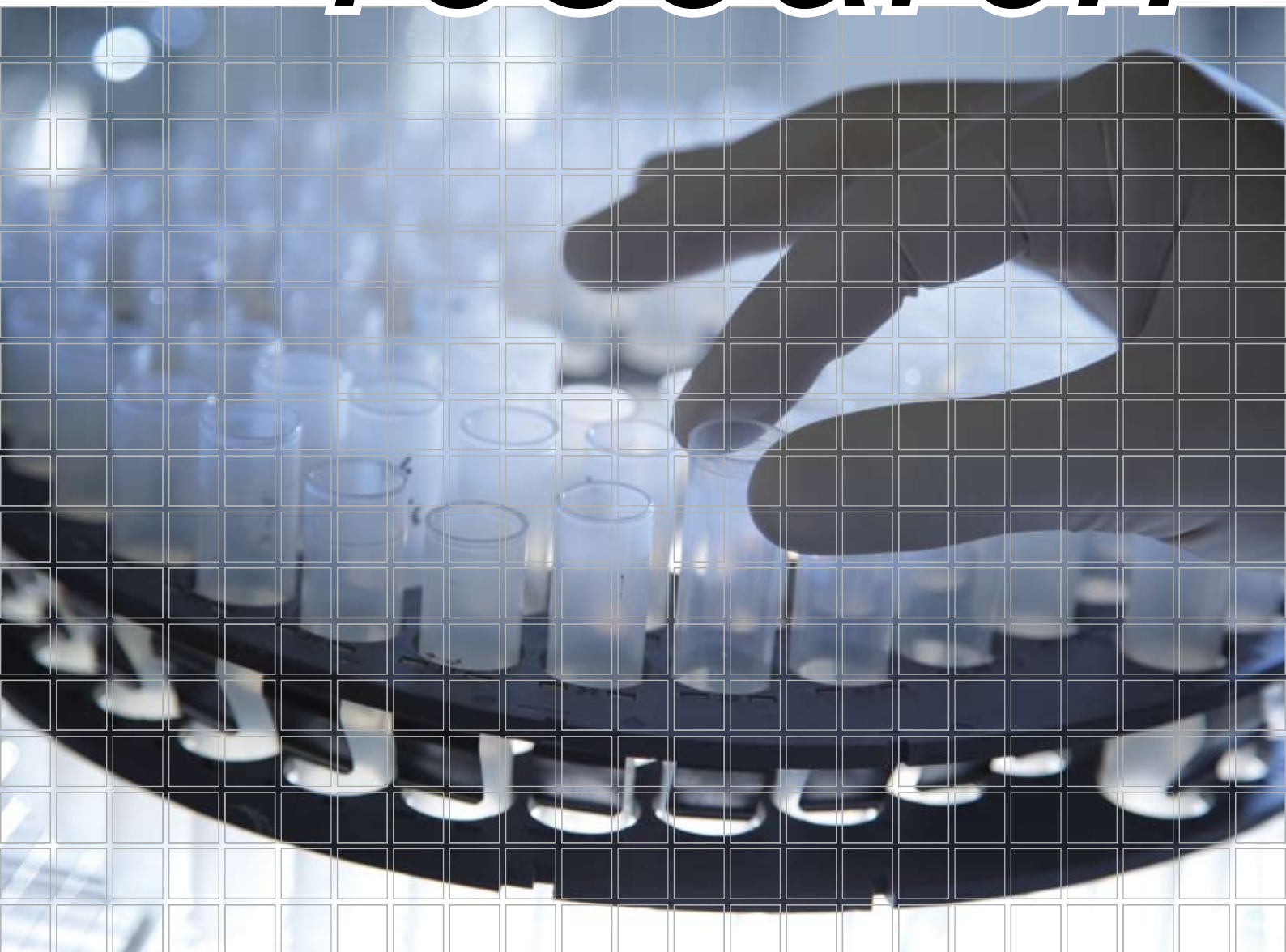
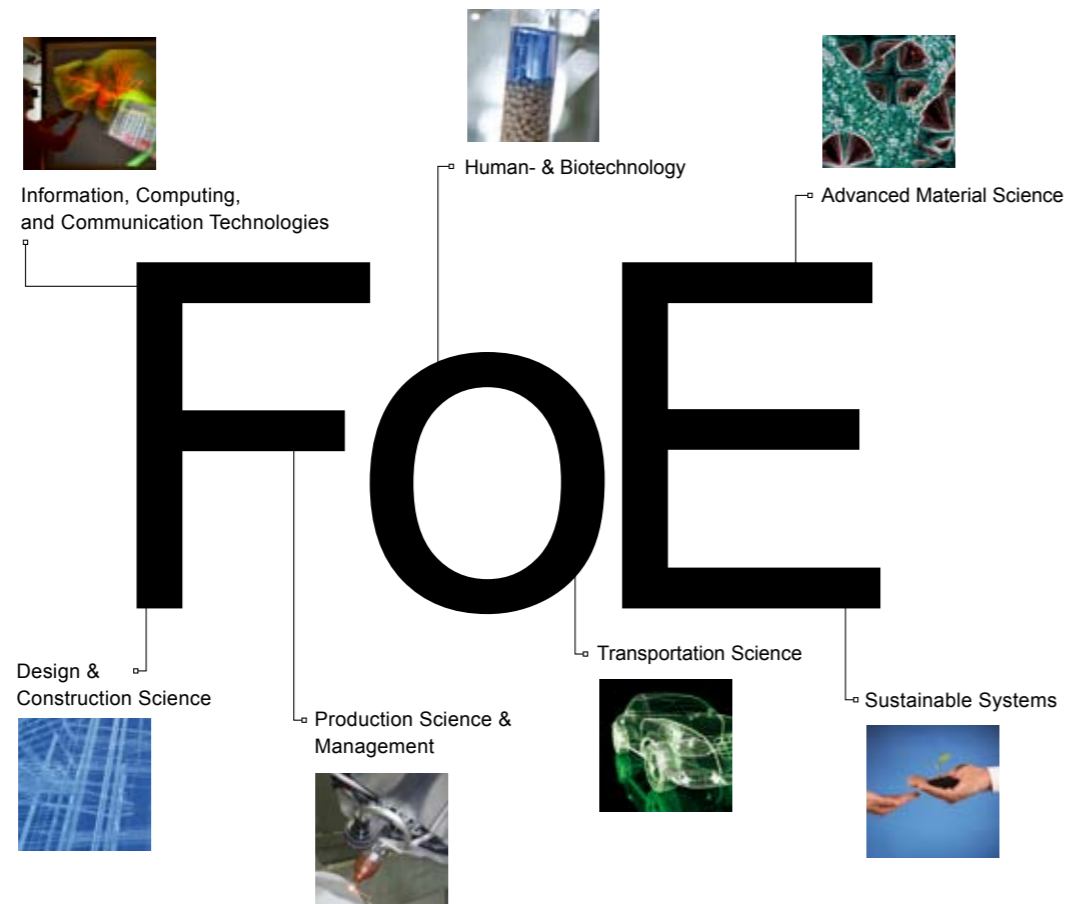


# *research*



Forschungsjournal der TU Graz  
Sonderausgabe

# Fields of Expertise (FoE)



Sieben zukunftssträchtige Bereiche in Forschung und Lehre bilden den unverwechselbaren Fingerabdruck der TU Graz auf dem Weg zur Exzellenz. Diese Fields of Expertise sind Kompetenzbereiche, die zu einzigartigen Markenzeichen der TU Graz im 21. Jahrhundert werden sollen. Gestärkt werden die Fields of Expertise durch thematisch neue Professuren und Investitionen sowie intensive Zusammenarbeit mit Industrie und Wirtschaft in Form von zahlreichen gemeinsamen Beteiligungen an wissenschaftlichen Kompetenzzentren und Forschungsnetzwerken. Kooperationen mit wissenschaftlichen Partnerinstitutionen wirken als weiterer Motor zum Erfolg.

Seven areas with a promising future in research and teaching go to form the unmistakable fingerprint of Graz University of Technology on its path to excellence. These fields of expertise will become distinctive hallmarks of Graz University of Technology in the 21st century. They will be strengthened by thematically new professorships and investments as well as intensive co-operation with industry and business in the form of numerous shared participations in scientific competence centres and research networks. Cooperations with scientific partner institutes represent a further dynamo to success.

# Inhaltsverzeichnis Content

Vorwort  
Preface \_\_\_\_\_ 4

Face to Face: Gottfried Schatz \_\_\_\_\_ 6

**Fields of Expertise (FoE)**

Advanced Material Science \_\_\_\_\_ 10

Design & Construction Science \_\_\_\_\_ 16

Human- & Biotechnology \_\_\_\_\_ 26

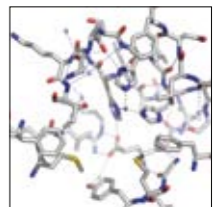
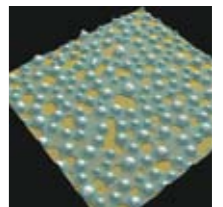
Information, Computing, and Communication Technologies \_\_\_\_\_ 36

Production Science & Management \_\_\_\_\_ 44

Sustainable Systems \_\_\_\_\_ 50

Transportation Science \_\_\_\_\_ 56

Veröffentlichungen  
Publications \_\_\_\_\_ 62



## Liebe Kolleginnen und Kollegen, sehr geehrte Forschungspartner und an unserer Forschung Interessierte!



Franz Stelzer, Vizerektor für  
Forschung und Technologie

Franz Stelzer, Vice President  
Research & Technology

Das Forschungsjournal der TU Graz wurde vom ersten Rektorat nach UG 2002 eingeführt und soll allen Interessierten innerhalb und außerhalb der TU einen Einblick in aktuelle Forschungsaktivitäten bieten. Es hat in dieser Zeit unter der redaktionellen Leitung von Vizerektor von der Linden interessante Einblicke in aktuelle Forschungsprojekte geboten und künftige Herausforderungen aufgezeigt, aber auch über Personal- und Qualifikationsänderungen der ForscherInnen informiert. Als Strukturierungshilfe diente in erster Linie die Verwaltungsstruktur der Fakultäten. Andererseits erfolgte die Strukturierung der TU Graz-Forschung schon vor 2004 in Forschungsschwerpunkte, elf an der Zahl. Eine weitere Fokussierung erfolgte dann im letzten Rektorat durch die Konzentration auf sieben Stärkefelder – „Fields of Excellence“, jetzt „Fields of Expertise – FoE“.

Diese Stärkefelder spiegeln die thematischen Forschungsfelder der TU Graz sehr gut wider. Durch die interdisziplinäre Struktur wird die tatsächliche themenzentrierte Forschungslandschaft gut dargestellt.

Das Ziel dieser „neuen“ Struktur war und ist, durch die Bündelung der Forschungsaktivitäten die Forschungstiefe zu verbessern, den Zugang zu Großprojekten zu erleichtern bzw. die Anschaffung von Großgeräten zu ermöglichen und schließlich die Erfolge dieser Konzentration besser sichtbar zu machen. Diese Ansätze werden auch vom jetzigen Rektorat, Unirat und Forschungs- und Technologie-Beirat mitgetragen. In die FoE sind die in größerer Zahl gebildeten „Forschungsschwerpunkte“ einzuordnen; es sollen nur thematisch orientierte Arbeitsgruppen, nicht Institute zugeordnet werden. Daraus ergibt

sich insgesamt eine Matrix-Struktur, die einerseits die organisatorische Gliederung in Fakultäten und Institute, andererseits die FoEs und die zugeordneten thematischen Arbeitsgruppen für die Gliederung der Forschung abbildet. Wirksam wurde dieses Konzept zum ersten Mal bei der Einreichung der Projekte zum „Uniinfrastrukturprogramm IV“, in dem die TU Graz zumindest mit zwei Projekten aus dem Bereich „Design & Construction Science“ und „Information, Computing, and Communication Technologies“ in Verbindung mit „Transportation Science“ und „Sustainable Systems“ erfolgreich war. Darüber hinaus decken sich die Themen der FoE auch weitestgehend mit den Hauptthemen der Europäischen Union, was auch in diesem Bereich die Antragsstellung erleichtern sollte.

Es ist ein wichtiges Anliegen des Rektorates, diese Forschungsstruktur auch mit Leben zu erfüllen. Als Konsequenz ergibt es sich nahezu automatisch, dass die inhaltliche Gliederung unseres neu gestalteten *research* ebenfalls diesen Forschungsstrukturen folgt. Das vorliegende Heft stellt nun den Versuch dar, in seiner ersten Ausgabe diesem Konzept folgenden Ausgabe die „Key-Facts“ und den „Key Content“ eines jeden Kompetenzfeldes vorzustellen – meist in Form eines Artikels von Sprechern der FoE. Dazu gesellen sich aktuelle Forschungs-Neuigkeiten und Highlights.

Ich hoffe, Sie finden an dieser Einteilung Gefallen und wünsche Ihnen eine interessante Lektüre und kreative Ideen.

Ihr Franz Stelzer

## Dear colleagues, Dear research partners and others interested in our research,

The research journal of Graz University of Technology was introduced by the first Rectorate following the University Studies and Organisation Act 2002 and was meant to offer all interested parties inside and outside Graz University of Technology an insight into current research activities. During this time, under the editorial leadership of vice-rector von der Linden, it gave interesting insights into current research projects and presented future challenges, as well as providing information about staff changes and eligibility regarding research. The structural orientation was, first and foremost, provided by the administrative structure of the faculties. On the other hand, before 2004, research at Graz University of Technology was structured in the form of special research areas – eleven in number. Further focus was brought to bear during the last Rectorate by concentrating on seven “fields of excellence” – now known as “Fields of Expertise” – FoE. These Fields of Expertise are very well reflected in the thematic research fields of Graz University of Technology. The actual theme-oriented research landscape is well demonstrated by the interdisciplinary structure.

The objective of this “new” structure was and is to improve depth of research by bundling the research activities, facilitate access to large-scale projects, and enable the acquisition of large equipment, and finally to raise the profile of the successes of this concentration. These approaches are also being supported by the present Rectorate, the University Council and the Research and Technology Council.

The more numerous “special research areas” are assigned to FoE; only thematically oriented

working groups are to be allocated, not institutes. This results in a matrix structure which presents, on the one hand, the organisational arrangement of faculties and institutes, and on the other hand, the FoE and the assigned thematic working groups for the organisation of research. This concept became operative for the first time with the submission of projects to the “University Infrastructure Programme IV” in which Graz University of Technology was successful with at least two projects from the field of “Design & Construction Science” and “Information, Computing, and Communication Technologies” in combination with “Transportation Science” and “Sustainable Systems”. Furthermore, the topics of the FoEs largely coincide with the main topics of the European Union, a circumstance which should also facilitate applications.

It is an important concern of the Rectorate to imbue this research structure with vitality. As a consequence, it is also almost automatic that the organisational content of our new-look magazine *research* will also follow this research structure. The current issue *research*, the first issue based on the new concept, endeavours to introduce the key facts and key content of each Field of Expertise – mostly in the form of articles by spokespersons of the FoE. These will also be joined by the latest research news and highlights.

I hope you like this structure and wish you an interesting read and creative ideas.

Yours, Franz Stelzer

## „Die Wissenschaft zuerst!“

Ines Hopfer

Nicht die Wissenschaft sollte den Strukturen, sondern die Strukturen sollten der Wissenschaft angepasst werden, das fordert der renommierte Biochemiker und F&T-Beirat der TU Graz, Gottfried Schatz. In der Gründung der sieben Fields of Expertise (FoE) sieht er einen wichtigen Schritt, veraltete Strukturen aufzubrechen und Neues zu wagen. Denn Wissenschaft braucht vor allem Mut - so Schatz.

*Gottfried Schatz war Professor für Biochemie an der Universität Basel und von 2000 bis 2003 Präsident des Schweizerischen Wissenschafts- und Technologierates. Seit 2005 ist Schatz Mitglied des Forschung und Technologie (F&T) – Beirates der TU Graz. Schatz ist Autor von mehr als 200 wissenschaftlichen Publikationen, Träger hochrangiger Preise und zweier Ehrendokorate. Gottfried Schatz war federführend an der Aufklärung der Bildung von Mitochondrien beteiligt und ist Mitentdecker der mitochondrialen DNA.*

**Herr Professor Schatz, in einem Vortrag haben Sie gefordert: „Universitäten sollten un-bequeme, brodelnde Ideenküchen sein!“ Wie meinen Sie das?**

Wissenschaft lebt davon, Neues zu finden und neue Ideen zu entwickeln. Neues erkennt man daran, dass es uns überrascht. Wenn eine Universität ihre Aufgabe erfüllt, dann muss sie uns überraschen, oft auch unangenehm. Wissenschaft erfordert Mut!

**Und die TU Graz? Sind wir eine „brodelnde Ideenküche“?**

In einzelnen Fällen gewiss, doch auch sie hat durch das Abwandern hervorragender Wissenschaftler ab 1938 gelitten – und das Österreich der Nachkriegszeit hat Forschung und Wissenschaft fast ein halbes Jahrhundert sträflich vernachlässigt. Heute bieten sich der TU Graz jedoch große Chancen: durch die Ostöffnung, durch das neue Universitätsgesetz und durch ein ungewöhnlich dynamisches und fortschrittlich denkendes Rektorat.

