently the case in a number of European and US Faculties of architecture.

### In favour of a new course for research in the Faculty of architecture

How can we strengthen at the same time in our Faculty the two types of research, the former applied to knowledges and the latter applied to architectural works? The first thing we need do is upgrade public information and critical debate around the results of research, by better organising data transmission not only at Institute level but also at the level of the Faculty as a whole. Secondly, research work must be better coordinated and planned at Faculty level as a whole. While previously, most research work had developed in a totally individual manner, with little cooperation between Institutes and with other Faculties, recently our Faculty decided to redefine research themes and programmes by pinpointing five large research sectors. These sectors take into account on the one hand the strong points of the research carried out so far in our Faculty, while on the other hand, they highlight new lines of interdisciplinary research that can be developed starting with the coordination of the research work done within several Institutes. The first research sector, entitled *Design theory: design principles and methods*, intends promoting a theoretical reflection on design thought and activities in architecture, so as to establish a priority link between theoretical research work and architectural design teaching. The Faculty also intends establishing an Archive of modern architecture in Styria within the Library, based on architects' legacies.

The second research sector, entitled *Innovative building methods*, intends strengthening a line of research at international level on the effects of new building methods on the development of the contemporary language of architecture, so as to intensify critical reflection on the relations between design research and building. This field of research especially involves industrialised building methods, the testing of new materials in order to create innovative carrying structures, but also wood technology, which is of special importance in the local context of the wood industry. The third research sector, entitled *The urban condition*, intends strengthening in an interdisciplinary way a critical reflection that is already consolidated in our Faculty, which concerns the relationship between architecture and the urbanisation trends so typical of modern society. Strongly related to design problems, this line of research not only has a strong effect on the subjects of an important number of degree theses, but is also of great strategic importance for Graz considering the role of Styria as future „open border“ region with the countries of central Europe. The fourth research sector, entitled *Leisure time, housing, tourism and countryside in Europe*, intends investigating how the modern „leisure time“ phenomenon affects to an increasing extent the transformation of land areas, and highlighting in particular how tourism produces cultural, social, ecological and typological effects on the development of new architecture. The fifth research sector, entitled *Architecture and types of settlement in non-European cultures*, intends strengthening a specific research tradition that has developed within our Faculty over the past 20 years, winning great international recognition in very specialised fields concerning the cultures of Central America, the Middle-East and the Himalayan region.





## Fakultät für Bauingenieurwesen

Die Fakultät für Bauingenieurwesen umfasst 16 Institute, die in sehr unterschiedlicher Weise Forschungsaufgaben verfolgen. Während in vielen Bereichen Berechnung und Simulation besondere Bedeutung für den technischen Fortschritt gewonnen haben, sind andere Aktivitäten ohne Experimente, Versuche und Messungen nicht denkbar.

Eine bedeutende Forschungsstätte ist **das Wasserbaulabor des Institutes für Konstruktiven Wasserbau:**

Wasser als wichtigste Naturressource gewinnt weltweit aber auch in Mitteleuropa immer mehr an Bedeutung, was Bereitstellung und Nutzung,- das ist Wasserversorgung, Bewässerung, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt etc.- sowie Schutz vor dem Wasser betrifft.

Das "Hermann Grengg-Laboratorium" des Institutes für Wasserbau und Wasserwirtschaft ist in verschiedenen Bereichen der Grundlagen- und der Angewandten Forschung eingesetzt. Dies zeigt auch die Anzahl der Versuche, die seit 1964 über 200 beträgt!

Die Tätigkeit im Labor betrifft die Angewandte Forschung, d.h. Forschungsvorhaben, die sich auf bestimmte Projekte bzw. Anlagen beziehen. Diese Modellversuche umfassen verschiedene Untersuchungen und Optimierungen komplexer Strömungsvorgänge (sowie fallweise Schwingungsuntersuchungen) und reichen von Projekten bis zur Erneuerung älterer Anlagen, vorwiegend in den Bereichen Wasserkraftnutzung, Hochwasserschutz, Flussbau und Bewässerung, bzw. von Österreich bis zu Ländern in Übersee. Aktuelle Beispiele sind die geplante "Murinsel" in Graz, die Erweiterung einer Bewässerungsanlage in Griechenland, das Projekt für eine Wasserkraftanlage an der Grenze Österreich- Bayern sowie der Verklammerungsschutz für einen österreichischen Großspeicher. Die Aufträge erfolgen zum Teil über Kooperation mit Unternehmungen die weltweit tätig sind.

Im Bereich der Grundlagenforschung sind Versuchsreihen zu nennen, wie derzeit die hydraulische Untersuchung und Optimierung von Dreifachverzweigungen (Trifurkatoren) im Druckrohrleitungsbau. Weiters werden Kalibrierungsversuche für die Entwicklung hoch komplexer mathematischer Modelle vorgenommen; derzeit arbeitet das Institut in Kooperation mit AVL List GmbH Graz an der Erweiterung eines dreidimensionalen Strömungsprogrammes um die Erfassung von Transport und Absetzen von Feststoffen.

Das Labor ist mit einem vor Kurzem komplett erneuertem Pumpsystem für einen Maximaldurchsatz von 1000 l/s und Computer-gesteuerten Mess- und Dokumentationsgeräten sowie einer eigenen Werkstätte ausgestattet.

Im gleichen Gebäude befindet sich das **Labor für Siedlungswasserbau**, welches sich mit **Wassergüte** und insbesondere der **Behandlung von Abwasser** beschäftigt:

Das Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau betreibt zur Zeit zwei Labor-Einrichtungen im Wasserbaugebäude und stationäre Messstationen in der Oststeiermark (hydrologisches und meteorologisches Versuchsgebiet in Pöllau). Eine weitere mobile Messstation zur Messung von Wasserqualitätsparametern ist dzt. im Rahmen eines Forschungsprojektes im Aufbau begriffen.

(1) Das Wassergütelabor ist einerseits ein Lehrlabor zur Vermittlung der analytischen Grundkenntnisse der wesentlichsten Wassergüteparameter und zur Unterstützung der am Institut abgewickelten Diplomarbeiten und Dissertationen. Auf der anderen Seite dient es als Service-Einrichtung des Institutes der Abwicklung von Drittmittelaufträgen und Forschungsprojekten und unter-

stützt das Technikum und die Feldlaboreinrichtungen des Institutes (Analysen von Proben und Kalibrierung von Online-Parametern im Feld).

- (2) Das im Herbst 2001 übersiedelte und neu adaptierte Technikum dient der modellhaften Nachbildung von wassergütwirtschaftlichen Vorgängen im halbtechnischen Maßstab und der versuchstechnischen Optimierung siedlungswasserwirtschaftlicher Einrichtungen.
- (3) Als Rechtsnachfolger des Fachbereiches Hydrologie betreibt und betreut das Institut seit 1978 im Pöllauer Tal ein sehr dichtes hydro- und meteorologisches Messnetz mit insgesamt 7 Niederschlags-, 4 Abflussmessstationen und einer meteorologischen Zentralstation.
- (4) Im Rahmen des Forschungsprojektes "Innovative Messtechnik in der Wasserwirtschaft" wird in den nächsten Monaten eine mobile Messstation zur Messung von Online-Wasserqualitätsparametern in einem Container errichtet werden. Diese Messstation wird zunächst einmal die nächsten zwei Jahre im Bereich einer Grazer Mischwasserentlastung zum Einsatz kommen und neuere Erkenntnisse über die Menge und Beschaffenheit der im Regenwetterfall abgeworfenen Wasserfrachten in die Mur liefern.
- (5) Für die Betreuung des Messnetzes Pöllauer Tal ist ein entsprechend ausgerüstetes und ausgestattetes Fahrzeug schon jetzt eingesetzt worden. Dieses Fahrzeug wird für die mobile Messstation zur Messung von Online-Wasserqualitätsparametern noch weiter angepasst werden.

Das **Labor für Bodenmechanik und Grundbau** hat eine lange Tradition bei der Untersuchung des Baugrundes und verfügt über alle einschlägigen Messeinrichtungen. An besonderen, aktuellen Forschungsaufgaben sind zu nennen:

- Bei Tunnels, die nach der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode (NATM) unter Druckluft vorgetrieben werden, treten in der Regel Luftverluste im Bereich der Ortsbrust und der Spritzbetonschale auf. Bisher ist es nur näherungsweise gelungen, die auftretenden Luftverluste in ihrer Größe bereits in der Planungsphase zutreffend zu erfassen. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die bestehenden Berechnungsansätze zur Ermittlung des beim Vortrieb entweichenden Luftvolumens zu verbessern. Hierzu sind in den letzten Jahren umfangreiche, experimentelle Untersuchungen im geotechnischen Labor des Institutes für Bodenmechanik und Grundbau durchgeführt worden, die auch in der Zukunft fortgeführt werden sollen.
- Senkkästen werden zur Herstellung von Schachtbauweisen und Tiefgründungen eingesetzt. Die Schneidengeometrie hat dabei einen wesentlichen Einfluss auf den Absenkvorgang und auf die vom Senkkasten aufzunehmenden Kräfte.

Mit Hilfe von großmaßstäblichen Laborexperimenten wird eine Optimierung der Schneidengeometrie in Abhängigkeit von Boden und Senkkastengeometrie angestrebt, so daß in Zukunft diese Technik mit einer besonderen Wirtschaftlichkeit möglich wird.

Das Institut **Felsmechanik und Tunnelbau** beschäftigt sich im wesentlichen mit zwei Schwerpunkten

### Gebirgsmechanische Modellierung

Erstellung von Erwartungsmodellen für oberirdische Fels-

bauwerke und unterirdische Hohlraumbauten in Abhängigkeit von Gebirgsstruktur, Primärspannungssituation und Bauweise.

Die Erwartungsmodelle bilden eine wesentliche Grundlage für die Wahl einer Trasse sowie für die Bestimmung der Bauweise und des Stützmittelbedarfes in der Planungsphase. Während der Bauausführung unterstützen die erarbeiteten Modelle die vor Ort zu treffenden Entscheidungen bezüglich: Abschlagslängen, Stützmitteln nach Qualität und Quantität sowie Bauablauf.

Ein wichtiger Aspekt stellt die Abschätzung des primären Spannungszustandes dar. Zur Ermittlung werden sowohl tektonische Überlegungen, wie auch numerische Simulationen, Messungen und Modellversuche herangezogen.

Ein weiterer wichtiger Teilbereich des Arbeitsgebietes bildet die Interpretation geotechnischer Messungen.

Die systematische Auswertung von Deformations- und Spannungsmessungen ausgeführter Bauwerke in Kombination mit 2- und 3-dimensionalen numerischen Simulationen soll zu einer verbesserten Prognostizierbarkeit des Gebirgsverhaltens führen. Verbesserte Auswertetechniken und Interpretationshilfen für den praktischen Gebrauch werden entwickelt.

Durch Verknüpfung der erhobenen geologischen, geotechnischen und betrieblichen Daten werden die für das Gebirgsverhalten maßgebende Parameter identifiziert. Durch problemorientierte Modellierung sollen längerfristig die klassischen Gebirgsklassifizierungsmethoden abgelöst werden.

#### Gebirgscharakterisierung von Phylliten im Tunnelbau

Mineralogische und mikrostrukturelle Untersuchungen von Phylliten mittels lichtoptischer, rasterelektronischer und röntgendiffraktometrischer Analysen. Die Ergebnisse werden mit mechanischen Gesteinswerten korreliert. Sie sollen eine Erklärung für das charakteristische Verformungsverhalten der Phyllite beim Tunnelbau liefern.

Laufende weitere Forschungsaktivitäten des Institutes umfassen: Felsmechanische Laborversuche, Numerische Simulationen im Tunnelbau, Verschiebungsprognosen für den Tunnelbau und Tunnelbau im stark beanspruchten Gebirge

Die **Konstruktive Versuchsanstalt (KVA)** wurde als gemeinsame Einrichtung der Institute für Konstruktiven Ingenieurbau der TU Graz mit dem Ziel gegründet, die experimentelle Lehre und Forschung auf dem gesamten Gebiet des Konstruktiven Ingenieurbaus in Zusammenarbeit mit den theoretisch arbeitenden Gruppen wahrzunehmen. Nach intensiven Vorbereitungen konnten 1996 am Standort Lessingstraße 25 ein Aufspannfeld (3,0 x 8,5 m), servohydraulisch gesteuerte Versuchseinrichtungen und eine leistungsfähige Messdatenerfassung sowie Werkstätten für Messtechnik, Metall und Holz in Betrieb genommen werden.

Die seither wahrgenommenen Aufgaben umfassen statische und dynamische Untersuchungen von Teilstrukturen und Tragwerken sowie Modellversuche in den Bereichen Lehre, Forschung und Entwicklung sowie Dienstleistungen für die Industrie. Die Palette der Bau- bzw. Werkstoffe der getesteten Strukturen ist breit gefächert; sie umfasst Holz und Holzwerkstoffe, Mauerwerk, Stahl- und Spannbeton, Stahl, Aluminium, Glas und Kunststoffe. Zu den untersuchten Tragstrukturen zählen auch Verbundkonstruktionen bzw. Mischbauweisen aus Kombinationen Beton-Stahl, Beton-Holz,

Beton-Glas sowie Stahl-Glas. Die statischen Systeme der Strukturen reichten von Ein- und Zweifeldbalken über einachsige gespannte und umfanggelagerte Platten bis zu Scheibentragwerken und Rahmen sowie zu Zylinderschalen in Modellversuchen. Die vertikal oder horizontal in die Versuchskörper eingeleiteten Zug- bzw. Druckkräfte im Bereich zwischen 10 N und 1000 kN konnten dabei kraft- oder weggesteuert geregelt werden.

Die Aufgabenstellungen des **Labors für Hochbau und Bauphysik** reichen von messtechnisch bauphysikalischen und hochbaukonstruktiven über die Qualitätssicherung z.B. im Fenster- und Fassadenbau bis hin zur Verifizierung theoretischer Berechnungen in den Bereichen Wärme, Feuchte, Schall und Akustik im Rahmen von Diplomarbeiten und Dissertationen ebenso wie für Gutachten im Rahmen von Sachverständigentätigkeit für Behörden, Gerichte und in Spezialfällen bis hin zu System- und Güteprüfungen für Industrie und Gewerbe sowie der Schadensanalyse.

Mit besonderem Elan wurde in den vergangenen beiden Jahren die Einrichtung des **Bautechnikzentrums (BTZ)** vorangetrieben. Auf den Inffeldgründen wurde ein neuer Komplex für die Unterbringung zeitgemäßer **Versuchseinrichtungen für Bauphysik, Holzbau** und die schon erwähnte **KVA** geschaffen. Eine Erweiterung zur Unterbringung des **Institutes für Betontechnologie** mit angeschlossener TVFA ist in Planung.

Nach der im Juni erfolgten weit gehenden Fertigstellung der zentralen Prüfanlage und den Laborsatelliten der KVA, des Holzbau- und der Bauphysik im BTZ erfolgt derzeit und in den Folgejahren der Ein- und Ausbau der Prüfstände und -anlagen.

Für den Bereich der **Bauphysik** sind nun folgende Prüfanlagen im Aufbau bzw. in Planung:

- Hallraum mit 240 m<sup>3</sup> Raumvolumen für die Untersuchung der Schallabsorption
- Deckenprüfstand mit etwa 12 m<sup>2</sup> Deckenfläche für die schalltechnische Untersuchung von horizontalen Bauteilen
- Schallprüfstand für vertikale Bauteile bis etwa 10 m<sup>2</sup>
- Schalllängsleitungsprüfstand für vertikale und horizontale Stossstellen von Wänden, Decken, Fassaden, der auch für die Untersuchung von abgehängten Decken, aufgeständerten Fussböden etc. und Sonderprüfungen umgebaut werden kann.
- Hotbox für die Untersuchung des Wärmedurchganges von vertikalen Bauteilen bis zu 2 m<sup>2</sup>
- Fenster- und Fassadenprüfstand für die Untersuchung auf Winddruck, Schlagregen und Luftdichtigkeit, derzeit bis zu 2,70 x 4,00 m (mit Sonderanschlüssen auch darüber hinaus) für vertikale (bzw. mit Sonderanschluss auch für geneigte) Bauteile
- Labor für Kleinuntersuchungen (Feuchtegehalt etc.)
- Kalibrierraum zum internen Kalibrieren der Prüfgeräte
- Messgeräte- und Elektroniklabor zur Konfigurierung von Messeinrichtungen für spezielle Aufgaben
- Moderne Ausrüstung zur Durchführung von bauphysikalischen Untersuchungen vor Ort (Datenaufzeichnungsgeräte für Temperatur, Feuchte, Luftgeschwindigkeit, Strahlung, Lichtstärke, etc., Geräte zur Luftdichtigkeitsmessung vor Ort, Schallintensitätsmessgeräte, Endoskopie, Messung des Behaglichkeitsindex (PMV) und vieles mehr.

In weiterer Zukunft sind entsprechende Ergänzungen geplant, wie Klimaprüfstand, Fassadenprüfstand, Wärmestromplattengerät, Eota-Prüfstand und in Kooperation mit der TFVA Vervollständigung der bauphysikalisch relevanten materialspezifischen Untersuchungen.



Fenster- und Fassadenprüfstand

Die **Holzbauaktivitäten** laufen bereits in intensiver Form. Ein Antrag für ein K-IND Kompetenzzentrum wurde am 20.9.2001 eingebracht. Für das Kompetenzzentrum steht ein Forschungsprogramm zur Verfügung, das sich in drei Impulsprogramme gliedern lässt:

Im Impulsprogramm 1 "**Innovative Holzbauprodukte**" wird auf die Schwerpunkte Prüfmethode & Versuchstechnik, Sortierung & Festigkeit sowie Entwicklung stab- und flächenförmiger Holzbauprodukte aus Nadel- und Laubholz eingegangen. Bei diesem Impulsprogramm wird die Kooperation mit der Konstruktiven Versuchsanstalt bedeutsam sein.

Das Impulsprogramm 2 "**Holz im Brückenbau**" behandelt die Bereiche von der Anwendung innovativer Holzbauprodukte (z.B. Fahrbahnsysteme) bis hin zu Bemessungs- und Inspektionsrichtlinien für Holzbrücken.

Das Impulsprogramm 3 "**Holz im Hoch- und Industriebau**" widmet sich der Anwendung der im Impulsprogramm 1 entwickelten Holzbauprodukte im Hoch- und Industriebau unter Berücksichtigung bauphysikalischer, haustechnischer aber auch ökologischer Aspekte. Hier wird die Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Bauphysik des Institutes für Hoch- und Industriebau erfolgen.

Mit der Etablierung des **BTZ** an der TU Graz stehen somit der Holzindustrie unterstützende Forschungspartner zur Verfügung, um aus Visionen marktfähige Versionen realisieren zu können.

Als dritte Forschergruppe wird die **KVA** in das Bautechnikzentrum übersiedeln und verfügt dort über folgende Einrichtungen:

#### Aufspannfeld

Das Aufspannfeld mit einer Fläche von 10 x 20 m erlaubt auch die Durchführung von Großversuchen und die Prüfung von Bauteilen im Maßstab 1 : 1. Der mehrzellige Querschnitt des Aufspannfeldes mit einer Gesamthöhe von 4,45 m besteht im wesentlichen aus

- einer zweiachsig vorgespannten Fundamentplatte mit einer Dicke von 0,45 m,
- drei in Längsrichtung vorgespannte Stegen und
- einer zweiachsig vorgespannten Aufspannplatte mit einer Dicke von 1,00 m.

In der Aufspannplatte sind 80 Auflagerschienen mit einer präzise bearbeiteten Oberfläche von 4850 x 210 mm integriert. Die mit einem Achsabstand von 500 mm angeordneten Schienen weisen Gewindebohrungen für Hilfseinrichtungen und durchgehende Bohrungen auf, die zusammen mit den durch die Aufspannplatte führenden Hohlprofilen 640 Verankerungsmöglichkeiten (Raster: 500 x 500 bzw. 500 x 1000 mm) zur flexiblen Positionierung der Prüfbaubauten bilden. Die vorhandenen Spannanker können pro Verankerungspunkt statische Kräfte von +/- 500 kN und dynamische von +/- 400 kN übertragen.

#### Versuchstechnische Ausstattung

- Zwei horizontal linear verschiebbare und vertikal stufenlos verstellbare Prüfgerüste (Achsabstände der 4 Säulen 1000 bzw. 2500 mm), die mit dem Aufspannfeld durch Vorspannen koppelbar sind
- ein Linearzylinder für +/- 100 kN (Hub = 250 mm)
- Zwei Linearzylinder für +/- 1000 kN (Hub = 250 mm)
- Digitale Regelelektronik für die servohydraulisch gesteuerten Prüfzylinder
- Hydraulikversorgung durch zwei Pumpenaggregate mit einem Nennförderungsstrom von 2 x 95 l/min und einem Systemdruck von 210 bar
- Lasteinleitungskomponenten wie sphärische Druckplatten, Lastverteilträger für Zwei- und Verpunktlasteinleitungen, Hydraulikspannköpfe für 250 kN usw.
- Einrichtungen für Modellversuche.

Ergänzt werden diese infrastrukturellen Anlagen mit moderner Messtechnik, Werkstätten und Herstellungsmöglichkeiten für Betonteile.

Die geplanten Aktivitäten umfassen neben den Aufgaben in der Lehre statische und dynamische Untersuchungen von Teilstrukturen und Tragwerken in Zusammenhang mit

- den Entwicklungen innovativer Bauweisen in Beton, Stahl, Glas und Holz,
- der Ertüchtigung bestehender Bauwerke für Erdbebeneinwirkungen und
- der Erhaltung sowie Instandsetzung von Bauwerken.

Die in die Fakultät eingegliederten **Fachgruppe "Geodäsie"** ist vor allem mit umfangreichen und teuren Geräten für die Verbesserung und Auswertung komplexer Messungen ausgestattet.



Umfangreiche Rechenkapazitäten stehen den Abteilungen Positionierung und Navigation, Fotogrammetrie und Fernerkundung und Mathematische Geodäsie und Geoinformatik zur Verfügung. Experimentelle Untersuchungen konzentrieren sich vorzugsweise auf das **Geodätische Messlabor**:

Dieses, in der Steyrergasse 30 situierte Labor hat eine Fläche von 33 x 6.5 m. Es ist klimatisiert und wird ausschließlich künstlich beleuchtet. Das Messlabor wird für die Kalibrierung von geodätischen Geräten und von neuentwickelten Messsystemen, manchmal auch für Drittmittelprojekte, sowie für die Ausbildung von Studenten benutzt. Es wurde 1991 in Betrieb genommen. Die Haupteinrichtungen sind eine 30 m lange horizontale Komparatorbank und ein Prüffeld, bestehend aus 10 Stahlpfeilern. Die Pfeiler und Fundamente sind unabhängig vom Gebäude gelagert. Die Komparatorbank wird zur genauen Prüfung von Distanzmessgeräten verwendet, wobei als Vergleichsmaß ein Laserinterferometer verwendet wird. Der Prüfling kann ferngesteuert auf der Komparatorbank bewegt werden. Das Pfeilerprüffeld wird hauptsächlich für Studentenübungen und Testaufbauten genutzt.



Für die Systemprüfung von digitalen Nivellieren, also die gemeinsame Prüfung der codierten Latten mit den Nivellieren durch

Messung, wurde ein Vertikal-komparator entwickelt. Diese Einrichtung liefert herausragende Resultate und gilt zur Zeit als Vorbild.

Für den Vermessungskreis Gyromat 2000 wurden zwei Kalibrierstationen gebaut. Eine Kalibrierstation erlaubt die Überprüfung der Azimutmessungen mit Autokollimationsprismen und Zielmarken. Die zweite Kalibrierstation dient zur Untersuchung der Temperaturabhängigkeit der Kreiselmessungen. Dafür wurde eine Klimakammer auf einem Betonpfeiler aufgebaut, deren Temperatur zwischen 40°C und 10°C reguliert werden kann. Als Ziel dienen zwei Autokollimationsspiegel.

Insgesamt werden der Fakultät für Bauingenieurwesen in absehbarer Zeit endlich moderne Möglichkeiten für die Durchführung von Experimenten und Beobachtungen zur Verfügung stehen.

Es werden alle Bemühungen unternommen werden, die den Universitäten aufgetragene Unterstützung der Wirtschaft noch erfolgreicher weiterzuführen.

*Within the Faculty of Civil Engineering a number of research laboratories are in existence, which in various manners contribute to the scientific development. The Hermann-Grengg-Laboratory for Hydro-research concentrates on model-experiments of water flows and hydro-power, both focussing on relevant projects in Austria and abroad. The same building contains the Laboratory for Water Supply concentrating on water quality and waste water treatment.*

*The Laboratory for Soil Mechanics has a long tradition in investigating soil conditions with all relevant and standardized test methods. Present research connects with the New Austrian Tunnelling Method (NATM) under pressurized air application and an open-air tunnelling method using caissons.*

*The Institute for Rock Mechanics and Tunnelling defines the strength and stiffness parameters to select the supporting structures for deep drilling.*

*The Laboratory for Structural Engineering (KVA) was installed as common undertaking for all Institutes of Civil Engineering and is equipped with loading rigs and powerful data logging systems. It executes practical tests in cooperation with theoretical considerations for all materials like steel, timber, concrete, glass etc. including the combination of those. This unit forms an important part of the new Centre for Construction Technology, which is supplemented with the Laboratories for Building Physics and Timber Construction. After realisation of the test hall and the attached offices test equipment will gradually be installed. In due time this centre will permit all testing in accordance with the latest and most modern standards, which were published in great numbers not before long.*

*Planning for an extension to house the Institute for Concrete Technology is on its way.*

*At the Technical University Graz the Institute of Geodesy is part of the Faculty of Civil Engineering. The Geodetic Laboratory serves primarily for calibration of instruments for all geodetic purposes.*

*All in all will the Faculty for Civil Engineering in the foreseeable future – after long struggling – have available modern test installations to furtheron successfully support the industry and the technical progress.*



# Fakultät für Maschinenbau

## Allgemein

Mit dem Begriff Maschinenbau wird vielleicht manchmal noch der "öltriefende" Bau und die Herstellung von meist schweren Maschinen assoziiert. Diese Vorstellung beschreibt die heutigen Aufgaben des Maschinenbauingenieurs und damit die Lehre und Forschung der Fakultät vollkommen unzureichend. Vielmehr geht es darum, innovative Technologien einzusetzen und weiterzuentwickeln ("Technologiemanagement"), um

- aus Ideen serienreife Produkte zu konzipieren, zu entwickeln sowie zu produzieren und zu vermarkten
- die dabei erforderlichen Prozesse und Technologien zu definieren und weiterzuentwickeln
- diese Prozesse zu organisieren und wirtschaftlich zu führen

Die Fakultät für Maschinenbau ist dazu in die drei Studienrichtungen Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau und Verfahrenstechnik gegliedert. Die Fakultät beherbergt 16 Institute, von denen über 400 Lehrveranstaltungen und zwei Universitätslehrgänge angeboten werden. Insgesamt sind derzeit neben 21 Professoren 220 ForscherInnen an der Fakultät für Maschinenbau beschäftigt.

Der Forschungstätigkeit der Fakultät kommen die hervorragend ausgerüsteten Labors zugute, die sich in zahlreichen Forschungs-kooperationen mit High Tech- Unternehmen bewähren. Die Forschungs-kooperationen setzen sich ausgewogen aus Auftragsforschung und Zusammenarbeit mit der Industrie sowie aus einer Reihe geförderter Forschungsvorhaben und EU-Projekten zusammen.

## Strategische Ausrichtung der Fakultät

Die Fakultät für Maschinenbau hat im Juni dieses Jahres ihr neues Strukturkonzept, das die Ausrichtung der Fakultät bis zum Jahr 2011 beinhaltet, verabschiedet.

Die wesentlichen Eckpunkte des Konzeptes sind im Folgenden kurz dargestellt:

### Grundsätze

- Den Ausgangspunkt bildet eine SWOT-Analyse (Stärken/Schwächen, Chancen/Gefahren) der Fakultät. Ziel ist es, die Stärken und Kernkompetenzen der Grazer Fakultät mit Chancen zu kombinieren und weiter auszubauen (Profilbildung).
- Dabei werden in Erweiterung der bisherigen meist instituts-bezogenen Spezialforschungsprogramme durch Schwerpunkt- und Clusterbildung Ressourcen instituts-, fakultäts- und universitätsübergreifend vernetzt und dadurch schlagkräftige Strukturen geschaffen.
- Eine der wichtigsten Maßnahmen stellt dabei die Einrichtung von Kompetenzzentren dar, die zusätzlich zu den Forschungssynergien besonders unternehmerisches Denken und Handeln fördern. In die derzeitigen Kompetenzzentrumsaktivitäten sind 80 % der Institute der Fakultät direkt in Forschungsprojekte eingebunden, die restlichen 20 % sind indirekt betroffen. Die Kompetenzzentren stellen damit eine wichtige Klammer in der Zusammenarbeit zwischen Industrie, TU, Fachhochschule und anderen Partnern dar.
- Die Erneuerung der Fakultät und neue Strukturen werden dabei mit den vorhandenen Ressourcen durch Umschichtungen und Umwidmungen durchgeführt. Zusätzliche Ressourcen sollen im wesentlichen über Forschungsprojekte, Kompetenzzentren und Drittmittel aufgebracht werden. Falls sich doch die Möglichkeit für zusätzliche Budgetmittel ergibt, sind Pläne für eine sinnvolle Nutzung vorhanden.

- Die Ressourcen sollen in Zukunft fakultätsintern in jedem Fall leistungs- und bedarfsbezogen zugeordnet werden (z.B. nach Studenten- und Absolventenzahlen, Drittmittel etc.)

Leistungsbereitschaft und Motivation sollen durch Anreizsysteme (z.B. attraktive Forschungsfelder und -strukturen, Mitgestaltung und Mitverantwortung u.a.) unterstützt werden.

## Umsetzungsstrategie und die wichtigsten Maßnahmen

Themenführerschaft in den Stärken der Fakultät ausbauen, d.s.

- Fahrzeugtechnik und Verkehrssicherheit (Schwerpunkt)
- Energie- und Wärmetechnik, Bioenergie (Schwerpunkt)
- Verfahrens- und Umwelttechnik (Schwerpunkt)
- International orientiertes Studium: Bachelor-Abschluss nach CEAB / einzige internationale Anerkennung in Österreich, Integration einer internationalen Denk- und Sichtweise (Akkreditierung im Herbst 2001). Neue Studienpläne sind seit 1998/99 bereits eingeführt.
- Postgraduale Lehrgänge ausbauen (dzt. Environmental Engineering and Management (MAS) und Paper and Pulp Technology (MAS))
- Wirtschaftsingenieurwesen (Grazer Profil 75 % Technik, 25 % Wirtschaft): z.B. Postgraduale Summer Academy ab 2001
- Spezialforschungsprogramme der Institute ausbauen (z.B. Precision Engineering, Werkstoffmodellierung, Nanotechnik, Fabrik der Zukunft u.a.)

Schwerpunkt-/Clusterbildung bedeutet am Beispiel: Fahrzeugtechnik und Verkehrssicherheit:

- neue Professur "Fahrzeugtechnik" (Umwidmung bereits erfolgt)
- Kompetenzzentrum "Virtuelles Fahrzeug", 300 Mio ATS (eingereicht)
- Kompetenzzentrum "Akustik" vorhanden, mittelfristig Professur "Acoustics and Vibrations"
- Kompetenzzentrum "Umweltfreundliche Stationärmotoren" (genehmigt)
- Kompetenzzentrum "Fahrzeugsicherheit" in Vorbereitung, gemeinsam mit Fachhochschule
- Studienzweig "Verkehrstechnik" vorhanden, laufende Anpassung
- Breite Beteiligung von Forschungspartnern von TU Graz, TU Wien, Fachhochschule, Joanneum Research, Industrie/Automobilcluster



Informatik wesentlich stärker integrieren, d.h.

- neue Professur "Maschinenbau- und Betriebsinformatik" (Umwidmung bereits erfolgt)
- neue Professur "Modellbildung und Simulation" (Umwidmung Herbst 2001)
- Mechatronik: neuer Schwerpunkt am Institut "Mechanik und Mechatronik" (Umwidmung Herbst 2001)
- Studienzweig "Mechatronik" wurde bereits eingerichtet.

Weitere Kompetenzzentrumsaktivitäten umfassen:

- Beteiligung am Material CC (ca. 20 %) durch das Institut für Werkstoffkunde
- Austrian Bioenergie CC: eingereicht
- "Wertschöpfungskette Holz": Papier- und Zellstofftechnik beteiligt sich am Holz-cluster (in Vorbereitung)

Abschließend ist festzuhalten, dass sich die Grazer Maschinenbaufakultät für eine aktive Gestaltung der eigenen Zukunft entschieden hat und die im Konzept dargestellten Aktivitäten sowohl im Studium (neue Studienpläne, internationale Bachelor-Substantial Equivalency, Postgraduale Aktivitäten), in der Forschung (Kompetenzzentren) und in der Organisation (Neu-/Umwidmungen) bereits in breitem Umfang eingeleitet wurden. Darin liegt wohl der wesentlichste Unterschied zu den Konzepten der Vergangenheit.

*Mechanical Engineering has undergone a substantial transformation from its former image as a heavy duty machinery subject toward its future-oriented profile which is expressed by "technology management". The key issues of the years to come are the transformation of ideas into products, the customization of these products, the design and further development of relevant processes and technologies and their economic organization.*

*These key issues are matched by the offered study programs of the Faculty: Mechanical Engineering, Engineering Economics, and Process Technology. The 16 institutes of the Faculty with its 21 full professors and 220 scientific staff members offer more than 400 courses and two additional university programs.*

*The Faculty runs a number of latest state-of-the-art laboratories and conducts joint research and development with high-tech industry within national and European research programs. According to recent planning, Faculty funds will be allocated according to output and performance parameters. Additional resources are expected to come from research funds.*

*The very goal of the Faculty is to further strengthen its outstanding competences. In order to accomplish its goal efficiently and to enjoy a maximum of synergy effects, dedicated cluster networks of individual institutes are being created. A particularly important part is played by its Competence Centers: 80% of the institutes take part in the activities of these centers which are considered as a powerful link between academia and industry.*

*The Faculty's record in terms of Competence Centers is outstanding: with the "Acoustics Competence Center", the "Environment-saving Stationary Combustion Engines Competence Center", the participation in the "Material Competence Center" in Leoben and in the "Timber Competence Center", the expected "Virtual Vehicle Competence Center" and the "Bioenergy Competence Center", and the planned "Traffic Security Competence Center" the Faculty ranks definitely number one among all Austrian University Faculties in Competence Center matters.*

*The Faculty is strongly devoted to a further development of its leading position in automotive engineering and traffic security, energy technology including bio-energy, and in process and environmental technology. Special research programs in precision engineering, material modelling, and nano-technology complement the Faculty's research profile. Most of the research activities are conducted jointly with the University of Technology in Vienna, with the*

*Polytechnical School, with Joanneum Research, and with industry as part of the Graz Automobile Cluster.*

*The Faculty has recently implemented a program leading to an internationally recognized bachelor degree, it is developing and expanding its postgraduate program in Environmental Engineering and Management, and in Paper and Pulp Technology, leading to a MAS degree, and it has started to offer a Postgraduate Summer Academy.*

*The Faculty is very actively shaping its own future both with respect to teaching and research. As part of this process the Faculty is creating an attractive new profile by appointments*

*which focus on extended informatics applications and on modelling and simulation, and with mechatronics being considered a very promising branch of contemporary mechanical engineering.*

## Institute

### Institut für Fertigungstechnik

Unter dem Generalthema PRECISION ENGINEERING wird eine Reihe von Forschungsthemen bearbeitet, bei welchen die geometrische Genauigkeit im Mittelpunkt steht. Die Untersuchung statischer und dynamischer Parameter und thermischer Einflüsse auf Strukturen und Positionsmesssysteme von CNC-Maschinen bildet einen vorrangigen Forschungsschwerpunkt. Im Forschungsbereich CNC-Unrundschleifen nimmt das Institut eine Pionierrolle ein. Als Dienstleistung werden Nockenwellen für Versuchsmotoren und Sonderanwendungen geschliffen. Die Polygonprofile für Welle-Nabe-Verbindungen bilden in diesem Konnex ein besonderes Spezialgebiet. Im Falle des Schwerpunktthemas Robotik konzentrieren sich die Forschungsarbeiten gleichfalls auf die geometrische Genauigkeit und auf das Messen mit dem Roboter.

Die Lehre umfasst die gesamte spanende Bearbeitung, die Fertigungs-Automatisierung, die Fertigungs-Messtechnik und die Robotik.

### Institut für Werkstoffkunde

Fundiertes werkstoffkundliches Grundwissen sichert den Erfolg des Maschinenbauingenieurs. Die Ausbildung unserer Studenten zu kreativen und verantwortungsbewussten Ingenieuren soll auf Basis modernster Erkenntnisse erfolgen. Dazu ist eine intensive Befassung mit den Grundlagen und ihrer methodischen Umsetzung auf die Anwendung erforderlich.

Das hohe Niveau der Lehre, der Forschung und die Qualifikation des wissenschaftlichen Nachwuchses soll durch aktive Forschung und Beteiligung an internationalen und nationalen Forschungsprojekten und Industriekooperationen aufrecht erhalten werden. Wir bemühen uns diese Ansprüche durch Ideen, Durchsetzungsvermögen, Ausrüstung und Partnerschaft zu erfüllen.

Die zur Zeit laufenden Forschungsschwerpunkte:

Werkstoffe:

- Entwicklung und Charakterisierung von modernen 9 – 12 % Cr-Stählen für ultraeffiziente Dampfkraftwerke (FWF).
- Zerstörungsfreie Ermittlung von Werkstoffeigenschaften (FFF).
- Entwicklung eines Modells zur Vorhersage von Heißrissen (MCL/M4).
- Modellierung und Simulation in der Werkstoffkunde und Schweißtechnik.

Schweißtechnik:

- Schweißseignung neuartiger 9 – 12 % Cr-Stähle (FWF, COST 522).
- Entwicklung hochlegierter Fülldrahtelektroden (FFF).
- Grundlagen zur Entwicklung von Nickelbasis Fülldraht-Elektroden (MCL/J1).
- Eigenspannungskontrolliertes Schweißen (MCL/J2).
- Modellierung des Reibschweißens

#### Formgebung:

- Simulation der Warmformgebung von Nickel-Basis-Legierungen (MCL/M1).
- Entwicklung verbesserter Walzdrähte zum Kaltstauchen und Kaltfließpressen (MCL/T3).
- Mikrostrukturentwicklung in Superlegierungen beim Gesenkschmieden und Wärmebehandeln (FFF).
- Charakterisierung der Kalt- und Warmumformbarkeit metallischer Werkstoffe (MCL/SP3).
- Lokale Mikrostruktur bei Umformprozessen (MCL/SP8).

### Institut für Festigkeitslehre

In der Lehre betreut das Institut Studierende des Maschinenbaus und des Bauingenieurwesens, sowohl im Grundlagenfach "Festigkeitslehre" als auch in den Vertiefungsfächern "Finite Elemente", "2d-Bauteile (Scheiben, Platten, Schalen)", "Plastizitätstheorie", "Elastizitätstheorie 1 und 2", "Operatoralkül für Ingenieure", "Wavelets" und "symbolische Berechnungen".

In der Forschung beschäftigt sich das Institut mit der Weiterentwicklung der numerischen Methoden (Finite Elemente auf Polynom- und/oder Waveletansätzen) der Festkörpermechanik sowie mit Materialtheorie (einschliesslich Thermodynamik) auf Mikro-, Meso- und Makroebene. Dabei wird das anisotrope und das zeitabhängige (viskose) Verhalten untersucht, sowohl im elastischen als auch im anelastischen Bereich. Damit können technologische Umformprozesse (Walzen, Schmieden, Ziehen, Extrudieren, ...) wirklichkeitsnah numerisch simuliert werden. Die Erstellung der Rechnerprogramme erfolgt innerhalb der "Materialtheorie" durch den Rechner selbst, mittels "symbolischer Berechnung".

Die Arbeitsschwerpunkte sind: Materialtheorien (einschliesslich Thermodynamik) auf Mikro-, Meso- und Makroebene, numerische Verfahren (Finite Elemente, Wavelets), symbolische Berechnungen, Anwendung auf thermodynamische Festkörperprobleme (technologische Umformprozesse).

### Institut für Mechanik und Getriebelehre

Das Institut für Mechanik und Getriebelehre ist für die Grundausbildung im Fach Mechanik für die Studienrichtungen Maschinenbau und Verfahrenstechnik zuständig. Daneben bietet das Institut vertiefende Vorlesungen in Getriebelehre, Höherer Dynamik, Robotik, Kinematik und Dynamik von Mehrkörpersystemen,



Mechatronik, Unfall- und Biomechanik, Simulationstechnik und Simulation von Verkehrsunfällen für die Studierenden des zweiten und dritten Studienabschnitts an.

In der Forschung verfolgt das Institut das Ziel, durch Einsatz moderner Methoden der Mathematik, Informatik, Regelungstechnik und Elektronik neue Produkte und Verfahren aus dem Bereich der Mechanik und Mechatronik zu entwickeln. Beispiele hierzu sind Bewegungssimulation in CAD Systemen, Schreitroboter, Sicherheitssysteme für Kraftfahrzeuge.

Die theoretischen Arbeiten werden aus zahlreichen Industrieanwendungen und Drittmittelvorhaben gespeist und in unseren Labors (Robotik, Crash-Schlittenanlage) verifiziert.

Die Arbeitsschwerpunkte des Institutes sind: Simulation mechatronischer Systeme, Bewegungssimulation in CAD-Systemen, Unfallrekonstruktion, Sicherheitstechnik im Kraftfahrzeugwesen, Biomechanik, Mobile Roboter, Schreitmaschinen, Mechanismensynthese und -analyse.

### Institut für Wärmetechnik

Vom Institut für Wärmetechnik der Technischen Universität Graz werden die Bereiche Grundlagen der Wärmetechnik und Wärmewirtschaft, Kraft- und Heizkraftwerkstechnik, Wärmepumpentechnik, Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik, Sonnenenergie- und Biomassenutzung, Rationelle Energieanwendung, Fern- und Nahwärmesysteme, Reaktorsicherheit sowie Wärmetechnisches Mess- und Versuchswesen vertreten. Die Forschung am Institut ist derzeit auf die Schwerpunkte "Bioenergienutzung" (Vergasung und Kraft-Wärme-Kopplung), "Wirkungsgradsteigerung und Emissionsminderung von Wärmekraftwerken", "Thermodynamische Modellierung von Gas- und Dampfturbinenprozessen", "Wärmepumpentechnik", die "Kältemittel-Problematik", "Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung", "Teilsolares Heizen", und "Niedrigenergiehäuser" konzentriert, wobei theoretische Arbeiten, Computersimulationen und experimentelle Untersuchungen durchgeführt werden. Das Spektrum umfasst also sowohl weite Bereiche des Umwandlungssektors als auch den größten Teil des Endenergieeinsatzes bis hin zur Energiedienstleistung sowie die daraus resultierenden Umweltauswirkungen, insbesondere den anthropogenen Treibhauseffekt.

Das Labor des Institutes ist für derartige Untersuchungen ausgestattet: Es stehen eine 2,7 MW-Hochstromanlage als Wärmequelle, eine Schornsteinanlage für Kesselleistungen bis 1,2 MW, eine Rückkühlanlage mit einer Leistung von 5,4 MW, ein Versuchsstand zur Biomassevergasung mit Gasreinigung, Gasmotor mit Wärmeauskopplung und Stromerzeugung, diverse Wärmequellen- und Wärmesenkenanlagen, eine 9 x 6 x 4,3 m große Klimakammer für einen Temperaturbereich von -20 bis +40 C, ein CO<sub>2</sub>-Wärmepumpenversuchsstand sowie ein Warmwasserspeicher-Versuchsstand zur Verfügung; zudem sind leistungsfähige Messwerterfassungs- und Auswertesysteme mit der erforderlichen Software vorhanden und erprobt.

### Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme

Der Tätigkeitsbereich des Institutes für Fördertechnik und Logistiksysteme reicht von der konstruktiv-technischen Grundausbildung unserer Studenten unter Einbindung zeitgemäßer Computermethoden bis hin zur praxisorientierten Vertiefung und Forschung auf den Gebieten der Planung von Logistiksystemen, der logistischen Dimensionierung und Simulation von Materialflussprozessen und Lagersystemen in Produktions- und

Dienstleistungsbetrieben, der praxisnahen Forschung und Entwicklung mit Berechnung und 3D-CAD-Konstruktion von Fördermitteln und Lagereinrichtungen einschließlich Funktionserprobung und Lebensdaueruntersuchung in Labor- und Feldversuchen.

Der Bereich der Automatisierungs- und Antriebstechnik umfasst die Gestaltung neuer elektromechanischer Antriebskonzepte und deren maschinenbauliche Elemente zur Kraftübertragung ebenso wie die eigentliche Aktorik. Weitere Untersuchungskomponenten sind felddnahe digitale Kommunikationselemente und digitale Steuerungssysteme für den Industrieinsatz (Feldbussysteme, SPS, DSP-Lösungen).

Der CAE-gestützte Entwicklungsbereich reicht von der Grundkonzeption über den Prototypbau bis zur hard- und softwareseitigen Komponentenerprobung in enger Kooperation mit Industriepartnern. Ziele sind kosten- und geräuschoptimierte Maschinenkonstruktionen, Leichtbau sowie schwingungstechnische Modellierung und Optimierung von Fördermitteln durch Mehrkörper-simulation.

Der Bereich der Planung von Förderanlagen beschäftigt sich mit der Entwicklung mathematisch-analytischer Modelle als Berechnungsgrundlage für Durchlaufzeiten, Auslastungs- und Kapazitätsermittlung, Pufferzonenberechnung und Kostenanalyse in Verbindung mit dem Einsatz leistungsfähiger Simulations-Softwaretools.

## Institut für Maschinenelemente und Entwicklungsmethodik

### Forschungs- und Arbeitsgebiete des Instituts sind:

Entwicklungsmethodik: Erweiterung der Konstruktionslehre als Synthese der Einzeldisziplinen: Belastungskollektive, Konstruktion, Berechnung, Versuchs- bzw. Erprobungsmethodik zur Steigerung von Entwicklungseffizienz und -qualität (Jürgens, Grünbaum, Moser)

Getriebe, insbesondere Kraftfahrzeuggetriebe: Verringerung der Verluste und Erhöhung der Leistungsdichte von stufenlosen mechanischen Getrieben, bzw. Getriebestrukturen. (Jürgens)

Betriebsfestigkeit: Kombination von Berechnungsmethoden mit Finiten Elementen (Moser) und Prüftechnik (Prüfhalle mit großem Schwingprüfstand und Einzelkomponentenprüfständen – Hochleitner/Faber) zum verbesserter Abgleich von Berechnung und tatsächlich auftretenden Beanspruchungen. Dies soll im weiteren auch in Bezug auf Akustik geschehen (Körperschalleitung und Abstrahlung).

Fluidtechnik: hydrostatische Lagerkonzepte für Prüfmaschinen (Hochleitner)

Mehrbereichstrukturen für stufenlose Getriebe, Lebensdauer von Drehgestellen, Abgleich von FEM mit Messung, verbesserte Lebensdauerberechnungen von komplexen Bauteilen bei stochastischen Beanspruchungsverläufen, Entwicklung von Spezialkraftaufnehmern, Lebensdauer von Reibbelägen für Kupplungen (Grundlagen), Optimierung von Getriebestrukturen mittels Simulationsmethoden, Reinwasserhydraulik und Optimierung von Entwicklungsmethoden speziell für den Maschinenbau

### Technische Einrichtungen und Labors

Universaltriebepfprüfstand, Universalkupplungsprüfstand mit zugehörigen Steuer- und Messeinrichtungen modular aufgebaut, Schwingprüfstand mit 12 Kraftzylindern und zugehörigen Steuer-

und Messeinrichtungen, 2 Labors für Messtechnik, Labor für Maschinenelemente, für Hydraulik, für Pneumatik, Labors (EDV-Räume) für Konstruktionsübungen, FEM, angewandte Simulationsmethoden mit 2 Workstations und ca. 40 PCs für Lehre und Forschung

## Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik

Das Institut hat es sich zum Ziel gesetzt, im vernetzten System Energie, Motor, Verkehr und Umwelt innovative und international anerkannte Lehre und Forschung zu betreiben und insbesondere zur Lösung umweltrelevanter Fragestellungen beizutragen.

Die Forschungsschwerpunkte liegen vor allem in der Analyse des thermodynamischen Arbeitsprozesses von Verbrennungskraftmaschinen, in der Motorenentwicklung, in der Entwicklung von Simulationswerkzeugen zur Realisierung der Vision des virtuellen Motors, in der Antriebstechnik und Fahrdynamik, in der Berechnung und Messung von Emissionen und Immissionen (Emissionsvorberechnung, Luftgütemessung, Schadstoffausbreitung, Tunnellüftung, etc.) sowie im Einsatz von Alternativenergien. Kooperationspartnern und Auftraggeber kommen aus Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlichen Institutionen.

Mit den technischen Einrichtungen des Institutes ( 10 Motorenprüfstände, ein Transient-Prüfstand für Nfz-Motoren, Rollenprüfstände für Pkw, Lkw und Zweiräder, mehrere Aggregatprüfstände sowie umfangreiche Messtechnik und EDV-Systeme (25 Workstations und ca. 80 PCs) inkl. Software (CFD, FEM, CA<sub>x</sub> etc.)) ist es eines der bestausgerüsteten auf diesen Forschungsgebieten.



## Institut für Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik

Das Institut ist das einzige in Österreich, das akademische Führungskräfte für das Fach Papier- und Zellstofftechnik ausbildet. Trotz wiederansteigender Absolventenzahlen kann die Nachfrage nicht abgedeckt werden. Die AbsolventInnen werden in folgenden Bereichen dringend benötigt:

Papier-, Karton- und Zellstoffhersteller, Papierverarbeiter und Großdruckereien, Maschinen- und Anlagenindustrie, chemische Industrie, Sieb- und Filzhersteller und Ingenieur- und Planungsbüros.

Aktuelle kooperative Forschungsprojekte (teilweise mit FFF und ÖZEPA) :

Blattstruktur - z-Richtung, Messerlose Mahlverfahren, Benetzung- und Penetrationsphänomene, Bildanalyse, Methoden zur Erkennung von Faserschädigung, Reaktive Striche für Dünndruckpapiere, Bedruckbarkeit, Alterung von Papieren mittels dynamischem Simulationsmodell.

Papierfabrik der Zukunft - Neue Technologien bei der Papier- und Zellstoffproduktion Das Institut führt eine Technische Versuchs- und Forschungsanstalt für Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik mit den Aufgabengebieten Papier- und Zellstoffprüfung und Prüfgeräteüberprüfung.





Voith

Ein Universitätslehrgang MAS for Pulp and Papertechnology wird angeboten.

## Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen

Das Institut befasst sich mit der ganzheitlichen prozessorientierten Systemtechnik der hydraulischen Maschinen und sieht sich als kompetenter Ansprechpartner für Forschung und Industrie, für den gesamten Wertschöpfungsprozess von F&E bis zu Produktion und Marketing.

Rechnerisch und experimentell werden Turbinen, Pumpen, Gebläse, Armaturen sowie instationäre Vorgänge bei hydraulischen und verfahrenstechnischen Anlagen untersucht.

Am Beispiel hydraulischer Maschinen werden industrielle Geschäfts- und Innovationsprozesse erforscht und optimiert.

Sämtliche Problemfelder können mit der institutseigenen Laborausstattung abgedeckt werden.

Turbomaschine

Zu diesem Zweck stehen Lasermessmethoden, ein Axialgebläseprüfstand und Wasser-Ringleitungen bis 500 kW und 1 m<sup>3</sup>/s sowie Strömungssimulationsprogramme (3D, instationär) zur Verfügung.

Vor allem die Erforschung und Optimierung industrieller Ge-

schafts- und Innovationsprozesse, aber auch neue Designvarianten sind Tagesgeschäft und zugleich Forschungsschwerpunkte.

## Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik

Das Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik befasst sich mit der Ausbildung und Forschung im Bereich der Gas- und Dampfturbinen. Wesentliche Eigenschaft dieser Maschinen ist, dass sie mit kompressiblen Medien arbeiten.

Das Institut verfügt über eine sehr umfangreiche experimentelle Ausrüstung, die sowohl im Lehrbetrieb als auch für Forschungsaktivitäten eingesetzt wird. Das Forschungslabor umfasst eine Fläche von mehr als 1000 m<sup>2</sup>. Für den Betrieb der verschiedenen experimentellen Einrichtungen steht eine 3 MW Verdichteranlage zur Verfügung. Diese Anlage, die sich über zwei Kellergeschosse erstreckt, ist die größte maschinentechnische Anlage der TU Graz. Damit werden zur Zeit Untersuchungen im kontinuierlichen Betrieb an rotierenden transsonischen Turbinenstufen sowie Grundlagenuntersuchungen in einem Turbinenschaufelgitterkanal durchgeführt.

Für die messtechnische Erfassung von Daten im Rahmen der Strömungs- und Schwingungsuntersuchungen stehen dem Institut neben Standardmessverfahren verschiedene optische Systeme zur Verfügung (Holographie, Laser-Doppler-Anemometrie, Particle-Image-Velocimetry, Schlierensystem, Wärmebildkamera, Hochgeschwindigkeitskamera).

Das Institut bietet Vorlesungen in den Bereichen Thermische Turbomaschinen, Maschinendynamik, Schwingungslehre und Akustik, optische Messsysteme, computational fluid dynamics, sowie eine Reihe weiterer vertiefender Vorlesungen an.

Im Rahmen eines von der EU geförderten Programmes (DITTUS) wird in Zusammenarbeit mit anderen europäischen Firmen und Hochschulen die instationäre, turbulente Strömung in einer transsonischen Turbinenstufe experimentell und numerisch untersucht.

Das vom österreichischen Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur geförderte START Programm befasst sich mit der Entwicklung und Anwendung laser-optischer Verfahren zur Untersuchung der Turbulenz in modernen Turbomaschinen.

## Institut für Strömungslehre und Wärmeübertragung

Das Institut vertritt die Fachgebiete Strömungslehre und Wärmeübertragung. In den Grundlagenlehrveranstaltungen werden die Studierenden in theoretische Methoden und praktische Anwendungen eingeführt. Zusätzlich werden Lehrveranstaltungen zu verschiedenen Bereichen der modernen Strömungsmechanik angeboten. Die Forschung umfasst die numerische Simulation starker Druckwellen, die Entwicklung von Modellen zur Berechnung turbulenter Strömungen, die Windkanaltechnik sowie eine Reihe weiterer experimentelle Untersuchungen. Seit Oktober 1997 konzentriert sich das Interesse auch auf Probleme in Mehrphasenströmungen, die vorwiegend im Rahmen des Christian-Doppler-Laboratoriums für "Kontinuierliche Erstarrungsvorgänge" untersucht werden. Darüber hinaus werden Projekte in Kooperation mit Industriepartnern bearbeitet. Im gut ausgestatteten Labor werden zwei Niedriggeschwindigkeitswindkanäle sowie ein Grenzschichtwindkanal betrieben, und für optische Messungen steht ein PIV-System zur Verfügung.

## Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und Anlagentechnik

Traditionsgemäß besteht unser Institut aus einigen Gruppen, die in der Forschung weitgehend selbstständig sind. Ihre Leiter und gegenwärtige Projektgruppen sind:

- Prof. Dr. Hans Huemer - Erstellung einer PVT-Datenbank im Rahmen des Dechema Projektes, Anwendung für die Anlagenauslegung, theoretische Untersuchungen zur Thermodynamik
- Prof. Dr. Michael Narodoslawsky - Indikatoren für die nachhaltige Entwicklung, Grüne Bioraffinerie (Gewinnung von Wertstoffen aus Grassaft), Tiermehlverwertung
- Univ.Doz. Dr. Ingwald Obernberger - Untersuchungen zur thermischen Verwertung von Biomasse und zur Aerosolbildung bei der Verbrennung
- Ass.Prof. Rudolf Riedl-Narentenau - Korrosion in Biomassekraftwerken, alternative Materialien in Chemieanlagen
- Prof. Dr. Hans Schnitzer - Abfallarme und nachhaltige Produktion, Zero Emissions Research
- Prof. Dr. Otto Wolfbauer - Entsorgung von Klärschlamm durch Einbau in keramische Massen, Kleinanlage für die Abwasserreinigung mit Verwendung des gereinigten Abwassers als Nutzwasser, Vererdung von Klärschlamm

## Institut für Apparatebau, Mechanische Verfahrenstechnik und Feuerungstechnik

Das Institut betreut das Arbeitsgebiet mit drei Professoren und weiteren sieben Akademikern in Lehre und Forschung. Der Forschung stehen großzügige Räume mit teilweise exzellenter Ausstattung zur Verfügung. Forschungsthemen sind: Abscheiden von Staub in Zykloiden, Pyrolyse und Verbrennung von festen Brennstoffen, Verbrennung und Vergasung fester Brennstoffe in Festbetten, Gas-Feststoffreaktionen, Selbstentzündung von Schüttschichten, Rauchgasentschwefelung mit Ca-Verbindungen (im Feuerraum und in Zirkulierenden Wirbelschichten), Charakterisierung der Sedimentationseigenschaften von Klärschlamm.

## Institut für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften

Das Aufgabengebiet des Instituts für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften umfasst eine wirtschaftswissenschaftliche Basisausbildung sowie anwendungsorientierte Vertiefungen und Forschung in speziellen Bereichen. Der Bereich „Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie“ sichert primär die betriebswirtschaftliche Basisausbildung sowie Controlling und Marketing. Der Bereich „Industriebetriebslehre und Innovationsforschung“ bietet eine darauf aufbauende spezielle Ausbildung für Industrie- und Gewerbebetriebe; der dritte Bereich behandelt „Unternehmensführung und Organisation“. Die wirtschaftswissenschaftliche Basisausbildung dient darüber hinaus als Grundlage für weiterführende Ausbildungen in allen anderen Studienrichtungen der Technischen Universität Graz mit wirtschaftswissenschaftlichen Fächern.

## Institut für Thermische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik

**Forschungszentrum für Hochdruckverfahrenstechnik**  
*Research Centre of High Pressure Process Engineering*  
Das Institut ist seit 1979 auf dem Gebiet der Hochdruck-

verfahrenstechnik tätig und dieser Bereich stellt seit Beginn ein fixes Standbein und einen Schwerpunkt der Forschungsarbeiten dar. Mit den im Technikum verfügbaren Anlagen und Apparaten können sowohl Grundlagenforschung und Machbarkeitsstudien durchgeführt werden als auch ein scale-up für die Extraktion fester Ausgangsmaterialien. Auf diesen Daten basierend kann die Wirtschaftlichkeit einer Großanlage abgeschätzt werden.

Die Verwendung verdichteter Gase bietet im Gegensatz zu organischen Lösemitteln viele Vorteile. So kann das Lösevermögen und speziell die Selektivität durch Variation von Druck und/oder Temperatur in einem großem Bereich variiert werden. Weiters bietet die Verwendung von Kohlendioxid CO<sub>2</sub> den Vorteil, dass dieses Gas in großen Mengen zu günstigen Preisen verfügbar, nicht brennbar und toxikologisch unbedenklich ist. Das für den Prozess erforderliche CO<sub>2</sub> wird aus natürlichen Ressourcen oder als Abfallprodukt in der Industrie gewonnen und bei der Hochdruckextraktion zum größten Teil in einem geschlossenen Kreislauf geführt und trägt somit nichts zum Treibhauseffekt bei.