**Wo sehen Sie unsere Stärken?**

Die Stärken Österreichs sind politische Stabilität, Reichtum, und ein Sozialsystem, das jedem begabten jungen Menschen ein Universitätsstudium ermöglicht. Doch all dies kann die fehlende Bereitschaft zu Selektion nicht wettmachen. Österreichs Bildungssystem muss sich viel konsequenter als bisher am weltweiten Wettbewerb um die besten Köpfe beteiligen.

**Das heißt zusammenfassend: unsere Stärke schwächt uns? Einerseits ist der freie Hochschulzugang unsere Stärke, andererseits hemmt uns die fehlende Selektion an die Weltspitze zu gelangen?**

Um dieses Problem zu lösen braucht es starke und visionäre Universitätsleitungen, die der Wis-



## „Science first!“

Ines Hopfer

Science should not be adapted to institutional structures, rather, structures should be adapted to science. This is being demanded by the renowned biochemist and F&T Council of Graz University of Technology member, Gottfried Schatz. He sees the founding of the seven Fields of Expertise (FoE) as an important step in breaking up old structures and daring something new. After all, according to Schatz, science needs courage.

**Professor Schatz, in a lecture you once demanded that universities should be uncomfortable, bubbling think tanks! What do you mean by that?**

Science lives from finding out new things and developing new ideas. We recognise novelty by the fact that it takes us by surprise. If a university is to fulfil its task, then it has to surprise us, often in an unpleasant way. Science needs courage!

**And what about Graz University of Technology? Are we a bubbling think tank?**

In some cases definitely. But even Graz University of Technology suffered from migrating scientists from 1938 onwards – and the Austria of the post-war period grossly neglected research and science for almost half a century. Today, however, Graz University of Technology offers great opportunities due to the opening up of Eastern Europe, the new university law and an unusually dynamic and progressively thinking Rectorate.

**Where do you see our strengths?**

Austria's strengths are political stability, prosperity, and a social welfare system that enables every talented young person to get a place at university. However, all this cannot compensate for a missing selection process. The Austrian education system must participate much more forcefully than before in international competition for the best minds.

**So, in other words, our strength makes us weak? On the one hand, open access to university is our strength; on the other, the missing selection process prevents us from being among the world's top?**

To solve this problem, we need strong and visionary university leadership which gives priority to science. This task requires first class scientists with leadership qualities. Luckily, Graz Universi-

*Gottfried Schatz was professor of biochemistry at the University of Basel and president of the Swiss Council of Science and Technology from 2000 to 2003. Since 2005 he has been a member of the Research and Technology Advisory Committee of Graz University of Technology. He is author of more than 200 scientific publications and has been awarded many high-ranking prizes and two honorary doctorates. Gottfried Schatz was a key figure in the elucidation of the biogenesis of mitochondria and is the joint discoverer of mitochondrial DNA.*



senschaft erste Priorität einräumen. Diese Aufgabe erfordert erstklassige Wissenschaftler mit Führungsqualitäten. Glücklicherweise besitzt die TU einen solchen Rektor. Viele andere Universitäten beschäftigen sich vorwiegend mit Politik, Organigrammen und Geld - und versuchen erst in einem letzten Schritt, dem Ganzen eine wissenschaftliche Vision überzustülpen.

**Wie ist Ihre Meinung zur Etablierung der sieben FoE? Angesichts des internationalen Wettbewerbs ist Profilbildung für jede Universität enorm wichtig.**

Die FoE sind eine sehr gute Idee. Unsere historisch gewachsenen Fakultäten werden der heutigen Forschung nicht mehr gerecht und hemmen die Entwicklung neuer Fachgebiete. Zumindest für die Forschung sollten die FoE die Fakultäten möglichst schnell ablösen. Viele der besten Universitäten der USA haben keine Fakultäten, sondern „Departments“, die weitgehend den FoE entsprechen, aber auch die Lehre betreuen.

**Welche Schritte braucht es für die Einführung der FoE?**

Der wichtigste Schritt ist der Wille, akademische Strukturen der Wissenschaft anzupassen – und nicht umgekehrt. Und die einzelnen Institute müssen bereit sein, einige ihrer Freiheiten einem größeren Ganzen unterzuordnen. Deswegen braucht jedes FoE einen starken und anerkannten Leiter. Fakultäten sind meist kein geeignetes Selektionsinstrument, weil sie zu heterogen sind. Ein gut geführtes FoE, dessen Mitglieder gemeinsame wissenschaftliche Ziele verfolgen und ein gemeinsames Lehrprogramm betreuen, könnten dieser wichtigen Aufgabe viel besser gerecht werden.

**Ihrer Meinung nach, was ist der größtmögliche Nutzen der Fields?**

Die FoE würden nicht nur die Forschung an der TU Graz beflügeln, sondern auch den Studierenden eine breitere Ausbildung vermitteln. Jedes FoE sollte sein eigenes Graduiertenprogramm anbieten, an dem alle wissenschaftlichen Mitglieder des FoE mitwirken. Das Fehlen solcher Graduiertenprogramme ist eine der fatalsten Schwächen vieler europäischer – und auch österreichischer – Universitäten. Die TU Graz sollte solche Programme zugleich mit den FoEs etablieren und so ihr Bekenntnis zur Exzellenz unterstreichen.

**Was brauchen die FoE letztlich, damit sie funktionieren?**

Sie brauchen ein klares wissenschaftliches Konzept, einen guten Leiter und ein eigenes Graduiertenprogramm. Dieses wiederum erfordert internationale Ausschreibung, rigorose Selektion der Bewerber durch alle Mitglieder des FoE, konsequente Verwendung der englischen Sprache, ein eigenes Vorlesungsprogramm und Betreuung jedes Doktoranden durch ein vom diesem gewähltes Graduiertenkomitee. Eine Fakultät wäre da hoffnungslos überfordert.

**Letzten Endes heißt das, dass die sieben FoE unsere Fakultäten ersetzen sollen?**

Wenn sich die TU Graz neu profilieren möchte, was ich sehr begrüßen würde, dann sollte sie sich dazu entschließen, *alle* Strukturen und Abläufe den Erfordernissen der modernen Forschung anzupassen. Die FoE sind dabei ein wichtiger erster Schritt. Wenn eine Universität den Leitspruch „Science first“ auf ihr Banner schreibt, dann wird plötzlich alles viel einfacher!

ty of Technology has such a Rector. Many other universities occupy themselves mainly with politics, organigrams and money – and only as a last step attempt to impose a scientific vision on the whole thing.

**What is your opinion on the establishment of the seven FoE? Regarding international competition, cultivating a competitive profile is of enormous importance for every university.**

The FoE are a very good idea. Our faculties, which have grown over time, cannot do justice to today's research and inhibit the development of new fields. At least for research, the FoEs should take over from the faculties as soon as possible. Many of the best universities in the USA don't have faculties, but rather departments, which largely correspond to the FoEs, but also supervise teaching.

**What steps are necessary for the introduction of the FoE?**

The most important step is the will to adapt academic structures – and not the other way round. And the individual institutes must be prepared to subordinate some of their freedoms to a greater whole. And this is why each FoE needs a strong and recognised leader. Faculties are usually not a suitable instrument of selection because they're too heterogeneous. A well-managed FoE whose members follow shared scientific objectives and supervise a common teaching programme can deal with these important tasks much better.

**In your opinion, what is the best possible benefit of these Fields of Expertise?**

The FoE would boost not only research at Graz University of Technology, but would also impart a broader education to students. Each FoE should

offer its own graduate programme in which all the scientific members play a part. These missing graduate programmes are one of the most fatal weaknesses of many European – and Austrian – universities. Graz University of Technology should establish such programmes along with the FoEs and thus emphasise their commitment to excellence.

**What do the FoE need so that they work?**

They need a clear scientific plan, good leaders and their own graduate programmes. This, in turn, requires international job advertisements, a rigorous selection of applicants by all members of the FoE, consistent use of English, FoE-own lecture programmes and supervision of each doctoral candidate by a graduate committee of his or her choice. A faculty would be hopelessly overburdened by all this.

**So in the final analysis, does it mean that the seven FoE will replace our faculties?**

If Graz University of Technology wants to build a new profile for itself, a step which I would commend, then it should decide to adapt *all* its structures and processes to the demands of modern research. The FoE would be an important first step in the matter. If a university writes as its mission statement “science first” on its banner, then suddenly everything becomes easier!



# FoE

## Advanced Materials Science

Materialforschung im Bereich der Mikro- und insbesondere der Nanotechnologie zählt zu den Schlüsselfeldern der Zukunft und bildet damit die wissenschaftliche Basis für die wichtigsten Industriesparten im Hochtechnologiebereich. Weltweit werden daher große Anstrengungen unternommen völlig neue Werkstoffe, nanostrukturierte Bauelemente und Biomaterialien zu entwickeln und deren strukturelle und funktionelle Eigenschaften zu optimieren. Die TU Graz besitzt auf diesem Zukunftsfeld umfangreiche wissenschaftliche und technische Expertise, die große internationale Anerkennung findet. Mit der Einrichtung des fakultätsübergreifenden Schwerpunktes „Advanced Materials Science“ bündelt die TU Graz dieses umfassende Know-how in Forschung und Lehre in den Kernthemen mikro- und nanoskalige Materialien auf anorganischer und organischer Basis. Einen wesentlichen Meilenstein setzte das FoE 2008 mit der Einrichtung des interdisziplinären, viersemestrigen Masterstudiums „Advanced Materials Science“. Unter dem Dach des FoE „Advanced Materials Science“ arbeitet eine interdisziplinäre Forschergemeinschaft aus Chemikern, Physikern und Werkstoffwissenschaftlern an der Entwicklung, Charakterisierung und Simulation neuartiger Materialien, funktioneller Schichten und Bauelemente.

*Ferdinand Hofer, Klaus Reichmann*

## Advanced Materials Science

Materials research is the key scientific basis for the future challenges of industry in the high-tech segment, especially in micro and nanotechnology. Throughout the world great efforts are being made to develop new materials and to understand and optimize their structural and functional properties. At Graz University of Technology a number of groups and institutes are offering comprehensive expertise in this field, and their endeavours are meeting with high international recognition. The field of expertise “Advanced Materials Science” concentrates the broad know-how across faculties in order to increase “visibility” and co-operation. A milestone in education was achieved with the implementation of the interdisciplinary master’s programme “Advanced Materials Science” in 2008.

Within this FoE, an interdisciplinary community of researchers from chemistry, physics and materials science is working on the development, characterization and simulation of novel materials, functional layers and components.

*Ferdinand Hofer, Klaus Reichmann*

## Vorsprung in den Materialwissenschaften

Ferdinand Hofer, Klaus Reichmann



Ferdinand Hofer ist Leiter des Instituts für Elektronenmikroskopie und Feinstrukturforschung.

Forschungsschwerpunkte: Entwicklung von nanoanalytischen Methoden in der Elektronenmikroskopie sowie die Anwendung der Elektronenmikroskopie in Materialforschung und Nanotechnologie.

Ferdinand Hofer is head of the Institute of Electron Microscopy and Fine Structure Research. His main areas of research are in the development of nano-analytic methods in electron microscopy and the application of electron microscopy in materials research and nanotechnology.

Die TU Graz hat eine lange Tradition auf dem Gebiet der Materialwissenschaften, die von verschiedenen Forschungsgruppen und Instituten getragen wird. Mit der Gründung des FoE „Advanced Materials Science“, in das derzeit Arbeitsgruppen von dreizehn Instituten aus vier Fakultäten eingebunden sind, konnte dieses Zukunftsfeld wesentlich gestärkt werden.

Das Aufgabenspektrum des FoE reicht von den naturwissenschaftlichen Grundlagen bis zur angewandten Forschung. Das FoE koordiniert die Aktivitäten der Partner innerhalb der TU Graz mit der industriellen Forschung und betreibt postgraduale Ausbildung in den Forschungsfeldern der Materialentwicklung und Materialcharakterisierung.

Thematisch konzentrieren sich die Forschergruppen auf die Entwicklung und Charakterisierung neuartiger Materialien (organische Optoelektronik, Polymere, Nano- und Biokomposite und metallische Konstruktionswerkstoffe) sowie der Strukturierung und Prozessierung von funktionalen Schichten und Bauelementen (Smart Materials, Sensoren, aktive und passive elektronische Bauelemente). Dieses breite Spektrum wird von neuen Methoden der Mikro- und Nanoanalytik und der Modellierung und Simulation wichtiger Materialeigenschaften abgerundet.

Die Forschungsarbeiten werden durch die erfolgreiche Einwerbung von Drittmittelprojekten maßgeblich gefördert. In einem nationalen Forschungsnetzwerk des Wissenschaftsfonds mit dem Titel „High-Performance Bulk Nanocrystalline Materials“ arbeiten WissenschaftlerInnen des FoE an der Optimierung mechanischer Materialeigenschaften. Die österreichische NANO Initia-

tive fördert das Großprojekt ISOTEC „Integrated Organic Sensor and Optoelectronics Technologies“ und das Projekt NILaustria „Nanoimprint Lithography“, in das mehrere FoE Arbeitsgruppen eingebunden sind.

Daneben sind WissenschaftlerInnen des FoE aktiv an EU-Großprojekten beteiligt, beispielsweise am Projekt „CopPeR“, in dem neue Wege für die Kupferabscheidung in der Halbleitertechnologie erforscht werden. Weiters arbeiten mehrere Institute im EU-Projekt „Antimicrobial ROM Polymers Compounded with Thermoplastic Materials“ mit dem Ziel, Kunststoffoberflächen gegenüber einem Bakterienangriff besser schützen zu können.

Seit Beginn 2007 konnten im FoE auch vier neue Laboratorien der Christian-Doppler Gesellschaft eingerichtet werden: Die CD Laboratorien „Ferroische Materialien“, „Nanocomposit-Solarzellen“, „Papierfestigkeitsforschung“ und „Early Stages of Precipitation“ kooperieren mit wichtigen österreichischen Industriebetrieben. Die wissenschaftliche Leistung der ForscherInnen konnte in Form zahlreicher Artikel in führenden internationalen Fachzeitschriften wie z.B. Nature, Science, Nature Photonics, Advanced Materials und Ultramicroscopy publiziert werden. Dieses umfassende Wissen wird aktiv in Industriekooperationen eingebracht und eröffnet enorme Chancen für die Entwicklung und Optimierung neuer Technologien.

Aufgrund des steigenden Bedarfs an hochqualifiziertem Fachpersonal konzentrierte sich das FoE auf die Einrichtung des interdisziplinären Masterstudiums „Advanced Materials Science“. Dieses viersemestrige Masterstudium eröffnet

## Materials Science on the Advance

Ferdinand Hofer, Klaus Reichmann

Graz University of Technology has a long tradition in materials science borne by a number of different research groups and institutes. This field of the future was able to be considerably strengthened by the establishment of the “Advanced Materials Science” field of expertise (FoE) in which working groups from 13 institutes from four faculties are currently involved.

The tasks of the FoE range from scientific foundations to applied research. The FoE provides the co-ordination of services and consulting between our members and interested industrial partners as well as postgraduate education in the fields of materials development and materials characterization. The long term strategy of the FoE “Advanced Materials Science” under-

lines the classical scientific approach with the deepening of knowledge and expertise as well as the validation of the relevance of research for application. This strategy is realized by the promotion of excellent researchers and the systematic support of industrial co-operations.

Recent activities of members of the FoE are found in National Networks of the Austrian Science Fund (FWF) as well as programmes of the Research Directorate-General of the European Union. The national project “High-Performance Bulk Nanocrystalline Materials – Physics of Synthesis and Properties” focuses on the investigation of specific mechanical properties of materials produced by Severe Plastic Deformation. The Austrian NANO Initiative supports the “NILaus-



Klaus Reichmann leitet das CD Labor für Ferroische Materialien, das sich mit den Struktur-Eigenschafts-Beziehungen und den Transportvorgängen in elektrisch oder magnetisch nicht-linearen Materialien befasst. Arbeitsgebiet: Elektrokeramische Bauelemente.

Klaus Reichmann is head of the CD Laboratory for Advanced Ferroic Oxides, which investigates structure-property relationships and transport processes of electrically or magnetically non-linear materials. His area of work is in electroceramic components.

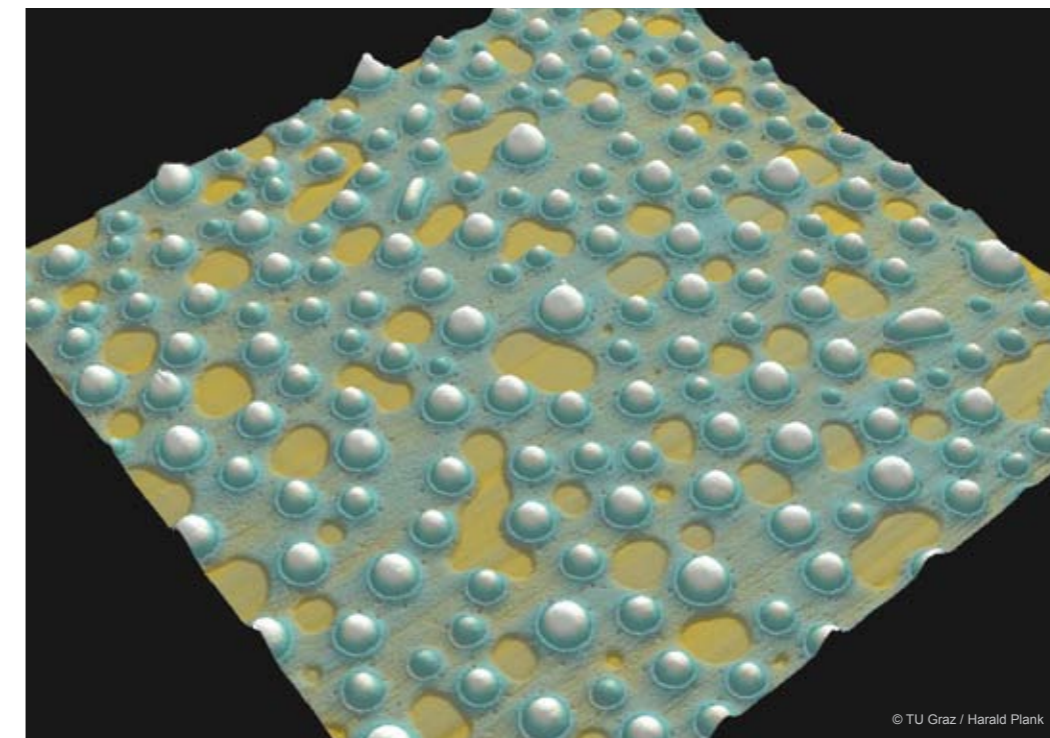


Abb. 1: Phasenseparation auf einer Kunststoffoberfläche (Bildbreite 20 µm), Rasterkraftmikroskopische Aufnahme.

Fig. 1: Phase separation on a polymer surface (image width 20 µm), Image recorded with an atomic force microscope.

The image shows a scanning electron microscope (SEM) view of a silicon wafer surface. The surface is covered with a complex, multi-layered structure of rectangular and irregular shapes, likely created through nanoimprint lithography. The structures are arranged in a somewhat regular pattern. A white scale bar in the bottom left corner indicates a length of 500 nm. The background is a dark, textured surface, and the structures are highlighted by bright, glowing edges.

500 nm

Abb. 2: Strukturierung eine Silizium Oberfläche mit dem Nova 200 NanoLab des Instituts für Elektronenmikroskopie und Feinstrukturforschung. Das Gerät ermöglicht die Herstellung, Modifizierung und Charakterisierung komplexer Strukturen im Nanometer-Bereich.

für AbsolventInnen der Bachelor-Studien Physik, Chemie, Elektrotechnik und Werkstoffkunde einen attraktiven Zugang zu diesem wichtigen Zukunftsfeld. Das Studienprogramm vermittelt die Kompetenz, selbständig wesentliche Beiträge zur Charakterisierung, Weiterentwicklung und technischen Anwendung von Werkstoffen zu leisten. Mit drei Vertiefungsmodulen (metallische & keramische Werkstoffe, Halbleiterprozess-technik & Nanotechnologie sowie Polymerwissenschaften & Kunststofftechnologie) wird die Fähigkeit zu fachübergreifenden Arbeiten gefördert. Der Studiengang verbindet in einzigartiger Weise die Bereiche Chemie, Physik und Werkstoffkunde und bietet eine moderne materialwissenschaftliche Ausbildung mit vertieften naturwissenschaftlichen Grundlagen sowie ingenieurwissenschaftlichen Kenntnissen.

Die breite internationale Anerkennung des FoE „Advanced Materials Science“ spiegelt sich dadurch wieder, dass es den WissenschaftlerInnen geglückt ist, internationale Kongresse wie die „International Conference of the International Institute of Welding“ in die Steiermark zu holen. 2009 folgen die Kongresse „European Polymer Congress“ und „Microscopy Conference“. Die Forschungsposition des FoE wird durch die starke Vernetzung mit außeruniversitären Forschungsinstituten wie Joanneum Research, dem Nanotech Center Weiz sowie dem Zentrum für Elektronenmikroskopie maßgeblich gestärkt. In Zusammenarbeit mit ForscherInnen der Karl-Franzens-Universität Graz entsteht im Großraum Graz ein international wettbewerbsfähiger Cluster für moderne Materialwissenschaften und Nanotechnologie.

tria“ (Nanoimprint Lithography) and “ISOTEC” (Integrated Organic Sensor and Optoelectronics Technologies) projects. Our researchers participate in the European gnition of our FoE has been confirmed by the number of conferences and symposia organized by our member institutions and held in Styria. Amongst them are major events such as the “International Conference of the International Institute of Welding” in 2008, the “European Polymer Congress” and the “Microscopy Conference” in 2009, each of them hosting more than 1000 participants.

For the next generation of young scientists, the master’s degree in Advanced Materials Science offers an attractive gateway for bachelors in physics, chemistry, electronic engineering and materials science. The master’s programme will

provide the capability to contribute to the development, characterization and application of materials and skills regarding trans- and interdisciplinary teamwork will be transmitted and stimulated. The student’s perception of materials and their properties should be comprehensive and include different point of views.

Due to close links with other research institutions, such as Joanneum Research, the Centre for Electron Microscopy and the University of Graz (Karl-Franzens-University), an internationally competitive cluster for cutting-edge materials science and nano-technology has started to emerge in the greater area of Graz.

Fig. 2: Creation of a structure on a silicon-wafer with the Nova 200 NanoLab at the Institute for Electron Microscopy and Fine Structure Research. This tool enables the creation, modification and characterization of complex structures on nano-meter scale.



# FOE

© AndreasG - Fotolia.com

## Design & Construction Science

Bauen ist zu einer äußerst komplexen Aufgabe geworden. Die gesellschaftlichen Ansprüche in Bezug auf Energieeffizienz, Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit werden zu recht und mehr denn je von Architekten und Planern gefordert. Gemeinsam mit den funktionalen, städtebaulichen, sozialen und ästhetischen Aspekten können sie nur durch ganzheitliche Ansätze erfüllt werden.

Architektur und Bauingenieurwissenschaften gehen diese aktuellen Herausforderungen traditionell auf recht unterschiedliche Weise an. Unverkennbar ist aber ein starker Trend zur fächerübergreifenden Zusammenarbeit: Innovative Projekte entstehen immer häufiger durch die integrative, über Fachgrenzen hinweg reichende Entwicklung von Entwurfskonzepten. Diese partnerschaftliche Arbeitsweise wird auch an der TU

Graz gelebt. Fakultätsübergreifend werden im Field of Expertise „Design and Construction Science“ Problemstellungen rund um die Gestaltung unserer Umwelt aufgegriffen. Kompetenzen im Bereich Planen und Bauen werden gebündelt und durch gemeinsame Forschungsaktivitäten gestärkt. Erste Erfolge der gemeinsamen Aktivitäten sind bereits sichtbar: Das von den Fakultäten Architektur und Bauingenieurwissenschaften gemeinsam beantragte Infrastrukturprojekt „Ressource-Efficient non-standard Structures“ wird vom Rat für Forschung und Technologie (RFT) gefördert. Auf den nächsten Seiten werden dieses und zwei andere Projekte, die dem FoE „Design and Construction Science“ zugeordnet sind, vorgestellt.

*Martin Fellendorf, Urs Hirschberg*

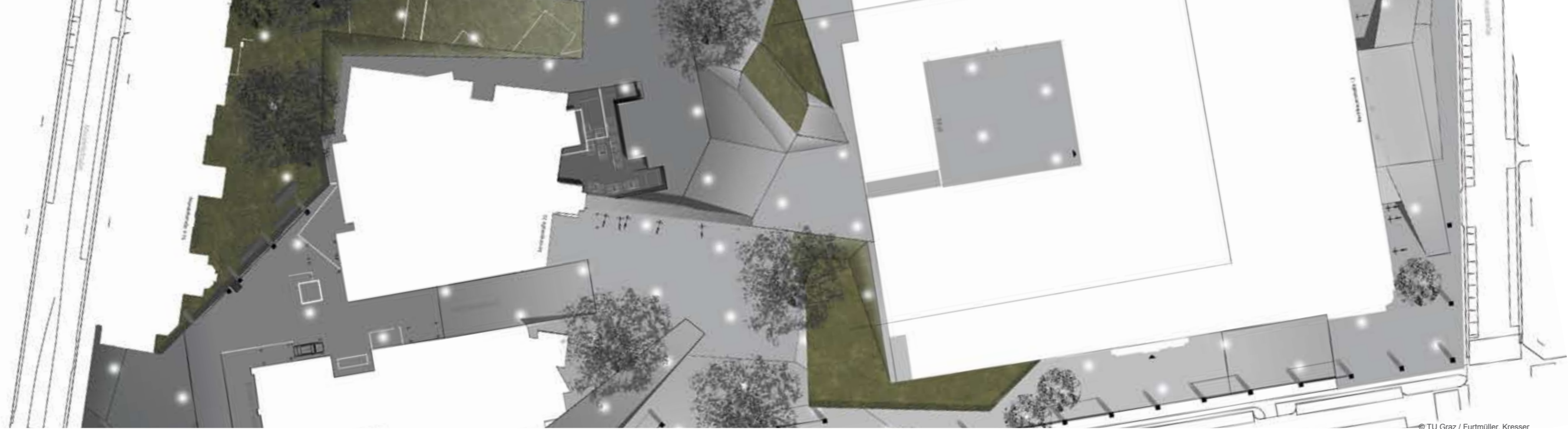
## Design & Construction Science

Building has become a highly complex matter. The demands of society on architects and planners with respect to energy efficiency, saving resources and sustainability are rightfully very high. Together with the functional, urbanistic, social and aesthetic aspects of building, these demands can only be fulfilled by using holistic approaches.

Architecture and building engineering each use their own established methods to deal with these challenges. But there is an unmistakable tendency to co-operate across the boundaries of their respective fields. Today, innovative projects typically result from the collaboration of multidisciplinary teams that join forces from the initial design stages on. This spirit of partnership is also very much alive at Graz University

of Technology. In the field of expertise Design and Construction Science various challenges concerning the design of our environment are investigated across faculties and institutes of Graz University of Technology. Competences in the area of building and planning are being pooled and strengthened through common research activities. A recent success in this area is the new infrastructure project “Ressource-Efficient non-standard Structures” which was jointly submitted by the faculties of architecture and building engineering and which has received funding from the Austrian Council of Research and Technology Development (RFT). This project along with two others is briefly presented in this issue on page 18.

*Martin Fellendorf, Urs Hirschberg*



© TU Graz / Furtmüller, Kresser



## Architekten und Bauingenieure gestalten die Umwelt

Martin Fellendorf, Urs Hirschberg

Allein bei der Betrachtung der eindrucksvollen Fassade des Grazer Kunsthauses oder dem spektakulären „Vogelnest“ von Peking während der Olympischen Spiele zeigt sich, dass Fortschritte in der Bautechnik zu neuen Formen in der Architektur führen. Obwohl bisher nur wenige aufregende Einzelbauten diese technischen Möglichkeiten in vollem Maße benötigen, werden die zugrunde liegenden Technologien künftig auch weite Bereiche der Bauindustrie beeinflussen. Außergewöhnliche Bauweisen können sowohl zu einer stärker differenzierten als auch Ressourcen schonenden Baukultur führen. Um dieses Potential nutzen zu können, bedarf es einer durchgängigen Betrachtung neuer Baukörper in allen Phasen des Lebenszyklus. „Resource-efficient non-standard structures“ ist daher ein gemeinsames Projekt der Architekten und Bauingenieure der TU Graz, um von der Norm abweichende Bauweisen und Bauteile zu entwerfen, ihre Eigenschaften zu simulieren, geeignete Formen zu konstruieren und sie bei Dauerbeanspruchung zu überprüfen. Für die Durchführung dieser mehrjährigen Forschungsaktivitäten werden moderne CNC-gesteuerte Modellbaumaschinen, ein Industrieroboter für additive und subtraktive Bauweisen sowie faser-optische Messsysteme beschafft. Weiterhin wird der multifunktionale

Prüfstand für bauphysikalische Untersuchungen im modernen Bautechnikzentrum erweitert. Mit dem Industrieroboter werden unterschiedliche Baumaterialien bearbeitet, unter anderem auch neueste hochfeste, faserverstärkte Betone (UHPFRC).

Aber das Umdenken einer interdisziplinären Betrachtung ist nicht auf einzelne Bauobjekte fixiert. Neue städtebauliche Konzepte, die der Energiefrage durch Verdichtung und Urbanität begegnen, versprechen weit nachhaltigere Wirkung als die bautechnische Optimierung einer weitergehenden Zersiedelung. Aufgrund von Klimawandel, demografischen Entwicklungen, veränderten Lebensformen und einem abschwächenden Wohlstand für breite Bevölkerungsgruppen stößt das Siedlungswachstum an seine eigenen ökologischen und ökonomischen Grenzen. Architekten und Bauingenieure suchen daher gemeinsam nach neuen Formen von verdichteten Räumen, die zu einer effizienteren Nutzung vorhandener Verkehrs- und Versorgungsinfrastrukturen führen. Im kooperativen Projekt „Energie der Zukunft“ werden konzentrierte Zersiedelung und andere Formen urbaner Siedlungsräume mit Blick auf den Gesamtenergieverbrauch untersucht. Neben der Errichtung und dem Betrieb von Gebäuden werden Formen

## Architects and Civil engineers shaping our environment

Martin Fellendorf, Urs Hirschberg

Just looking at the impressive facade of the Graz Kunsthaus or the spectacular bird's nest of Beijing during the Olympic games it is obvious that new building technologies lead to new forms in architecture. Although to date only few exciting individual buildings have made full use of these technical possibilities, the underlying technologies are going to influence large parts of the construction industry in the future.

Extraordinary architecture is not only about spectacle, though. It can lead to a more differentiated as well as more resource-efficient building culture. To make use of this potential there is a need to look at all phases of the life-cycle of new constructions. "Resource-efficient non-standard structures" is a joint project of architects and civil engineers at Graz University of Technology which aims to design building methods and parts that differ from the norm, to simulate their properties, to construct them in real scale and to test them under stress conditions. For the execution of these multi-year research activities, modern CNC modelling equipment, an industrial robot for additive and subtractive building methods as well as fibre-optical monitoring systems will be acquired. Furthermore, the multifunctional test bed for structural-physical experiments

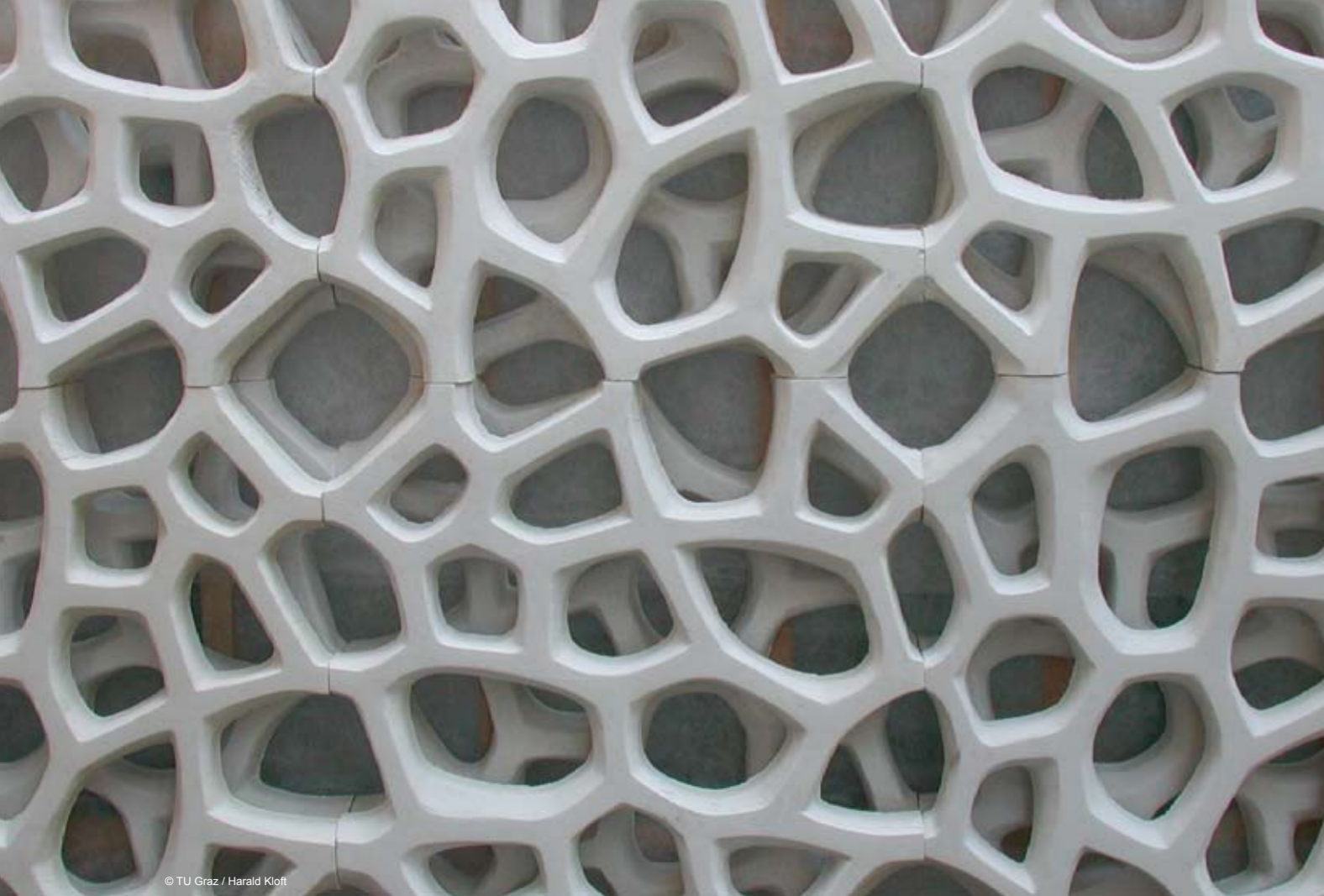
will be expanded in the new civil engineering laboratory. The industrial robot will also be used for milling and grinding prefabricated ultra-high performance concrete segments (UHPFRC).