Im Bereich der CO<sub>2</sub>-Extraktion wurden und werden verschiedenste Ausgangsmaterialien behandelt. Die Extraktion von Naturstoffen zur Gewinnung hochreiner Extrakte für die Lebensmittel-, Pharma und Kosmetikindustrie ist ein Verfahren, das immer mehr an Bedeutung und Interesse gewinnt, speziell was die Produktion von „Functional food“ und „Nutraceuticals“ betrifft, einem Segment mit einem hohem Wachstumspotenzial für die nahe Zukunft. Zudem ist diese Technologie im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe angesiedelt, einem Bereich mit steigender Bedeutung. Diverse nationale und internationale Projekte (FWF, FFF, ÖNB, EUREKA, EU) sind im Bereich der überkritischen CO<sub>2</sub> Extraktion angesiedelt. Dabei werden in letzter Zeit nicht nur hochreine Gesamtextrakte produziert, sondern es wird die Möglichkeit der Fraktionierung in der down-stream Phase genutzt um aus einem Ausgangsmaterial zwei oder mehr

Produkte mit ein und demselben Lösemittel zu erzeugen. Seit Jahren werden für eine Grazer Apotheke Ringelblumen extrahiert, da dieses CO<sub>2</sub>-Extrakt weit besser ist als das mittels Ethanolzugzug hergestellte Produkt, da absolut keine Rückstände von Lösemittel im Extrakt vorhanden sind, die zu allergischen Reaktionen führen können. Eine Vielzahl von Versuchen beschäftigte sich mit der Herstellung von alkoholfreiem bzw. alkoholreduziertem Wein. Mit einer Schweizer Firma wird an



CO<sub>2</sub>-Extrakt von Ringelblumen



Hochdruckextraktionsanlage für Feststoffe

der Verbesserung der Qualität von CO<sub>2</sub>-entkoffeinierten Tee gearbeitet, der zur Zeit qualitativ noch nicht konkurrenzfähig zur Extraktion mit Methylenchlorid ist. Neben den Naturstoffen werden und wurden aber auch weitere Anwendungsgebiete von überkritischem CO<sub>2</sub> untersucht. In einem zur Zeit laufenden EU-Projekt wird die Entfernung von Flammschutzmitteln aus Elektronikschrott untersucht. Diese Flammschutzmittel bereiten bei der Entsorgung große Probleme, weil bei der Verbrennung Dioxine und Dibenzfurane entstehen. Die bis dato gewonnenen Ergebnisse sind sehr viel versprechend hinsichtlich einer großtechnischen Realisierung.

Auch im Bereich der Abwasserreinigung wurden unterschiedliche Versuche zur Extraktion von z.B. Phenolen durchgeführt. Die Gewinnung von Milchsäure aus Fermentationsbrühen wurde im Rahmen eines mehrjährigen FWF-Projektes unter anderem mit CO<sub>2</sub> als Lösemittel realisiert. Auch die Abtrennung von Furfural und Essigsäure aus den Abwässern einer Zellulosefaserfabrik wurde untersucht.

Im Bereich des „Parts Cleaning“ wurden bereits Videoköpfe nach deren Bearbeitung von den Kühlschmiermitteln und von verbleibenden Feststoffpartikel gereinigt. Dieser Bereich verzeichnet ebenfalls ein steigendes Interesse sowohl in der Fertigung von Metallteilen als auch in der Elektronikindustrie, wo mit flüssigem bzw. überkritischem CO<sub>2</sub> zum Teil bessere Reinigungserfolge erzielt werden als mit herkömmlichen Lösemitteln. International wird an der Einführung von Waschmaschinen gearbeitet, bei denen flüssiges CO<sub>2</sub> anstelle von FCKW die fettigen und öligen Bestandteile aus den verschmutzten Kleidungsstücken entfernt.

Überkritische Gase bieten in der Nanoproszesstechnik den Vorteil, dass einheitliche Partikelgrößen im Nano- bzw. untersten Mikrometerbereich produziert werden können. Diese Technologie wurde bereits erfolgreich für die Fettkristallisation angewandt, aber auch Naturstoffe wie Apfelmus, Tomatenmark, Orangenkonzentrat und Leber wurden in trockener, feinsten Pulverform hergestellt. Großes Interesse an dieser Technologie besteht seitens der Pharmaindustrie, wo zum einen die Wirkstoffe in gewünschten

homogenen Partikelgrößen erforderlich sind und zum anderen können für Lanzeitpräparate die aktiven Substanzen in Trägermaterialien, zumeist bioabbaubare Polymere, äußerst homogen in definierten Konzentrationen eingebunden werden.

Die Durchführung enzymatischer Reaktionen in überkritischem CO<sub>2</sub> stellt einen weiteren Forschungsschwerpunkt dar. Der große Vorteil dieser Technologie im Vergleich zu Reaktionen in organischen Lösemitteln liegt neben zum Teil höheren Ausbeuten und schnelleren Reaktionsgeschwindigkeiten in der Auftrennung der Produkte in der Down-Stream-Phase. Durch einfache Druck- und Temperaturvariation ist es möglich die Lösekapazität des CO<sub>2</sub> derart zu variieren, dass die Endprodukte der Reaktion in zwei Abscheidern getrennt gewonnen werden können. Dieser Forschungsbereich wurde im Rahmen der Evaluierung der Maschinenbau-Fakultät als hervorragend und mit großem Potenzial für die Zukunft bewertet.

Das „Forschungszentrum für Hochdruckverfahrenstechnik“ ist stets bestrebt, neue und innovative Technologien bis zur industriellen Reife zu entwickeln. Gemeinsam mit meinem Mitarbeiter, Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Thomas Gamse, werden die Forschungsaktivitäten organisiert und durchgeführt. Die verfügbaren Anlagen und Apparate sowie die relevanten Veröffentlichungen und Kontakte sind im Internet unter [www.tvtut.tu-graz.at](http://www.tvtut.tu-graz.at) abrufbereit.

*The research centre of high pressure process engineering has experience in different technologies since 1979. Mainly supercritical CO<sub>2</sub> is used, which has the advantage of variable solvent power and adjustment of the selectivity by pressure and temperature variations. The extraction of natural materials for production of extracts with high purity is of increasing interest for food, pharmaceutical and cosmetic industries. Especially the production of functional food and nutraceuticals is a segment with very high potential for the near future. Since many years an extract out of calendula is produced for a pharmacy in Graz. The production of alcohol free and reduced wine has been tested as well as the quality increase of decaffeinated tea. At the moment the CO<sub>2</sub>-extraction of flame retardants from electronic waste is performed and the results are very positive for a realisation in a commercial plant. For waste water treatment CO<sub>2</sub> extractions were performed for separation of phenols, of lactic acid from fermentation broths and of acetic acid and furfural from waste water of a cellulose industry.*

*Supercritical fluids offer many advantages for nano-process-technologies where extreme fine and uniform particles in the nanometer and lower micrometer range can be produced. This technology has been tested for crystallisation of fat but also very fine and dry powdery products were obtained for apple, tomato, orange and liver.*

*Enzymatic reactions in supercritical CO<sub>2</sub> are a further research area. The advantages are beside faster reaction and higher conversion rates the separation of the reaction products in the down-stream phase. This research area was rated during the evaluation of the faculty for machinery as excellent with a great potential for the future.*

*The research centre of high pressure process engineering has always the goal to develop new and innovative technologies up to industrial realisation. Details of publications and of the available plants and apparatus are available on the internet site [www.tvtut.tu-graz.at](http://www.tvtut.tu-graz.at).*



## Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Für die erste Ausgabe des Forschungsjournals der Technischen Universität Graz möchte die Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik vor allem jene Forschungsaktivitäten im Überblick anführen, welche im Zuge der Diskussion über das Struktur- und Entwicklungskonzept der Fakultät neben der Fortführung der Forschungsaktivitäten auf allen Kerngebieten als besondere Schwerpunkte angesehen werden.

Ein wesentlicher Leitgedanke ist dabei die instituts-, d. h. fachübergreifende Bearbeitung nachstehend angeführter und in alphabetischer Reihenfolge geordneter Themen unter Beachtung einer besseren Nutzung der vorhandenen Ressourcen.

Die Forschungsschwerpunkte im einzelnen sind in den Begriffen

- Automation Engineering
- Automotive Electronics and Smart Systems
- Electricity Management
- Information Technology for Health Care
- Telecommunications and Mobile Computing

zusammen gefasst.

Nachfolgend werden nun die Ziele der dieser Schwerpunkte kurz beschrieben.

### Automation Engineering

Die Bereitstellung geeigneter **elektromechanischer Aktuatoren** ist zweifellos eine Grundaufgabe der Elektrotechnik, die eine gravierende Auswirkung auf die Entwicklung in vielen technischen Bereichen besitzt. Von den zahlreichen Anwendungen seien hier nur die Bereiche Mechatronik, Automatisierungstechnik, Kraftfahrzeugtechnik und Luftfahrttechnik als Beispiele angeführt. Neben den stets vorhandenen Wirtschaftlichkeitsaspekten bezüglich der Herstellung und des Betriebes von elektromechanischen Aktuatoren sind heute vor allem Wünsche zur Verbesserung des dynamischen Verhaltens solcher Systeme als Herausforderung für die Forschung auf diesem Gebiet zu nennen.

Bedingt durch die Globalisierung der Wirtschaft ist die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit durch eine verstärkte **Automatisierung technischer Prozesse und Anlagen** zu einer Überlebensfrage für viele Betriebe geworden. Ein Ende dieser Entwicklung ist heute keinesfalls abzusehen, ja es ist eher mit einer weiteren Verschärfung der Situation zu rechnen. Soll diesem Umstand von der Forschungsseite her in geeigneter Weise Rechnung getragen werden, so ist eine intensive Zusammenarbeit mehrerer Disziplinen unbedingt erforderlich. Hiervon sind vor allem die Bereiche Regelungs- und Automatisierungstechnik, Messtechnik, Informationstechnik, Signalverarbeitung und Antriebstechnik in erster Linie betroffen.

- Die Forschungsbereiche gliedern sich im wesentlichen in
- **Regelung elektrischer Antriebe:** Ermittlung und Erprobung neuer Regelungskonzepte zur Verbesserung der dynamischen Eigenschaften von Antriebssystemen unter Einbeziehung der Fortschritte im Bereich der Leistungselektronik und der Echtzeitsysteme in der Informationstechnik, "low-cost"-Regelungen für Antriebssysteme in Massenprodukten (Entwicklung von technisch brauchbaren Lösungen unter extrem einschränkenden Nebenbedingungen), Antriebssysteme mit extrem hohen Drehzahlen und
  - **Entwicklung von Automatisierungskonzepten:** Nutzung neuer Messmethoden für Prozessgrößen zur Automatisierung, Automatisierung mit verteilten Systemen, Entwicklung von Methoden zur Prozessüberwachung (z.B. qualitative Simulation,

Beobachter), Entwicklung neuer Methoden zum Entwurf von Automatisierungseinrichtungen.

Die oben angeführten Forschungsbereiche sollen in enger Kooperation zwischen den Instituten für Elektrische Maschinen und Antriebe, für Regelungstechnik, für Elektrische Messtechnik und Messsignalverarbeitung, für Grundlage und Theorie der Elektrotechnik sowie für Technische Informatik bearbeitet werden. Für die Durchführung der Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Antriebsregelung soll eine gemeinsame Arbeitsgruppe von den Instituten für Elektrische Maschinen und Antriebe und für Regelungstechnik gebildet werden. Die Einbeziehung des industriellen Umfeldes ist derzeit zwar schon gegeben, sie soll aber in Zukunft intensiviert werden.

### Automotive Electronics and Smart Systems

Eine Begriffsbestimmung von "Automobilelektronik" geben zu wollen ist ähnlich schwierig, wie den Begriff "Industrielle Elektronik" zu fassen.

Eine Beschreibungsmöglichkeit von Automobilelektronik liegt darin, die von Fahrzeugherstellern gewünschte Funktionalität von Elektroniksystemen zu nennen, die unter Kfz-Bedingungen mit großer Zuverlässigkeit und unter Beachtung der Kostensituation arbeiten müssen.

Die jeweiligen Umweltbedingungen, die geforderte Zuverlässigkeit und die Kostensituation erlauben es in der Regel nicht, bewährte Lösungswege aus anderen Bereichen der Technik direkt ins Kfz zu übernehmen. Die meist mechatronischen Problemstellungen im Fahrzeug verlangen Systeme, die aus den folgenden Komponenten bestehen:

- **Sensoren und Aktuatoren** als Bindeglieder zwischen Fahrzeug und Elektronik,
- leistungsfähige **Mikrokontrollersysteme**, so genannte Electronic Control Units (ECUs), die auch die applikationsspezifische **Schnittstellen- und Leistungselektronik** enthalten und vielfach um **Signalprozessoren** für digitale Regelungs- und Signalverarbeitungsaufgaben erweitert sind,
- **Bussysteme**, um dem Bedarf nach immer stärkerer Vernetzung der ECUs gerecht zu werden und
- in jüngster Zeit auch **drahtlose Systeme**, wie "Keyless entry" und satellitengestützte Fahrerinformationssysteme.

Automobilelektronik stützt sich auf Querschnittstechnologien wie Signalverarbeitung, Mikroelektronik, Schaltungstechnik, echtzeitfähige Mikrokontroller-, Signalprozessor- und Softwarearchitekturen. Ebenso ist die elektromagnetische Verträglichkeit der elektronischen Systemkomponenten von essenzieller Bedeutung. "Virtual reality" ist in vielen Bereichen des Kfz nicht mehr wegzudenken (Beispiel: geplantes K+ Zentrum "Virtuelles Fahrzeug"). Um den steigenden Systemanforderungen bei gleichzeitig kürzeren Entwicklungszeiten gerecht zu werden, erlangen Modellierung und Simulation automobilelektronischer Systeme einen immer größeren Stellenwert. Bezogen auf steigende Qualitätsanforderungen bedeutet dies den vermehrten Einsatz von Eigendiagnose und Redundanz auf Komponentenebene.

"Smart Systems", als zweites Standbein des geplanten Schwerpunktes, ist, vereinfacht gesagt, "Automobilelektronik", aber nicht für Fahrzeuge, sondern für andere Bereiche der Technik. Somit ist die Komplexität des Bereiches gegenüber dem Kfz unverändert, nur die Parameter der Umweltbedingungen, der Qualitätsanforderungen

und der Kosten müssen angepasst sein. Die "Smartness" wird dabei durch den Einsatz adaptiver (also selbstlernender), nicht-linearer und verteilter Systeme erreicht, deren Realisierung spezifische Anforderungen an die Hard- und Softwarearchitektur stellt ("Echtzeit-KI-Architektur" genannt).

Die Nähe von "Smart Systems" zu "Automotive Electronics" unterstreicht die angedachte Verbindung der beiden Bereiche in dem Schwerpunkt "Automotive Electronics and Smart Systems".

Die große Anzahl der im vorstehenden Kapitel "Begriffsbestimmung" fett gedruckten Fachgebiete zeigt die Heterogenität des geplanten Schwerpunktes. Ein Institut alleine kann nur einen Bruchteil der geforderten Expertise einbringen. Herausragende Erfolge können somit nur durch Teamarbeit, die über Instituts-grenzen hinausreicht, erzielt werden. Folgende Institute der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik würden an dem Schwerpunkt zusammenarbeiten:

- Institut für Elektrische Messtechnik und Messsignalverarbeitung,
- Institut für Elektronik
- Institut für Technische Informatik
- Institut für Regelungstechnik
- Institut für Nachrichtentechnik und Wellenausbreitung

In manchen Fällen sollte man sogar Fakultätsgrenzen überschreiten, um die im Schwerpunkt abzuhandelnden Problemstellungen optimal lösen zu können. Dabei sind fachliche Kooperationen mit den Fakultäten für Maschinenbau, Bauingenieurwesen sowie der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät zu erwarten.

## Electricity management

Die mit der Liberalisierung des Strommarktes kommenden Veränderungen stellen die mit der Elektrizitätswirtschaft verbundenen Unternehmungen vor viele neue Anforderungen und Aufgaben. Die durch die bisher geschlossenen Versorgungsgebiete der Elektrizitätsversorger geprägte Verhaltensweise geht damit zu Ende und wird durch eine marktwirtschaftliche ersetzt. Damit einher geht auch die Trennung von Erzeugung von elektrischer Energie sowie der Übertragung und Verteilung dieser Energie. Gerade die in der elektrischen Energietechnik auftretenden Unterschiede (Leitungsgebundenheit, Netzflussabhängigkeit, Nichtspeicherbarkeit usw.) zu anderen marktwirtschaftlich organisierten Branchen müssen unter den neuen Rahmenbedingungen neu bewertet und gestaltet werden. Die Besonderheit dabei ist auch die Verknüpfung der technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, bedingt vor allem durch die technischen Fortschritte (IT-Technologie, Halbleitertechnik) sowie den damit verbundenen Entwicklungen auf Komponenten- und Systemebene.

Um dieser Anforderung gerecht zu werden, müssen die Aufgaben der Energieversorgung mit den wirtschaftlichen Vorgängen sowie dem Einfluss neuer Technologien gekoppelt werden. Dazu seien die folgenden Aspekte genannt: eine flexible Funktionsstruktur des Netzes, neue Materialien und Designmethoden, Leistungselektronik, intelligente Netzwerke, Instandhaltung, neue Wirtschaftskonzepte, Versorgungssicherheit und Spannungsqualität, ein neues Verteilungsnetz usw. . Diese anspruchsvollen Ziele gilt es mit der Anwendung der Leistungselektronik, der Kommunikations- und Computertechnik, der Sensorik und Digitaltechnik, der Regelungstechnik sowie der ökologischen Systembewertung zu erreichen. Wobei die wirtschaftliche und rechtliche Komponente natürlich eine wesentliche Rolle spielt, um den Regeln des neuen Strommarktes und damit der wirtschaftlichen Optimierung gerecht zu werden. Zusätzlich besteht die Anforderung an die elektrische Energie-

technik ein positives öffentliches Image zu gewinnen und die Allgemeinheit für ihre Anliegen zu interessieren.

Die Forschungsbereiche umfassen folgende Gebiete:

- Elektrizitätsmärkte und Regulierung
- Wirtschaftliche Neuorientierung und Energieinnovation
- Netzentwicklung und -management
- Power Quality
- Instandhaltung und Online Diagnostik
- Lebensdauer und Risikomanagement
- Neue Materialien, Technologien und Design
- Stromrichtertechnik
- Maschineneffizienz

Diese Bereiche werden von den Instituten der Energietechnik unserer Fakultät im wesentlichen abgedeckt.

Verbindungen zu anderen Einrichtungen sind notwendig und wichtig:

- Universitäre Einrichtungen  
Institute unserer Fakultät sowie Universität wie Elektronik, Informations-, Mess- und Regelungstechnik, Wirtschafts- und Betriebswissenschaften, Verfahrenstechnik, Maschinenbau, Chemie und Physik sowie Informatik sollen und müssen eingebunden werden.
- Außeruniversitäre Einrichtungen  
Österreichische sowie ausländische Elektrizitäts- und Industrieunternehmen, zu denen ja schon bisher gute Kontakte bestehen, sollen noch stärker integriert werden. Weiters ist es aber auch wichtig, neuen Partner in Industrie und Wirtschaft für Kooperationen zu gewinnen.

## Information Technology for Health Care

- Unter "Information Technology" werden alle Verfahren der Signal- und Datengewinnung sowie Verarbeitung, ferner der Mustererkennung, Parameterextraktion, Schlussfolgerung und Umsetzung in zweckentsprechende Operationen verstanden. Dazu gehören außerdem Verfahren der Systemanalyse, Modellbildung und computerunterstützten Simulation. Im eigentlichen Sinn schließt "Information Technology" daher auch alle technischen Einrichtungen von Sensoren, Mikroprozessoren und medizintechnischen Geräten über Datenbanksysteme und weltweite Datenübertragungssysteme bis zu Aktuatoren und Robotersystemen ein, die zur Durchführung der vorgenannten Verfahren dienen.
- Unter "Health Care" werden alle Teilgebiete verstanden, die im weitesten Sinne im Dienste der Erhaltung der Gesundheit und der Patientenversorgung stehen, insbesondere die Bereiche Diagnostik, Therapie, Rehabilitation und Leistungsfähigkeit der entsprechenden Versorgungseinrichtungen von der Arztpraxis über die Krankenhäuser bis zum öffentlichen Gesundheits-system. In diesem Sinn schließt "Health Care" das Gesamtgebiet von der Grundlagenforschung über klinische ausgerichtete Forschung und Entwicklung geeigneter Ansätze bis zur Unterstützung bei der Leistungserbringung ein.
- "Information Technology for Health Care" bedeutet im Sinne der vorgenannten Begriffsbestimmungen die Entwicklung und Anwendung der "Information Technology" für Aufgaben im Bereich "Health Care".

Die Erhaltung und der Ausbau der Leistungsfähigkeit des Gesundheitssystems ist eine der großen Herausforderungen für die moderne Gesellschaft vor dem Hintergrund der sich ändernden Altersstruktur der Bevölkerung, der sich wandelnden Krankheitslandschaft und der Fortschritte der modernen Medizin, insbesondere auf den Gebieten der Gentechnologie, des "Organ and Tissue Engineering" und des Qualitätsmanagements. Die Biomedizinische Technik ist hierbei eine von der Medizin, aber auch in der öffentlichen Meinung in hohem Maß akzeptierte Option zur Bewältigung dieser Herausforderung.

Vor dem Hintergrund der knappen finanziellen Ressourcen ist die Entwicklung neuartiger Ansätze zur Erhaltung und zum Ausbau der Leistungsfähigkeit des Gesundheitssystems erforderlich. Besonders viel versprechend sind dabei die konsequente Entwicklung und Anwendung der "Information Technology" mit dem Ziel, die Effizienz der Datenumsetzung in diagnostische und therapeutische Konzepte zu verbessern und neuartige Konzepte wie "integratives Gesundheitsmanagement" und die Entwicklung des "virtuellen Krankenhauses" zu unterstützen.

Die Medizintechnik in ihren verschiedenen Ausführungsformen wird als industrielle und volkswirtschaftliche Wachstumsbranche für die nächsten Jahrzehnte angesehen mit jährlichen Steigerungsraten, die nur knapp unter jenen der reinen Informationstechnik liegen. Damit ist die Arbeitsplatzsituation für AbsolventInnen noch auf Jahre hinaus ausgesprochen günstig einzuschätzen. Die Chancen, mit Entwicklungen aus dem Forschungsbereich heraus eine selbstständige Karriere aufzubauen, werden auf Grund der Besonderheit der Medizintechnik, dass Neuentwicklungen häufig als ausbaufähige Nischenprodukte auf den Markt kommen, als sehr hoch eingeschätzt.

In dem genannten Bereich gibt es ein hohes Potenzial für Projekte und damit für die Drittmittelwerbung von den EU-geförderten Programmen (z.B. BIOMED) über nationale FuE-Programme (die derzeit in Österreich gerade neu konzipiert und attraktiv formuliert worden sind) bis hin zu Firmenkooperationen.

In dem genannten Bereich gibt es ein hohes Potential für Projekte und damit für die Drittmittelwerbung von den EU-geförderten Programmen (z.B. BIOMED) über nationale FuE-Programme (die derzeit in Österreich gerade neu konzipiert und attraktiv formuliert worden sind) bis hin zu Firmenkooperationen.

Die Forschungsbereiche gliedern sich in:

- Telekommunikation für "Health Care" schließt insbesondere die verschiedenen Aspekte der Telemedizin ein, d.h. von der Teleradiologie und Telepathologie über die Telechirurgie bis zum Telemonitoring und zur Teleheimpflege. Dazu gehören neuartige Sensorsysteme ebenso wie Aktuatoren ("Tastrückkopplung") und Ansätze zur "virtual reality". Dieses Forschungsgebiet ist vor allem technologiegetrieben.
- Signal- und Bildverarbeitung in der Medizin bis zur computerunterstützten Entscheidungsfindung, wobei besondere Bedeutung der Zusammenarbeit mit dem an der Universitätsklinik Graz neu eingerichteten und auf absehbare Zeit in Österreich einzigartig bleibenden "Interdisciplinary Center for Cardiac Imaging" zukommen wird. Dieses Gebiet ist vornehmlich nachfragegetrieben, beruht jedoch auf technischen Entwicklungen.
- Qualitätsmanagement im Gesundheitswesen und insbesondere im Krankenhaus durch effizientere Datennutzung und -verarbeitung, Entwicklung geeigneter Krankenhausinformations- und

Managementsysteme sowie Kopplung mit dem vor der Einführung stehenden System der elektronischen Patientenakte. Ferner gehört dazu die Erfassung und Verarbeitung von Information durch sprachverarbeitende Systeme, z.B. Befunderstellung, Leistungserfassung, Berichtswesen. Dieses Gebiet ist in erster Linie durch Randbedingungen im Gesundheitswesen beeinflusst.

- Bioinformatik bietet im Zusammenhang mit neuartigen Verfahren der Genanalyse, des "molecular engineering", der Datenverarbeitung auf Hochleistungsrechnersystemen ein hohes, fakultätsübergreifendes Entwicklungspotenzial. Dieses Gebiet ist in besonders starkem Maß durch internationale und langfristige formulierte Forschungsprogramme gekennzeichnet.
- Die Unterstützung von Organsystemen mit eingeschränkter Leistungsfähigkeit (Herz, Pankreas, Niere) bis hin zur vollständigen Funktionssubstitution durch geeignete technische Ersatzsysteme und die Entwicklung leistungsfähiger Prothesen für die Ausübung normaler Tätigkeiten im Alltag auf der Basis von Robotersystemen gehört mit zu den Gebieten mit besonders hoher Interdisziplinarität.

Die Durchführung erfolgt in instituts-, fakultäts- und teilweise sogar universitätsübergreifende Kooperationen sowie durch Einbettung in nationale und internationale Forschungsförderungsprogramme.

## Telecommunications and Mobile Computing

Leistungsfähige breitbandige Telekommunikationssysteme und -netze sowie die Durchdringung nahezu aller technischen Systeme mit eingebetteten Computern (Embedded Systems) ermöglichen neue Anwendungen, die dem Nutzer die meisten Computer- und Telekommunikationsapplikationen an beliebigen (und wechselnden) Standorten mit hoher Übertragungsrate und Dienstqualität bereitstellen. Dabei spielt das Element der Mobilität eine entscheidende Rolle.

Dieser fächer- und institutsübergreifende Forschungsschwerpunkt soll durch Bündelung der Expertise und Infrastruktur innerhalb der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik die Voraussetzungen für die Schaffung eines Kompetenzzentrums für diesen zukunftssträchtigen Bereich schaffen.

Durch die Zusammenarbeit von mehreren Fachgebieten, die effiziente Nutzung der Ressourcen und gemeinsame Projekte soll die notwendige kritische Masse geschaffen werden.

Begünstigt durch die Tatsache, dass diese Bereiche der Informationstechnik äußerst starke Wachstumsraten aufweisen, wird es ermöglicht, Know-how für die Industrie bereitzustellen und durch die enge Verknüpfung mit der Lehre den Studierenden optimale berufliche Voraussetzungen zu schaffen.

Forschungsbereiche sind Telekommunikation und Mobile Computing.

Wissenschaftliches Ziel im Bereich "Telekommunikation" ist die Untersuchung und Entwicklung von optimierten Kommunikationssystemen und -netzen, die den unterschiedlichen Anwendungen hohe Bandbreiten mit garantierter Dienstqualität bereitstellen. Dies umfasst im einzelnen:

- Breitbandkommunikationssysteme, -netze und -anwendungen (Broadband Wireless, Mobile and Nomadic Access, Optical and Satellite Communications)
- Dienstqualität in IP-Netzen und Optimierung von Übertragungsprotokollen für "Fixed Broadband Wireless" und Mobilanwendungen

- Effiziente Vielfachzugriffs-, Modulations- und Codierverfahren
  - Nichtlineare Signalverarbeitung in der Sprachkommunikation und für Internetanwendungen
  - Funktechnik/Wellenausbreitung für Fest- und Mobilfunk
  - Untersuchung und Modellierung von Funkkanälen für fixe Breitband-, Mobil- und Navigationsanwendungen
  - Smart Antennas
- Wissenschaftliches Ziel im Bereich **"Mobile Computing"** ist die Untersuchung und Entwicklung von verteilten Rechnersystemen, die folgende Eigenschaften aufweisen:
- Die Systeme bestehen aus autonomen Prozessoren, deren Arbeit dezentral koordiniert wird.
  - Die Prozessoren sind mobil, d.h. sie sind örtlich und zeitlich nicht gebunden.
  - Die Konfiguration des Rechnersystems verändert sich über der Zeit.
  - Das Rechnersystem arbeitet mit unvollständigem Umgebungswissen.

Für reale, echtzeitkritische Anwendungen in der Automatisierungstechnik (z.B. Lagerleitsysteme, Diagnose und Inspektion von Produktionssystemen), in der Nachrichtentechnik (z.B. Funkleitsysteme) usw. sollen autonome, mobile **Multi-Agenten-Systeme** entwickelt werden, die Aufgaben lösen können, die Kooperation und Adaptivität voraussetzen. Im Endergebnis sollen solche Systeme ein hohes Maß an Flexibilität, Verlässlichkeit, Sicherheit, Robustheit und Effizienz aufweisen.

Die wichtigsten Teilgebiete zu "Mobile Computing" sind "Power aware computing" (Energy Management, Remote Processing, Speculative Computing, Support von Betriebssystemen, Compiler-Support), "Wearable Computing" (Context awareness, Ein/Ausgabe-Systeme, neuartige Signalprozessoren) und Anwendungen (Wartung, Diagnose, Inspektion).

Die Durchführung erfolgt in fächerübergreifender Kooperation einzelner Projekte (z. B. in EU Rahmenprogrammen) sowie in verstärkter Kooperation mit Industrie, Betreibern und Nutzern.

Die vorliegende Darstellung der Forschungsvorhaben zeigt deutlich, dass die Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik nicht nur Einzelforschungsbereiche der Energietechnik, der Informationstechnik und der Biomedizinischen Technik bearbeitet, sondern im verstärkten Maße fachübergreifende Projekte forciert.