However, a new interdisciplinary approach is not limited to buildings only. Concepts of urban design without further urban sprawl are promising more sustainability than pure optimisation of single buildings. Questions of energy consumption will be tackled by further densification and new forms of urban life. Due to climatic and demographic changes, new forms of living and reduced prosperity for vast segments within our society, continued sprawling of urban settlements will be limited by environmental and economic boundaries. For this reason, architects and civil engineers are searching for new forms of dense settlements using transportation systems and water and energy supply units efficiently. The joint project "Energy of the Future" focuses on concentrated urban sprawl and other forms of resource efficient human settlements looking at the overall total energy consumption. Besides setting up and maintaining buildings, mobility patterns are part of the research minimising the total amount of miles travelled without restraining daily activities such as living, working or shopping. The up-



Urs Hirschberg ist Dekan der Fakultät für Architektur und leitet das Institut für Architektur und Medien. Das Institut beschäftigt sich mit der Erweiterung der Architektur durch die neuen Medien.

Urs Hirschberg is the dean of the Faculty of Architecture and is head of the Institute of Architecture and Media. The institute deals with expanding the field of architecture by means of new media.



© TU Graz / Harald Kloff

Abb. 1: „Form Follows Performance“: Non-Standard-Structures als Ergebnis gezielter Abstimmung von moderner Fertigungstechnologie und innovativer Betonrezeptur.

Fig. 1: „Form Follows Performance“: Non-Standard-Structures as result of modern fabrication technologies and innovative concrete design.

der Mobilität analysiert, bei denen Alltagsaktivitäten wie Wohnen, Arbeiten und Einkaufen auch bei reduzierter Verkehrsleistung sichergestellt werden können. Das von der Architekturfakultät herausgegebene Magazin GAM wird sich in seiner neuen Ausgabe 05 (Erscheinungsdatum November 2008) dem Thema „Stadt statt Energie“ widmen.

Auch die Studierenden beider Fakultäten sollen anhand von Projektarbeiten lernen, Problemstellungen in interdisziplinären Teams zu lösen - so geschehen bei einer Vorstudie zur Umgestaltung des Areals der Alten Technik. Nachdem die TU Graz mittlerweile nahezu alle verfügbaren Wohnungen in der Mandellstraße zwischen der Lessing- und Technikerstraße bezogen hat, sollen die Grünflächen und Verkehrswege auf dem Universitätsgelände zwischen Rechbauerstraße und Mandellstraße neu geordnet werden. Hierzu wurden Fußgänger und Radfahrer nach ihren Mobilitätsgewohnheiten befragt und parkende Fahr-

zeuge rund um das Gelände gezählt. Während einige Bereiche zwischen den Gebäuden gleichzeitig mehreren Nutzungen unterliegen, sind andere wenig attraktive Bereiche kaum genutzt. Neben einer guten Erreichbarkeit der Gebäude auf kurzen Wegen, einer angemessenen Anzahl von Parkplätzen und Anlieferungsmöglichkeiten für Lkw kommt der Aufenthaltsfunktion auf dem denkmalgeschützten Gelände eine besondere Bedeutung zu. Zahlreiche Vorschläge wurden erarbeitet, um den vielfältigen Nutzungsansprüchen in einer gestalterisch ansprechenden und verkehrstechnisch machbaren Form besser als bisher gerecht zu werden - der eine oder andere studentische Vorschlag mag bis zur 200-Jahresfeier der TU Graz bereits umgesetzt sein.



© TU Graz / Furtmüller, Kresser

Abb. 2: Ein Vorschlag zur Neugestaltung des Campus „Alte Technik“

Fig. 2: A suggestion for the new design of the „Alte Technik“ campus.

coming GAM magazine (issue 05 in November 2008) published by the Faculty of Architecture will focus on the city with less energy.

Students of both faculties are encouraged to work on case studies within multi-disciplinary teams. Recently, students have been working on reorganizing the campus ground of the „Alte Technik“ – the main university building and the adjoining block of buildings. In the meantime, the university has occupied most apartments facing Mandellstraße. Along with these buildings small lots have been acquired providing opportunities to improve green spaces and pathways for pedestrians, bicycles and cars. Students have conducted a thorough survey asking about transportation habits, current shortcomings and future desires. Furthermore, available parking facilities were counted within the vicinity of the campus. Currently, some areas of the campus have to satisfy multiple use purposes while other areas are hardly used at all. The students provided valuable proposals to

provide good accessibility on short footpaths, a reasonable amount of in-campus parking facilities, delivery facilities for HGVs and traffic-free meeting points within the environmentally preserved campus grounds. A number of proposals have been worked out to attempt to live up to the multifaceted utilisation requirements in a form which takes into account both design considerations and the feasibility of transport and access. Perhaps some proposals will be implemented by the upcoming 200-year jubilee of Graz University of Technology.



© Stadt Graz, Vermessungsamt

Abb. 3: Studierende erheben Fußgängerströme an der Alten Technik.

Fig. 3: Survey on pedestrians flows by students

# Plug & Play auf dem Bau: Entwicklung von multifunktionalen Fassaden im K-Projekt MPPF unter der Federführung der Firma FIBAG und der TU Graz

Wolfgang Streicher, Mario J. Müller



Viele größere Gebäude werden heute in Stahlskelettstruktur mit anschließender Beplankung durch vorgefertigte Fassadenelemente meistens pro Rastermaß und Stockwerk gebaut. Diese Elemente beinhalten normalerweise Fenster und Wärmedämmung (fallweise auch Verschattungssysteme) und sind für die Erfordernisse der Bauphysik (Akustik, Brandschutz, Feuchtetransport, Belichtung) ausgelegt.

Im k-Projekt MULTIFUNCTIONAL PLUG & PLAY FACADE (MPPF) des österreichischen COMET Programms werden diese Fassadenelemente modulmäßig um die Funktionen Haustechnik (innovative Verschattungssysteme, Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik, Elektro- und IT-Installationen (BUS System), Beleuchtung und EMV-Verträglichkeit) erweitert werden. Zudem sollen möglichst nachhaltige Werkstoffe verwendet werden.



Mit solchen Fassadentypen sind Innenraumstrukturen flexibel veränderbar. Durch den hohen Vorfertigungsgrad halten sich die zusätzlichen Investitionskosten für die Fassade in Grenzen. Diese Mehrkosten können dann leicht durch den verringerten Innenausbau und die Einsparung an Geschoßhöhe (Wegfall von abgehängten Decken) wettgemacht werden. Im Altbau ermöglichen multifunktionelle Fassa-

den die Sanierung der Gebäude von „außen“, ohne dass die Benutzer das Haus verlassen müssten. Die Fassade hat eine hohe Wärmedämmung, Fenster bleiben an der gleichen Position und die Speichermassen der alten Fassade stehen dem Gebäude innen zur Dämpfung von Temperaturschwankungen und besonders der sommerlichen Überwärmung zur Verfügung. Die Wohnfläche bleibt gleich.

Wesentliche Charakteristika für die Technologieplattform MPPF sind:

- alle für die Fassade relevanten Technologien, Produkte und Anwendungen sollen in sich vereint werden (d.h. neben modernsten Profil-, Glas-, Plattensystemen und hochwertiger Wärmedämmung sind auch die Beschattung, die natürliche Lichtlenkung, die Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik, die Energiegewinnung durch Solarthermie und Photovoltaik sowie die Steuer- und Regelungstechnik bzw. Automatisierungstechnik integriert)
  - die Energiekennwerte sollen den neuesten europäischen Richtlinien zumindest entsprechen und somit die Umsetzung von Umweltschutzmaßnahmen im Gebäudebereich unterstützen sowie ein optimales Wohlbefinden für den Nutzer garantieren (Temperatur, Tageslicht- und Frischluftzufuhr, Luftfeuchtigkeit, etc.)
  - die Produkte sollen in einer industriellen Umgebung (vor-)gefertigt werden können und somit auch für den Export geeignet sein.
- Um das Projektziel zu erreichen, werden prinzipiell neue Varianten von Fassadensystemen entwickelt, simuliert und über Prototypen evaluiert. Im Besonderen steht die Weiterentwicklung von Einzeltechnologien und -produkten im Bereich Solarthermie, Photovoltaik, HVAC und

# Plug & play on the building: The development of multifunctional facades in the k-Project MPPF lead managed by the FIBAG company and Graz University of Technology

Wolfgang Streicher, Mario J. Müller

Large-scale buildings are often sub-divided into a solid structure (frame structure, supporting structure) and building envelope (interface with the outside world). Today larger buildings are sometimes already constructed with a frame structure which is closed by prefabricated facade panels in modular dimensions and by floors. In certain cases larger facade panels are used. But till today these panels have had a big disadvantage; they have only some building physics functionalities (e.g. lighting, sometimes shading, thermal insulation, acoustics, fire protection, and moisture handling).

The k-Project, "Multifunctional Plug & Play Façade", of the Austrian COMET program will develop a technology platform for an intelligent, multifunctional facade system for use in modular construction methods with the highest possible level of prefabrication for the new build of large-scale residential and office buildings and the renovation of existing houses. The façade elements are based on a newly developed common platform where the different functions can be added or changed modularly and even during operation of the building. The platform modules with the base functions of heating/cooling water supply, electricity and IT can be plugged together to form a full façade simply during erecting and may be replaced separately later. Since every façade element provides the functions, rooms inside the building can be easily separated or joined together without changing the HVAC system.

The façade system should be also usable for thermal renovation of buildings (e.g. large multifamily buildings from the 1970s or prefabricated plate buildings in Eastern Europe. The façade is

attached to the outside of the building including the new windows and the new piping for space heating. This insulates the building by leaving the thermal mass inside to dampen or even avoid overheating in summer. The inhabitants can stay in the building during the renovation process.

All the technologies, products and applications relevant to facades should be combined into one system (i.e. alongside up-to-date profile, glass and panel systems this includes shade systems, control of natural light, heating and ventilation technology, energy production from solar thermal energy and photovoltaics plus control technology and automation). It should achieve the best possible energy demand values and thereby support the implementation of environmental protection measures in the construction sector and also provide a high degree of comfort for the end-user (regarding temperature, daylight and ventilation, humidity, etc.). The materials used will be environmentally benign and the construction should allow for proper dismantling at the end of life. The products should be (pre-)fabricated in an industrial environment making them suitable for the export market.

To achieve the project's target it is essential to develop new varieties of facade systems and test/evaluate them; refine individual technologies and products in the solar energy, photovoltaic, HVAC and control sectors for use in facades. This issue has the highest level of priority given the environmental protection and legislative background on a European and national level.

The consortium is composed of 3 partners from the scientific side (Technical University Graz, arsenal research, Technical University Vienna),



Mario J. Müller ist Vorstand des Hans Höllwart-Forschungszentrum für integrales Bauwesen AG/Stallhofen (FIBAG). Die FIBAG untersucht u. a. Großfassadensysteme in Verbindung mit Haustechnik und Gebäudetechniksystemen.

Mario J. Müller is the director of the Hans Höllwart-Forschungszentrum für integrales Bauwesen AG/Stallhofen (FIBAG), which conducts research into large-scale facade systems in conjunction with HVAC (heating, ventilation and air-conditioning).

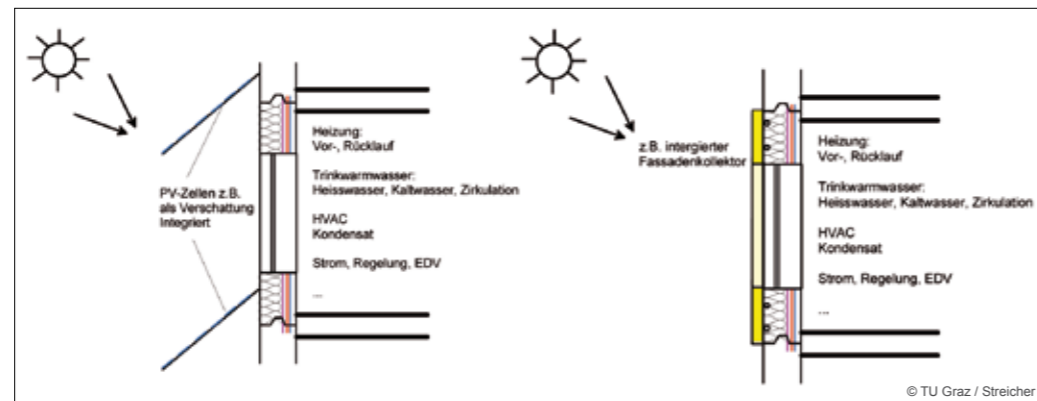
Wolfgang Streicher beschäftigt sich seit 1986 mit den Themen Erneuerbare Energie und rationelle Energienutzung sowie seit 1998 mit energieeffizienten Gebäuden. Er leitet die Arbeitsgruppe Energieeffiziente Gebäude am Institut für Wärmetechnik und den Forschungsschwerpunkt „Integrierte Gebäudeentwicklung“ an der TU Graz.

Wolfgang Streicher has been dealing with the fields of renewable energy and rational energy exploitation since 1986 and with energy-efficient buildings since 1998. He heads the working group Energy Efficient Buildings at the Institute of Thermal Engineering and the main research area "Integrated Building Development" at Graz University of Technology.

Abb. 1: Beispiele der Montage vorgefertigter Fassadenelemente.

Fig. 1: Examples of prefabricated facade elements.

Abb. 2: Prinzipskizze für die Einbindung der Funktionen Photovoltaik mit Verschattung (links), Solarthermie (Mitte) und HVAC (rechts).



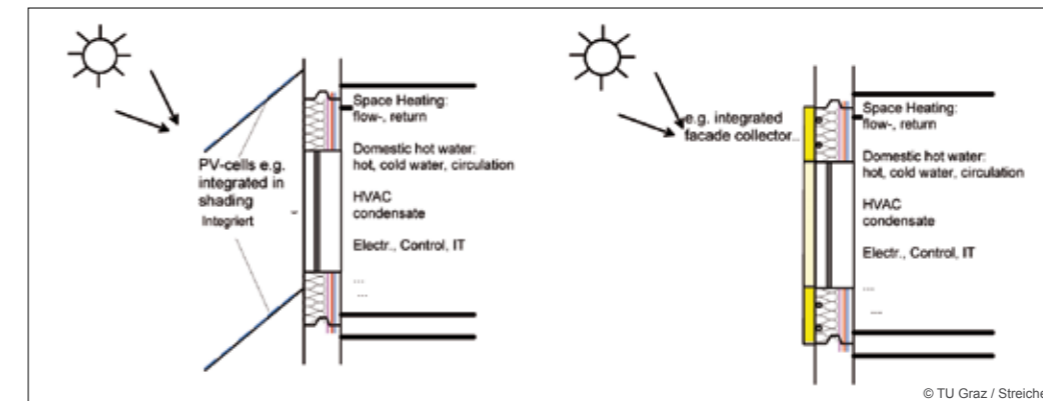
Akustik, Brandschutz, Systemkoppelungen, Wartungsmöglichkeit etc. zu lösen.

Auf wissenschaftlicher Seite sind drei Partner in das Projekt integriert (TU Graz mit den Instituten Wärmetechnik, Hochbau und Bauphysik, Materialprüfung und Baustofftechnologie und elektrische Anlagen, Arsenal Research, TU Wien), auf Unternehmensseite finden sich elf Partner verschiedenster Größenordnungen (FIBAG, SFL Metallbau GmbH, Pagitz Metalltechnik GmbH,

GREENoneTEC, Sonnenkraft-Österreich, Saubermacher Dienstleistungs AG, Ertl-Glas AG, Isovolta AG, RESI Informatik & Automation GmbH, SLS Praun & Gerstman GmbH, pgg blueberg engineering GmbH). Alle oben erwähnten zu integrierenden Technologien und Produkte sind durch dieses Konsortium abgedeckt. Der Hauptstandort des Projektes befindetet

sich im Hans Höllwart-Forschungszentrum für integrales Bauwesen AG (kurz FIBAG) in Stallhofen (Stmk) sowie an der TU Graz (Institut für Wärmetechnik). Die Konsortialführerschaft obliegt der FIBAG, die wissenschaftliche Leitung dem Institut für Wärmetechnik der TU Graz. Für die an sich nicht sehr innovative Bauindustrie bietet das Projekt die einzigartige Gelegenheit, die Innovationsrate signifikant zu steigern und F&E strategisch zu verfolgen.

and 11 partners on the company side of various sizes, ranging from start up companies to international groups (FIBAG, SFL Metallbau GmbH, Pagitz Metalltechnik GmbH, GREENoneTEC, Sonnenkraft-Österreich, Saubermacher Dienstleistungs AG, Ertl-Glas AG, Isovolta AG, RESI Informatik & Automation GmbH, SLS Praun & Gerstman GmbH, pgg blueberg engineering



GmbH). This broad consortium is essential for this issue as it brings together various applications and technologies on one platform. All the above mentioned technologies and products in-

involved in the integration process are covered by a partner. The whole project is lead economically by FIBAG and scientifically by Graz University of Technology, Institute of Thermal Engineering.

The K-Project is the ideal environment for putting this multi-firm project into practice. For the so far not very innovative construction industry this

project offers a unique opportunity to significantly increase the level of innovation and make strategic use of Research & Development results.

Fig. 2: Schemes for the different functions in the facade (photovoltaics with shading (left), solar thermal collector (centre) and HVAC (right)).

# FoE

## Human & Biotechnology

Die Humantechnologie und die Biotechnologie stellen Schlüsseltechnologien mit entsprechender wirtschaftlicher Bedeutung für die Gesellschaft im 21. Jahrhundert dar. Die TU Graz hat diesen Wissenschaftszweigen hohe Bedeutung zugemessen und eine Schwerpunktbildung der Forschung im Rahmen des Field of Expertise „Human- and Biotechnology“ eingeleitet.

Die Humantechnologie wird an der TU Graz durch Aktivitäten in den Bereichen Bioinformatik, Biomechanik, Biosignal- und Bildverarbeitung, Bioimaging und Health Care Engineering vertreten. Gegenwärtig wird das „Center of Biomedical Engineering“ etabliert, um diesem interdisziplinären Charakter einen entsprechenden Rahmen zu geben. Die in diesem Center kooperierenden Institute und Arbeitsgruppen sind in verschiedenen hochrangigen Grundlagenforschungsprogrammen vertreten, die angewandte Forschung wird durch ein CD-Labor repräsentiert.

Die Biotechnologie hat an der TU Graz eine lange Tradition - als besondere Spezialität der Grazer Biotechnologie sind die Industrielle Biotechnologie und die Biokatalyse zu sehen. Unter den zahlreichen biotechnologischen Forschungsprojekten im Rahmen von FWF-, FFG-, CD- und EU-Förderprogrammen sind insbesondere das Kplus Kompetenzzentrum „Angewandte Biokatalyse“ und das K-Projekt „Macrofun“ hervorzuheben. Daneben wirken die drei Biotechnologieinstitute derzeit federführend an der Vorbereitung eines österreichweit angelegten Comet K2 Kompetenzzentrums „Austrian Centre for Industrial Biotechnology“ (ACIB) mit.

*Helmut Schwab, Rudolf Stollberger*

## Human & Biotechnology

Human technology and biotechnology are considered key technologies with corresponding economic importance for society in the 21st century. Accordingly, Graz University of Technology attaches a high importance to these scientific branches and has initiated an emphasis on research activities in the framework of the Human and Biotechnology FoE.

Human technology is represented at Graz University of Technology by specific activities in bioinformatics, biomechanics, biosignal and image processing, bio-imaging technology and health care engineering. The „Centre of Biomedical Engineering“ is currently established to accommodate the interdisciplinary character of this field. The institutes and working groups co-operating in this centre run research programs supported by different high-ranking funding programmes. Applied research is represented among others with a CD lab.

Biotechnology has a long tradition at Graz University of Technology. Outstanding specialities of biotechnology at Graz are industrial biotechnology and biocatalysis. Among the many biotechnological research projects in the framework of FWF, FFG, CD and EU funding programmes, the Kplus competence centre „Applied Biocatalysis“ and the K Project „Macrofun“ represent special highlights. The three biotechnology institutes of Graz University of Technology are currently playing a leading role in the preparation of an Austrian-wide Comet K2 centre of excellence „Austrian Centre of Industrial Biotechnology“ (ACIB).

*Helmut Schwab, Rudolf Stollberger*

# Computersteuerung mit Gedanken

## Integriertes EU Projekt: Tools for Brain-Computer Interaction (TOBI)

Christa Neuper, Gernot Müller-Putz



Christa Neuper leitet das Institut für Semantische Datenanalyse/ Knowledge Discovery. Forschungsgebiet: Entwicklung von Gehirncomputerschnittstellen sowie Neuronale Grundlagen kognitiver Informationsverarbeitung.

Christa Neuper heads the Institute of Knowledge Discovery. Research field: development of brain-computer interfaces and neural foundations of cognitive information processing.

Abb. 1(rechts): Übersicht der beteiligten Partner am integrierten EU Projekt „Tools for Brain-Computer Interaction (TOBI)“.

Forschung im Bereich Gehirn-Computer-Schnittstellen wird derzeit weltweit enorm vorangetrieben. Die TU Graz hat in diesem Bereich seit mehr als 15 Jahren international anerkannte Pionierarbeit geleistet. Mit November 2008 startet zu dieser Thematik ein von der EU gefördertes integriertes Projekt mit substanzieller Beteiligung des Instituts für Semantische Datenanalyse (ISD) der Fakultät für Informatik. Das gemeinsame Ziel besteht darin, neurowissenschaftliche Forschungsansätze mit technologischen Entwicklungen optimal zu integrieren und damit einen wesentlichen „Durchbruch“ in der Entwicklung nutzerfreundlicher und praktikabler Assistenztechnologien zu schaffen.

### Gehirn-Computer-Schnittstellen

Bereits seit einigen Jahren arbeiten weltweit Forschergruppen an Systemen, die einen direkten Dialog zwischen Mensch und Maschine ermöglichen sollen. Hierzu wird eine Schnittstelle zwischen Gehirn und Rechner entwickelt, das sogenannte Brain-Computer Interface (BCI). Man nutzt dazu die elektrische Hirnaktivität in Form des Elektronenzephalogramms (EEG), das mit Hilfe von an der Kopfhaut angebrachten Elektroden gemessen wird. Das EEG wird an den Computer übermittelt, der bestimmte Muster der Gehirnsignale in Echtzeit detektiert und in Steuerungssignale übersetzt. Das Funktionsprinzip des BCI basiert darauf, dass die Vorstellung einer Handlung, z.B. die einer Handbewegung, in der Hirnaktivität abgebildet ist. Das BCI erkennt die damit korrelierenden Gehirnsignale und nutzt sie zur Ansteuerung von Geräten. Die Realisierbarkeit von BCI-gesteuerten Kommunikations- und Steuerungshilfen konnte in den letzten Jahren hinreichend nachgewiesen werden. Bislang ha-

ben derartige Neurotechnologien jedoch kaum Eingang in die klinische Routine und alltägliche Anwendung gefunden.

### E-Inclusion

Im Rahmen der „E-Inclusion“ Initiative im 7. Rahmenprogramm der Europäischen Union wurde 2007 zu interdisziplinären Projektanträgen unter spezieller Berücksichtigung von Gehirn-Computer Schnittstellen eingeladen. Es sollte eine „kritische Masse“ mobilisiert werden, welche einen wesentlichen „Durchbruch“ in der Entwicklung von alltagstauglichen Technologien erlaubt. Das Ziel dahinter ist, die Lebensqualität von Menschen mit Behinderung maßgeblich zu verbessern. Das Konsortium des Projekts „Tools for Brain-Computer Interaction (TOBI)“ integriert die führenden BCI-Forschungsgruppen Europas mit Kliniken, Anwenderorganisationen und industriellen Partnern aus fünf EU-Mitgliedsländern (Abb.1, rechte Seite). Von Seiten der TU Graz ist das Institut für Semantische Datenanalyse (ISD) der Fakultät für Informatik beteiligt. Vom geförderten Projektumfang von knapp 10 Millionen Euro (auf vier Jahre) gehen 960.000 Euro an die TU Graz.

### Hybride Kommunikationssysteme

Die Grundidee des Projekts besteht darin, BCI Systeme mit anderen, bereits bestehenden Assistenztechnologien zu kombinieren. Um eine flexible Anpassung an wechselnde Nutzerbedürfnisse zu unterstützen, kommen neuartige hybride Systemarchitekturen, adaptive Prinzipien ebenso wie innovative EEG Hardware zum Einsatz. Die Entwicklung intelligenter adaptiver Systeme soll die praktische Anwendbarkeit des BCI forcieren, aber auch dazu beitragen, die

# Controlling Computers using Thoughts

## Integrated European research project: Tools for Brain-Computer Interaction (TOBI)

Christa Neuper, Gernot Müller-Putz

Research in the field of brain-computer interfaces has been growing rapidly all around the world. Graz University of Technology has been active in this scientific area for more than 15 years and has contributed internationally acknowledged pioneering work. Starting in November 2008, a new integrated project funded by the European Union is dedicated to this topic. The Institute for Knowledge Discovery, part of the Faculty of Computer Science at Graz University of Technology, will play an important role in this programme. The final goal is to integrate neuroscientific research approaches with technological advances, which should then pave the way for a breakthrough in the development of user-friendly and practical assistive technologies.

### Brain-computer interfaces

Research groups around the world have been working on systems that realize a direct communication between man and machines for several years. To this end, an interface between the

brain and a computer is necessary, the so-called brain-computer interface (BCI). The electroencephalogram (EEG) can be used for this purpose by measuring the electrical activity originating from the brain with electrodes on the scalp. The EEG signals are processed by a computer which detects suitable brain patterns and translates them into control commands in real-time. The BCI is based on the principle that the imagination of an action such as a hand movement is reflected in the activity of the brain. The system detects corresponding signals that correlate with that action and uses them to control devices. The feasibility of BCI-controlled communication and control devices was extensively proved in the past couple of years. However, this kind of neurotechnology has so far neither been used in clinical routine nor in real life situations.

### E-Inclusion

In 2007, the EU called for interdisciplinary project submissions within the “E-Inclusion” initiative in



Gernot Müller-Putz ist stellvertretender Leiter des Instituts für Semantische Datenanalyse. Er befasst sich mit der klinischen Anwendung von Brain-Computer Interfaces sowie der Steuerung von Neuroprothesen und Rehabilitationstechnik.

Gernot Müller-Putz, deputy head of the Institute of Knowledge Discovery, specializes in the clinical application of brain-computer interfaces and the control of neuroprostheses and rehabilitation technology.

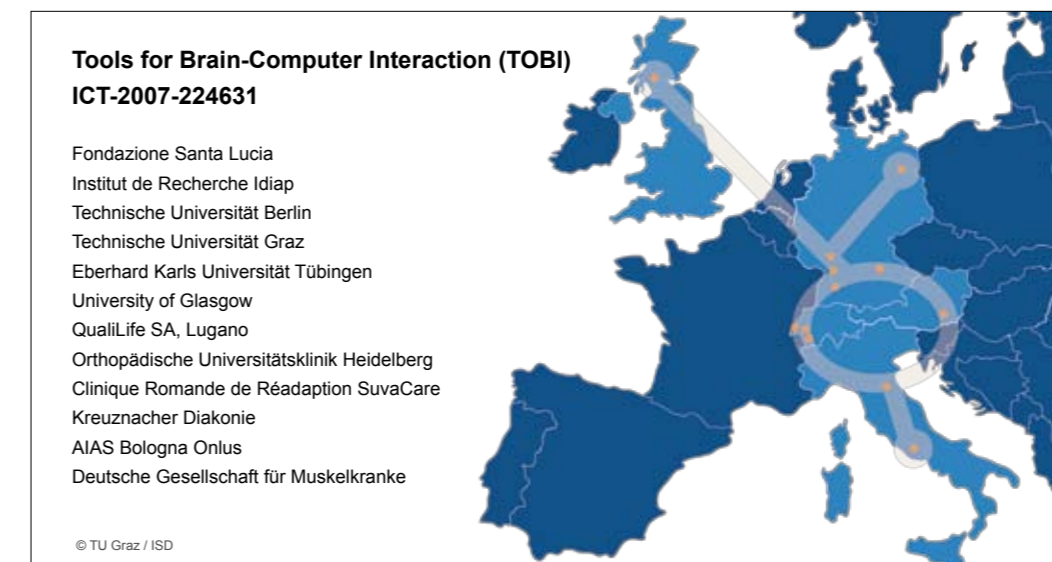


Fig.1: Overview of partners involved in the “Integrated Project Tools for Brain-Computer Interaction (TOBI)“.



Abb. 2: BCI-gesteuerte Neuroprothese: Patienten mit hoher Querschnittslähmung können mithilfe des BCI gekoppelt mit einer nicht-invasiven funktionellen Elektrostimulation (linke Seite) oder implantierten Stimulationselektroden (rechte Seite) einen Gegenstand ergreifen.

Zugänglichkeit von Assistenztechnologien für schwerstbehinderte Menschen zu ermöglichen. Vorrangiges Ziel ist dabei etwa die Integration verschiedener Steuerungsmöglichkeiten in einem System, wie Sprache, Muskelkontraktion, EEG-Aktivität, so dass – je nach aktueller Möglichkeit – zwischen verschiedenen Steuerungsmodi gewechselt werden kann. Für schwerstgelähmte Patienten könnte dies bedeuten, dass sie ein Kommunikationssystem durch Muskelaktivität steuern (z.B. durch Zungenbewegung) und bei Ermüdung der Muskulatur auf EEG-Steuerung umschalten.

**Schwerpunkte am Institut für Semantische Datenanalyse (ISD)**

Auf Basis der am ISD vorhandenen Erfahrung und Kompetenz zählt das Institut zu den zentralen Projektpartnern und ist an fast allen Einzel-

projekten beteiligt. Das ISD koordiniert die Entwicklung des hybriden Systemaufbaus, welches ein Bindeglied zwischen den einzelnen Anwendungsbereichen (Kommunikation, Restauration von Bewegungen, Entertainment, Neurorehabilitation) darstellt. Ein wesentlicher Arbeitsschwerpunkt liegt in der Wiederherstellung von motorischen Funktionen bei querschnittgelähmten Personen, etwa über die Entwicklung von EEG-gesteuerten Neuroprothesen zur Restitution der Handfunktion (Abb. 2). Zudem führt das ISD unter Verwendung verschiedener „Imaging“-Methoden Grundlagenuntersuchungen über Veränderungen der Gehirnaktivität im Zuge der BCI-Nutzung durch, welche derzeit auch im Sinne einer neuen Trainingsmethode in der Neurorehabilitation etwa nach einem Schlaganfall (Abb.3) in das Forschungsinteresse rückt.



Abb. 3: Ein BCI-Benutzer während einer Trainingssitzung. Die mit der Vorstellung einer linken oder rechten Handbewegung korrelierenden Gehirnsignale werden in entsprechende Bewegungen der (virtuellen) Hände am Bildschirm übersetzt.

Fig. 3: A BCI user during feedback training. The participant's task is to imagine left- and right-hand movements. The BCI generates opening and closing movements of the left or right (virtual) hand according to classified brain patterns.



its seventh framework, with a special focus on brain-computer interfaces. The aim was to reach a “critical mass” that would lead to a substantial “breakthrough” in the development of technologies that are suitable for daily use and consequently to substantially improve the quality of life of handicapped people. The consortium of the project “Tools for Brain-Computer Interaction (TOBI)” consists of the leading research groups in Europe together with hospitals, user associations and companies from five countries (figure 1). The Institute for Knowledge Discovery from the Faculty of Computer Science is involved for Graz University of Technology. From the total funds of just under €10 million, Graz University of Technology receives €960,000 for the next four years.

**Hybrid communication systems**

The basic idea of this project is to combine BCI systems with existing assistive technologies. To support a flexible adaptation to different user requirements, new hybrid system architectures, adaptive technologies and innovative EEG hardware are required. The development of intelligent adaptive systems should foster the practical application of BCIs and, at the same time, enhance the accessibility of assistive devices for people with severe disabilities. The primary goal is the integration of different control modalities such

as spoken language, contraction of muscles or EEG activity in a system that allows the mode of control to be changed as required or desired at a specific time. This implies that people with severe disabilities can control a communication system through muscle activity (e.g., by moving the tongue) and switch to EEG control when muscle fatigue is detected.

**Research focus for the Institute for Knowledge Discovery**

The Institute for Knowledge Discovery is, due to its experience and expertise, among the essential project partners and participates in almost all working packages. The Institute coordinates the development of the hybrid system, which serves as a link between the individual application aspects (communication, restoration of movements, entertainment, and neurorehabilitation). A key aspect is the restoration of motor functions in patients with spinal cord injuries, such as the development of EEG-controlled neuroprotheses to restore the grasp function of the hand (Fig.2). Moreover, the Institute for Knowledge Discovery will conduct basic research on changes of the brain activity during the use of a BCI with various imaging techniques. This could lead to new training methodologies in the field of neurorehabilitation (Fig.3), for example in stroke patients.

Fig.2: BCI controlled neuroprosthesis: patients with high-level spinal cord injury use the BCI, combined with either non-invasive functional electrical stimulation (left side) or implanted stimulation electrodes (right side), to grasp an object with their paralysed hand.