Daraus erkennt man sowohl die Kompetenz der Institute, welche eigene Bereiche vertreten, wie auch den Willen und die Bereitschaft zur fachübergreifenden Forschung.

Jede Änderung in der Zusammensetzung der derzeit vorhandenen Institutsstruktur oder Neugliederung von Instituten anderer Fakultäten wäre aus diesem Grund nicht zielführend, ja sogar kontraproduktiv.

*This first issue of the "Research Journal" presents an overview of the current and new research activities of the Faculty of Electrical Engineering and Information Technology. The key research areas which have been defined in the process of the new Structure and Evolution Concept cover:*

· **Automation Engineering**

*The provision of suitable electromechanical actuators is a basic task of electrical engineering. Of the many applications mechatronics, automation, automotive and aeronautical engineering shall be mentioned. The research areas are composed of control of electrical drives and development of automation concepts.*

· **Automotive Electronics and Smart Systems**

*The car industry requires highly reliable and cost-efficient solutions which can be provided by automotive electronics. Special systems composed of sensors and actuators, powerful microcontrollers, bus and wireless systems (e.g. for keyless entry) are needed. "Smart systems" as a second element of this research emphasis adapts automotive technology for other engineering fields.*

· **Electricity Management**

*The liberalisation of the electricity market involves new demands for industry. The main research topics are therefore focused on electricity markets and regulation, commercial re-orientation and energy innovation, network development and management, power quality, maintenance and on-line diagnostics, risk management, new materials/technologies/design, power converters and efficiency of electrical machinery.*

· **Information Technology for Health Care**

*Maintaining and extending the efficiency of the health care system is one of the challenges of modern society. Biomedical engineering is a widely accepted option to meet this challenge. The highly interdisciplinary research areas include tele-medicine, signal and image processing in medicine, clinical quality management, bioinformatics and development of prosthetic devices.*

· **Telecommunications and Mobile Computing**

*The scientific aim in the area of telecommunications is the investigation and development of optimised communications systems and networks which provide high bandwidth with guaranteed quality of service for a variety of applications. In the field of mobile computing emphasis is put on distributed computer systems and especially on power-aware computing and wearable computing.*

*Besides specific individual research by the Institutes, the Faculty of Electrical Engineering and Information Technology emphasises multidisciplinary research in Energy Engineering, Information Technology and Biomedical Engineering. Therefore changes of the present structure of the institutes or restructuring of institutes in other faculties would be counterproductive in the context of these research initiatives.*



## Technisch-Naturwissenschaftliche Fakultät

Die Technisch-Naturwissenschaftliche Fakultät unserer Universität ist aus der Chemischen Fakultät hervorgegangen. Seit 30 Jahren ist sie auch Heimat für andere Naturwissenschaften, für die Physik, die Erdwissenschaften, für die Mathematik und die Informatik.

Diese Konzeption macht es verständlich, dass die TN-Fakultät ein zweifaches Erscheinungsbild hat:

Einerseits sind an ihr die Hilfswissenschaften, freundlicher formuliert die Grundlagenwissenschaften für die Ingenieurausbildung der Technischen Fakultäten angesiedelt, andererseits bietet sie aber auch Vollstudien in Mathematik, Physik und Chemie und zusammen mit der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Telematik an. Sie wirkt in Lehre und Forschung mit einem deutlichen Bezug zu den Anwendungen. Sie bemüht sich auch die Studienrichtung Angewandte Geologie zu sichern und um die Einrichtung des Lehramtsstudiums Informatik am Universitätsort Graz, was eine ideale Ergänzung des Lehramtsstudiums in Physik und Darstellender Geometrie darstellen würde.

Die Technisch-Naturwissenschaftliche Fakultät ist eine lebendige Fakultät. Sie sprudelt, da sie noch nicht sehr alt ist, jugendfrisch dahin. Davon gibt der Strukturplan der Fakultät bereites Zeugnis, der das Ergebnis einer regen Diskussion zusammenfasst. Nichts könnte besser die Absichten und Anliegen dieser Fakultät umschreiben, als die Präambel des Strukturkonzepts und ihr Leitbild.

Sie seien wörtlich zitiert:

### PRÄAMBEL

Dieses Struktur- und Entwicklungskonzept soll Grundtendenzen für eine mittelfristige Entwicklung der Fakultät darstellen. Die vorgeschlagene Strukturierung bezieht sich auf aktuelle Gegebenheiten und möchte aktuelle Entwicklungen unterstützen. Die Einrichtung von Fachbereichen mit beratenden Kommissionen wird zur Unterstützung der Arbeit des Fakultätskollegiums angestrebt.

Strukturveränderungen sind grundsätzlich andauernde Prozesse, die im Zusammenhang mit gesellschaftlichen Entwicklungen nicht ausschließlich aus Sicht dieser Fakultät betrachtet werden können. Langfristige Entwicklungen können nicht zur Gänze vorausgesehen werden. Eine Weiterentwicklung des Strukturkonzeptes ist durch das Fakultätskollegium durch Beschlussfassung mit einfacher Mehrheit möglich.

### LEITBILD

So wie in der Vergangenheit strebt die TNW-Fakultät Vollständigkeit in der Lehre und Forschung auf naturwissenschaftlich-mathematischem Gebiet mit einschlägigen Anwendung auf alle Lebensgebieten an. Um auch die neuesten Forschungsergebnisse nutzbar zu machen, unterliegen ihre Studienpläne einer ständigen Anpassung.

Sie fühlt sich der Ökologie und Ökonomie in gleichem Masse verpflichtet – Technikfolgen-Abschätzung und Beseitigung negativer Entwicklungen der Vergangenheit rechnet sie zu ihren bevorzugten Aufgaben.

Die Institute der TN-Fakultät bieten den Studierenden der gesamten TU Graz eine anwendungsorientierte, aktuelle Grundausbildung in den naturwissenschaftlich-mathematischen Fächern an, wie sie den Instituten durch die Satzung aufgetragen und in den Leitlinien der Studienrichtungen angegeben sind.

Die Studienrichtungen der TN-Fakultät vermitteln ein Grundlagenwissen auf hohem Niveau, eine vertiefte Ausbildung in praxisnahen Anwendungsgebieten führt die Studierenden in die zukünftige Berufslaufbahn ein. Wie schon in der Vergangenheit, wird auch

künftig das Lehr- und Forschungsangebot an die Erfordernisse der Gesellschaft angepasst. Die Forschungsschwerpunkte der Fakultät d. s. Advanced Materials Science (Materialwissenschaften, mit dem Schwerpunkt neuartige Materialien), Technische Biowissenschaften und Informationswissenschaften, sowie die derzeit eingerichteten Spezialforschungsbereiche (Biokatalyse, Elektroaktive Stoffe, Optimierung und Kontrolle) und Kompetenzzentren dokumentieren durch ihre inhaltlichen Schwerpunkte die Basis für eine material- und umweltorientierte Ausbildung in angewandten Naturwissenschaften.....

Institute der TN-Fakultät sind sowohl im Bereich der Grundlagenforschung wie in der anwendungsorientierten Forschung tätig. Durch intensive Zusammenarbeit mit in- und ausländischen Universitäten, Forschungseinrichtungen und Industriepartnern sowie durch die Einbindung in nationale und europäische Programme wird Aktualität und Kompetenz in Forschung und Lehre gefördert.

In Erweiterung des Studienangebots für Undergraduates und Graduates unterstützt die Fakultät die Abhaltung von Post-Graduate-Kursen und von Universitätslehrgängen für bereits im Berufsleben stehende Absolventinnen und Absolventen.

Um die aktuelle Forschung des letzten Jahrfünfts zu dokumentieren, mögen die Sprecher der Spezialforschungsbereiche zu Wort kommen. Es sind dies:

### Der Spezialforschungsbereich Biokatalyse

1993 wurde als erster Spezialforschungsbereich in Österreich ein solcher für Biokatalyse an der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät eingerichtet. Entsprechend der Interdisziplinarität der Thematik sind darin die Institute für Biochemie, Biotechnologie und Organische Chemie der Fakultät vertreten, sowie das Institut für Chemie (Bioorganische Chemie und Strukturbiologie) der Karl-Franzens-Universität.

Unter Biokatalyse versteht man den Einsatz der Katalysatoren der lebenden Natur, der Enzyme, zur Lösung chemische, technischer und ökologischer Fragestellungen. Bedingt durch die hohe Selektivität, die milden Reaktionsbedingungen und die Umweltfreundlichkeit dieser Prozesse werden auf diese Weise neue Produkte, verbesserte Verfahren und Problemlösungen möglich, die über eine andere Methodik meist nicht erzielbar sind.

Biokatalyse als Teil der Biowissenschaften (Biotechnologie) ist einer der zukunftsweisenden Bereiche für die technologische Entwicklung. Weltweit gibt es hier größte Forschungsinvestitionen. Einige Unternehmen produzieren mit Hilfe von Enzymen Produkte bereits im Vieltonnenmaßstab. Die Tendenz ist steigend, weil durch die Biokatalysatoren einzelne Schritte vielfach ökonomischer und unter größtmöglichem Schutz der Umwelt umgesetzt werden können. So lag der Umsatz für chemisch und biokatalytisch gewonnene Feinchemikalien und Zwischenprodukte für den Agrobereich und Pharmazeutika im Jahr 2000 weltweit bei rund ATS 90 Milliarden. Mit den neuen Möglichkeiten könnte er bis 2007 auf weltweit





ATS 240 Milliarden ansteigen. Am SFB sind derzeit etwa 40 Wissenschaftler und eine Reihe von technischen Fachkräften tätig. Die wissenschaftlichen Arbeiten fanden ihren Niederschlag in bisher etwa 300 Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften und 15 Patenten. Einige im SFB entwickelte Verfahren erreichten in Kooperation mit Industriepartnern bereits industrielle Anwendung (Produktion bisher etwa 100 t).

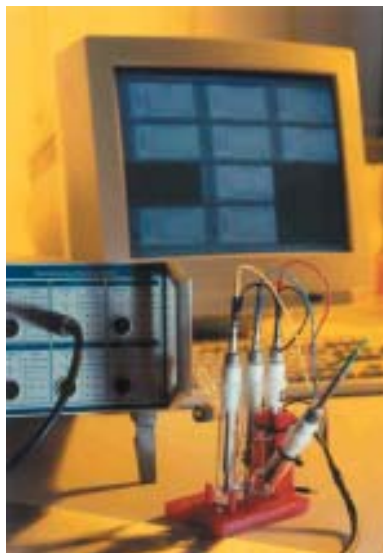
Der SFB ist weltweit als Zentrum der Biokatalyse anerkannt. Er ist das einzige dieser Art in Österreich. Es bestehen zahlreiche Kooperationen mit europäischen und nichteuropäischen Forschungsstätten und Beteiligung an verschiedenen internationalen Projekten der EU.

Im „Educational Programme“ werden Diplomanden und Dissertanten in die wissenschaftliche Forschung eingeführt und Tagungen, Forschungstage, Seminare organisiert und Gastvorträge angeboten.

Es ist geplant, die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Kompetenzzentrum „Angewandte Biokatalyse“ fortzusetzen. Dieses befindet sich gerade in der Antragsphase.

## Der Spezialforschungsbereich Elektroaktive Stoffe

steht in der zweiten Förderungsperiode und beendet im soeben begonnenen Studienjahr sein sechstes Förderungs-jahr. Rund 30 Forscherinnen und Forscher aus zwei Physik- und drei Chemieinstituten von drei Universitäten (Technische Universität Graz, Karl Franzens Universität, Montanuniversität Leoben), sowie dem Zentrum für Elektronenmikroskopie, bereiten sich auf die zweite Zwischenevaluierung vor. Im letzten Förderungsabschnitt wurden insgesamt mehrere 100 Publikationen und Tagungsbeiträge verfasst, eine Zahl, die im



Zweiten Förderungsabschnitt noch übertraffen werden wird. Ein Sonderband der „Monatshefte für Chemie“ (Chemical Monthly, Vol 132/4, April 2001, mit elf Beiträgen zu den Projekten und einem Gastbeitrag, erhältlich als Buch bei Springer-Verlag Wien) gibt eine gute Momentaufnahme der wissenschaftlichen Fortschritte der 10 Projektgruppen.

In einem zweitägigen Workshop wurden die Weichen für die Zukunft gestellt, wobei zwei hochrangige internationale Fachkollegen (Sigmar Roth, MPI für Festkörperforschung, Stuttgart; Otto Haas, Paul Scherrer-Institut, Villigen, CH) nicht nur ihre eigenen Ergebnisse auf dem Gebiet der alternativen Energiegewinnung in Brennstoffzellen bzw. der Verwendung von organischen Aktivmaterialien in Light Emitting Diodes (LEDs) präsentierten, sondern auch künftige Arbeiten anregten.

Der thematische Bogen der 10 Teilprojekte spannt sich von Optimierung von Energiespeichermodulen (Li-Ionen-Batterien, Brennstoffzellen), über die grundlegende Erforschung der Leitfähigkeit in oxidischen Festkörpern bis zur Entwicklung neuer Materialien und Technologien für die Herstellung organischer Bauelementen (LEDs, Photovoltaik, organische Laser) und für den Einsatz im derzeit hochaktuellen Feld der Nanotechnologien.

Die hohe Qualität der Forschungsleistung wird dadurch unterstrichen, dass während dieser Förderungsperiode drei Habilitationen erfolgreich abgeschlossen werden konnten und zwei Projektgruppenleiter als Universitätsprofessoren berufen wurden.

## SFB Biomembranen

Die Technische Universität Graz war mit einem Teilprojekt am SFB Biomembranen beteiligt, dessen Zentrum an der Karl Franzens Universität liegt. Ziel dieses SFB ist es, einen signifikanten Beitrag zum besseren Verständnis der Biosynthese, Funktion und Dysfunktion von Lipiden und biologischen Membranen zu leisten. Lipide stellen eine wichtige Komponente der Nahrung dar und Lipidstoffwechsel und -Homöostase sind von zentraler Bedeutung für die Energiegewinnung und die Physiologie von Organismen. Biologische Membranen sind aus komplexen Gemischen von Proteinen und Lipiden aufgebaut und bilden zentrale Elemente aller lebenden Systeme. Membranen stellen das „Interface“ zur Umgebung der Zelle dar und sind für den regulierten Stofftransport und die Signalübertragung und Kommunikation mit der Umgebung verantwortlich. In Eukaryonten (z.B.: Tiere, Pflanzen) bilden Membranen intrazelluläre Kompartimente mit spezialisierten Funktionen. Der Zusammenbau biologischer Membranen aus einem komplexen Gemisch von Lipiden und Proteinen, sowie die Regulation des Zusammenbaus und die Funktion von Lipiden in Membranen sind nur zum Teil verstanden.

Lipid-Protein-Wechselwirkungen sind sehr fein abgestimmte und regulierte Prozesse, die für Membranbiogenese sowie Lipid- und Energiestoffwechsel von zentraler Bedeutung sind. Dementsprechend haben Störungen dieser Wechselwirkungen dramatische Auswirkungen auf die Physiologie eines Organismus. Umfangreiche Studien belegen dass pathologische Membranveränderungen in engem Zusammenhang stehen mit derart bedeutenden Erkrankungen wie Arteriosklerose und Fettleibigkeit, die zu den häufigsten Todesursachen der westlichen Welt zählen. Ein besseres Verständnis der molekularen Zusammenhänge des Zusammenbaus biologischer Membranen, der Membranfunktion und der Wechselwirkung mit anderen zellulären Komponenten ist daher nicht nur eine faszinierende wissenschaftliche Herausforderung, sondern von höchster medizinischer Relevanz. Erst in den letzten Jahren wurden Technologien entwickelt um die Komplexität der Lipidkomponenten, sowie Membranheterogenität und Domänenbildung zu analysieren. Die multi-disziplinäre Implementierung von genetischen, biochemischen, molekularbiologischen, analytischen und biophysikalischen Methoden und die Interaktion mit Medizinern und Klinikern erlauben es diese vordringlichen Probleme der Membranbiologie aus verschiedenen Richtungen zu erforschen. Der SFB BIOMEMBRANEN fokussiert in 10 Teilprojekten Lipide und Membranen.

Die Forschungsergebnisse stehen auf hohem internationalen Niveau; In den Jahren 1999/2000 wurden 92 Arbeiten veröffentlicht, bisher wurden 36 Diplomarbeiten und ebensoviele Doktorarbeiten durchgeführt bzw. sind im Entstehen.

## Der Spezialforschungsbereich (SFB) Optimierung und Kontrolle, Projektbereich Diskrete Optimierung

Dieser SFB gliedert sich in 3 Bereiche: (I) Diskrete Optimierung, (II) Kontinuierliche Optimierung und Kontrolle und (III) Optimierung und Kontrolle in Physiologie und Medizin. Im Anschluß wird kurz über 3 Themenkomplexe berichtet, die derzeit im Projektbereich (I) unter der Leitung von Prof. Burkard bearbeitet werden. (Für Details siehe die Preprint-Serie unter <ftp://ftp.tugraz.ac.at/pub/papers/math/>.)

### Verschnittoptimierung in der Papierindustrie

Das aus der Produktion kommende Papier soll in die den Kundenwünschen entsprechenden Formate zerschnitten werden: in Formatware (Blätter der gewünschten Größe) oder in Rollenware (aufgerollte Bahnen der gewünschten Länge und Breite). Ziel ist es, einen Verschnittplan zu entwerfen, der den Verschnitt (Abfall) minimiert, die Mengenvorgaben der Kunden möglichst gut einhält und möglichst wenige Änderungen der Messerstellungen vornimmt. Die in der Praxis auftretenden Instanzen sind sehr groß. Daher konzentrierten sich die Arbeiten auf die Entwicklung von schnellen und guten Heuristiken. Die Grundidee ist die folgende: Ausgehend von einem geeignet bestimmten Ausgangsverschnittplan wird durch ein geschicktes iteratives Suchverfahren zunächst ein lokales Optimum bzgl. der Verschnittmenge bestimmt. In Nachoptimierungsschritten wird dann versucht durch Variation der resultierenden Papiermengen (innerhalb der von den Kundentoleranzen) eine weitere Reduzierung der Verschnittmenge oder eine Reduzierung der Anzahl von Messerstellungen zu erzielen. Der Modul für den Schnitt von Rollenware ist bereits implementiert und an verschiedenen Instanzen aus der Praxis erfolgreich getestet worden. Die bisherigen Ergebnisse sind sehr erfolgversprechend. Es werden Verschnittpläne guter Qualität in sehr kurzer Rechenzeit gefunden. Die Abbildung zeigt einen Verschnittplan mit 14 Messerstellungen (jede Zeile des Planes beschreibt ein Schnittmuster dessen Häufigkeit und Länge angegeben ist). Der Verschnitt beträgt 0.56%.

### Standortprobleme auf Netzwerken

In Standortproblemen geht es darum, optimale (günstige) Standorte für zu errichtende „Einrichtungen“ (z. B. Fabriken, Lager, Feuerwachen, Schulen etc.) unter Berücksichtigung der Anforderungen der „Kunden“ (Kaufleute, Gemeinden, Familien mit Kindern etc.) zu bestimmen. Im vergangenen Jahr konnte ein sehr erfolgreiches Projekt für einen großen internationalen Konzern fertiggestellt werden. In diesem Projekt traten Standortprobleme in Kombination mit Transportproblemen und anderen Optimierungsproblemen auf. Einen weiteren Schwerpunkt bildete in letzter Zeit die Untersuchung von Standortproblemen auf Graphen/Netzwerken, und hier insbesondere der bisher kaum untersuchte Fall von negativen Knotengewichten (zur Modellierung unerwünschter Einrichtungen wie Müllverbrennungsanlagen) sowie die Behandlung von Standortproblemen, in denen für die Gewichte der Knoten und Kanten des Graphen Intervalle statt fester Werte vorgegeben sind.

### Optimierung von Batchprozessen in der chemischen Industrie

Produktionsabläufe in der chemischen Industrie laufen häufig im Batch-Modus ab. Ziel ist es, einen Produktionsplan zu entwerfen, der alle technischen Restriktionen erfüllt und die zu produzierenden Mengen an den nachgefragten Produkten in der kürzestmöglichen Zeit fertigstellt. Dieses Problem läßt sich auf verschiedene Weise als gemischt-ganzzahliges lineares Programm formulieren. Die resultierenden Optimierungsprobleme werden rasch sehr groß. Im Rahmen des SFBs wurde der Versuch unternommen, die üblicherweise verwendete uniforme Diskretisierung der Zeit durch eine nicht-uniforme zu ersetzen. Die Ergebnisse sind vielversprechend. Ferner sind Arbeiten im Gange, Heuristiken zu entwickeln, mit deren Hilfe gute Produktionspläne rasch ermittelt werden können.

*The Faculty for Natural Sciences has a threefold function: it offers a complete university course program for diploma studies in mathematics, physics and chemistry; jointly with the Faculty for Electrical Engineering and Information Technology it provides the informatics part of the telematics program; and last, but by no means least, it is responsible for the course program in natural sciences as the foundation of all bachelor and diploma programs at our Graz University of Technology.*

*The mission statement of the Faculty reflects its dynamic flavour as a response to the rapid development of all branches of natural sciences. Flexibility and permanent improvement are intrinsic elements of the entire course program. Economics and ecology are considered of mutual benefit rather than excluding each other. The foundations of natural sciences and their applications are understood equally important. Dedicated postgraduate courses complement the regular study programs.*

*The Faculty is committed to excellence both with respect to its study programs and to research. The research profile of the Faculty is represented by its key research areas as its focus of attention: Advanced Material Sciences, Technical Bio-Sciences, and Information Sciences. This profile is further strengthened by extended activities in special research programs such as biocatalysis, electro-active materials, optimization and control, and by*

*long-term research and development in the framework of competence centers.*

*The Institutes of the Faculty perform both theoretical and applied research. They cooperate closely with partner universities, research institutions and industrial partners on a national and international basis. The high level of competence in research and teaching is to a great extent due to the strong participation of the Institutes in national and particularly in European research programs.*



# Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener Technischer Versuchs- und Forschungsanstalt (TVFA) für Festigkeits- und Materialprüfung

Das Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie beschäftigt sich in Lehre und Forschung mit den Bereichen Materialprüfung (Baustoff- bzw. Werkstoff- und Bauprodukteprüfung), Baustofftechnologie, Qualitätssicherung und Bauchemie.

Traditionelle oder in den letzten Jahren neuentstandene Forschungsschwerpunkte sind:

- Versuchsmethoden in der Baustoff- und Bauteilprüfung (z.B. in situ Prüfverfahren, Bruchmechanik Beton)
- Neuentwicklungen in der Betontechnologie (zuletzt: selbstverdichtende und polymervergütete Betone)
- Bewehrungskorrosion im Stahlbeton und Einfluss von Chloriden
- Zementforschung: Schadstoffbindung, Porenwasseranalytik, Transportmechanismen im Zementstein
- Brücken- und Bauwerksabdichtungen: Verhalten, Anforderungen und Prüfmethoden
- Qualitätsmanagement im Straßenbau sowie in bautechnischen Prüf- und Überwachungsstellen
- Bauwerksdiagnostik und Ursachen von materialbedingten Bauschäden (z.B. Alkali-Zuschlagsreaktion u.a. chemische Schadensmechanismen)
- Instandsetzung von Beton und Stahlbeton (Rissinjektion, polymervergütete Fließmörtel, Chloridextraktion)

Die angeschlossene TVFA ist als bautechnische Prüf- und Überwachungsstelle in folgenden Bereichen staatlich und landesrechtlich akkreditiert:

- Naturstein und Körnungen für Mörtel, Beton, Wasser- und Straßenbau
- Bindemittel, Zusätze und Hilfsstoffe für Mörtel und Beton
- Fertigmörtel und -putze, Estriche
- Beton, Betonwaren
- Keramische Baustoffe
- Bauwerks- und Bauteilprüfung, in situ Messungen
- Bituminöse Baustoffe, Abdichtungen, Dämmstoffe
- Bau- und Bewehrungsstähle, Spannstähle
- Bauchemie

Zur Durchführung der Arbeiten ist das Institut und die mit ihm in weitgehender Personal- Raum- und Geräteunion operierende TVFA dzt. in nachstehende 4 Fachgruppen gegliedert, denen 4 zentrale Einrichtungen (EDV u. Messtechnik, Werkstätte, Verwaltung u. Buchhaltung, Sicherheit u. Umweltschutz) sowie die Qualitätssicherung zur Seite stehen:

- AG Organische Baustoffe und Mineralstoffe
- AG Beton und nichtmetallische anorganische Baustoffe sowie Bauwerks- und Bauteilprüfung
- AG Bauchemie
- AG Metallische Baustoffe

Neben der sehr umfangreichen Standardausstattung für die oben beschriebenen Arbeitsgebiete verfügen Institut und TVFA über folgende Sondereinrichtungen:

- 10 MN Prüfpresse mit 8m Bauhöhe, 8 konventionelle oder servo-gesteuerte Prüfpressen und Universalprüfmaschinen bis 3MN, 3 Prüfrahmen (bis 5,4m Länge) und diverse. Einzelprüfzylinder (bis 500kN)
- Nieder-, mittel- und hochfrequente Dauerschwingprüfeinrichtungen für Materialproben und Bauteile
- Einrichtungen für Warmkriechversuche, Schub- und Torsionsbeanspruchungen

- Einrichtung zur Prüfung der Rissüberbrückungsfähigkeit und Undurchlässigkeit von Abdichtungssystemen unter zyklischen Belastungen bei Temperaturen zwischen -20 und +50°C
- Vollautomatische und beliebig programmierbare Frost- und Frost-Tausalzprüfeinrichtung
- EDV gestütztes Video-Mikroskop mit motorbetriebenem Verschiebetisch für Poren- u. Gefügemessungen
- Rotations-Rheometer für Bindemittel- und Mörteluntersuchungen bei steuerbaren, bis auf 0 absenkbaren Schergeschwindigkeiten im Temperaturbereich -25 bis 200°C
- Ultraschallgeräte, Eisensuch- und Überdeckungsmessgeräte mit Bildschirmanzeige, Endoskop und diverse zerstörungsarme Prüfgeräte für Beton
- Messeinrichtungen für Resonanz- und Dämpfungsmessungen sowie für Wärmeleitfähigkeitmessungen
- Analoge und digitale Vielkanal-Messdatenerfassungs- und Registriersysteme; Labor- und Messbus
- Einrichtungen zum Herauspressen von Porenwasser aus Zementstein und Beton
- Analysenautomaten zur quantitativen Bestimmung anorganischer Substanzen, Geräte zur Messung innerer Oberfläche poröser Materialien
- Gut ausgestattete Werkstätte

## Zusammenfassung:

Das Institut und die ihm angeschlossene, als bautechnische Prüf- und Überwachungsstelle akkreditierte TVFA befassen sich mit Forschungsprojekten, Entwicklungs- und Untersuchungsaufgaben sowie Prüf- und Überwachungstätigkeiten in den Bereichen zement- und bitumengebundener Baustoffe, ungebundener Mineralstoffe, Bindemittel und Zusätze, sowie in den Bereichen Spann- und Bewehrungsstähle, Abdichtungen, Prüfmethoden, Qualitätssicherung von Bauprodukten und Prüfstellen,



Prüfung der Rissüberbrückungsfähigkeit von Brückenabdichtungen bei Temperaturen zwischen -20 und +50°C

Schadensmechanismen und Bauchemie. Die beiden in weitgehender Raum-, Geräte und Personalunion geführten Einrichtungen nutzen den Synergieeffekt einer wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit praxisrelevanten Fragen und einer eng mit der Praxis verbundenen Prüfungs-, Überwachungs- und Beratungstätigkeit.

*The Institute for Material-Testing and Construction Materials Technology is responsible for teaching and research in the fields of testing, technology, quality management and chemistry of construction materials and construction products. The attached Testing and Research facility for Strength- and Material- Testing is an accredited testing and inspection institution for construction materials and -products. The two units work closely together, sharing personnel, laboratories and equipment.*

*Traditional or recently started research areas are:*

- *Test methods for construction materials and products (e.g.: non-destructive or in-situ tests, fracture mechanic tests for concrete)*
- *New developments in concrete technology (lately: self compacting and/or polymer modified concrete)*
- *Steel corrosion in reinforced concrete and influence of chlorides*

- *Cement research: binding of hazardous substances, pore-water analysis, mechanisms of transport*
- *Waterproofings for bridges and other structures: performance, requirement and testing*
- *Quality management in road construction and in testing and inspection bodies*
- *Evaluation of structures and mechanisms of deterioration (e.g.: alkali-silicate and other damage reactions)*
- *Repair of concrete structures (crack injection, polymermodified mortars, extraction of chlorides)*

*The work is carried out by the 4 operative working groups listed below, which are assisted by 4 central service groups and the quality management:*

- *WG Organic Building Materials and Mineral Components*
- *WG Concrete and Nonmetallic Inorganic Building Materials, Construction Products and Structures*
- *WG Chemistry of Building Materials*
- *WG Metallic Construction Materials*

*In addition to the extensive standard testing equipment required for these widespread activities, the institute disposes over a number of special and unique facilities, such as*

- *10 MN Compression test machine, height 8 m*
- *Test facility for waterproofings to evaluate the ability to permanently bridge cracks and remain impervious in spite of cyclic crack-opening and closing at temperatures between -20° and +50°C*
- *Equipment for high temperature creep tests on concrete, as well as for shear and torsion tests*
- *Rotational-rheometer with widely variable shear rates (down to 0) and temperatures -25 to +200°C) for rheological investigations on cements and mortars*
- *Equipment to squeeze porewater out of mortar and concrete under very high pressure.*



## Seeing the Invisible

**Anfang 2001 wurde am Forschungsinstitut für Elektronenmikroskopie (FELMI) der TU Graz das erste analytische Hochauflösungselektronenmikroskop Österreichs installiert. Dieses Instrument wird für die Charakterisierung von Materialien bei atomarer Auflösung eingesetzt werden. Mit dem neuen Mikroskop hoffen Wissenschaftler der TU Graz Antworten auf bislang ungeklärte Fragen der Materialwissenschaften zu finden, beispielsweise bei der Aufklärung der Struktur von inneren Grenzflächen in Werkstoffen oder von nanostrukturierten Materialien.**

An der TU Graz konnte am Beginn des Jahres 2001 das erste Analytische Hochauflösungselektronenmikroskop Österreichs installiert werden. Es handelt sich bei diesem Vorhaben sicherlich um ein Leitprojekt für die Wissenschaft und Forschung in der Steiermark, mit dem die TU Graz in einem zukunftsreichen Gebiet der Wissenschaften – der Nano- und Mikrotechnologie – an vorderster Front mitspielen kann.