# Enzymatische Metallzentren – was zähmt das brennende Herz?

Grit Straganz



Grit Straganz ist Universitätsassistentin am Institut für Biotechnologie und Bioprozesstechnik. Straganz' postgraduale Forschung konzentriert sich auf die Mechanismen Sauerstoff-abhängiger Reaktionen an enzymatischen Metallzentren. Seit 2006 werden diese Studien im Rahmen eines FWF-Projektes finanziert.

Grit Straganz is a postdoctoral assistant at the Institute of Biotechnology and Biochemical Engineering. Her postdoctoral research at the Institute of Biotechnology and Biochemical Engineering focuses on the molecular mechanisms of O<sub>2</sub>-dependent reactions in enzymatic metalcentres. These studies have been funded by an FWF grant since 2006.

Im Rahmen ihres einjährigen Forschungsaufenthaltes an der renommierten Stanford University untersuchte die Grazer Wissenschaftlerin Grit Straganz spektroskopisch das Metallzentrum des Enzyms Dke1. Seit September zurückgekehrt, setzt sie nun ihre Forschungstätigkeit am Institut für Biotechnologie und Bioprozesstechnik an der TU Graz erfolgreich fort und berichtet von ihren Ergebnissen.

Meine Forschung befasst sich mit den molekularen Vorgängen Sauerstoff-abhängiger biologischer Katalyse, mit Schwerpunkt auf der Funktion von Metall-Enzymen. Ein tiefes Verständnis der Mechanismen dieser vielseitigen Proteine bildet die Grundlage für die Entdeckung und Entwicklung neuartiger Enzymreaktionen, mit dem Ziel, Feinchemikalien und Pharmazeutika mit Hilfe von hochselektiven Sauerstoff-abhängigen Reaktionen zu synthetisieren.

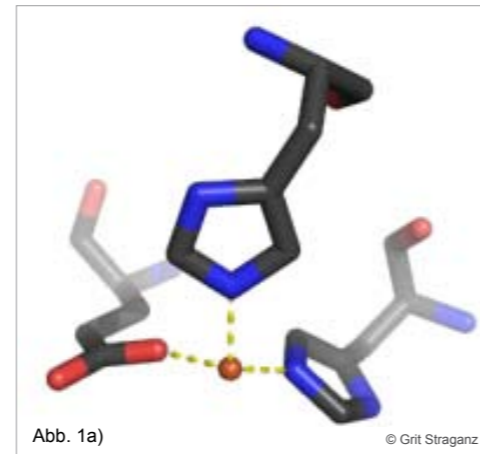
Etwas zu verbrennen erscheint uns als recht einfache Aufgabe. Man entfacht etwa ein Streichholz und zündet damit eine Zigarette an. Allerdings wirkt das Verbrennen hier destruktiv, nicht schöpferisch. Die Flamme wird den umgebenen Sauerstoff verzehren (reduzieren) und das ‚wertvolle‘ organische Material zu Kohlendioxid und Russ verwandeln (oxidieren).

Und wie sieht es aus, wenn Chemiker Sauerstoff verwenden, um organische Moleküle zu oxidieren? Nicht viel besser. Die Sauerstoff-abhängigen Reaktionen sind schwer zu kontrollieren und führen gewöhnlich zu Produktgemischen.

Lebensvorgänge hängen andererseits zum Großteil vom Sauerstoff-Metabolismus ab, und die Natur hat raffinierte Strategien zur kontrollierten Verbrennung entwickelt. Eine Möglichkeit ist

die Nutzung vom Metallkofaktoren: Ein Metallion wird in eine Proteinstruktur eingebettet und an diesem wird Sauerstoff reduziert.

Die Proteinstruktur, welche dieses ‚brennende Herz‘ umgibt, kontrolliert den Prozess und bringt die reduzierte Sauerstoff-Spezies an einen ganz bestimmten Ort des organischen Moleküls, wo diese dann angreift. Auf diese Art können Metall-Enzyme eine Vielfalt an komplexen, hochselektiven und kontrollierten Verbrennungsreaktionen durchführen, welche manchmal faszinierende neue Wege zur Synthese von Pharmaka öffnen.



Mononukleare Nicht-häm-Fe(II)-Zentren (MNHEs) bilden wohl die vielseitigste Reaktionsplattform für Sauerstoff-abhängige Reaktionen. In MNHEs ist das Eisenion generell koordinativ durch eine Triade aus zwei Histidinen und einem Carboxylat-Rest (Abb. 1a) gebunden.

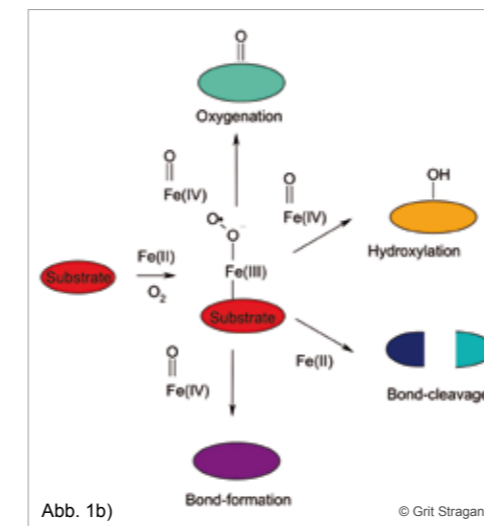
Während sich die MNHEs bezüglich ihres Metallzentrums und des Prinzips der Sauerstoff-Aktivierung gleichen, besteht eine Vielfalt von möglichen Reaktionswegen beim Zerfall des O<sub>2</sub>-Intermediates (Abb. 1b). Diese Wege werden vom feinen Zusammenspiel von Substrat,

# Enzymatic metalcentres – what tames the burning heart?

Grit Straganz

In the framework of her one-year research stay at the renowned Stanford University, Graz scientist Grit Straganz carried out spectroscopic investigations on the metalcentre of enzyme Dke1. Having returned in september, she is continuing her research activities at the Institute of Biotechnology and Biochemical Engineering at Graz University of Technology and is giving a report about her results.

My research addresses the molecular basis of O<sub>2</sub>-dependent biological catalysis, with a focus on the function of O<sub>2</sub>-dependent metal-enzymes. A profound understanding of the underlying mechanisms of these versatile proteins forms the basis for the discovery and engineering of novel enzymatic reactions, with the aim of opening new routes for the synthesis of high-value compounds and drugs by controlled and highly selective O<sub>2</sub>-dependent oxidation.



Burning something seems like a pretty easy thing to do. We strike a match and light a ciga-

rette. However, this kind of burning is something destructive rather than creative. The flame will consume (reduce) the oxygen (O<sub>2</sub>) in the air and convert (oxidize) the valuable organic matter to carbon dioxide and grime.

And what happens when chemists use O<sub>2</sub> in order to oxidize some organic compound? Actually the outcome is not much better. The reaction of O<sub>2</sub> with organic molecules is hard to control, typically leading to product mixtures.

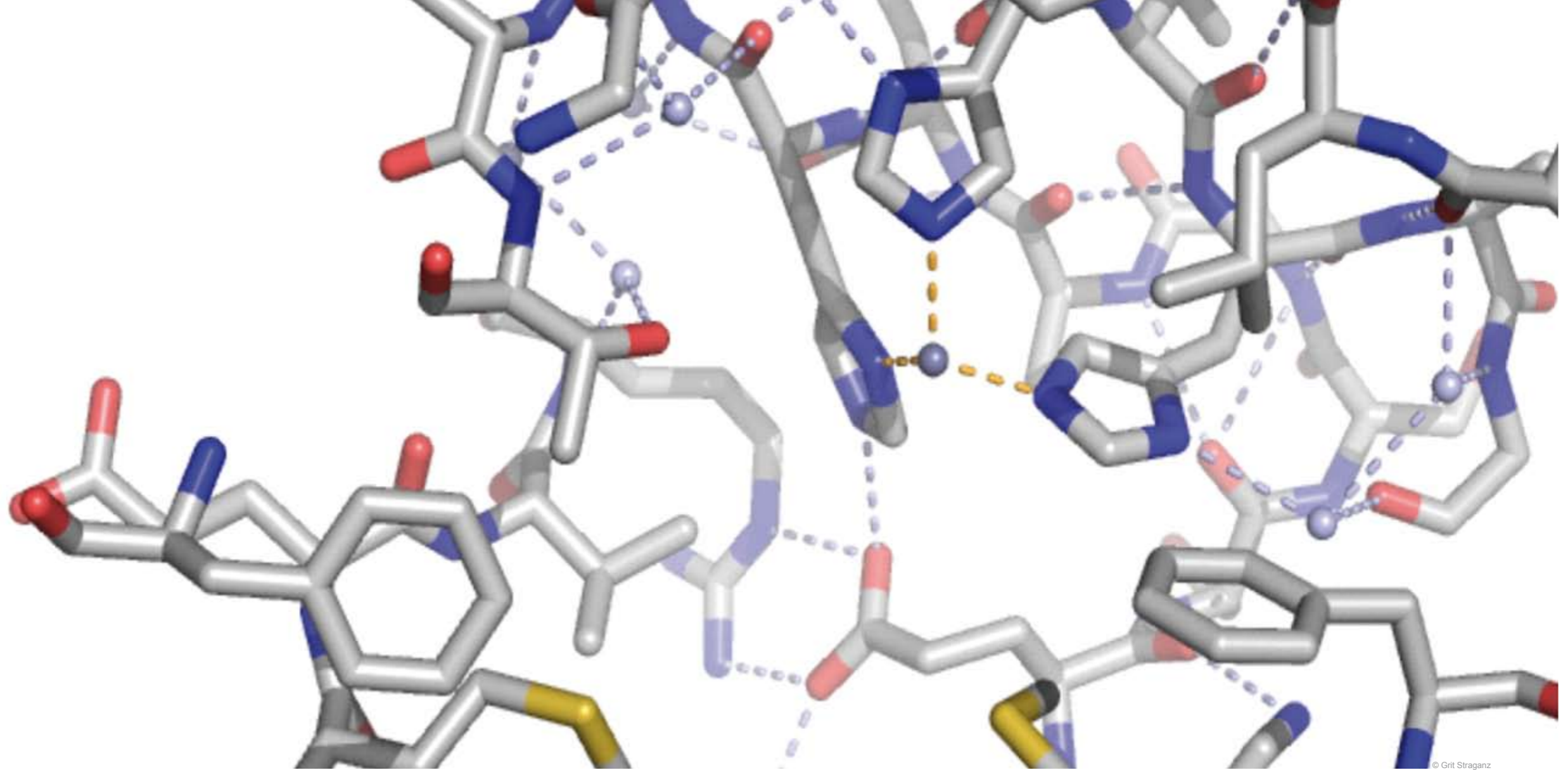
Life, however, largely depends on O<sub>2</sub> and nature has evolved subtle strategies for “controlled burning” reactions. One rationale is the utilization of metal co-factors: a metal ion is embedded into a protein structure and at this metal core O<sub>2</sub> is reduced.

The protein structure around the “burning heart” controls this process. It guides the reduced oxygen species to a particular site of the organic molecule where it attacks. Thus, metal enzymes can catalyze a variety of complex, highly selective controlled “burning” reactions, which sometimes open fascinating new routes for the synthesis of drugs.

Mononuclear nonheme Fe(II) centres (MNHEs) are the most versatile platform for O<sub>2</sub>-dependent reactions. In MNHEs iron is generally ligated by a facial triad of 2 histidines and one carboxylate (Figure 1a). Their common metalcentre architecture and principle of O<sub>2</sub> activation is contrasted with the diversity of subsequent pathways of intermediate oxygen decomposition in the various enzymes (Figure 1b), and these pathways are determined by a subtle interplay of substrate structure and protein environment and the resulting intermediate iron oxidation state, an area which has undergone little research.

Abb 1: Mononukleare Nicht-häm-Fe(II)-Enzyme. (1a) Metall-Zentrum eines Mononuklearen Nicht-häm-Fe(II)-Enzyms, koordinativ von der prototypischen 2-Histidin 1-Carboxylat-Triade gebunden. (1b) Schematische Darstellung der Reaktionswege, welche prinzipiell von O<sub>2</sub> abhängigen MNHE-Enzymen katalysiert werden.

Fig. 1: Mononuclear non-heme-Fe(II)-enzymes. (1a) Metal-center of a mononuclear nonheme-Fe(II)-enzyme, ligated by the prototypical facial triad. (1b) Schematic representation of principle reaction pathways catalyzed by O<sub>2</sub> dependent MNHE-enzymes.



© Grit Straganz

Abb. 2: 3-Histidin-kordiniertes Metallzentrum der Dke1 (Protein Database Accession Code: 3BAL)

Proteinumgebung und resultierendem Oxidationszustand des Eisens bestimmt, was noch wenig erforscht ist.

Ein System, das ich untersuche, um dieses Zusammenspiel aufzuklären, ist das Enzym Dke1, eine neuartige MNHE-Dioxygenase, die in meiner Doktorarbeit gefunden, kloniert und biochemisch charakterisiert wurde. Detaillierte mechanistische Studien führten zum erstmaligen direkten Beweis, (i) dass die Sauerstoff-Reduktionsraten am Metallzentrum direkt und quantitativ von der Substratstruktur abhängen und (ii) ebenso das C-C Spaltungsmuster. Auf Basis dieser Studien wurde ein Mechanismus der Dicarbonylsplaltung in Dke1 vorgeschlagen. Die Arbeit wurde mit dem 'Anton Paar Wissenschaftspreis' ausgezeichnet.

Das Metallzentrum von Dke1 wurde während meines einjährigen Forschungsaufenthaltes an der Stanford University (USA) auch spektroskopisch untersucht: Dke1 zeigt eine untypische Metallbindungsstelle, drei Histidine binden das Eisen (Abb. 2). In Stanford untersuchten wir die Frage, welche Rolle das jeweilige Bindungsmotiv in der Katalyse und vor allem bezüglich des Mechanismus der Sauerstoff-Aktivierung spielt.

Weitere Studien befassen sich damit, den Einfluss der Proteinumgebung auf den Reaktionsweg MNHEs zu charakterisieren und die Proteinstruktur gezielt zu verändern, mit dem Ziel neue Enzymreaktionen zu designen.

In order to elucidate this interplay, one object of my studies is the enzyme Dke1, a novel MNHE-dioxygenase that was discovered, cloned and biochemically characterized during my PhD thesis. Detailed mechanistic studies gave unprecedented, direct insight that (i) O<sub>2</sub> reduction rates at the metalcentre are directly and quantitatively dependent on the electronic substrate structure and that (ii) there is an electronic substituent effect of C-C bond cleavage. Based on these studies, a chemical mechanism of dicarbonyl cleavage in Dke1 was proposed. The 'Anton Paar Science Award' was awarded for this work.

The metalcentre of Dke1 was furthermore the target of spectroscopic studies during my recent

one-year research term at Stanford University (CA, U. S. A.). The structure of Dke1 reveals a remarkable, atypical nonheme Fe(II) binding site, where three histidine residues ligate the metal cofactor (Figure 2). In Stanford, we investigated what actual role the respective metal binding motif plays in catalysis and particularly in the mechanism of O<sub>2</sub> activation.

Further current studies aim at (i) characterizing the impact of the protein environment on the mechanism and reaction pathway of MNHEs, and at (ii) systematically altering the protein structure, with the aim of creating novel O<sub>2</sub>-dependent enzymatic reactions.

Fig. 2: The 3-Histidine ligated metal center of Dke1. (Protein Database Accession Code: 3BAL)

# FoE

## Information, Computing, and Communication Technologies

Das Kompetenzfeld "Information, Computing, and Communication Technologies" (ICCT) wird von drei Forschungsschwerpunkten getragen:

- Algorithmen und Mathematische Modellierung
- E-University: Sichere verteilte intelligente Multimedia-Prozesse und -Strukturen
- Smart Systems for a Mobile Society

Der Forschungsschwerpunkt „Algorithmen und mathematische Modellierung“ ist die gemeinsame Plattform für mathematisch-algorithmisch orientierte Forschungsgruppen an der TU Graz. Die Kompetenzen umspannen den Bogen von der reinen und angewandten Mathematik über algorithmische Methoden in den Computerwissenschaften bis zur mathematischen Physik und der mathematischen Modellierung in den Ingenieurwissenschaften.

„E-University“ vereint mehrere eigenständige Forschungsgruppen der Fakultät für Informatik sowie angrenzender Bereiche. Durch die Vernetzung ergeben sich neue Blickwinkel für alle Teil-

nehmer und durch die integrierende Sichtweise wird der notwendige Impact für die Entwicklung zur E-University erwartet. Das Leitprojekt derzeit heißt „FutureLabs“. Alle Forschergruppen nehmen daran teil.

Der dritte Forschungsschwerpunkt "Smart Systems for a Mobile Society" befasst sich mit der Integration innovativer Methoden aus den Wissenschaftsbereichen Communication, Localisation, Computation und Cognition in „Smart Systems“, die die mobile Informationsgesellschaft unterstützen und zu neuen Produkten führen. Enge Kooperation mit der Industrie, insbesondere in der Steiermark, ist ein wesentlicher Aspekt.

Im Zusammenschluss dieser drei Forschungsschwerpunkte manifestiert sich ein Kompetenzfeld, welches von drei der sieben Fakultäten der TU Graz maßgeblich getragen wird.

*Otto Koudelka, Karl C. Posch, Wolfgang Woess*

## Information, Computing, and Communication Technologies

The field of expertise "Information, Computing and Communication Technologies" (ICCT) consists of the following three areas of research:

- Algorithms and Mathematical Modelling,
- E-University: secure, distributed, intelligent multimedia processes and structures,
- Smart Systems for a Mobile Society.

The research area „Algorithms and Mathematical Modelling“ is the joint platform of the mathematically & algorithmically oriented research groups at Graz University of Technology. The fields of competence range from pure and applied mathematics, by way of algorithmic methods in computer science, to mathematical physics and mathematical modelling in the engineering sciences.

In "E-University", research groups from the Faculty of Computer Science and also neighbouring areas cooperate in order to push forward knowledge and information handling at Graz

University of Technology. Currently, the lead project within E-University is "FutureLabs" in which all research groups within the Faculty of Computer Science are participating.

"Smart Systems for a Mobile Society" is concerned with the integration of innovative methods from the scientific disciplines "communications", "localisation", "computation" and "cognition" into "Smart Systems" which support the mobile information society and will lead to new products. Close cooperation with industry, particularly in Styria, is an important aspect.

The union of these three research areas manifests a field of expertise which is being supported significantly by 3 of the 7 faculties of Graz University of Technology.

*Otto Koudelka, Karl C. Posch, Wolfgang Woess*

# FutureLabs @ Informatik.TUGraz

Karl C. Posch



Karl C. Posch ist Professor am Institut für Angewandte Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologie. Seine Forschungsinteressen liegen auf dem Gebiet der Informationssicherheit. Seit 2004 ist er stellvertretender Dekan der Fakultät der Informatik.

Wenn Sie alt genug sind, dann können Sie sich noch an die Zeit erinnern, als es noch kein World-Wide-Web gab. Hätten Sie sich damals die Zukunft so vorgestellt, wie sich jetzt die Welt mit dem ubiquitären Vorhandensein des Internet darstellt? Hätten Sie an Suchmaschinen („Haben Sie heute schon gegoogelt?“) oder an soziale Netzwerke („Facebook“, das fünftgrößte Land der Welt) gedacht?

Wenn Sie sich die Mühe machten, jetzt in ähnlicher Weise an die Zukunft zu denken - welche Vorstellung hätten Sie davon? Sich über mögliche Zukünfte Gedanken zu machen und jetzt Aktionen in diese Richtung zu setzen - darum geht es in FutureLabs.

In FutureLabs versuchen mehrere Forschergruppen der TU Graz gemeinsam einen Teil dieser möglichen Zukünfte der Menschen zu erfinden und mitzugestalten. Dass diese Forscher durchwegs im Bereich der Informatik angesiedelt sind, ist nicht weiter verwunderlich. Die unüblich rasche Entwicklung der Informatik in den letzten paar Jahrzehnten sowie der offensichtliche Einfluss der Informatik auf alle Lebensbereiche werden mittlerweile als Faktum verstanden. Dies wird sich aller Voraussicht nach vorerst nicht ändern. Diese Entwicklung ist weitestgehend forschungs- und innovationsgetrieben.

Neu in FutureLabs ist jedoch, dass die Informatikforscher ihre Arbeiten auch synoptisch betrachten. Neu ist auch, dass nicht historisch gewachsene und durch Namen von Instituten definierte Strukturen im Vordergrund stehen, sondern Themen als erstrangiges Ideenvehikel verwendet werden. Der themenorientierte

Zugang ist für das Verständnis der Informatik-geprägten Zukunft wesentlich besser geeignet als der traditionell strukturzentrierte. Strukturen tendieren dazu, zeitlich rückwärtsgewandt stabilisierend zu wirken; Themen jedoch lassen sich viel besser vorwärts denken.

Welche Themen im Rahmen von FutureLabs wichtig sind, ist in der Grafik dargestellt. Rund um das Thema „Lecture Room of the Future“ finden sich drei weitere Themen: „Visual Computing und User Interfaces“, „E-University“ und „Intelligent Systems“. Jedes dieser vier Themen besteht aus einer Reihe von Unterthemen. Diese rund 15 Sub-Themen repräsentieren das derzeitige Forschungsinteresse der an FutureLabs beteiligten Forschergruppen. Die Themen und Sub-Themen hängen vielfach miteinander zusammen und werden in rund einem Dutzend Teilprojekten bearbeitet: „Smart Office“, „Robot Learning Lab“, „Virtual Reality Feedback through Brain-Computer Communication“, „A Young Lady’s Illustrated Primer for Computer Science“, „Digital Resources for Scientists and Laymen“, oder das „Correct Systems Lab“ und einige andere.

Wie kann es sein, dass eine solche Vielfalt von Themen innerhalb eines Projektrahmens Platz findet und gemeinsam finanziell gefördert werden kann? Herkömmliche Forschungsförderung, sei diese national oder auch international, bietet derzeit kein Instrument dafür an. Die Antwort darauf ist eigenartig: FutureLabs ist ein Projekt zur Verbesserung der technischen Infrastruktur eines Teils der Universität. Um in einer kompetitiven Universitätslandschaft vermehrt in Informatik-Infrastruktur zu investieren, brauchte

# FutureLabs @ Informatics.TUGraz

Karl C. Posch

If you are old enough, you can certainly remember those days without the world-wide web. But would you have imagined back then a future which we are now facing with the ubiquitous presence of the Internet? Would you have thought about the massive impact of search machines (creating companies as large as Google) or the even faster rise of social networks (turning “Facebook” into the “fifth-largest country” on earth)?

Considering this recent development in informatics, try to expand your imagination into the future. What guesses would you come up with? FutureLabs does just that. It tries to imagine our future shaped by informatics and finances activities towards this future.

At FutureLabs, several research groups at Graz University of Technology endeavour to invent and create elements of possible futures. It seems to be quite natural that we find these researchers within informatics. Throughout the last few decades, informatics has developed at an unusually high speed, and the influence of

this development is meanwhile being noticed in all domains of society. From everything we know, this will not change in the foreseeable future. This development is driven mainly by research and innovation.

What is new about FutureLabs is that the researchers see their work in a coherent fashion. What is also new is that FutureLabs features themes as the major vehicle of research – and not historically defined names of institutions and structures established through these names. For a future strongly shaped by informatics, this theme-oriented access definitely has advantages and provides better options than the traditional structure-oriented access. Structures tend to stabilize a system by viewing it backwards, whereas themes can be thought proactively forward in time.

Figure 1 shows the important themes within FutureLabs. The central theme is the “Lecture Room of the Future”. Around this theme there are three others: “Visual Computing und User Interfaces”, “E-University”, and “Intelligent Sys-

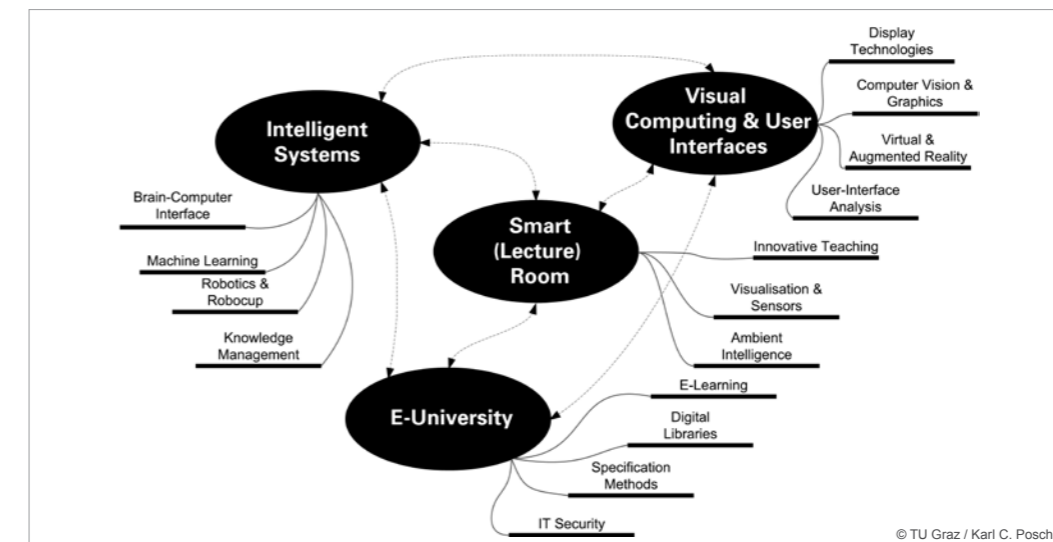


Abb. 1: Themen in FutureLabs

Fig. 1: Themes in FutureLabs



© TU Graz / ICG, Dieter Schmalstieg



© TU Graz / IAİK, T. Popp

Abb. 2: Smart Offices als Hörsaal der Zukunft.

Fig. 2: Smart Offices, the Lecture Room of the Future.

Die Partnerinstitute von FutureLabs sind: Angewandte Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologie, Informationssysteme und Computermedien, Wissensmanagement, Grundlagen der Informationsverarbeitung, Semantische Datenanalyse, Maschinelles Sehen und Darstellen, Computergaphik und Wissensvisualisierung, Softwaretechnologie.

Abb. 3: Informationssicherheit und korrekte Systeme als Grundvoraussetzung.

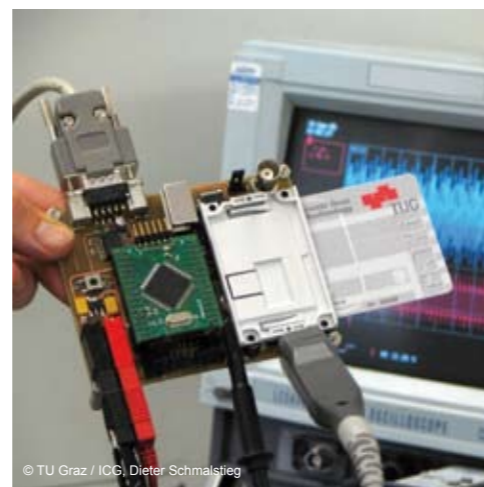
Fig. 3: Information security and correct systems as a precondition.

es jedoch die gemeinsame Anstrengung aller TU Graz-Informatikforscher, um eine solche Investition zu argumentieren. Diese Anstrengung schaffte die konzeptuelle Basis für FutureLabs. Die Bemühungen von Universitätsrätin Mag. Monika Fehrer sollten hier nicht außer Acht gelassen werden. Sie war und ist der treibende Faktor, wenn es darum ging und geht, in geeigneter sichtbarer Weise Vorstellungen über die durch Informatik wesentlich bestimmte Zukunft zu präsentieren und daraus Finanzierungen zu erzeugen.

In einer ersten Phase von drei Jahren wird FutureLabs vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung der österreichischen Bundesregierung mit 1,1 Mio. Euro gefördert. Derzeit befindet sich das Projekt im zweiten Jahr. Die an FutureLabs beteiligten Forschergruppen sind über alle acht Informatikinstitute verteilt. Innerhalb von FutureLabs wird der Großteil der Mittel im Antragsverfahren an einzelne Forschergruppen vergeben.

FutureLabs beschäftigt sich auf verschiedene Weisen mit den großen Fragen der Informatik: „Was ist Denken?“, „Inwieweit lässt sich Denken berechnen und damit auch automatisieren?“, und „Was ist Information?“. Diese an sich rein grundlagenorientierten Fragen haben massive Auswirkungen auf den menschlichen Alltag und wir sprechen mittlerweile von Informatik als der

vierten Kulturtechnik - neben den traditionellen Kulturtechniken Schreiben, Lesen und Rechnen. Vor allem das Tandem „Mensch - Computer“ ist von Interesse, wobei der Begriff „Computer“ hier allgemein zu verwenden ist: vom Internet über den Personal-Computer bis hin zur Chipkarte, intelligenten RFID-Chips und den verbindenden Netzwerken. Was kann der Mensch zusammen mit einer von Computern durchsetzten Umgebung? Wie organisieren wir unsere Gesellschaft angesichts der ubiquitären Verfügbarkeit von Information und deren automatisierter Verarbeitung? Wie gestalten wir diese informatisierte Umgebung auf eine vertrauenswürdige Weise? Wie schützen wir uns vor eine Überschwemmung mit teils unzuverlässiger Information? Und welche wissenschaftlichen Fragestellungen resultieren daraus?



© TU Graz / ICG, Dieter Schmalstieg

tems“. Each of these four themes consists of a couple of sub-themes. These roughly 15 sub-themes represent the current research interest of the research groups at FutureLabs. There is also a strong interrelation between all the themes and sub-themes. Currently, these themes provide the basis for a dozen funded projects, such as “Smart Office”, “Robot Learning Lab”, “Virtual Reality Feedback through Brain-Computer Communication”, “A Young Lady’s Illustrated Primer for Computer Science”, “Digital Resources for Scientists and Laymen”, and the “Correct Systems Lab”, and many more. How is it possible to accommodate and finance such a variety of themes within the framework of one project? Traditional research funding, be it national or international, does not provide appropriate instruments for such a range of topics. The answer to this is that FutureLabs in essence is a project to improve the technical infrastructure of part of the university. To invest in the infrastructure of informatics within the competitive surroundings of a university setup demanded a combined effort of all the informatics researchers at Graz University of Technology. This led to FutureLabs providing suitable arguments for the necessary funding. Here, we should not ignore the efforts of Monika Fehrer from the University Council. She was and still is the driving force for presenting the ideas of FutureLabs in an appropriate manner, and thus helped to create increased funding for research in informatics.

In a first phase with a duration of three years, FutureLabs is being funded by the Austrian Ministry for Science and Research to the tune of 1.1 million euros. Currently, the project is in its second year. The research groups contributing to FutureLabs are distributed throughout all eight university institutes within the Faculty of Computer Science at Graz University of Technology. FutureLabs mainly provides funding for projects in a competitive manner according to the evaluation of proposals. In essence, FutureLabs tries to tackle the big questions of informatics: “What is mind?”, “What is computable?“, and “What is information?“. As everyone can see, these fundamental questions have massive implications for everyday life. In addition to reading, writing, and arithmetic, informatics as “computational thinking” is about to become the fourth fundamental skill for everyone. In particular, the tandem “humans and computers” is interesting. And by “computer” we mean the internet, personal computers, smart cards and intelligent RFID chips, with all the networks in between. What can humans do with a “computerized”, i.e. intelligent environment? How should we organize society, given the ubiquitous availability of information and information processing? How do we create this ambient intelligence in a trustworthy manner? How do we protect ourselves from being flooded with – sometimes unreliable – information? And what research questions will result from all this?

Abb. 4: Gehirnstrommessung zur virtuellen Bewegung

Fig. 4: Measuring electrical current in the brain for virtual movements

The partner institutes of FutureLabs are: Applied Information Processing and Communications, Information Systems and Computer Media, Knowledge Management, Theoretical Computer Science, Knowledge Discovery, Computer Graphics and Vision, Computer Graphics and Knowledge Visualisation, and Software Technology.

## FWF Doktoratskolleg “Confluence of Vision and Graphics“

### FWF Doctoral “Programme Confluence of Vision and Graphics“

Horst Bischof

Am Doktoratskolleg  
beteiligt sind:  
F. Aurenhammer,  
H. Bischof,  
D. Fellner, F. Leberl,  
A. Pinz, D. Schmalstieg  
[www.visualcomputing.at](http://www.visualcomputing.at)

Scientists from different  
areas are participating:  
F. Aurenhammer, H. Bischof, D.  
Fellner, F. Leberl,  
A. Pinz, D. Schmalstieg  
[www.visualcomputing.at](http://www.visualcomputing.at)

Bildverarbeitung und Computer-Grafik sind zwei Forschungsgebiete, die einander sehr nahe stehen. Doch obwohl beiden Gebieten dieselben physikalischen und mathematischen Grundlagen und Repräsentationsformen gemein sind, werden sie als unterschiedliche akademische Disziplinen betrachtet. Die Gemeinsamkeiten zwischen Bildverarbeitung und Grafik zu betrachten, ist wissenschaftlich ein lohnenswertes Unterfangen.

Das Ziel des Doktoratskollegs ist, hoch talentierten Doktoratsstudierenden die einmalige Möglichkeit zu eröffnen, die Gemeinsamkeiten der beiden Gebiete forschersich zu erschließen und auszubauen. Alle im Rahmen des Doktoratskollegs verfassten Dissertationen haben sowohl einen signifikanten Grafik- als auch Bildverarbeitungsanteil. Durch das Ausbildungsprogramm werden die Studierenden zu hervorragenden WissenschaftlerInnen in einem stark interdisziplinären Gebiet ausgebildet und können zugleich Forschung auf hohem, internationalem Niveau betreiben.

Computer vision and computer graphics constitute two closely related areas of research. Though both fields rely on the same physical and mathematical principles and on a common set of representations, they mainly differ in how these representations are built. Exploiting the commonalities between vision and graphics turns out to be a scientifically profitable endeavour.

The goal of the “Confluence of Vision and Graphics” doctoral programme is to educate highly talented PhD students in this interdisciplinary field and to teach them a common view of this challenging topic from the start. All proposed topics require a significant amount of vision and graphics. The educational programme will ensure that the students will be trained to become future leading scientists in this very interdisciplinary area and will be able to carry out research at standards of excellence.