Mit diesem Elektronenmikroskop ist es möglich mit hoher Vergrößerung in das Innere von Festkörpern zu schauen. Damit kann die atomare Struktur aufgeklärt, Defekte identifiziert und die chemische Zusammensetzung gemessen werden – alles Phänomene, die für die Materialeigenschaften von grundlegender Bedeutung sind.

Die nicht unbeträchtlichen Kosten von etwa 19 Millionen Schilling konnten durch die gemeinsame Anstrengung der TU Graz und des Vereines zur Förderung der Elektronenmikroskopie aufgebracht werden. Das Projekt wurde auch durch eine FFF-Förderung maßgeblich unterstützt. Eine wesentliche Voraussetzung für den Standort an der TU Graz liegt in der Kooperation des FELMI der TU Graz mit dem Zentrum für Elektronenmikroskopie Graz begründet. Dadurch besteht an der TU Graz ein Cluster für Mikroskopie, der die unbedingt erforderliche "kritische Masse", langjährige Erfahrung und auch vielfältige Kontakte zur Industrie aufbringt, die für die erfolgreiche und rasche Umsetzung in die Praxis unbedingt erforderlich sind.

Bei dem neuen "Supermikroskop" handelt sich um ein 200 kV Transmissionselektronenmikroskop, das mit einer Feldemissionskathode, einer Hochauflösungs-Objektivlinse und einem neu entwickelten Energiefilter-Spektrometer ausgerüstet ist. Auf Grund der verbesserten Auflösung der Elektronenlinsen sowie der hohen Helligkeit und Kohärenz der Feldemissionskathode wird erstmals in Graz der Bereich der Hochauflösungselektronenmikroskopie in breitem Umfang zugänglich. Bei sehr hohen Vergrößerungen (bis zu 2 millionenfach) kann der kristallographische Aufbau von Festkörpern mit atomarer Auflösung studiert werden, woraus Aussagen über die Struktur von Korngrenzen, Phasengrenzflächen und Defekten in Festkörpern abgeleitet werden können, die für das tiefere Verständnis der Eigenschaften von modernen High Tech Werkstoffen unbedingt erforderlich sind. Der Informationsgehalt dieser Hochauflösungsbilder wird zusätzlich durch spezielle Analyseverfahren, mit denen die lokale chemische Zusammensetzung in Nanometer kleinen Probenbereichen gemessen werden kann, wesentlich erweitert (1 Nanometer = 1 Millionstel Millimeter). Dazu wurde das Mikroskop mit dem bereits erwähnten abbildenden Energiefilter-Spektrometer ausgerüstet, mit dem die Energieverluste, die Elektronen auf ihrem Weg durch die Probe erleiden, analysiert werden können. Diese Elektronenenergieverlust-Spektrometrie stellt eine langjährige Forschungsschwerpunkt des Institutes dar und ermöglichte bereits mit dem im Jahr 1990 installierten Mikroskop Elementaranalysen mit einer Ortsauflösung von etwa 2 Nanometer. Auf Grund der wesentlich gesteigerten Leistungsfähigkeit der neuen Anlage rechnen wir mit einer Verbesserung der Ortsauflösung bis weit in den Sub-Nanometerbereich hinein.

Die Einsatzbereiche des neuen Mikroskops sind vielfältig und

reichen von klassischen Werkstoffen wie Stählen, Legierungen und Keramiken bis hin zu Halbleiterbauelementen, nanostrukturierten Materialien, Umweltproben und sogar medizinisch-biologischen Fragestellungen. Nach der Einarbeitungsphase wird das neue Mikroskop schwerpunktmäßig für Forschungsarbeiten in Kooperation mit anderen TU-Instituten eingesetzt, aber darüber hinaus besteht auch eine intensive Zusammenarbeit mit ausländischen Forschergruppen und über das ZFE Graz auch mit vielen Industriebetrieben im Bereich der Hochtechnologie (bis in die USA). Die

zukünftigen Forschungsarbeiten des Institutes werden sich in erster Linie mit der Weiterentwicklung der Nanobereichsanalytik mit Hilfe der Elektronenenergieverlust-Spektrometrie zusammen mit der Strukturaufklärung mittels Hochauflösungselektronenmikroskopie beschäftigen.

Das ist aber erst der Anfang des Leitprojektes, denn das FELMI plant bereits eine entscheidende Erweiterung des Supermikroskops: Dazu ist beabsichtigt das Mikroskop in einer weiteren Projektphase mit



einem völlig neuartigen Zusatz – einem Monochromator für die Elektronenquelle – auszurüsten. Bei diesem Vorhaben handelt sich um eine Kooperation mit den Herstellern Philips-FEI in Eindhoven (Niederlande) und Gatan (USA). Falls dieses Projekt finanziert werden kann, wäre es nach der TU Delft (Niederlande) weltweit die erst zweite Installation. Mit dem Monochromator können Elektronenenergieverlustspektren mit wesentlich verbesserter Energieauflösung gemessen werden, wodurch es möglich wird Aussagen über chemische Bindungen in Nanometer kleinen Probenbereichen z.B. in Korngrenzen oder in einzelnen Nanoteilchen zu erhalten.

*The first analytical high resolution transmission electron microscope in Austria was installed at the Research Institute for Electron Microscopy (FELMI) of TU Graz in January 2001. This instrument will be primarily used for the characterization of materials at an atomic scale. It will become increasingly important for both the development and the application of advanced technology, because understanding the microstructure of materials is a prerequisite for the improvement of material properties. In this respect, analytical transmission electron microscopy (AEM) is an indispensable tool, as it provides a unique combination of high spatial resolution imaging together with elementary and even chemical information of morphological and structural details with nanometer resolution.*

*For many years already, the research activities of the "Research Institute for Electron Microscopy" focus on improving novel characterization techniques, and over the time, the institute became renowned for its high level of expertise in this field. Consequently, the introduction of the new microscope which is equipped with a field emission gun and a high resolution imaging filter allows us to keep path with the frontier of microscopy. The improved performance in particular with respect to imaging and analytical capabilities allows to study materials even at the atomic scale. Small scale features in new classes of materials such as nanostructured systems, nanoparticles and semiconducting devices can now be investigated more accurately. We intend to employ the new instrument both for basic research in cooperation with other institutes of Graz University of Technology as well as for industrial research.*



## Risikoanalyse und Gefährdungsnachweis

### *Analysis and Recognition of Risks*

**Die Versuchsanstalt für Prüf- und Sicherheitstechnik in der Medizin beschäftigt sich unter anderem mit den Risiken, die durch Einwirken des elektrischen Stromes auf den Menschen oder durch den Einsatz von Medizinprodukten entstehen können. Normen legen die Grenzwerte fest, deren Einhaltung eine ausreichende Sicherheit des Menschen bei direkte Einwirkung des Stromes gewährleistet soll. Bezüglich der Sicherheit von Medizinprodukten gibt es das 1996 vom Nationalrat beschlossene "Bundesgesetz betreffend Medizinprodukte (MPG)".**

Das MPG regelt unter anderem die grundlegenden Anforderungen an die Sicherheit und Funktionstüchtigkeit von Medizinprodukten, d.h. jener Produkte, die in der Heilkunde zur Anwendung am Menschen bestimmt sind. Manche dieser Medizinprodukte stellen bereits in voll funktionstüchtigem Zustand ein erhebliches Gefahrenpotenzial dar, das nur bei bestimmungsgemäßer und sachkundiger Verwendung vermieden werden kann. Grundsätzlich muss das Risiko einschließlich unerwünschter Nebenwirkungen gegen den erzielten Nutzen für den Patienten abgewogen werden. Jeder Gerätedefekt sowie jede unsachgemäße Handhabung kann dieses Risiko deutlich vergrößern. Besondere Bedeutung kommt daher der Abschätzung auch jener Gefährdung zu, die beim Eintreten des sog. Ersten Fehlers wirksam wird.

Voraussetzungen für das Inverkehrbringen und die Inbetriebnahme eines Medizinproduktes sind (1) die Zweckbestimmung, (2) die Erfüllung der grundlegenden Anforderungen, (3) die Risikoanalyse, (4) die Klassifizierung unter Berücksichtigung von 18 festgelegten Regeln und des potenziellen Risikos sowie (5) die Konformitätsbewertung. Erst danach darf die CE-Kennzeichnung vorgenommen und das Medizinprodukt in Verkehr gebracht werden. Eine Risikoanalyse ist stets Voraussetzung für eine Risikoreduktion, die in folgenden Schritten vorgenommen werden sollte: (1) sicheres Design, (2) mittelbare Schutzmaßnahmen, (3) Information. Die Risikoanalyse ist Bestandteil eine übergeordneten Konzeptes des Risikomanagements, das in der Norm EN 14971 geregelt ist.

Die Versuchsanstalt für Prüf- und Sicherheitstechnik in der Medizin eröffnet nicht nur umfassendes Know How der TU Graz für die Wirtschaft. Durch die Prüftätigkeit in der Prüfstelle für Medizintechnik, die als Benannte Stelle (Notified Body) auch befugt ist, Zulassungsprüfungen für den gesamten europäischen Markt durchzuführen, kann umgekehrt auch wertvolle praktische Erfahrung gesammelt und aktualisiert werden, die - selbstverständlich unter Wahrung des Prüfheimnisses - an die Studierenden im Rahmen von Vorlesungen und Laborübungen und bei der Geräte-

entwicklung, z. B. im Rahmen von Diplomarbeiten, weitergegeben wird. Dabei wird längst nicht mehr auf die bloße Funktionserfüllung, sondern auch auf die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Medizinprodukte geachtet.

Diese Tätigkeit wird ergänzt durch Forschungsprojekte zur Gefährlichkeit elektrischer Ströme. In neueren Untersuchungen haben Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Leitgeb

elektrische Ströme bisher nicht nur nicht ausreichend abgesichert, sondern sogar wesentliche Fragen noch offen und Widersprüche ungeklärt waren. Durch Messung an insgesamt 905 aus der Allgemeinbevölkerung zufällig ausgewählten Personen, darunter 708 Erwachsene im Alter zwischen 17 und 60 Jahren (349 Männer und 359 Frauen), konnten erstmals die Probleme der Extrapolation auf die Allgemeinbevölkerung und die ausreichende statistische Absicherung gelöst werden. Die Ergebnisse zeigen, daß die bisherigen Annahmen über die Stromwahrnehmung wesentlich korrigiert werden müssen. Sie belegen, dass die Wahrnehmungsgrenze bisher um mehr als das 10fache zu hoch angesetzt worden ist und dass Frauen überproportional empfindlicher sind als Männer. Dies erfordert auch, dass die bisherige Berücksichtigung geschlechtsspezifischer Empfindlichkeitsunterschiede revidiert werden muss.

Auf Grund der Belege für die bisherige wesentliche Unterschätzung der Reaktions-Variationsbreite der Bevölkerung sind auch die bisherigen Annahmen über die Gefährdungsgrenzen und verbleibenden Sicherheitsfaktoren ernsthaft zu hinterfragen. Jedenfalls ist es keinesfalls zu rechtfertigen, die bestehenden Sicherheitsanforderungen zu lockern.

*One of the activities of the Institute for Testing and Safety Technology in Medicine is concerned with the analysis of risks that may be caused by the direct effect of electrical current on human beings or may be related to the application of medical devices. Standards define those thresholds that provide sufficient safety. With regard to the safety of medical devices the Austrian Nationalrat has settled in 1996 the "Bundesgesetz betreffend Medizinprodukte (MPG)".*

*The MPG determines the essential requirements for safety and performance of medical devices, i.e. those devices intended for human health care purposes. Some of those devices contain inherent risks even in normal condition and if applied appropriately.*

*Before medical devices are allowed to be put on the market and used, the following requirements have to be fulfilled: (1) definition of the purpose, (2) fulfillment of the fundamental requirements, (3) risk analysis, (4) classification, (5) declaration of conformity. Only if those requirements are met, the medical device may be signed with the CE mark. Risk analysis is necessary for risk reduction in the following steps: (1) safe design, (2) safety measures, (3) information. Risk analysis is part of risk management as described in the standards EN 14971.*

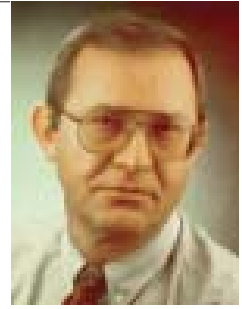
*The Institute for Testing and Safety Technology in Medicine provides extensive know-how to the industry. With the Testing Department of Medical Technology, which as a Notified Body is authorized to perform tests for approval to the European market, valuable experience can be collected. This expertise is made accessible for students.*

*In a recent research project that investigated the risks of electrical currents for human beings. It was demonstrated that despite its great relevance the threshold for the perception of mains frequency currents has not been sufficiently determined. In measurements performed at 905 individuals that have been selected by chance from the general population the problems of extrapolation to the whole population and statistical reliability could be solved for the first time. The threshold for current perception is much lower than assumed hitherto and must be corrected by a factor 10. Females are more sensitive than males, and consequently the gender specific thresholds have to be revised.*

*Another consequence is that the safety thresholds have to be questioned. There is no reason to argue that the existing safety requirements shall be relaxed.*



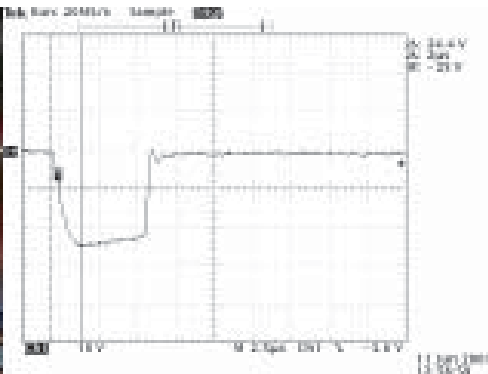
und Dipl.- Ing. Schröttner zeigen können, dass trotz ihrer Bedeutung für die Beurteilung von Stromwirkungen und sicherheitstechnische Überlegungen die Wahrnehmungsgrenze für netzfrequente



## Versuchs- und Forschungsanstalt für Hochspannungstechnik *Test and Research Institution of High Voltage Engineering*

Die Versuchs- und Forschungsanstalt für Hochspannungstechnik wird durch die Hochspannungslaboratorien der Abteilung Hochspannungstechnik der Technischen Universität Graz gebildet. Als akkreditiertes Prüflabor hat sie das Recht über das Ergebnis der von ihr vorgenommenen Untersuchungen auf dem gesamten Gebiet der Hochspannungstechnik mit Wechselspannung, Gleichspannung und Stoßspannung sowie über alle vorschriftsmäßigen technologischen Messungen und Prüfungen an Isolierstoffen und Hochspannungsmaterialien Zeugnisse auszustellen, die als öffentliche Urkunden anzusehen sind.

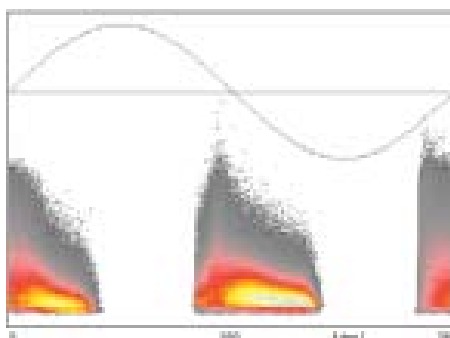
Diese Untersuchungen, Messungen und Prüfungen umfassen dabei folgende Bereiche: Dielektrische Festigkeit von Isoliersystemen, Langzeituntersuchungen von Kabeln und festen Isolierstoffen, Tests von Freileitungsisolatoren und Armaturen, Typenprüfungen von Hochspannungssystemen, Untersuchungen mit Höchstspannungen, Qualitätssicherung, Kalibrierung von Meßsystemen, Messung und Berechnung von Überspannungen, Stoßspannungs- und Stoßstromprüfungen, Vor-Ort-Prüfung, Entwicklung von Meß- und Prüfgeräten, Untersuchungen zu speziellen Problemen (Verschmutzung, Umwelt, Arbeiten unter Spannung usw.) sowie Beratungstätigkeit auf dem Gebiet der Elektrischen Energie- und Hochspannungstechnik.



Einbau des Prüfling und Spannungs-Zeit-Diagramm

Um diese verschiedenen Arbeiten besser zu verdeutlichen sollen hier einige kurze Beispiele angeführt werden, die die Aktivitäten der Versuchs- und Forschungsanstalt aufzeigen.

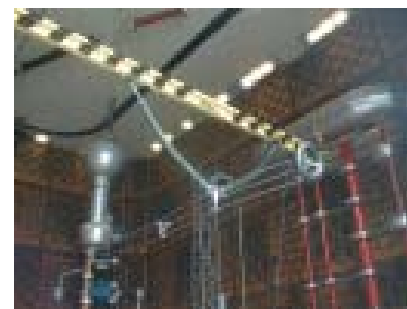
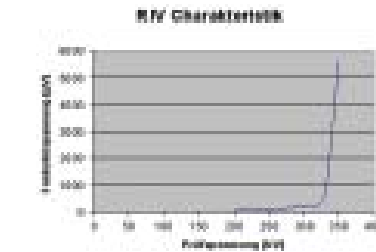
Stoßspannungsprüfung an einem Transformatorwicklungsmodell: Bei der Entwicklung von neuen Bauteilen und Bauformen müssen immer grundlegende Untersuchungen an diesen Modellen durch-



Prüfaufbau und Teilentladungsdiagramm

geführt werden. Eine dieser Arbeiten ist die Prüfung mit Stoßspannung einer vorgeschriebenen Spannungsform. Dabei wird das Modell in einem Ölprüfgefäß (ca. 1000 Liter Trafoöl) eingebaut. Nach Evakuierung des Prüfkessels auf 1 mbar und Füllung mit Isolieröl erfolgt die Spannungsprüfung bis zum Durchschlag (etwa 1000 kV), wobei der Scheitelwert der Spannung gemessen und der zeitliche Spannungsverlauf aufgezeichnet wird.

Teilentladungsprüfung an einem 20 kV-Kabelendverschluß: Um die Versorgungssicherheit der elektrischen Energie zu gewährleisten, müssen die Kabel sowie deren Verbindungsteile geprüft werden. Diese Untersuchung erfolgt in einer geschirmten Meßzelle, um möglichst Störungen und Einstreuungen zu vermeiden. Der Prüfaufbau besteht dabei aus einem 100 kV-Transformator und zwei Meßkondensatoren (Prüfspannung, Teilentladungsimpulse). Am Meßsystem werden dann die Teilentladungsimpulse über der Phasenlage zur Prüfwechselspannung erfaßt.



Prüfaufbau und Funkstörcharakteristik

Funkstörspannungsprüfung an einer 380 kV-Hängekette: Zur Vermeidung von Störungen durch Entladungen bei einer Freileitung müssen die

Isolatoren und Armaturen einer Funkstörspannungsprüfung unterzogen werden. Die folgenden Bilder zeigen nun diesen Prüfaufbau zur Nachbildung der Hochspannungsleitung sowie die aufgenommene Funkstörcharakteristik (RIV).

*The Test and Research Facility for High Voltage Engineering is established by the high voltage laboratories of the Department of High Voltage Engineering. As accredited laboratory it has the legal right to certify its tests, measurements, trials and material verifications in the domain of high voltage technology by using alternating-, direct-, impulse voltage or impulse current. The Test and Research facility is also authorised to investigate, measure and test electrical equipment, insulation and high voltage materials. Test reports are valid as public authorised documents.*

*These investigations, measurements and tests include the following fields: Dielectric strength of insulation systems, long time investigations of cables and solid insulation material, tests of overhead lines and fittings, type tests of high voltage equipment, investigations with extra high voltage, quality assurance, calibration of measuring devices, measurement and calculation of overvoltages, impulse voltage and impulse current tests, on-site tests, development of measuring and test equipment, investigations of special problems (pollution, environment, working under voltage etc.) and consulting activity in electrical power and high voltage engineering.*



## Technische Versuchs- und Forschungsanstalt für Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik

### *Test and Research Institution of High Voltage Engineering*

**Der Gebrauch von Papier steigt mit dem Bruttosozialprodukt und der Bevölkerungszahl. Im Kommunikationsbereich ergänzen sich die elektronischen Medien und die Kommunikationspapiere, der Bedarf an Druckpapier steigt mit der Anwendung elektronischer Übertragungsmöglichkeiten. Das Auffinden von Aufzeichnungen jeglicher Art und die Sicherheit der Speicherung auf Papier übertrifft immer noch alle anderen Speichermedien. Papier ist auch ein unverzichtbarer Werkstoff für den Transport und die Verteilung von Lebensmitteln und Gebrauchsgütern aller Art.**

Dem Papierprüfungslaboratorium des Institutes für Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik wurde bereits im Juni 1956 das Recht eingeräumt, über das Ergebnis von dort vorgenommenen Untersuchungen, Erprobungen und Materialprüfungen Zeugnisse auszustellen, die als öffentliche Urkunden anzusehen sind (Lex Exner).

Mit dem Bundesgesetz über die Akkreditierung von Prüf- und Überwachungsstellen vom

1. Jänner 1993 und dem Erlöschen der Autorisierung nach einer Übergangsfrist von 3 Jahren wurde es notwendig, die Technische Versuchs- und Forschungsanstalt zu akkreditieren, was zum 1. September 1999 erfolgt ist.

Dabei wurde der Aufgabenbereich über die PAPIER- UND ZELLSTOFF-PRÜFUNG hinaus um die PRÜFGERÄTE-ÜBERPRÜFUNG erweitert, womit eine Servicestelle vor allem für die heimische Papier- und Zellstoffindustrie geschaffen wurde, die es ermöglicht, die von dieser Industrie eingegangene Verpflichtung im Rahmen ihres Qualitätssicherungssystems in einfacher und effizienter Weise zu erfüllen.

Daneben erfüllt die Technische Versuchs- und Forschungsanstalt besondere Aufgaben zur Unterstützung des Lehr- und Forschungsbetriebes. Letztgenannte Tätigkeit führte im Zusammenwirken mit dem Forschungsförderungsfonds der Gewerblichen Wirtschaft im Rahmen kooperativer Forschungsprojekte mit der Österreichischen Vereinigung der Zellstoff- und Papierchemiker und -techniker (ÖZEPA) zur Entwicklung neuer und zur Verbesserung vorhandener eingeführte Prüfgeräte, insbesondere zum besseren Verständnis des Eindringverhaltens verschiedenartiger Flüssigkeiten und damit auch Druckfarben ins Papier. Andere Forschungsthemen befassen sich mit der Energieeinsparung und Qualitätsverbesserung industrieller Mahlvorgänge und der Nutzung bildanalytischer Verfahren für fasermorphologische Beurteilungen. Abgegründet werden die Forschungsarbeiten mit der Entwicklung neuer Methoden zur

Beurteilung der Faser- und Füllstoffteilung über die Blattstärke von Papieren. Zur Vorhersage über die Archivierfähigkeit von Papier wurde der "Grazer Alterungstest" entwickelt.

*The scope of functions was expanded beyond PAPER AND PULP INSPECTION by creating a department for the INSPECTION OF TESTING DEVICES, hence providing a service center, mainly for the pulp-and paper industry. This service center permits the industry to fulfill their obligations in the framework of their quality*



*control system in a simple and efficient way.*

*Additionally, the Research Organization complies special tasks in support of the training- and research operations. In cooperation with the Austrian Industrial Research Promotion Fund (FFF), in the framework of cooperative research projects with the Austrian Association of Pulp- and Paper Chemists and -Technicians (ÖZEPA), the research work has led to the development of new, and the improvement of existing, established testing devices, particularly for a better understanding of the penetration behavior of different liquids, hence including printing ink, into paper. Other research topics are concerned with energy saving and the quality improvement of industrial beating and the utilization of image analysis for fiber-morphological evaluation. The research activities are rounded off by the development of new methods for the evaluation of fiber and filler splitting over paper thickness. For the prediction of the archiving ability of paper, the "Grazer Alterungstest" (aging test) has been developed.*





Kompetenzzentrum „Materials Centre“

## Numerische Werkstoff- und Verfahrensoptimierung

### *Numerical Optimisation of Materials and Manufacturing Processes*

**Qualitätsplanung entsprechend der Kundenwünsche, Verbesserung der Prozesssicherheit, multiple Optimierung der Werkstoffeigenschaften, Kostensenkung bei der Herstellung und die Notwendigkeit der Verkürzung der Entwicklungszeiten zwingen Werkstoffhersteller und -verarbeiter zum Einsatz effizienter Entwicklungsmethoden. Die auf den metallkundlichen Grundlagen basierende numerische Simulation eigenschaftsbestimmender Vorgänge unter Berücksichtigung der fertigungsbedingten Randbedingungen stellt dazu ein leistungsstarkes Werkzeug dar.**

Von Konstruktionswerkstoffen wird erwartet, dass die vielfältigen Anforderungen an das Betriebs- oder Gebrauchsverhalten bestmöglich, bei kostengünstiger Fertigung erfüllt werden. Im Falle von metallischen Werkstoffen werden ihre mechanisch-technologischen Eigenschaften primär durch die chemische Zusammensetzung und die Mikrostruktur bestimmt. Die Mikrostruktur wird aber im mehrstufigen Herstellprozess mehrmals verändert, wobei das Ziel verfolgt wird, durch gezielte Maßnahmen günstige Bedingungen zu schaffen. Betrachtet man bspw. die Erzeugung eines Pkw-Kotflügels, so werden vom Werkstoff leichte Umformbarkeit, Schweißeignung, erhöhte Beulsteifigkeit, Korrosionsbeständigkeit, günstiges Crash-Verhalten etc. verlangt. Metallurgen versuchen nun diese Anforderungen mit ihrem Fachwissen im Rahmen von Entwicklungsprojekten durch spezielle Legierungs- und Fertigungskonzepte zu erfüllen. Um Zeit bzw. Geld zu sparen und optimierte Lösungen anbieten zu können, wird versucht, die metallkundlichen Phänomene mit den wichtigsten Einflussgrößen in numerischen Modellen darzustellen und die multivariaten Gleichungssysteme zu optimieren. So ist es unter anderem möglich, die Phasenzusammensetzung, die Größe und Verteilung von Ausscheidungen mit thermodynamischen Modellrechnungen mit hoher Genauigkeit allein aus der Legierungszusammensetzung vorherzusagen. Ebenso wird die Umwandlungskinetik mit physikalischen Modellen berechnet. Auch für die Optimierung der Weiterverarbeitungsschritte, wie Umformung, Schweißen etc. werden Simulationsprogramme eingesetzt bzw. neu entwickelt.

Bereits seit Anfang der 90er Jahre beschäftigt sich eine Gruppe am Institut für Werkstoffkunde, Schweißtechnik und Spanlose Formgebungsverfahren unter Leitung des Autors mit der Entwicklung und dem Einsatz derartiger Prozessmodelle, zunächst von 1991 bis 1998 im Rahmen des Christian Doppler Labors für Computermodellierung werkstoffkundlicher Vorgänge und Verarbeitungstechnologien und ab 1999 im Rahmen des Kplus-Kompetenzzentrums "Material Center Leoben" (MCL). Im z.Zt. beantragten Kompetenzzentrum VIF (Virtuelles Fahrzeug) an der TU Graz sollen ab 2002 im Bereich "Virtual Manufacturing" spezielle Aufgabenstellungen der Automobil- und Zulieferindustrie ebenso mit Modellierung und Simulation behandelt werden.

In den letzten Jahren wurden nicht nur kommerzielle Computerprogrammen zur FE-Rechnung (ANSYS, MARC, SYSWELD), zur Umformsimulation (DEFORM) und Erstarrungssimulation (MAGMASOFT) verwendet, sondern auch eigene Prozessmodelle entwickelt, wie z.B. WBSIM zur Beschreibung der Gefügeentwicklung bei Wärmebehandlungen. Dazu gehört auch das Programm MatCalc, welches in der Lage ist, neben Phasengleichgewichten auch Multikomponenten-Diffusionsvorgänge zu berücksichtigen und damit eine wesentliche Unterstützung bei der Lösung kinetischer Gefügeveränderungen zu geben. Die Prozessmodelle CAROLL für das thermomechanische Warmbreitbandwalzen, sowie das Modell CAROD für das Drahtwalzen beschreiben die Gefügeentwicklung im Zuge der Herstellung und die mechanischen Eigenschaften der fertigen Produkte. Sie werden

in der Industrie bereits mit Erfolg eingesetzt, wobei neben der Erhöhung der Prozesssicherheit insbesondere die Kosten für die mechanische Prüfung reduziert werden konnten.

Eine wesentliche Voraussetzung der Modellentwicklung bildet die physikalische Simulation. Dazu stehen am Institut flexible Großgeräte, wie das thermo-mechanische Prüfsystem Gleeble und diverse Messgeräte zur Ermittlung thermophysikalischer Daten zur Verfügung. Natürlich werden spezielle Einrichtungen anderer Institute der Fakultät für Maschinenbau mitbenutzt, hervorzuheben ist auch die exzellente Kooperation mit dem Forschungsinstitut für Elektronenmikroskopie (FELMI) der TU Graz.

Die zur Zeit im Kplus-Werkstoffkompetenzzentrum "MCL" von uns durchgeführten Forschungsprojekte auf dem Gebiete der Werkstoff- und Verfahrensoptimierung sind:

- Entwicklung eines Modells zur Vorhersage von Heißrissen (MCL/M4)
- Grundlagen zur Entwicklung von Nickelbasis-Fülldrahtelektroden (MCL/J1)
- Eigenspannungskontrolliertes Schweißen (MCL/J2)
- Simulation der Warmformgebung von Nickelbasislegierungen (MCL/M1)
- Entwicklung verbesserter Walzdrähte zum Kaltstauchen und Kaltfließpressen (MCL/T3)
- Charakterisierung der Kalt- und Warmumformbarkeit metallischer Werkstoffe (MCL/SP3)
- Charakterisierung der lokalen Mikrostruktur bei Warmumformprozessen (MCL/SP8)
- Computermodellierung der Ausscheidungskinetik in Multi-Komponenten-Werkstoffen (MCL/SP11)

*Customised quality assurance, improvement of process reliability, multiple optimisation of material properties, reduction of fabrication costs and the requirement for shortening of development time force material manufacturers and processing technologists to use efficient development tools. The numerical simulation of property-determining phenomena - based on physical fundamentals taking also into account the relevant processing conditions - is a suitable method for this task.*

*The objective of microstructural based modelling is to improve the materials as well as the processing technology. Due to its physical basis, the models can be applied multi-optional and within a wide frame of conditions. By use of thermodynamics and kinetics models the microstructure as well as the final properties can be predicted during manufacturing and service.*

*Since the early nineties, a group at the Institute for Materials Science, Welding and Forming at TU Graz deals with the development of numerical models in this field, at first from 1991 to 1998 in form of the "Christian Doppler Laboratory for Computer Modelling of Microstructural Phenomena and Processing Technologies" and later from 1999 on, within the framework of the "Materials Center Leoben" (MCL), which is sponsored by the Austrian government, the province of Styria and industrial partners via the so-called Kplus-initiative. Further research opportunities are feasible in the research area of virtual manufacturing within the proposed Kplus-center "The virtual vehicle" at TU Graz, which is expected to become operative early 2002.*

*In the last decade, a series of microstructural based process models have been developed, like WBSIM, MatCalc, CAROLL, CAROD etc., which were used to improve processing steps and the final product in cooperation with our national industrial partners, like VOEST ALPINE Stahl Linz, VA Schiene Donawitz, VA Austria Draht, Böhler Edelstahl, Böhler Schmiedetechnik and Böhler Schweißtechnik Kapfenberg. At the moment, there are eight projects on the way within the Materials Center Leoben.*



## Kompetenzzentrum „Virtual Reality and Visualization“

# Virtuelle Welten: Abenteuer im Kopf

## Competence Centre for Virtual Reality and Visualization

### Stadtmodelle

Seit etwa 1994 entstehen am Institut Computermodelle von Stadtteilen oder ganzen Städten (Gruber u.a., 1995) (Holzer, 1998). Von Anfang an war von Interesse, dabei so genannte fotorealistische Modelle erzeugen zu können. Zweck dieser Stadtmodelle war die Erleichterung des Überganges vom traditionellen 2-dimensionalen Geographischen Informationssystem (GIS) auf 3 Dimensionen zum so genannten 3D-GIS. Anwendungen sind vielfältig, vielleicht noch weitläufiger als die vielen Anwendungen des 2D-GIS. Eine ganz wesentliche Erweiterung ist der virtuelle Tourismus und die Erfahrung des städtischen Raumes aus der Entfernung.

Die Stadtmodelle erfordern den Umgang mit großen Datenmengen. Nehmen wir an, dass die Genauigkeit von  $\pm 1$  cm in XYZ angestrebt wird, dass ein Detailreichtum durch Darstellung aller Objekte sicherzustellen ist, welche grösser als 30 cm sind, dass eine fotografische Textur mit einer Pixelgröße von 2 cm notwendig ist, um alle Auflösungsbedürfnisse zu befriedigen. Damit muss eine mittlere Stadt wie Graz mit einer Datenmenge von 250 Terabytes rechnen.

Diese Themenstellung hat in der Vergangenheit am Institut eine Reihe von Dissertationen befruchtet, die aber vor dem Berichtszeitraum abgeschlossen wurden, zum Beispiel die Arbeiten von Kofler (1997) und Gruber (1998).

### Virtual und Augmented Reality

Die immersive Erfahrung von dreidimensionalen Datenwelten ist Gegenstand der virtuellen Umgebungen (Virtual Reality, VR). Der Mensch schließt sich von der realen Welt ab, indem den Augen zwei Monitore vorgeschaltet werden: nur diese Monitore können wahrgenommen werden. Die Bewegungen des betrachtenden Menschen müssen nun erfasst werden, damit daraus eine Veränderung der Präsentations-Geometrie der Daten berechnet werden kann, welche in etwa jene Wirkung haben soll, die beim natürlichen Sehen auch erfahren wird. Damit wird die physische Bewegung durch eine Änderung des visuellen Eindruckes unterstützt. Nicht nur der Sehsinn muss betroffen sein, es kann auch andere Sinne berühren, insbesondere die Akustik. Der Mensch kann die drei Dimensionen der Datenwelt "erwandern".

Schließt man sich als Betrachter nicht von der realen Welt ab, sondern lässt man die reale Welt gemeinsam mit den Computermodellen auf die Augen wirken, dann entsteht eine Notwendigkeit, die Interaktion zwischen den realen Objekten und den gerechneten Computermodellen zu berücksichtigen. Dies ist Gegenstand der so genannten Augmented Reality (AR), in welcher der halbdurchsichtige "Head-Mounted Display HMD" im Zentrum steht.

In einem ersten FWF-Projekt wurde gemeinsam mit dem Institut für Computergrafik und Algorithmen der TU Wien die Studierstube entwickelt. In Wien entstand das eigentliche Augmented RealitySystem, in Graz hingegen die Verfolgung der Kopfbewegungen (Auer, 2000). Diese müssen für die Anwendungen der AR wesentlich genauer bekannt sein als im VR, denn jede Ungenauigkeit resultiert in Konflikten zwischen der wahrgenommenen realen Welt und den computergerechneten und eingespiegelten Objekten. Damit können zwei und mehr Personen gemeinsam einen Datenraum erfahren, welcher der realen Welt überlagert wird. Anwendungen sind leicht zu finden. In der Medizin wird dem Gesichtsfeld des Operateurs nicht nur der Patient präsentiert, sondern auch ein Modell des vordem ermittelten und nun zu operierenden Tumors überlagert. Bei der Reparatur eines Apparates wird dem Techniker ein Modell der Teile eingespiegelt, sodass die Reparatur wesentlich erleichtert wird. Dem Museumsbesucher wird ein Computermodell eines vervollständigten Artefaktes zum Vergleich mit dem tatsächlich dargestellten Bruchstück vermittelt.



3D Stadtmodell Graz: aus Geometriedaten (siehe Dreiecksmaschen links) wird Fotorealismus durch Überlagerung mit fotografischer Textur (rechts)

### K-Plus Zentrum Virtual Reality und Visualisierung (VRVis)

Zwölf Kompetenzzentren wurden bisher im Rahmen von Regierungsinitiativen in Österreich errichtet. Seit 2000 befasst sich VRVis mit der Anwendung von virtuellen Umgebungen, der Augmented Reality und von drei- und mehr-dimensionalen Computermodellen. Teilgebiete sind das so genannte Virtual Habitat (das sind die dreidimensionalen Stadt- und Landschaftsmodelle), die Medizin, der Entwurf von Teilen im Maschinenbau, schließlich das Marketing. Neun Firmen arbeiten mit 5 wissenschaftlichen Instituten zusammen und betreiben zu diesem Zweck eine VRVis-GmbH in Wien mit insgesamt 36 Mitarbeitern.

Von der TU Graz sind 2 Institute beteiligt. Das Institut für maschinelles Sehen und Darstellen ist Gastgeber einer Außenstelle der VRVis-GmbH und betreut das Teilprojekt „Virtual Habitat“ mit etwa 4 wissenschaftlichen VRVis-Mitarbeitern (Karner u.a., 2001). Diese entwickeln einen City-Scanner zur raschen Modellierung ganzer Strassenzüge, und es entsteht ein Datenbankmodul zur Verwaltung und Visualisierung der gewaltigen Datenmengen, die der Cityscanner produziert. Von Interesse ist hier der Datenzugang via das Internet und der geschickte Umgang mit den großen Datenmengen unter Beachtung der Beschränkungen des Datenverkehrs im Internet. Dazu laufen am Institut interne Zusatzprojekte, welche die VRVis-Initiative unterstützend erweitern. Am Institut für elektronische Messtechnik wird das Thema "Tracking" als Basisforschungsprojekt zur Unterstützung von Augmented-Reality-Entwicklungen bearbeitet.

### Virtual worlds: adventures of the mind

*Since about 1994 the Institute is creating computer models of cities and buildings (Gruber et al., 1995). Figure is from a Diploma Thesis by Holzer (1998). The interest was in true 3-dimensional models and their visualizations with a photo-realistic quality. A transition from traditional two-dimensional Geographic Information Systems (GIS) to three dimensions was the driving force for the initiative.*

*Large data quantities are a feature of such 3D city models. If detail is modeled at a resolution of 30 centimeters, a geometric accuracy is desired at  $\pm 1$  cm, and if the texture detail is with*

pixels of 2 cm, then a mid sized city such as Graz will require data quantities of 250 terabytes.

It becomes very quickly obvious that the interest in obtaining such data exists if it is available at a cost not that different for the original 2-dimensional GIS. Therefore research is being carried out to find methods of automation suitable to reduce the manual work for data collection. Since 1994, the Institute has been sponsoring diploma theses and doctoral dissertations to improve the level of automation in creating 3D data for city models.

#### **Virtual and Augmented Reality**

Once 3D data exist, it becomes immediately of interest to experience such data in 3 dimensions. This leads to Virtual Environments to immerse the computer user in 3D data, and to Augmented Reality to have computed objects successfully interact with the visually perceived real world. Virtual Environments, also referred to as Virtual Reality, work with computer generated data only, and excludes visual inputs from the real world. The user is equipped with a head-mounted display (HMD) with non-transparent glasses serving as monitors. However, the user's real world motions with their changes in position and attitude need to be measured and build an input to change the visual inputs to the user. These measurements are referred to as "tracking".

Augmented reality is also immersive and also needs to track the user's positions and attitudes, but it does not shut off the user from visual inputs from the real world. However, computer generated 3D objects get inserted and added into the visual inputs of the user, so that a combined system of real world and computer generated objects is being presented to the user. The head-mounted display in this case has glasses (monitors) that are "see-through".

#### **The Studierstube Project**

Augmented Reality came to life at the Institute via an FWF-project jointly proposed and carried out with the Institute for Computer Graphics at Vienna University of Technology. The "Studierstube" is a laboratory environment for Augmented Reality with multiple head-mounted displays for simultaneously having multiple users experience a coordinated manner. In addition the system includes the magnetic and optical tracking of the user, and a handheld panel to help in the interaction of the user with the real and virtual data presented via the HMD. The Vienna group focussed on the integration of the system and the handheld panel, the Graz group developed optical tracking technology.

The Studierstube is currently being improved both in Vienna and in Graz, for example to serve as a tool in medical radiology and surgery, where 3D data need to be processed and visualized to doctors and staff before a patient is being operated on.

#### **Competence Center for Virtual Reality and Visualization**

The series of projects in 3D city modeling and in Augmented Reality positioned the Institute as one of 5 academic partners in a 7-year competence center K-Plus for Virtual Reality and

Visualization (VRVis). This has 3 application areas, one of which addresses city models and is entitled "Virtual Habitat". A second Institute of Graz University of Technology addresses "optical tracking", while the other 3 Institutes all are in Vienna. The image shows an early result of the Virtual Habitat project: fully automated methods are being developed to extract city building shapes and photographic texture from series of digital camera imagery and from laser scans. The virtual habitat segment of VRVis aims (1) at a hard- & software system to collect image and distance data from a moving vehicle, (2) a suitable data base concept to store, query and retrieve the data, and (3) at sending such 3D objects through the internet at improved throughput.

Four people are currently forming the VRVis-team for Virtual Habitat at the Institute, augmented by University staff, and cooperating closely with staff from a European project in archeology, also aiming at a virtual habitat, however not of a currently existing site, but of a lost world at an archeological site.

#### **Multiple Virtual Reality Projects Interconnect Synergistically**

VRVis, processing of spatial data from archeology, medical virtual liver operations and various student projects all currently interact at the Institute using related hardware and software components. It has been remarkable that all have agreed on a specific common software approach. The result is a General Image Processing Library GIPLib currently in use in all student projects, diploma theses and dissertations. This motivates individual members of various teams and projects to interact and cooperate, taking advantage of one another's software



## Kompetenzzentrum „Know Center“

# Kompetenzzentrum für wissensbasierte Anwendungen und Systeme

## *Competence Centre for Knowledge-based Applications and Systems*

**Das Know-Center ist ein im Rahmen des Kplus-Programms gefördertes Kompetenzzentrum mit einem Themenschwerpunkt auf Wissensmanagement. In seiner Rolle als Brücke zwischen Wirtschaft und Wissenschaft fördert das Know-Center sowohl den Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis als auch die durch praktische Fragestellungen stimulierte strategische Grundlagenforschung. Das Know-Center kooperiert derzeit mit 10 Partnerunternehmen aus der Industrie und vier wissenschaftlichen Partnern.**

Wissensmanagement wird in zunehmenden Maße für moderne Organisationen unentbehrlich, um die Durchführung wissensintensiver Entwicklungs- und Entscheidungsprozesse bestmöglich zu unterstützen. Diese Beobachtung war der Ausgangspunkt für Prof. Dr. Hermann Maurer, Leiter des Instituts für Informationsverarbeitung und Computergestützte neue Medien an der TU Graz, ein Kompetenzzentrum im Rahmen des Österreichischen Kompetenzzentren Programms Kplus ([www.kplus.at](http://www.kplus.at)) zu beantragen. Ziel des Kplus-Programms ist es, die Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in Österreich zu verbessern und exzellente Forschung in international wettbewerbsfähigen Größenordnungen durchzuführen. Nach einem mehrstufigen Begutachtungsprozess wurde im Mai 2000 das Kompetenzzentrum für wissensbasierte Anwendungen und Systeme (Know-Center, [www.know-center.at](http://www.know-center.at)) genehmigt, der operative Betrieb wurde am 1. Januar 2001 aufgenommen. Im Vollausbau werden 40 Mitarbeiter am Know-Center beschäftigt sein, derzeit sind 20 Mitarbeiter beim Know-Center unter Vertrag.

Das Know-Center möchte sich als Bindeglied zwischen Wissenschaft und Wirtschaft positionieren und über die Zusammenarbeit in erster Linie mit der TU Graz und dem JOANNEUM RESEARCH aber auch mit anderen wissenschaftlichen Einrichtungen, wie der Universität Graz, primär dazu beitragen, wissenschaftliche Erkenntnisse in Innovation für die beteiligten zehn Industriepartner zu übersetzen. Zudem sollen über Sekundäreffekte Impulse für die steirische Wirtschaft gegeben werden, z.B. über die Ausrichtung der jährlichen Fachtagung I-KNOW, die Industrie und Wissenschaft gleichermaßen anspricht. Zu solchen Sekundäreffekten gehört auch die Inkubatorrolle hinsichtlich der Ausbildung hoch qualifizierten Personals: Die Mitarbeiter des Know-Center entwickeln unter Verwendung modernster Spitzentechnologien höchst innovative Lösungen für Fragestellungen im Themenfeld Wissensmanagement.

### Die Arbeiten des Know-Center verteilen sich auf drei Bereiche:

Ziel des Bereichs Wissensmanagement/Wissensportale ist es, eine ganzheitliche Sichtweise zu entwickeln, die zum Ziel hat, strategische Vorgaben mit operativen Möglichkeiten innerhalb eines Unternehmens zu harmonisieren. Auf strategischer Ebene spielt das Management intellektuellen Kapitals eine entscheidende Rolle. Hierbei geht es darum, zu erkennen, welches Wissen in einem Unternehmen vorhanden ist und welches neue Wissen erforderlich ist, um die strategischen Ziele eines Unternehmens zu erreichen. Auf der operativen Ebene sind Werkzeuge anzubieten, die helfen, das vorhandene Wissen für eine optimierte Prozessbearbeitung einzusetzen. Dabei geht es auch darum, bereits existierende Wissensbestände nahtlos in relevante Prozesse einzubinden. Dies führt zwangsläufig zu einer Situation, in der unternehmensweite Informations- und Wissensbestände zu harmonisieren sind, die heterogen bezüglich der verwendeten Inhalte, Formate und Standorte sind.

Im Bereich Unternehmensgedächtnisse/Wissenstransfer geht es darum, wie Information in Unternehmensgedächtnissen möglichst strukturiert und effizient gespeichert sowie verwaltet werden können. Der Schwerpunkt liegt u.a. im Aufbau und der kontinuierlichen Pflege von Zusammenhängen zwischen diesen Informationseinheiten. Wissenstransfer findet zwischen Menschen aber auch zwischen Menschen und Computern statt. Daher wird untersucht, welche Möglichkeiten es gibt, um diesen Transfer mit modernsten Informationstechnologien zu unterstützen. Der Wissenstransfer wird durch die neuen Möglichkeiten von digitalem Video und Audio wesentlich bereichert. Moderne Multimediaformate erlauben die Ergänzung von semantischen Informationen zu den Inhalten. Durch deren Einsatz können die Interaktionsmöglichkeiten zwischen Nutzer und Computersystem bei online-fähigen Multimediainhalten deutlich verbessert werden. In diesem Kontext kommt eLearning eine bedeutende Rolle zu.

Der Bereich Wissensretrieval/Wissensvisualisierung beschäftigt sich mit Methoden, die klären, wie Wissen (teil-)automatisch klassifiziert sowie inhaltlich erschlossen werden kann und wie inhaltliche Beziehungen zwischen Wissen erkannt und explizit gemacht werden können. Zudem werden in Zukunft in zunehmendem Maße multimediale Medien als Form der Wissensrepräsentation verwendet. Für diese Medien sind geeignete Anfragesysteme zu entwickeln. So ermöglichen es neue Multimediastandards, den Abstraktionslevel der semantischen Beschreibungen von multimedialen Daten zu erhöhen. Damit ist die Voraussetzung geschaffen, um Anfragen auf einem höheren Abstraktionslevel zu erlauben (z.B. finde Szenen mit einem roten Auto und einem bellenden Hund). Zwei- und dreidimensionale Visualisierungen leisten einen entscheidenden Beitrag, um Wissensretrieval zu unterstützen. So kann durch grafische Symbolik zum Ausdruck gebracht werden, wie viel Wissen zu einem bestimmten Themenbereich vorhanden ist bzw. welche Zusammenhänge bestehen und wie sich das Wissen in einem Unternehmen mit der Zeit verändert.

*The Competence Center for knowledge-based Applications and Systems (Know-Center, [www.know-center.at](http://www.know-center.at)) is funded within the Austrian Competence Centers Programme Kplus ([www.kplus.at](http://www.kplus.at)). The Know-Center became operational on January 1, 2001. Currently, 20 researchers are employed at the Know-Center. This figure will increase to about 40 researchers when the Know-Center is in full operation. The objective of the Know-Center is to stimulate pre-competitive research and development cooperation between research institutions and industry. The Know-Center strives to develop leading edge technologies in various fields of knowledge management together with and for its partner companies.*

*The Know-Center has profound experiences in the domain of innovative information and communication technologies (ICT) and, thus, takes on the challenge of addressing all ICT-related dimensions of knowledge management. The idea is to make best use of ICT as enabling technology for knowledge-intensive processes. In addition, psychological and organizational aspects of knowledge management are approached. Among others, this includes research in the field of management of intellectual capital and skill management.*

*Together with its 10 industry partners and four scientific partners, the Know-Center conducts projects in the following areas:*

- Knowledge Management and Knowledge Portals
- Organisational Memories and Knowledge Transfer
- Knowledge Retrieval and Knowledge Visualisation.



## Kompetenzzentrum „ACC“

# ACC Akustikkompetenzzentrum Graz GmbH

## ACC Acoustics Competence Center Graz GmbH

Seit November 1999 ist das Akustikkompetenzzentrum (ACC) der Gesellschaft für Akustikforschung mbH am Gelände der Technischen Universität Graz (Inffeldgründe) eingerichtet. Ziel ist es, spezifische Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Akustik mit dem Schwerpunkt der Akustik von Kraftfahrzeugen zu betreiben. Als erste Forschungsstelle, die im Rahmen der von der Österreichischen Bundesregierung initiierten Aktion zur Schaffung industrieller Kompetenzzentren (K-ind) eingerichtet wurde, hat das ACC auch die Aufgabe, die Zusammenarbeit zwischen den Universitäten und der Industrie zu fördern und die Umsetzung von Forschungsergebnissen durch Knowhow-Transfer zur Industrie zu unterstützen.

Das ACC wird auf privatwirtschaftlicher Basis in Form einer Ges.m.b.H. betrieben. Geschäftsführer des ACC ist Dr. Josef Affenzeller. Gesellschafter sind AVL-List G.m.b.H., Graz, Magna Steyr- Engineering, Graz, die Technische Universität Graz und das Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik. Verschiedene Forschungsprojekte des ACC werden durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Arbeit, das Land Steiermark und die Stadt Graz gefördert. Die Industriepartner bringen zusammen einen Anteil von 40 % der Gesamtkosten auf. Im Endausbau sind inklusive Dissertanten und Diplomanden 20 Mitarbeiter geplant, von denen zur Zeit 18 beschäftigt sind.

Im ACC werden vor allem grundlegende Forschungsthemen vorwettbewerblich behandelt, die aus Problemstellungen der industriellen Entwicklung kommen. Als Ergebnis entstehen neue Methoden und Analysetechniken, die der Industrie zur Verfügung gestellt werden und deren Einführung in den Entwicklungsprozess der Industrie unterstützt wird. ACC Mitarbeiter sind weiters in Forschung und Lehre der TU Graz eingebunden; Vorlesungen werden abgehalten und Laborübungen unterstützt.



Die am ACC bearbeiteten Themen beinhalten wissenschaftliche Arbeiten, die in Kooperation mit verschiedenen Instituten der TU Graz und anderen Universitäten betreut werden. Eine Reihe von Kontakten zu anderen Forschungsstellen und Universitäten (TU Berlin, TU Dresden, ISVR Uni Southampton, KU Leuven) stellen die Vernetzung mit neuesten internationalen Forschungsergebnissen sicher und ermöglichen einen regen Erfahrungsaustausch. So wird z.B. in Zusammenarbeit mit

der Katholischen Universität in Leuven, Belgien, eine Dissertation betreut, in der eine neue Methode zur Innengeräuschberechnung von Fahrzeugen entwickelt wird. Eine enge Zusammenarbeit besteht weiters mit dem Christian Doppler Labor für Motor und Fahrzeugakustik, das am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz eingerichtet ist.

Im ACC stehen folgende Prüfstände zur Verfügung: Ein Akustik-Motoren-Prüfstand (akustischer Vollraum), ein Akustik-Antriebsstrang-Prüfstand (akustischer Halbraum) geeignet für Allradantriebe und ein Modalanalyse-Messstand zur Untersuchung der vibroakustischen Eigenschaften unterschiedlicher Bauteilen, wie z.B. von Fahrzeugen. Zusätzlich wurde ein spezieller akustischer Raum aus Beton (Sound Brick) geschaffen, in dem die Untersuchung der akustischen Eigenschaften von Fahrzeugeinrichtungen und Teilen unter akustisch idealen Bedingungen möglich ist.

Neben Vielkanalsystemen zur Schwingungs- und Geräuschmessung

werden spezielle Messtechniken eingesetzt, wie Laser Scanning, Akustische Holographie und Sensitivitätsanalyse mit Roboter.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt am ACC ist die Entwicklung und Anwendung von Methoden zur numerischen Simulation. Eine entsprechende Infrastruktur ermöglicht einerseits, bestehende Simulationsmethoden für vibro-akustische Analysen einsetzen zu können. Als Basis werden die Finite Elemente Methode, die Boundary Element Methode und die Statistical Energy Analysis verwendet. Darauf aufbauend werden andererseits neue Berechnungsmodelle und Vorgehensweisen entwickelt, um die Schwingung und Akustik von Motor, Antriebsstrang, Abgassystemen und Gesamtfahrzeug vorherzusagen und optimieren zu können.

Seit Sommer 1999 laufen Forschungsprojekte. Sie befassen sich mit der Berechnung des Innengeräusches von Fahrzeugen, mit der akustischen Optimierung von Verbrennungsmotoren und mit der optimalen Auslegung von Abgassystemen. Für die Vorhersage des Innengeräusches von Fahrzeugen ist es entscheidend, im Frequenzbereich bis 250 Hz neue Methoden zu entwickeln. Für neue PKW Motore und Antriebseinheiten aus Leichtbaumaterialien werden Varianten einer akustisch optimalen Konstruktion mittels Simulation und Experiment untersucht. Zur Entwicklung primärer Maßnahmen zur Schallminderung bei Nutzfahrzeugmotoren werden insbesondere die Mechanismen der Entstehung und Übertragung von mechanischen Geräuschen in der Antriebseinheit analysiert. Weiters werden experimentelle Untersuchungen an Abgasanlagen durchgeführt, die auch für die Entwicklung einer Simulationsmethodik genutzt werden.

Junge Wissenschaftler erhalten im Zusammenhang mit diesen Forschungsprojekten sehr interessante Möglichkeiten für Diplomarbeiten und Dissertationen. Eine Reihe von Diplomarbeiten wurden bereits abgeschlossen.

Zusammen mit seinen Industriepartnern veranstaltete ACC in Graz von 22 bis 23. Oktober 2001 den ersten Styrian Noise, Vibration & Harshness Congress., zu dem unter dem Thema Integrated Vehicle Acoustics and Comfort international hoch stehende Fachvorträge aus Industrie und Wissenschaft gehalten wurden.

*In order to meet latest requirements for the vibration and acoustic behaviour of a vehicle, it is necessary to develop refined methods for numerical simulation and experimental analysis. Only by implementing precise prediction methods at an early development stage optimum technical solutions can be realised within acceptable development time scales. Such methods require fundamental research work and thus exceed the daily project work in the industry.*

*For that reason, the Acoustics Competence Center (ACC) was founded and supported by the government. Furthermore, ACC enriches the Automotive Cluster Styria, a network in which both companies and research institutes work closely together. AVL and MAGNA STEYR Engineering, in co-operation with the Graz University of Technology and the Institute for Combustion Engines, founded the ACC. ACC is located at the Graz University of Technology.*

*The main goals of ACC are: Applied industrial research and basic research in vibro-acoustics with special focus on engine and vehicle acoustics, technology transfer between Universities and industry and support of education in acoustics.*

*After two years of ACC's work, the first Styrian Noise, Vibration & Harshness Congress was held in Graz, 22-23 October 2001. The congress focused on Integrated Vehicle Acoustics and Comfort and was organised by ACC, AVL, MAGNA STEYR Engineering and the Steirische Wirtschaftsförderung (SFG) and ACStyria Auto-cluster GmbH (ACStyria)*

Prof. Dr. Gerhard Nauer



Ing. Peter Sattler



## Kompetenzzentrum „ECHEM“

# Kompetenzzentrum für Angewandte Elektrochemie

## Competence Centre for Applied Electrochemistry

**Über dreißig namhafte in- und ausländische Industrieunternehmen und sechs international anerkannte Forschungsinstitute haben mit Unterstützung des Bundes und des Landes Niederösterreich in Wiener Neustadt das Kompetenzzentrum für Angewandte Elektrochemie eingerichtet, das mehr als vierzig Mitarbeitern einen hochwertigen Arbeitsplatz bieten wird.**

Kplus ECHEM baut auf der Expertise und der langjährigen Erfahrung der beteiligten Wissenschaftler und Industriefachleute auf. Die neu geschaffene Kooperation sichert die komplementäre Ergänzung unterschiedlichen Know-hows und den schnellen, flexiblen Zugriff auf personelle und materielle Ressourcen. Unterschiedliche wissenschaftliche Disziplinen und industrielle Erfahrung werden so in problemorientierten, ganzheitlichen Ansätzen vereint, um neue und bessere, international konkurrenzfähige Verfahren und Produkte in der österreichischen Industrie zu etablieren.

### Oberflächentechnik

- Schichten mit Korrosionsstabilität und Abriebfestigkeit bei hoher Temperatur
- Verbesserte Chromschichten und Legierungen mit vergleichbaren Eigenschaften
- Legierungsabscheidung
- Definierte Oberflächen – Oberflächenqualität
- Korrosionsschutz – dünne Schichten an metallischen Oberflächen
- Adhäsion -Oberflächenvorbehandlung
- Farbschichten (mit speziellen Eigenschaften)
- Korrosionscharakterisierung und Korrosions-Monitoring
- In situ Charakterisierung von Elektrodenreaktionen
- Wechselwirkung von Polymeren mit Metallen

### Energiespeicherung und -umwandlung

- Oberflächen und Grenzflächen von Elektroden in Batterien
- Elektrolyte und Anodenmaterialien für Lithium-Batterien
- Brennstoffzellen

### Umwelt und Gesundheit

- Brauchwasser- und Klärschlammaufbereitung
- Integrierte Biofilmkontrolle für komplexe Warmwasserverteilungssysteme
- Optimierung der Umweltverträglichkeit elektrochemischer Prozesse
- Abgasreinigung
- Reinigung schwermetall- oder kohlenwasserstoffbelasteter Böden

### Forschungspartner

Österr. Forschungszentrum Seibersdorf GesmbH, Bereich Werkstoff- und Produktionstechnik  
 Universität Wien, Institut für Physikalische Chemie  
 TU Graz, Institut für Chemische Technologie Anorganischer Stoffe  
 TU Wien, Institut für Elektrochemie und Festkörperchemie, Technische Versuchs- und Forschungsanstalt  
 Österr. Forschungs- und Prüfz. Arsenal GesmbH, Bereich Umwelt

### Beteiligte Industrieunternehmen

Andersen GesmbH, Andritz AG, Atotech Deutschland GmbH  
 Austria Ferngas GesmbH, Austria Technologie & Systemtechnik AG (AT&S), Banner GmbH, Bayer AG, Berndorf Band GmbH & Co KG,

Biomechanische Forschungs-GesmbH (BMF), Bombardier Wien Schienenfahrzeuge AG, Robert Bosch GmbH, Electrovac GmbH, Energy Technology GmbH, Enthone OMI (Deutschland) GmbH, Henkel KGaA Düsseldorf, Henkel Beiz- u. Elektropolieretechnik GesmbH & Co KG, Hoerbiger Antriebstechnik GmbH, Johann Otonicar, Karosseriebau Karl Schuh & Sohn, K.T.C. Fluid Control GmbH, Liebherr-Werk Lienz GmbH, Maschinenfabrik KBA-Mödling AG, Maschinenfabrik Starlinger & Co GesmbH, Modine Austria GmbH, Neumayer GmbH, ÖKOLAB Bernd Fuhrmann GbR, OTAG Oberflächentechnik AG, Plansee AG, Platingtech Kollmann & Kollmann GmbH, Sikov Medizintechnik GmbH, Sollektor Energieversorgungs-GmbH, Solstar Brillenmode GesmbH, D. Swarovski & Co, Treibacher Industrie AG, VA TECH WABAG GmbH, VOEST-ALPINE STAHL Linz GmbH

### Bildungsauftrag

Aus- und Weiterbildung sind ein wesentlicher Bestandteil des gemeinnützigen Auftrages eines öffentlich geförderten Kompetenzzentrums. Ab dem Frühjahr 2001 wird ECHEM daher schrittweise ein umfangreiches Bildungs- und Schulungsprogramm aufbauen. Ein Schwerpunkt wird hierbei auf der Verbesserung der Qualifikation von Industriefachleuten liegen. Als weitere Aufgabe wird die industrieorientierte Ausbildung von Studenten im Rahmen von Diplom- und Doktorarbeiten gesehen, die in einzelnen Projekten bereits begonnen wurde.

### K<sub>plus</sub>-Finanzierung

Insgesamt steht dem Zentrum ein Budget von 188,9 Mio ATS für eine Laufzeit von vorerst vier Jahren (1.4. 2000 bis 31.3. 2004) zur Verfügung. Dieser Betrag wird anteilig wie folgt aufgebracht:

### Non K<sub>plus</sub>-Forschung

Das Zentrum steht auch Firmen, die derzeit nicht am K<sub>plus</sub> beteiligt sind, für F&E-Arbeiten mit seiner Expertise und Einrichtung gegen entsprechende Kostenerstattung zur Verfügung.

### Kontakt

Ing. Sattler Peter, Prof. Dr. Nauer Gerhard  
 ECHEM Kompetenzzentrum für Angewandte Elektrochemie GmbH  
 Viktor Kaplan-Straße 2,  
 2700 Wiener Neustadt, Österreich  
 Telefon: +43 (2622) 22266, Fax: -50  
 office@echem.at, <http://www.echem.at>

*The Competence Centre for Applied Electrochemistry has been established in Wiener Neustadt thanks to the generous support of the federal government and the Province of Lower Austria. More than 30 well-known national and international industries as well as six research institutes of international profile contribute to the Centre with its scientific, technical and administrative staff of more than 40 persons.*

*The Competence Centre ECHEM is based on expertise and extensive experience of its scientists and industrial experts. A novel co-operation model guarantees the complementarity and technical resources. Thus various scientific disciplines and industrial experience are optionally combined by focussing on problem-oriented and unified approaches in order to implement improved procedures and products at the national industry level.*



## CD-Labor „Kraftfahrzeug-Messtechnik“

# Neues Christian Doppler Laboratorium für Kraftfahrzeugmesstechnik am Institut für EMT

## *Christian-Doppler-Laboratory for Motor-Vehicle measurement*

Mit 1. 1. 2001 wurde das CD-Labor "Kraftfahrzeugmesstechnik" unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Georg Brasseur am Institut für Elektrische Messtechnik und Messsignalverarbeitung gegründet. Es ist dies das erste CD-Labor an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik. Prinzipiell sollen zwei parallele Aktivitäten in jedem Modul ablaufen: erkenntnisorientierte Grundlagenforschung und funktionsorientierte Entwicklung der industriellen Aufgabenstellungen.

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse sollen in anerkannten Fachzeitschriften und Konferenzbänden publiziert werden sowie Diplomarbeiten und Dissertationen auf diesen Gebieten initiieren. Das ist eine große Chance für forschungsinteressierte Studierende, ihre Diplomarbeit oder Dissertation im Rahmen des CD-Labors im Team mit anerkannten Wissenschaftlern durchzuführen.

Um der Breite des Fachgebietes "Kraftfahrzeugmesstechnik" Rechnung zu tragen, wurde das Messtechnik Know-how des Institutes für EMT durch die Integration der Regelungstechnik, vertreten durch o.Univ.-Prof. Dr. Nicolaos Dourdoumas, und durch die Integration von "Chip-Design" Know-how, vertreten durch die Gruppe "CAD" des Institutes für Industrielle Elektronik und Materialwissenschaften der TU-Wien ausgeweitet. Die Vielfältigkeit der Aufgabenstellungen im CD-Labor spiegelt sich auch in den drei zur Zeit bearbeiteten Forschungsschwerpunkten (Modulen) wider:

- Gemeinsam mit der Firma AVL LIST GmbH in Graz wird das Modul "Simulator für den Bereich Energieverteilung in Fahrzeugen" durchgeführt. Aufgabenschwerpunkt ist die Modellierung und Simulation von allen energierelevanten, im Fahrzeug vorkommenden elektrischen und elektromechanischen Komponenten. Die Aufgaben werden mit Hilfe von Bond - Graphen, von MATLAB / Simulink und unter Einsatz eines Hardware-in-the-loop System bearbeitet.
- Das zweite Modul trägt den Titel "Demonstrator-Schaltkreis für ein fahrzeugtaugliches, kapazitives Winkel- und Wegmessverfahren". Es wird gemeinsam mit der Firma Austriamicrosystems AG, Schloss Premstätten durchgeführt. Es sind geeignete integrierbare Auswertestrukturen und Algorithmen zu entwickeln, mit denen rasch und kostengünstig Prototypaufbauten für neue Messaufgaben machbar sind. Die Rahmenbedingungen der Automobilelektronik verlangen den Entwurf einer ein-Chip-Lösung mit möglichst wenigen externen Bauelementen.
- Das dritte Forschungsvorhaben "Identifikation von mehreren Transpondern im Feld einer Schreib-Leseantenne" wird mit der Firma TeamAxess Ticketing GesmbH, Koppl, Salzburg durchgeführt. Hier geht es um die berührungslose Abfrage von Karten, die beispielsweise als Skipass, für Event-Zutritte und als Schlüsselerersatz bei Kraftfahrzeugen geplant oder bereits in Verwendung sind. Es soll über Systemverbesserungen der bekannten Technik das Ziel erreicht werden, auch mit einfachen, kostengünstigen Transponder-Chipcards mehrere im Feld der Basisantenne befindliche Karten eindeutig und ausreichend schnell identifizieren zu können.

Etwas ausführlichere Modulbeschreibungen findet man in der Mai-Ausgabe 2001 der Hochschülerschaftszeitung E&T INFO.



*In 1989 the Austrian "Industrieholding AG" (ÖIAG) founded the "Christian Doppler Gesellschaft" (CDG) to establish and support "Christian Doppler Laboratories". The focus of such laboratories should be basic research on an outstanding scientific level. Today, any Austrian company interested in application oriented and basic scientific research has the chance to join the CDG as a regular member in order to work with CD-Laboratories in partnership. The company will gain knowledge from the basic research, answers to their application specific questions, and 50% funding by CDG of expenditures spent for the University partner(s). Thus, CDG serves as a link between basic scientific research and application specific development. Since 1989, the Christian Doppler Idea raised to a successful track with outstanding scientific reputation. Some more information about CDG is available at <http://www.cdg.ac.at>.*

*At the beginning of 2001 a new CD-Laboratory called "Kraftfahrzeugmesstechnik" (Motor-Vehicle Measurement) was established at the Institute of Electrical Measurement and Measurement Signal Processing (EMT). The laboratory is chaired by Prof. Dr. Georg Brasseur. The industrial partners define the scientific research field of the new CD-Laboratory by contributing their specific development problems and design goals for the lab. Right from the beginning, the Laboratory started with three modules:*

- *The first called "Simulator for Energy Distribution in Vehicles" is carried out with the company AVL in Graz. The aim is the increase of fuel efficiency by modeling, simulation, and control of all energy relevant electromechanical systems used in motor vehicles.*
- *The second module is called "Demonstrator Circuit for a Vehicle Qualified Capacitive Angular and Distance Measurement Principle". The industrial partner is Austriamicrosystems AG located in Premstätten. The aim is the design of an ASIC encompassing improved measurement algorithms to simplify prototype development of new measurement applications.*
- *The third module "Identification of Multiple Transponders in the Field of a Transceiving Antenna" is realized in cooperation with the company TeamAxess Ticketing GesmbH in Koppl, Salzburg, aiming at fast readout of multiple low-cost transponder chipcards in the field of a base station antenna.*

*A somewhat more detailed description of the modules was published in the Mai issue 2001 of the University Newspaper E&T INFO.*



## CD-Labor „Motor- und Fahrzeugakustik“

# Christian Doppler Labor für Motor- und Fahrzeugakustik

## *Christian Doppler Lab for Engine and Vehicle Acoustics*

Die Christian Doppler Gesellschaft (CDG) fördert Grundlagenforschung mit starkem Anwendungsbezug. Um gemäß dieses Ziels auch im Themenbereich Akustik die Expertise universitärer Forschung für industrielle Lösungen nutzbar zu machen, wurde im Herbst 1998 das CD-Labor für Motor- und Fahrzeugakustik am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, TU Graz eingerichtet. In engem Kontakt mit der Industrie werden in diesem CD-Labor seither Projekte bearbeitet, die insbesondere die Geräuschenstehung und Weiterleitung im Kraftfahrzeug zum Inhalt haben. Ein Schwerpunkt ist die numerische Simulation des vibro-akustischen Verhaltens von Motor- und Antriebsstrang und das Erstellen von geeigneten mathematischen Modellen dazu.

Das Personal des CD-Labors für Motor- und Fahrzeugakustik besteht aus dem oben genannten Leiter und derzeit vier angestellten wissenschaftlichen Mitarbeitern. Weiters sind drei freie Mitarbeiter beschäftigt, zwei davon als Diplomanden. Derzeit laufen drei Projekte (sog. Module) mit AVL List GmbH Graz als Industriepartner.

Die Entwicklungszeit von neuen Fahrzeugen wird heute vielfach von der Güte einer rechtzeitigen vibro-akustische Abstimmung bestimmt. Deshalb ist die Forderung nach geeigneten Methoden und Modellen für die rechnerische Simulation des vibro-akustischen Verhaltens von Motor und Kraftfahrzeug seitens der Industrie drängend. Solche Methoden und Modelle zu entwickeln ist vielfach Forschungsarbeit und erfordert typischerweise die Zusammenarbeiten mit Universitäten. Die Zielsetzung eines CD-Labor ist damit bestens dazu geeignet, für diese Aufgaben grundlegende Forschungsarbeit mit Berücksichtigung der Anwendungserfordernisse zu leisten.

Die Reduktion von Geräusch ist am effizientesten am Ort seiner Entstehung anzusetzen (primäre Geräuschreduktion). Um die Mechanismen der Geräuschenstehung untersuchen zu können, ist die realitätsnahe Simulation ihres physikalischen Geschehens mittels im Versuch verifizierter Modelle erforderlich. Deshalb erfolgten in den ersten beiden Jahren des CD-Labors für Motor- und Fahrzeugakustik Arbeiten, die sich detailliert mit mechanischer Geräuschenstehung im Motor und der Geräuschübertragung über die Motorlagerung beschäftigten. Es wurde z.B. ein Verfahren entwickelt, um die Geräuschanregung durch den sog. Kolbenschlag rechnerisch zu simulieren und Maßnahmen zur Reduktion analysieren zu können. Weiters erfolgte die Entwicklung und Verifikation einer Methodik zur Simulation der Schwingungen von Antriebsketten, wie sie insbesondere im Steuertrieb von Motoren Anwendung finden. Zur Verifikation dieses Verfahrens erfolgten Messungen an einem 3 Zylinder Motor in Zusammenarbeit mit einem deutschen Kettenhersteller.

Als zweite Maßnahme zur Geräuschreduktion an Motor und Fahrzeug kann der vibro-akustische Übertragungsweg beeinflusst werden. Dazu erfolgten in diesem CD-Labor umfangreiche Untersuchungen zur Berechnung der Körperschallverteilung an der Oberfläche des laufenden Motors und ihrer Beeinflussbarkeit. Zur Nutzung des Modells als Erregerquelle für das Gesamtfahrzeug wird ein Verfahren entwickelt, mit dem Modelle von Motorlagern, wie sie für die numerische Simulation des laufenden Motors erforderlich sind, aufgebaut werden können. Damit kann in Zukunft die Analyse des Übertragungsverhaltens vom Antriebsaggregat in die Fahrzeugstruktur erfolgen.

Die Dauer von CD-Labors ist mit 7 Jahren festgelegt, d.h. dass das CD-Labor für Motor- und Fahrzeugakustik noch 4 Jahre Laufzeit hat.

Für diesen Zeitraum ist die Fortsetzung von Arbeiten geplant, um Methoden und Modelle zur rechnerischen Simulation des vibro-

akustischen Verhaltens des Verbrennungsmotors zu entwickeln. Kenntnisse, die für die speziellen Problemstellungen der Geräuschenstehung durch Kolbenschlag und Steuertrieb (Kette, Riemen) erworben wurden, werden auf andere Kontaktmechanismen, die für das mechanische Geräusch am Antrieb verantwortlich sind, angewandt. Insbesondere ist dabei an das Adaptieren der Algorithmen für den Kolben-Buchsen-Kontakt auf andere öl-geschmierte Kontakte (z.B. Gleitlagerungen) des Motors gedacht. Die Ähnlichkeit der bei erhöhter Temperatur (90 – 150 Grad C) an der Grenze zwischen Ölschmierung und Mischreibung laufenden Kontakte legt dieses Vorgehen nahe, obwohl der grundsätzlich unterschiedliche Belastungsverlauf zu berücksichtigen ist.

Ziel ist es auch, die Modellierung der Geräuschenstehung in Verzahnungen zu erweitern, um auch Geräuschphänomene im Getriebe (wie z.B. gear whine oder gear rattle) vollständig erfassen und Reduktionsmaßnahmen analysieren zu können. Die derzeit bestehenden Methoden zur Simulation der Verzahnungsdynamik berechnen Kontaktkräfte. Ziel ist es schließlich, den in die Struktur eingeleiteten Körperschall mit Berücksichtigung der Wechselwirkungen von Anregung mit der Dynamik von Verzahnung und Getriebestruktur analysieren zu können. Dadurch soll auch die Beurteilung des Beitrags vom Getriebe zum Gesamtgeräusch der Antriebseinheit möglich werden.

Die spezielle Methodik, die im CD-Labor zur Berechnung von Körperschall bis 3 kHz entwickelt wurde, erlaubt es, bei großer Anzahl von Freiheitsgraden eines vibro-akustischen Systems, mit Kontaktstellen (nichtlineares Verhalten) noch effizient zu rechnen. Damit diese Methodik für das gesamte Aggregat (Motor + Getriebe + Wellen + Lager) ausgebaut werden kann, sind bestehende Algorithmen zu beschleunigen und neue mathematischer Algorithmen einzuführen. Erstmalig wurden dabei Neuronale Netze zur Berechnung öl-geschmierter Kontakte erfolgreich getestet.

Umfang und Detailierung der Kontaktmodelle an Stellen der Geräuschanregung richten sich danach, Entstehung und Weiterleitung von Körperschall am gesamten Aggregat bis 3 kHz richtig zu simulieren und Maßnahmen für akustisch verbesserte Konstruktionen analysieren zu können. Die Methodik soll auch dazu ausgebaut werden, um die Schwingungen des gesamten Antriebsstrangs (einschließlich Kardanwelle, Differential, Halbachsen, Räder) bis 1 kHz zu modellieren und schwingungstechnische Untersuchungen durchzuführen.

Etwas ausführlichere Modulbeschreibungen findet man in der Mai-Ausgabe 2001 der Hochschülerschaftszeitung E&T INFO.

*The Christian Doppler Laboratory (CD-Lab) for Engine and Vehicle Acoustics started in October 1998 in order to support solutions for industrial applications by the expertise of university research results. The main focus of this CD-Lab is on the analysis of new methodology and modelling techniques for the numerical simulation of noise source mechanisms and noise transfer in engines and power units. Furthermore the simulation of the noise excitation of the car body structure via the engine mounts is investigated. Besides the competence in structural dynamics and acoustics a high level knowledge for the relevant mathematical and programming background has been build up. Contacts to other research institutions support the work of the CD-Lab and the international exchange of latest results e.g. with the Loughborough University, with the ACC (Acoustics Competence Center mbH, Graz) and with the Institute of Mathematics, TU Graz. In 1999 the CD-Lab supported planing and organisation of the presently running EC-Project VISPeR (Vehicle Integral Simulation for Pass-by Noise Reduction).*





## CD-Labor „Thermodynamik des Verbrennungsmotors“

# Die Vision des virtuellen Motors

## *The Vision of the Virtual Engine*

**Unter virtuellem Motor versteht man die letztendlich vollständige Simulation aller motorischen Vorgänge mit dem Ziel, weitere Optimierungspotenziale aufzuzeigen. Dies gilt vor allem hinsichtlich der Reduktion des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen. Das Christian Doppler Laboratorium für Thermodynamik des Verbrennungsmotors ist angetreten, einen Beitrag zur Realisierung dieser Vision zu liefern. Der Schwerpunkt der Aktivitäten liegt dabei in der Simulation der innermotorischen Vorgänge.**

Eine der wesentlichsten Herausforderungen in der Motorenentwicklung besteht in der Erfüllung der immer strenger werdenden Emissionsvorschriften. Zudem werden in Zukunft zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen auch gesetzliche Limitierungen im Kraftstoffverbrauch zu erfüllen sein. Derzeit besteht bereits seitens der europäischen Automobilindustrie (ACEA) eine freiwillige Beschränkung im Flottenverbrauch (Commitment on CO<sub>2</sub> Emission Reductions from New Passenger Cars). Die sich daraus ableitenden hohen Anforderungen bedingen bei dem ohnehin bereits sehr fortgeschrittenen Entwicklungsstand der Motorentechnik besondere Maßnahmen, um weitere Optimierungspotenziale erschließen zu können und damit zukünftige Zielwerte zu erreichen.

Ein weiteres aktuelles Charakteristikum von modernen Konzepten für Verbrennungsmotoren ist die Erhöhung der Systemfreiheitsgrade. So lassen sich beispielsweise durch den Einsatz der Common Rail (CR) - Technik die Einspritzparameter nahezu beliebig beeinflussen. Ebenso ermöglicht der vollvariable Ventiltrieb (VVT)

weit gehende Eingriffe bei der Steuerung der Ladungswechselorgane. Insgesamt führt dies zu einer drastischen Erhöhung der Optimierungsparameter und der Systemkomplexität.

Ein wesentliches Hilfsmittel zur Lösung dieser aufwändigen und komplexen Optimierungsaufgaben besteht im vermehrten Einsatz von Simulationswerkzeugen. In Zusammenhang mit diesem Trend wird



Bereiche der Simulation am Verbrennungsmotor

häufig von „virtuellem Motor“ gesprochen, womit die möglichst vollständige Vorausberechnung aller für den Motor relevanten Vorgänge gemeint ist. Die Abbildung zeigt einen grundsätzlichen Überblick über die dabei abzudeckenden Bereiche für den Verbrennungsmotor. Diese reichen von der Simulation der Strömungsvorgänge, der Verbrennung und der Schadstoffbildung bis hin zur Festigkeits- und Akustikberechnung.

Auf Grund der Komplexität der ablaufenden Vorgänge im Verbrennungsmotor bestehen höchste Anforderungen an die einzelnen Simulationsprogramme. Bei der Entwicklung von Simulationswerkzeugen muss deshalb zwangsläufig auf vereinfachende Modellannahmen zurückgegriffen werden. Der Komplexitätsgrad der Modelle ist so festzulegen, dass einerseits eine möglichst realitätsnahe Wiedergabe der Vorgänge und andererseits die praktische Anwendbarkeit gegeben ist.

Konkret werden im Christian Doppler Laboratorium für Thermodynamik des Verbrennungsmotors Modelle zur Simulation der Verbrennung, des Wärmeübergangs und der Schadstoffbildung

entwickelt. So konnte beispielsweise bereits erfolgreich ein null-dimensionales Berechnungsmodell zur Simulation des Brennverlaufs, der die Umsetzung der in den Brennraum eingebrachten Kraftstoffenergie beschreibt, und der NO<sub>x</sub>-Bildung bei der dieselmotorischen Verbrennung entwickelt werden. Des Weiteren wird intensiv an einem quasidimensionalen Modell zur Beschreibung des brennraumseitigen Wandwärmeeüberganges gearbeitet. Durch die Einbeziehung der relevanten geometrischen Größen kann damit eine wesentlich detailliertere Berechnung der für die Festigkeitsberechnung erforderlichen thermischen Randbedingungen erfolgen.

Da ein Großteil der Gesamtemissionen während des Motorwärmelaufs entsteht, werden auch Arbeiten zur Entwicklung eines Modells zur Simulation des Aufwärmverhaltens von Verbrennungsmotoren durchgeführt. Die Struktur des Motors wird dabei als thermisches Netzwerk abgebildet. Im Vergleich zu Berechnungen mit der Finiten-Elemente-Methode ist die Anzahl der Elemente (Knoten) erheblich reduziert. Durch die Kopplung des Modells mit Programmen zur Simulation des Motorprozesses und des gesamten Antriebsstranges gelingt in weiterer Folge die Optimierung des Fahrzeugwärmemanagements.

Zudem stellt die Verifikation der Simulationsmodelle einen integralen Bestandteil der Modellentwicklung im Christian Doppler Laboratorium für Thermodynamik des Verbrennungsmotors dar, weshalb sich spezielle Projektmodule mit der Entwicklung geeigneter Analysemethoden, wie der optischen Verbrennungsdiagnostik und der instationären Wärmestrommesstechnik, beschäftigen.

Die Ergebnisse der Arbeiten des Laboratoriums konnten bereits erfolgreich bei internationalen Kongressen und in Fachzeitschriften publiziert werden. Ebenso resultieren aus den Aktivitäten des Laboratoriums eine Habilitation, zwei Dissertationen sowie eine Reihe von Diplomarbeiten.

*By virtual engine one understands the finally complete simulation of all engine processes with the target to reveal further optimization potentials. This applies particularly to the reduction of fuel consumption and pollutant emissions. The Christian Doppler Laboratory for Thermodynamics of the Internal Combustion Engine aims to supply a contribution to the implementation of this vision. The emphasis of the activities is thereby on the simulation of the engine processes.*

*Consequently models are developed for the simulation of combustion, heat transfer and pollutant formation. For example, a zero-dimensional calculation model has been successfully developed for the simulation of the heat release rate and the NO<sub>x</sub> formation in Diesel engines. Furthermore a quasi-dimensional model for the description of the wall heat transfer in the combustion chamber is developed. By considering geometric information this model determines more exact thermal boundary conditions for strength calculations. Since the majority of emissions is emitted during engine warm-up, a model for the simulation of the thermal behavior of internal combustion engines is developed. The engine structure is represented as a thermal network. Contrary to calculations with the Finite Element Method, the number of elements (nodes) is drastically reduced. The coupling of this model with programmes for the simulation of the engine cycle and the whole drive-train allows the optimization of the thermal management in vehicles.*

*Generally the verification of simulation models represents an integral part of the model development process in our Laboratory. For this purpose measurements of various test engines are carried out. In addition it includes the further development of suitable analysis methods, as for example optical combustion diagnostics or instantaneous heat flux measuring techniques.*



Start-Programm „Konkrete Mathematik: Fraktale, Dynamik und Punktverteilung“

## START-Projekt „Konkrete Mathematik“ *START-Project „Concrete Mathematics“*

Seit 1.10.1998 besteht am Institut für Mathematik das START-Projekt Y96-MAT mit dem Titel „Konkrete Mathematik: Fraktale, Ziffernentwicklungen und Punktverteilungen“. Das Projekt hat sich zum Ziel gesetzt Konstruktionen und Ergebnisse aus verschiedensten Bereichen der Mathematik „konkret“ und explizit zu machen. Diese Zielsetzung soll besonders in den Bereichen der Diffusion auf Fraktalen, der Ziffernentwicklungen und der Punktverteilungen auf der Sphäre verfolgt werden.

Das START-Projekt „Konkrete Mathematik“ beschäftigt sich mit Themenbereichen der reinen Mathematik, die in der letzten Zeit neue Anwendungen erhalten haben:

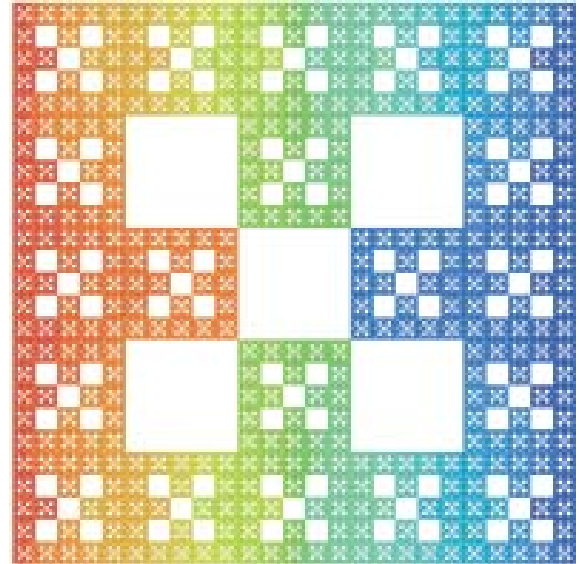
- Diffusion auf Fraktalen: ausgehend von der klassischen Fragestellung nach der Wärmeleitung wurden seit den 1980-er Jahren Modelle für die Wärmeausbreitung in porösen Medien untersucht. Als Modell für poröse Medien wurden die damals zu großer Popularität gelangten Fraktale verwendet. Es stellte sich weiters heraus, dass das mathematische Modell für die Diffusion auf Fraktalen auch zur Beschreibung der Ausbreitung von Erdöl in porösen Gesteinsschichten und zur Modellierung von Kolloiden verwendet werden kann. Im Rahmen des START-Projekts wird vor allem die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Diffusion genau analysiert. Hier wurden bereits einige Phänomene, die numerisch schon bekannt waren, mathematisch exakt nachgewiesen und genauer beschrieben.

- Ziffernentwicklungen haben vielfältige Anwendungen innerhalb und außerhalb der Mathematik. So verwenden etwa viele der gängigen Konstruktionen von gut verteilten Punktfolgen, die bei der numerischen Berechnung von Integralen zur Anwendung kommen, verschiedene Ziffernentwicklungen. Ebenso haben Entwicklungen natürlicher Zahlen in der Kryptografie zunehmend an Bedeutung gewonnen, um einerseits die dabei verwendeten komplizierten Verschlüsselungsverfahren in möglichst kurzer Zeit ausführen zu können, und andererseits mögliche Attacken auf das Kryptosystem schwierig zu machen. Darüber hinaus haben Ziffernentwicklungen natürlich sowohl für die Repräsentierung von Daten im Computer als auch innermathematische Anwendungen. Im Rahmen des Projekts werden einerseits diverse dynamische Systeme, die über nicht-klassische Entwicklungen definiert sind, andererseits auch kryptografische Anwendungen untersucht.

- Punktverteilungen: die numerische Berechnung von Flächeninhalten und Integralen wird mit Hilfe von „gut verteilten“ Punktfolgen ausgeführt. Im Falle von hochdimensionalen Würfeln, die zum Beispiel in der Finanzmathematik als Integrationsbereiche auftreten, gibt es bereits eine Fülle von Konstruktionen, die den jeweiligen Fragestellungen angepasst sind. Im Rahmen des Projektes sollen zahlentheoretische und potenzialtheoretische Methoden zur Konstruktion von Punktverteilungen auf der Kugel gefunden werden. Erste Erfolge wurden hier schon mit Punktverteilungen minimaler Energie erzielt.

Moderne Wissenschaft wird zumeist in internationalen Kooperationen betrieben. Davon ist natürlich auch die Mathematik nicht ausgenommen. Das START-Projekt hat daher ein intensives Gästeprogramm initiiert, das zu vielfältigen fruchtbringenden Synergien geführt hat. Die Ergebnisse wurden auf diversen internationalen Tagungen dem Fachpublikum vorgestellt. Darüber hinaus ist es ein Anliegen des Projekts die Fragestellungen, Methoden und Resultate auch einer breiten Öffentlichkeit vorzustellen. Dazu wurden beispielsweise im vergangenen Jahr folgende Aktivitäten entfaltet:

- das Team des START-Projekts hat im Rahmen der Science-Week mit einer Präsentation im Foyer einer Bank versucht auf die Anwend-



barkeit mathematischer Forschung besonders im Bankenbereich aufmerksam zu machen. Hierbei wurden besonders mathematische Methoden der Datenverschlüsselung sowie Modelle aus der Finanzmathematik präsentiert.

- im Rahmen der Fachtagung „Fractals in Graz 2001“ waren etwa 80 Forscher aus aller Welt in Graz, um neueste Ergebnisse in der Theorie und Anwendung fraktaler Strukturen auszutauschen.
- im Rahmen dieser Tagung wurde auch von Prof. Heinz-Otto Peitgen ein populärwissenschaftlicher Vortrag mit dem Titel „Ordnung im Chaos - Chaos in der Ordnung“ gehalten, der etwa 150 Zuhörer in die Aula der TU brachte.

Gerade die Popularisierung der Wissenschaft ist ein wichtiges Ziel für die Zukunft, dem gerade in der Mathematik bisher wohl zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Die ab nun jährlich stattfindende Science-Week und gelegentliche populärwissenschaftliche Vorträge sollen in Zukunft den Kontakt mit einer breiteren Öffentlichkeit ermöglichen.

*The START-Project Y96-MAT is concerned with questions from pure mathematics which have gained new applications in various areas recently:*

- *diffusion on fractals: from the very beginning fractals have been used to model porous media. Consequently, diffusion and mass transport in porous media is modelled by diffusion on fractals. Physicists have found mathematical models of this type to be important devices in understanding the structure of polymers, colloids, and oil bearing rocks. The current program has gained several results on the exact speed of this diffusion.*

- *digital expansions: Digital constructions present a vast number of concrete examples for dynamical systems, well-distributed sequences and fractal phenomena. Furthermore, digital sequences and substitution automata occur in quite surprising contexts, such as mathematical physics, but also unexpectedly in number theoretic questions, which have no obvious relation to digital functions.*

- *point distributions: „well-distributed“ point sets are commonly used for numerical integration and area-measurement. For the case of high-dimensional cubes a lot of mainly number theoretic constructions for such point sets are known and applied for instance in financial mathematics. The project intends to use number theoretic as well as potential theoretic methods to construct well-distributed point sets on the sphere.*



## Start-Programm “Physikalische Modellbildung und Computersimulation der Ballon-Angioplastie“

# Biomechanik und Mechanobiologie

## *Biomechanics and Mechanobiology*

**Der gegenwärtige weltweite Siegeszug der Biomechanik hat seinen Ursprung in der *Mechanobiologie*. Eine Fragestellung der Mechanobiologie ist beispielsweise: “Wie reagiert eine Zelle infolge seiner geänderten mechanischen Umgebung (Lasten, Spannungen)? Ein jüngst geschaffenes Forschungsjournal mit dem Titel “*Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*”, herausgegeben vom Springer-Verlag, Heidelberg, soll dem internationalen Trend dieses wachsenden multidisziplinären Gebietes Rechnung tragen.**

Biomechanik ist Mechanik angewandt auf biologische Prozesse der Nano-, Mikro- oder Makroebene. Die Mechanik dient dazu Hypothesen zu verbessern und biomechanische Vorgänge effizienter testen zu können.

Ein wichtiges Gebiet der *Biomechanik* ist die strukturelle Analyse des mechanischen Verhaltens von Materialien (i.e. material science) - insbesondere von lebenden Geweben - und deren physikalischer Formulierung und numerischer Realisierung mit Hilfe der Finiten-Elemente-Methoden. Ein Ziel dabei ist, z.B. Diagnostik und therapeutische Prozesse (Ballon Angioplastie oder Bypass Chirurgie) zu verbessern, die Form und Struktur von Prothesen aus Metall oder Kunststoff zu optimieren (eine klassische Ingenieursaufgabe), oder Veränderungen des arteriellen Systems infolge Alter, Krankheit und Atherosklerose zu erfassen. Die Biomechanik sucht die *Funktion* einer mechanischen Struktur in Abhängigkeit von seiner *Form* zu erklären.

Dieser etablierte Zugang der Biomechanik hat seine Wurzeln in San Diego, Kalifornien, wo Prof. Y.C. Fung in den späten Sechzigerjahren das “Department of Bioengineering” gründete. Mittlerweile existiert eine Vielzahl von höheren Bildungsanstalten und Universitäten mit eigenen Ph.D. Programmen auf dem Gebiet der Biomechanik. Allein in den USA sind es weit über 100 mit steigender Tendenz. Auch in Europa ist in vielen Ländern der Trend unübersehbar, insbesondere in Holland, Deutschland, Italien, Polen und der Schweiz.

Der gegenwärtige weltweite Siegeszug der Biomechanik hat seinen Ursprung in der *Mechanobiologie*. Hierbei wird untersucht wie Zellen/Gewebe auf Änderungen ihrer “mechanischen Umgebung” reagieren und pathologische Veränderungen wie z.B. Atherosklerose und Aneurysmen auslösen können. Auch die mechanische Grundlage für Prozesse wie Wachstum, remodeling (Änderung von Geometrie und der Eigenschaften des Materials) wird erforscht. Das Verständnis dieser Mechanismen in mechanobiologischen Systemen ist von höchster klinischer und sozioökonomischer Relevanz.

Ein Gebiet der Mechanobiologie ist “(Functional) Tissue Engineering”. Im Jahre 1998 hat sich das “US National Committee on Biomechanics” folgendes Ziel erklärt: “... identify the critical structural and mechanical requirements needed for each tissue engineered construct”. Tissue engineering erfordert ein klares Verständnis der strukturellen und funktionellen Zusammenhänge von natürlichen Geweben. Durch körpereigene Zellen ist es bereits gelungen Hautgewebe in Bioreaktoren - mit sehr ähnlichen mechanischen Eigenschaften wie der natürlichen Haut - zu erzeugen. An “tissue-engineered vessels”, wie z.B. Arterien, wird bereits gearbeitet. Die Mechanobiologie sucht also die *Form* einer mechanischen Struktur in Abhängigkeit von seiner *Funktion* zu erklären.

Die Mechanobiologie verlangt analytische und numerische

Modelle, die auf der Festkörpermechanik, Strömungsmechanik und/oder Thermodynamik beruhen. Neue experimentelle Methoden werden zur Anwendung kommen. Sie werden umfangreichere Messmöglichkeiten erlauben und neue mathematische Methoden benötigen. Die junge Wissenschaft der Mechanobiologie steht erst am Beginn ihrer Entwicklung, und daher sehen wir heute auf diesem Gebiet hauptsächlich beschreibende wissenschaftliche Arbeiten. In naher Zukunft wird sich das jedoch ändern; Wissenschaftler aus den Bereichen Biologie, Engineering, Mathematik, Mechanik und Physik arbeiten in diesem Bereich, und weltweit renommierte Verlage gründen mechanobiologische Zeitschriften. Diese Entwicklung ist auch an den investierten Forschungsmilliarden in biomedizinischer Forschung, Nanobiomechanik und Nanotechnologie zu erkennen. Auf Grund der fortschreitenden biologischen Erkenntnisse im Mikro- und Nanobereich müssen wir auch mit einem wachsenden Interesse der Erforschung der *Mechanik* von Proteinen und Zellen rechnen. In der Tat, ich wäre nicht überrascht in naher Zukunft auch ein Forschungsjournal auf dem Gebiet der Nanobiomechanik zu sehen.

Die Universitäten sind logische Orte für diese neuen und innovativen Forschungsrichtungen. Daher dürfen sich Universitäten auch nicht darauf beschränken Studenten auszubilden, die dem typischen Berufsbild eines Ingenieurs oder Mathematikers etc. genügen. Die internationale Universitäts- und Forschungslandschaft befindet sich in einem rasanten Umbruch. Während ehemals universitäre Arbeitsfelder klar abgrenzbar waren, besteht nun aus heutiger Sicht die zwingende Notwendigkeit zur interdisziplinären fächerübergreifenden Kooperation. Es liegt im vitalen Interesse von Fakultäten die fachspezifischen Methoden zu erweitern und damit neue Anwendungsfelder zu erschließen. An der TU Graz wird dieser Situation verstärkt Rechnung getragen, indem Schnittstellen für derartige Kooperationen angeboten und etabliert werden.

*Biomechanics is mechanics applied to biological processes at the nano, micro, or macro scale. An important field in biomechanics is the structural analysis of mechanical responses of materials (i.e. material science), in particular of living tissues, and their physical formulation and numerical realization by means of finite element methods. One goal, e.g., is to improve diagnostics and therapeutical procedures such as balloon angioplasty or by-pass surgery, to optimize the design of prostheses or to investigate changes in the arterial system due to age, disease and atherosclerosis.*

*The present worldwide triumphal procession of biomechanics has its roots in Mechanobiology, which, e.g., is aimed to understand how a cell responds to changes in its mechanical environment. It also studies the mechanical factors that may be important in triggering the onset of atherosclerosis or aneurysms.*

*One field of Mechanobiology is Tissue Engineering, which aims at identifying the critical structural and mechanical requirements needed for each tissue engineered construct.*

*Springer-Verlag in Heidelberg will launch a new journal entitled “Biomechanics and Modeling in Mechanobiology”. This Journal aims at capturing this new important direction with regard to the need to combine mechanics, engineering and mathematics with the exciting new developments in biology. The primary goal of this journal is to provide a forum for basic and applied research that promotes integration of the expanding knowledge-bases in the allied fields of Biomechanics and Mechanobiology.*



## Start-Programm „Chirale Polysilane“

# Das START-Programm: Chirale Polysilane

## START-Program: Chirale Polysilane

**Seit Anfang 2000 läuft am Institut für Anorganische Chemie der TU das START-Projekt „Chirale Polysilane“. In diesem werden Methoden zur Herstellung räumlich definierter Organosiliciummoleküle untersucht. Verbindungen dieser Art sind als potenzielle Leiter und Schaltelemente von großer Bedeutung für die Entwicklung einer molekularen Elektronik. Um die räumlichen Vorgänge bei der Herstellung dieser Substanzen zu verstehen, ist insbesondere eine genaue Kenntnis der konfigurativen Stabilität negativ geladener Siliciumverbindungen notwendig.**

Silicium kann man wohl als das Element der neuen Technologien schlechthin bezeichnen. Durch die steigende Miniaturisierung und die damit verbundene Verdichtung der elektronischen Schaltkreise, stößt man allerdings auf physikalische Grenzen, die es der „klassischen“ Technologie der Halbleitererzeugung nicht erlauben eine weitere Verkleinerung der Schaltkreise ad infinitum durchzuführen. Um diese Grenze zu überwinden, ist es erforderlich einen Schritt, weg von der solid-state Technologie, hin zu einer molekularen Elektronik zu machen. Als Leiter und Schaltelemente werden dabei nicht mehr Schichten und Leiterbahnen sondern Moleküle verwendet. Dazu ist es möglich erneut von Silicium als Element auszugehen, nun nicht mehr um Festkörperstrukturen zu erzeugen, sondern um Moleküle mit definierten elektronischen Eigenschaften zu erhalten. Verbindungen mit Silicium-Siliciumbindungen sind dabei von besonderer Bedeutung. Diese können, verursacht durch die gleichen Eigenschaften des Elements, die auch die „normale“ Halbleitertechnologie ermöglichen, unter bestimmten Umständen ebenfalls als Halbleiter fungieren.

Im Rahmen des START Projekts „Chirale Polysilane“ werden nun Methoden untersucht, Verbindungen aus verketteten Siliciumatomen (Polysilane) herzustellen. Diese sind eigentlich schon seit ca. 50 Jahren bekannt und wurden in den letzten Jahrzehnten intensiv untersucht. Dabei wurde gefunden, dass lange Ketten aus Siliciumatomen sich ähnlich verhalten wie leitfähige organische Polymere (eine Substanzklasse deren Bedeutung durch die Verleihung des Nobelpreises für Chemie 2000 gewürdigt wurde). Wie auch bei den organischen Verbindungen zeigt sich bei den Polysilanen, dass ihre optischen und elektronischen Eigenschaften sehr stark von der räumlichen Anordnung der Atome bzw. der an sie gebundenen Gruppen zueinander, abhängen.

Durch die nur geringe Neigung des Siliciums Mehrfachbindungen mit sich selbst oder anderen Elementen auszubilden, ist man bei der Synthese von Polysilanen auf andere Strategien, als die aus der organischen Chemie für die Herstellung von Kohlenstoffketten bekannten, angewiesen. Die bisher am besten untersuchte Reaktion ist die Umsetzung von Diorganosiliciumdichloriden mit Alkalimetallen. Die aus dieser Reaktion erhaltenen Produkte, sind was eine definierte räumliche Anordnung in der Kette betrifft jedoch nicht einheitlich. Eine alternative Synthesestrategie, die sich der Übergangsmetallkatalyse mit Verbindungen des Titans, Zirkoniums oder Hafniums bedient, führt leider auch nicht zu den erhofften einheitlichen Produkten.

Der Grund für die Uneinheitlichkeit der Substanzen, die aus den genannten Reaktionen erhalten werden, liegt im mangelnden Vermögen eines Zwischenprodukts in räumlich definierter Weise eine neue Bindung einzugehen. Dieses Problem ist aus der organischen Chemie altbekannt, jedoch sind die für den Kohlenstoff gefunden Lösungen, aus den schon genannten Gründen, nur schwer oder gar nicht auf den Fall des Siliciums zu übertragen.

Im START-Projekt wird nun versucht sich eine mehrfach postulierte, aber wenig untersuchte Eigenschaft des Siliciums zu Nutze zu machen. Dabei handelt es sich um die räumliche Stabilität von negativ geladenen Siliciumverbindungen. Im Gegensatz zu den analogen Verbindungen des Kohlenstoffs, sind sie in der Lage die räumliche Anordnung der an sie gebundenen Gruppen zu stabilisie-

ren. Da Verbindungen dieser Art eine wichtige Rolle im Verlauf der Bildung von Polysilanen einnehmen ist das Studium ihrer Eigenschaften von grundlegender Bedeutung für das Verständnis zur Steuerung dieser Reaktion.

Der Grad der Stabilisierung hängt nun von der Umgebung des Siliciumatoms, das heißt den benachbarten Gruppen, dem Gegenion und auch dem Lösungsmittel ab. Mittels Kernresonanzspektroskopie kann nun die Geschwindigkeit mit der sich eine räumliche Anordnung in eine andere umwandelt untersucht werden. Je geringer diese Geschwindigkeit desto höher der Grad der Stabilisierung.

Im einfachsten Fall handelt es sich bei dieser Umwandlung um die, von einem Spiegelbild in das andere. Diese Transformation ist in der organischen Chemie unter dem Begriff Racemisierung wohlbekannt, sie bezeichnet ein Phänomen der Stereochemie, welche sich mit der räumlichen Anordnung von Atomen in Molekülen beschäftigt. Die gezielte Herstellung räumlich genau definierter Verbindungen wird in der organischen Chemie als asymmetrische Synthese bezeichnet. Im Grunde genommen befassen sich deshalb die Untersuchungen des Projekts „Chirale Polysilane“ mit der Übertragung bekannter Prinzipien auf den Bereich der Siliciumchemie unter Anwendung spezifischer Reaktionen. Eine erfolgreiche asymmetrische Synthese mithilfe negativ geladenen Siliciumverbindungen, würde es nicht nur gestatten auf die räumliche Anordnung bei der Bildung von langen Siliciumketten Einfluss zu nehmen, daneben würden sich auch viele neue Möglichkeiten zum Studium der Stereochemie von Siliciumverbindungen auftun. Unter anderem ist geplant gezielt räumlich definierte Silicium-Hafniumverbindungen herzustellen, die es vielleicht ermöglichen auch die mangelnde Kontrolle, bei der zweiten oben angesprochenen Synthesestrategie, der Übergangsmetallkatalyse zu verstehen.

Das Projekt „Chirale Polysilane“ ist interdisziplinär. Es umfasst theoretisch chemische Berechnungen zur Vorhersage von Stabilitäten, anorganisch chemische Präparation der extrem reaktiven sowie luft- und feuchtigkeitsempfindlichen Verbindungen, spektroskopische und chromatographische Untersuchungen, Einkristallröntgenbeugungsexperimente zur Strukturbestimmung, sowie eine in wesentlichen Zügen der organischen Chemie entlehnte Strategie zur Bearbeitung der Problematik.

*The START program „Chiral Polysilanes“ focuses on the development of an asymmetric chemistry of silicon based on the use of silyl anions as key intermediates. As for other molecular units which may be used to serve as conductors of switches, it is also for polysilanes essential to control their molecular geometries. The spatial arrangement of the groups attached to the silicon atoms in the chain, is responsible for the optical and electronic properties of the material.*

*Most of the established methods for obtaining stereo-control in the build-up of molecular frameworks, which were developed in organic chemistry, can not be used in organosilicon chemistry, due to the limited ability of silicon to form double bonds with itself or other elements. Therefore, an alternative approach was conceived in the START program. It centres on the investigation of a stereo-chemical phenomenon of silyl anions that was postulated and also theoretically investigated to a certain degree, but experimentally only sparsely addressed. This property is that of configurational stability. Since silylanions are central intermediates in the synthesis of polysilanes the studies of their general and especially their stereo-chemical properties are of utmost importance for the design of a controlled formation of spatially defined polymers.*

*By the use of a newly developed method for the preparation of silylanions, the process of the conversion of one mirror image into the other can be studied by means of nuclear magnetic resonance spectroscopy. The information gained by these investigations can be used to devise new strategies for the synthesis of long chains of silicon atoms with defined properties.*



## Start-Programm „EKG Imaging – Kombination v. 3D Echo- und inverser ElektroKardioGraphie“

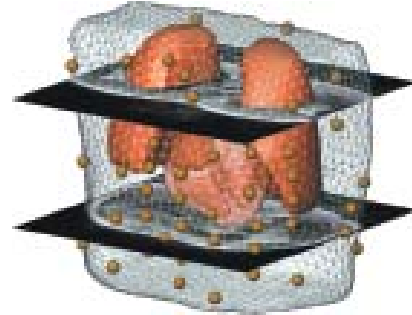
# Funktionelle medizinische Bildgebung im menschlichen Herzen

## *Functional medical imaging within the human heart*

Das START Y144-INF Programm ist inhaltlich den Gebieten Biomedizinische Technik, Elektrotechnik, Informatik und Kardiologie zugeordnet und beschäftigt sich mit der Bildgebung kardialer elektrischer Funktion und mit kardialen Mapping. Durch Kopplung von anatomischer und elektrischer Information wird hierbei die elektrische Funktion im Herzmuskel rekonstruiert. Insbesondere in Hinblick auf eine verbesserte Lokalisation von Herzrhythmusstörungen bestehen große Erwartungen seitens der Entwickler und der potenziellen Anwender dieser neuen Methode.

Die medizinische Bildgebung erlangt auf Grund neuer und verbesserter Messtechniken und zufolge der Verfügbarkeit enormer Rechnerkapazitäten, gekoppelt mit physikalischem und physiologischem Wissen über das Zielorgan, eine immer größere Bedeutung in der Diagnostik. Neben der rein anatomischen Bildgebung werden in den letzten Jahren weltweit enorme Anstrengungen unternommen, höher-dimensionales funktionelles Imaging zu entwickeln. Das menschliche Gehirn und das menschliche Herzen stellen hierbei die wichtigsten Zielorgane dar. Im menschlichen Herzen werden derzeit Verfahren entwickelt die das Imaging von Bewegung, Kontraktion, Durchblutung und elektrischer Funktion ermöglichen. Das START Y144-INF Programm beschäftigt sich mit dem Imaging kardialer elektrischer Funktion. Dieses sechsjährige Forschungsprogramm wurde im September 2000 gestartet und hat das globale Ziel, die bildgebenden Verfahren wie Magnetresonanztomographie (MR), Computertomographie (CT), Ultraschall (US) und Biplane-Fluoroskopie (BF) um das Imaging elektrischer Funktion zu erweitern. Dies wird völlig neue Möglichkeiten in der Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen eröffnen.

Zur Rekonstruktion kardialer elektrischer Funktion werden vom Patienten 4D anatomische Daten des Thorax und des Herzmuskels und elektrische Potenzialdaten an der Thoraxoberfläche erhoben. Die anatomische Bildgebung erfolgt derzeit in ersten klinischen Validierungsstudien an der Universitätsklinik Innsbruck mittels MR (Siemens, MagnetomTM Vision Plus, 1.5 T). Die elektrischen Daten bestehen aus mehrkanaligen Ableitungen des Elektrokardiogramms (EKG) an der Thoraxoberfläche. Die MR Daten werden klassifiziert, segmentiert und zur Modellbildung vorverarbeitet. Der individuelle Thorax des Patienten wird durch ein Volumenleitermodell nachgebildet. Dieses Modell beschreibt den physikalischen Zusammenhang zwischen den elektrischen Quellen im Herzmuskel und den EKG Daten. Die Realisierung erfolgt über die Boundary (BEM) bzw. Finite Elemente Methode (FEM). Im Modell berücksichtigt sind sowohl die individuellen geometrischen Verhältnisse als auch die unterschiedlichen Leitfähigkeiten der verschiedenen Kompartments (Lungen, Blutmasse, etc.). Die Abbildung zeigt ein BEM Modell für einen 32-jährigen Patienten aus links lateraler Ansicht mit 44 Elektrodenpositionen. Zwei axiale MR Schichten sind überlagert. Das enddiastolische Herzmodell (transparent dargestellt) besteht hier nur aus dem Ventrikel, segmentiert und gemischt aus short-axis 6mm MR Schichten (CINE, R-wave: trigger delay 0ms). Die BEM Formulierung ist mit linearen Dreiecken realisiert und basiert auf einer linearen Fredholm'schen Integralgleichung zweiter Art. Als elektrisches Quellmodell für den Herzmuskel wurde die so genannte bidomain theory implementiert. Die Kopplung dieses numerischen Computermodells mit den EKG Mappingdaten und die Lösung eines so genannten inversen Problems ermöglicht im weiteren die Rekonstruktion der elektrischen Funktion auf der Herzoberfläche. Im einem schlechtgestellten nichtlinearen inversen Problem wird die Aktivierungssequenz auf der gesamten Herzoberfläche aus den EKG



Mappingdaten berechnet und der 4D anatomischen Information überlagert. Hiermit kann die räumlich-zeitliche Abfolge der elektrischen Erregung des Herzmuskels rekonstruiert bzw. nichtinvasiv bestimmt werden. Eine Bestimmung der Aktivierungssequenz im Inneren des Herzmuskels war bis jetzt nur mit technisch aufwändigen, sehr teuren und für den Patienten belastenden Katheter-Mappingverfahren (z.B. CARTOTM, Biosense Webster, Inc.) möglich.

Die Forschungsarbeiten im START Programm beschäftigen sich mit Problemen der Grundlagenforschung bis hin zu Aspekten der angewandten und klinischen Forschung. Wesentliche Forschungsgebiete sind u.a. die Entwicklung stabiler Algorithmen zur (Bild-)Rekonstruktion, die Erforschung elektrophysiologischer Phänomene während De- und Repolarisation, die automatische Segmentierung und das Meshing 4D anatomischer Datensätze, die Modellbildung elektrisch anisotroper Gewebe, die Weiterentwicklung von BEM und FEM, die Klassifizierung und Analyse von EKG Mappingdaten und die Kopplung der EKG Mappingdaten mit Daten aus MR, CT, US und BF. Ein wesentlicher Aspekt im START Programm beschäftigt sich mit der klinischen Validierung der entwickelten Verfahren. Hierfür bestehen enge wissenschaftliche Kooperationen mit der Universitätsklinik Innsbruck, der University of California San Francisco und dem Helsinki University Central Hospital.

*The START Y144-INF program is assigned to the field of biomedical engineering, electrical engineering, informatics and cardiology and deals with the imaging of cardiac electrical function and with cardiac mapping. Here, the electrical function within the cardiac muscle is reconstructed by coupling of anatomical and electrical information. Great expectations persist on the part of the developer and potential users of this novel method, in particular in view of a better localization of cardiac arrhythmias. Due to novel and improved measurement techniques and the availability of enormous computer capacity, coupled with physical and physiological knowledge about the target organ, medical imaging is becoming of particular importance in diagnosis. Beside pure anatomical imaging, during the last years, big efforts have been undertaken, developing high-dimensional functional imaging. The most important target organs are the human brain and heart. With respect to the human heart, novel methods are under development for the imaging of movement, contraction, perfusion and electrical function. The START Y144-INF program deals with the imaging of cardiac electrical function. This six-year research program started in September 2000 and has the goal, to extend the imaging modalities like magnetic resonance imaging (MR), computed tomography (CT), ultrasound (US), and biplane-fluoroscopy (BF) by the imaging of electrical function. This will opening completely new possibilities in the diagnosis and therapy of cardiac arrhythmias.*



## Start-Programm „Y57-TEC“

# Berührungsfreie optische Diagnose turbulenter Strömungen in Turbomaschinen

## *Non-Intrusive Optical Diagnostics of Turbulence in Turbomachinery*

Das Start Programm Y57-TEC beschäftigt sich mit der Entwicklung und Anwendung optischer und laseroptischer Verfahren zur berührungslosen Untersuchung turbulenter, instationärer Überschallströmungen in modernen Turbinen. Diese im Bereich des Maschinenbaus angesiedelte Forschung steht auch in Wechselwirkung mit anderen nationalen und europäischen Forschungsprogrammen.

Das Ziel dieses Programmes, mit dem im Mai 1997 begonnen wurde, ist die Verbesserung der Modellierung turbulenter Strömungen in Turbinen durch experimentelle Untersuchungen dieser Strömungen mit Hilfe berührungsfreier, laseroptischer Messverfahren. Diese Strömungen sind ungeheuer komplex, ein detailliertes Verständnis ist aber unbedingt erforderlich, da die Turbine die für die Energieerzeugung wesentliche Maschine ist. Bei einer 330 MW Anlage bedeutet eine Wirkungsgradsteigerung der Turbine von 40% auf 41% bei durchschnittlich 2500 Betriebsstunden im Jahr zusätzlich gewonnene elektrische Energie von ca. 21 Mio. kWh/Jahr - bei gleichem Brennstoffverbrauch und gleichem Schadstoffausstoß. Intensive Grundlagenforschung im Bereich der stark turbulenten und kompressiblen Strömung durch diese rotierenden Maschinen bei Strömungsgeschwindigkeiten bis in den Überschallbereich, mit zahlreichen instationären Strömungsphänomenen, Umschlägen der Strömung von laminar auf turbulent, Druckgradienten, sekundären Wirbelströmungen und hohen Temperaturen erweitert nicht nur unser Wissen über diese Strömungen und deren Modellierbarkeit mit modernen Computerprogrammen, sondern hat eine unmittelbare technische Anwendung. Zudem besitzt die Technische Universität Graz eine für diese Zwecke österreichweit einzigartige Versuchsanlage, die experimentelle Untersuchungen in den Überschallströmungen moderner Turbomaschinen im kontinuierlichen Betrieb erlaubt. Das START-Programm Y57-TEC versucht nun in Zusammenspiel mit dieser Versuchsanlage berührungsfrei - also ohne Sonden, die die Strömung verändern können - Messdaten aus diesen Turbinen zu erhalten. Möglichst detaillierte Ergebnisse aus Maschinen realer Größe stehen dabei an erster Stelle und

stellen einen wesentlichen Input in die Entwicklung numerischer Codes dar.

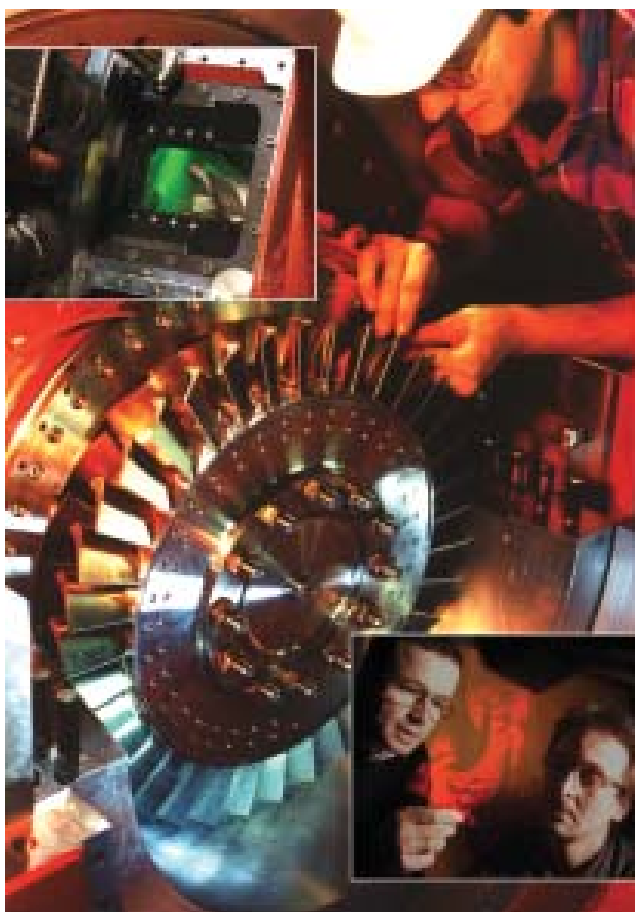
Als Ergebnis ist es nun erstmals möglich, aus den mittels Laserlicht erhaltenen Messdaten eine direkte Aussage über das Verhalten der Turbulenz in jedem Punkt der Strömung auch in Bezug auf die Frequenzen der auftretenden Störungen zu erhalten. Folgende

Fragen werden dadurch leicht beantwortbar und sind Gegenstand laufender Arbeiten: Wo und wie wird die Strömung turbulent? Wie beeinflussen Störungen einer bestimmten Frequenz die gesamte Strömung? Und schlussendlich - wie wechselwirken instationäre Effekte, z.B. Leitrad- Lauf- radwechselwirkung mit der Grenzschicht nahe der Schaufeloberfläche?

Die Abbildung zeigt die Vorbereitungen an der Versuchsanlage, weiters eine dreidimensionale laseroptische Geschwindigkeitsmessung mittels Particle-Image-Velocimetry während des Betriebs der Anlage, sowie die Besprechung einer holografischen Aufzeichnung der turbulenten Strömung durch ein Turbinenschaufelgitter.

*The research objective of this program is the improvement of turbulent flow modelling in gas and steam turbomachinery by non-intrusive optical flow diagnostics. Since the flow physics in turbomachinery includes laminar-turbulent transitional flows, rotational forces, fully three-dimensional flows, pronounced pressure*

*gradients in all directions, vortices, secondary flows, subsonic and transonic conditions, unsteady phenomena like wake passing and often two-phase flows (steam and water, gas and particles), the turbine gas flow is an ultimate test for turbulent flow calculation. Differences in predicted and measured efficiencies in turbomachinery are believed to be caused by the empirical input to numerical models still needed to represent the turbulent nature of flow. The proposed program attacks this problem by the application and development of non-intrusive optical diagnostic techniques for turbulent flows in turbomachinery. Within this program these techniques are tested and applied to the transonic test turbine rig at Graz University of Technology.*



Kontaktadresse:  
Technische Universität Graz  
Referat für Öffentlichkeitsarbeit  
Rechbauerstraße 12, 8010 Graz  
Tel: ++43 (0) 316 873 6064  
[info@tugraz.at](mailto:info@tugraz.at)  
<http://www.TUGraz.at>