Abbildung: Geometrische Modellierungssprachen für effiziente 3D Darstellungen.

Figure: Geometrical Modeling Language for efficient 3D Modeling

## FWF Doktoratskolleg “Numerical Simulations in Technical Sciences“

### FWF Doctoral Programme “Numerical Simulations in Technical Sciences“

Olaf Steinbach

Das vom Wissenschaftsfonds geförderte Doktoratskolleg „Numerical Simulations in Technical Sciences“ hat das Ziel, DoktorandInnen im Bereich der Angewandten Mathematik, des wissenschaftlichen Rechnens und den Anwendungen in den Ingenieurwissenschaften interdisziplinär auszubilden. Diese Interaktion ist sowohl für die Entwicklung neuer Algorithmen und ihrer mathematischen Begründung wesentlich, als auch für die Anwendung dieser Algorithmen bei der Lösung komplexer Aufgabenstellungen aus der Praxis zur direkten Simulation und Optimierung. Das Forschungsprogramm beinhaltet elf interdisziplinär geleitete Projekte, welche untereinander stark verbunden sind.

Anwendungen sind zum Beispiel die Simulation des Tunnelvortriebs, die Entwicklung und Verbesserung elektronischer Bauteile, die Optimierung von Verbrennungsvorgängen oder die Simulation von Erdbebenwellen und des Rad-Schiene Kontaktes.

Das Ziel des Doktoratskollegs ist die stärkere Verknüpfung der bereits vorhandenen Kompetenzen in den Bereichen der Angewandten Mathematik und der Ingenieurwissenschaften in Graz.

The doctoral programme „Numerical Simulations in Technical Sciences“ funded by the FWF aims at providing an interdisciplinary education of PhD students in applied mathematics, scientific computing and engineering. This interaction is essential for the formulation and analysis of new mathematical algorithms and their applications to solve challenging problems in engineering. The research programme combines eleven interdisciplinary projects which are strongly interconnected.

Examples include the simulation of tunnel excavation, the development and improvement of various devices in electrical engineering, the optimization of combustion processes, the simulation of earthquake-induced waves, and the vibration and wear of rolling contacts.

The objective of this interdisciplinary and inter-university doctoral programme is to strengthen existing expertise in numerical analysis, optimisation, scientific computing, and technical applications.

Scientists from different areas are participating, viz. from applied mathematics (G. Haase, K. Kunisch, O. Steinbach), mechanics (G. Beer, G. Brenn, M. Schanz, W. Sextro), electrical engineering (O. Biro), and computational physics (W. von der Linden).

Am Doktoratskolleg beteiligt sind Wissenschaftler aus der Angewandten Mathematik (G. Haase, K. Kunisch, O. Steinbach), der Mechanik (G. Beer, G. Brenn, M. Schanz, W. Sextro), der Elektrotechnik (O. Biro) und der Physik (W. von der Linden).  
[www.DK-NumSim.tugraz.at](http://www.DK-NumSim.tugraz.at)

Scientists from different areas are participating, viz. from applied mathematics (G. Haase, K. Kunisch, O. Steinbach), mechanics (G. Beer, G. Brenn, M. Schanz, W. Sextro), electrical engineering (O. Biro), and computational physics (W. von der Linden).  
[www.DK-NumSim.tugraz.at](http://www.DK-NumSim.tugraz.at)

# FoE

## Production Science & Management

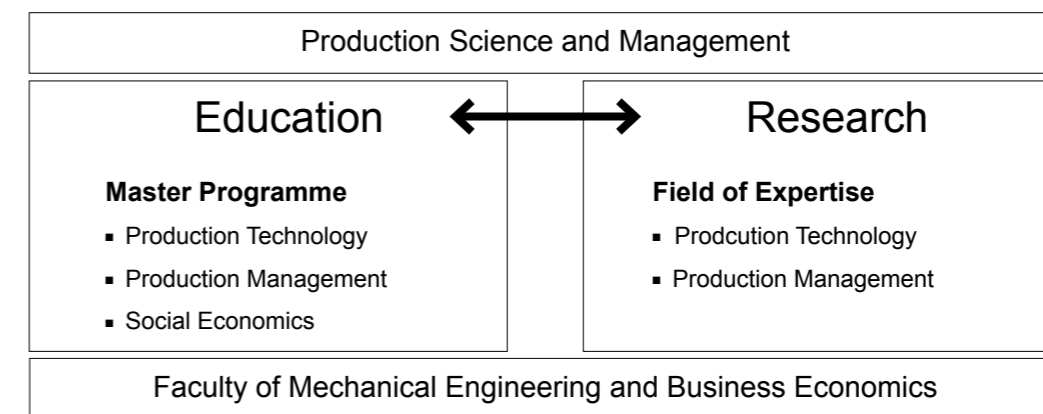
Produktionstechnik und -management sehen sich heute zunehmend mit immer schnelleren Designänderungen, neuen Werkstoffen und neuen Verfahren zur Herstellung von Produkten konfrontiert. Außerdem nehmen die Anforderungen an unterschiedliche Bauteile mehr und mehr zu und das strukturelle Anforderungsprofil verkompliziert sich. Gleichzeitig steigt jedoch der Wunsch nach wirtschaftlicher, kostengünstiger und zeitsparender Produktion bei gleich bleibender Qualität. Um die besondere Bedeutung hervorzuheben, wurde „Production Science & Management“ vom Rektorat der TU Graz als eines von sieben „Fields of Expertise“ definiert. Jedes dieser sieben FoE ist durch verstärkte Forschungsaktivität im jeweiligen Bereich gekennzeichnet.

Ralf Kolleck, Josef Wohinz

## Production Science & Management

Today, production science and management is increasingly facing faster changes in design, new materials and methodologies in manufacturing products. In addition, demands on various components are rising and the structural-mechanical specifications are becoming more and more complex. At the same time, there are increasing calls for more efficient, economical and time-saving production without a corresponding lowering of the quality of the product. To emphasise this special matter, PSM was defined as one of the seven “Fields of Expertise” (FoE) by the Rectorate of Graz University of Technology. Each of the seven FoE performs intensified research-work within its particular field.

Ralf Kolleck, Josef Wohinz



© TU Graz / Wohinz

PSM within the Faculty of Mechanical Engineering and Business Economics

# Innovative Produktion

Ralf Kolleck, Josef Wohinz



Ralf Kolleck ist Leiter des Instituts Tools & Forming, Member of Frank Stronach Institute an der TU Graz. Die praxisrelevanten Forschungsaktivitäten fokussieren sich u.a. auf die Optimierung von Umformprozessen und Umformanlagen, oder die Entwicklung und Verbesserung von Werkzeugsystemen.

Ralf Kolleck is head of the Institute of Tools & Forming, which is a member of the Frank Stronach Institute at Graz University of Technology. His practical research activities focus among other things on the optimisation of forming processes and forming systems, and the development and improvement of tool systems.

Um den veränderten Anforderungen und dem Erhalt des Wettbewerbsvorsprunges des europäischen Marktes zu entsprechen, erscheint eine gezielte Verknüpfung von Produktionstechnik und -management in gesamtheitlich konzipierten Innovationsansätzen unverzichtbar.

Am Frank Stronach Institute (FSI) der TU Graz wurde ein Institut mit der Bezeichnung Production Science and Management eingerichtet, das als integraler Bestandteil der Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften fachspezifische Lehre und Forschung auf diesem Gebiet ermöglichen soll.

PSM ist eine akademische Plattform für die Entwicklung von Industrie-Kompetenz sowohl für Individuen als auch für gesamte industrielle Organisationen, speziell im Bereich der Produktionstechnik aber auch im Bereich des Produktionsmanagements.

Im Bereich der Ausbildung wurde PSM als eigenständiges Master-Programm installiert. Das Hauptziel ist die Entwicklung von Fähigkeiten und Kenntnissen in den drei Schwerpunkten Produktionstechnik, Produktionsmanagement und Sozialkompetenz.

**Forschungsziel: Innovative Produktion**  
*„Innovation, that is the process of finding economic application for the inventions“*

Diese Interpretation des Begriffes Innovation geht auf Joseph A. Schumpeter zurück. Er hat in seinem bereits 1911(!) erschienen Buch „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“ das Wesen der Innovation in seiner heutigen Bedeutung unter dem Aspekt der „Durchsetzung neuer Kombinationen“ beschrieben.

Dazu zählt er auch die Einführung einer neuen,

das heißt dem betreffenden Industriezweig noch nicht praktisch bekannten, Produktionsmethode. Heute wird dafür üblicherweise der Begriff Prozessinnovation verwendet, da es um Neuerungen im Kombinationsprozess der Produktionsfaktoren geht. Dieser Kombinationsprozess stellt einen der Kernprozesse jeder unternehmerischen Aktivität dar. Hier werden die Produkte bzw. betrieblichen Leistungen unmittelbar hervorgebracht.

Die Kombination dieser Produktionsfaktoren erfolgt in Produktionssystemen. Produktionssysteme sind soziotechnische Systeme, in denen Menschen (Mitarbeiter) und Maschinen (Betriebs- bzw. Arbeitsmittel) zusammenwirken.

Das Produktions-Management umfasst nun die Gestaltung, Lenkung und Entwicklung dieser Produktionssysteme in ihrer Gesamtheit. Die Produktionstechnik beschäftigt sich insbesondere mit den technologischen Aspekten innerhalb dieser Produktionsprozesse bzw. Produktionssysteme. Werkstoffauswahl, Betriebsmitteleinsatz, zweckmäßige Förder- und Lagersysteme können hier beispielhaft erwähnt werden.

Die Realisierung dieses Forschungsschwerpunktes „Production Science and Management“ ist geprägt durch eine enge Kooperation zwischen den Instituten, die für Produktions-Technik beziehungsweise für Produktions-Management eingerichtet sind (Fig. 1).

**Forschungsbereich: Produktions-Technik**  
 Die Aktivitäten der produktionstechnischen Institute, siehe Fig. 1, der TU Graz werden in einem Zentrum „Produktionstechnik Graz“ (PTG) gebündelt. Dadurch wird eine engere Verzahnung von Wissenschaft und Industrie ermöglicht und ein übergreifendes Netzwerk aktiviert. Die regio-

# Innovative Production

Ralf Kolleck, Josef Wohinz

## About the strategic alignment of PSM as a FOE

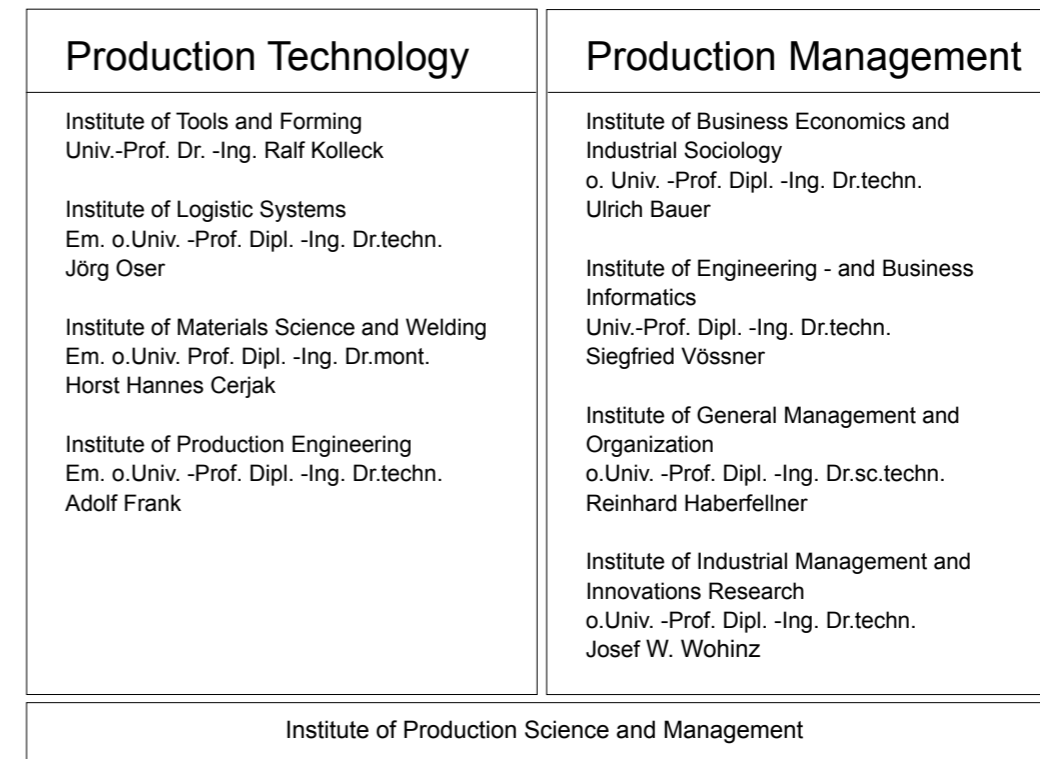
To meet the changing requirements of the European market and to conserve the competitive advantage, the fields of production science and management have to co-operate to create holistic innovative approaches. As a part of Graz University of Technology, the Production Science and Management (PSM) department was installed at the Frank Stronach Institute (FSI). Integrated within the Faculty of Mechanical Engineering and Business Economics, it offers expert courses and research in this special field.

PSM acts as an academic platform for the development of industrial expertise for both indivi-

duals and industrial organisations in the fields of production science and production management. PSM was installed as an independent Master's programme. The main goal is the development of skills and knowledge in the three main areas production science, production management and soft skills.

**Research goal: Innovative production**  
*“Innovation is the process of finding economic application for the inventions“*

This interpretation of the term innovation can be traced back to Joseph A. Schumpeter. He has described the nature of innovations in his book Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, pub-



© TU Graz / Wohinz



Josef Wohinz leitet das Institute of Production Science and Management sowie das Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung. Wohinz' Forschungsinteressen liegen u.a. im Industriellen Management, Produktionsmanagement sowie im Innovations- und Wissensmanagement.

Josef Wohinz heads the Institute of Production Science and Management and the Institute of Industrial Management and Innovation Research. His research interests lie in industrial management, production management and innovation and knowledge management, among other areas.

Fig. 1: Relevant Institutes in Production Technology and Production Management





© Firma Trumpf



© TU Graz / Bergmann

nen und internationalen Industriepartner haben so einen wissenschaftlichen Ansprechpartner für die gesamte Wertschöpfungskette der Produktionstechnik.

**Forschungsbereich: Produktions-Management**

Im Produktionsmanagement werden die wirtschaftswissenschaftlichen Grundlagen erfolgreicher Produktion geklärt. Dazu zählen beispielsweise die Prozess- und Prozesskostenanalyse, die Gestaltung der Produktionslogistik, Aspekte der Produktionsplanung und -steuerung sowie das Produkt- und Prozessdatenmanagement.

**Ausblick**

Innovative Produktion stellt einen Forschungsbereich von hoher wissenschaftlicher wie praktischer Relevanz dar. Technische wie ökonomische

Entwicklungen in der industriellen Landschaft stehen derzeit an der Tagesordnung. Dies führt dazu, dass die gestellten Anforderungen an die damit befassten Menschen ebenfalls einer entsprechenden Weiterentwicklung bedürfen. Die Anforderungen an Forschung und Lehre steigen im selben Ausmaß.

Aufgrund dieser Umstände wurde unter anderem das FSI an der TU Graz gegründet; weiters wurde PSM als spezielle akademische Plattform für die Entwicklung von Industrie-Kompetenz in der Produktionstechnik und im Produktionsmanagement definiert. Die Vorteile einer Kooperation zwischen einzelnen Industrieunternehmen und der TU Graz, wie sie das FSI darstellt, sind überzeugend; daher sollte es außer Zweifel stehen, dass diese Erfolgsgeschichte auf Basis einer Win-Win Situation für beide Seiten fortgesetzt und laufend verbessert wird.

lished in 1911, under the aspect of the enforcement of new combinations. This also includes the introduction of a new, i.e. in the industry concerned not yet known, practical method of production. Today the term usually used for this is process innovation, since it deals with innovations in the combination of production factors. This combination process represents one of the core processes of every business activity since here the products or services are created. The combination of these factors or services occurs in production systems. Production systems are socio-technical systems in which people (employees) and machinery (work equipment) interact. Production management now includes design, management and development of these production systems at large. The production technology is concerned particularly with the technological aspects within the production processes or production systems. Raw material selection, equipment use, appropriate handling and storage systems should also be mentioned. In this sense, the realization of the research area of PSM is being characterised with close co-operation between the institutions which are responsible for Production Technology and Production Management (see Figure 1).

**Research area: Production Science**

The activities of the institutes related to production science (see Figure 1: Relevant institutes in production technology and production management) at Graz University of Technology are combined in a centre called PTG - Produktionstechnik Graz (Production Science Graz). This leads to a tighter connection of science and

industry, something that furthermore activates a comprehensive network. Local and international partners in industry get to have a scientific contact person for the overall value-added chain in production science.

**Research area: Production Management**

With production management, business-economical basics of a successful production are cleared. This includes process costs analyses, investment analyses, design of production logistics, aspects of production planning and control and the product and process data management.

**Outlook**

Innovative production represents a research area with a high scientific and practical relevance. Technical and economical developments within the industrial landscape occur frequently nowadays. This leads to increasing requirements made on the people working in these areas. The requirements made on research and teaching are rising to the same degree.

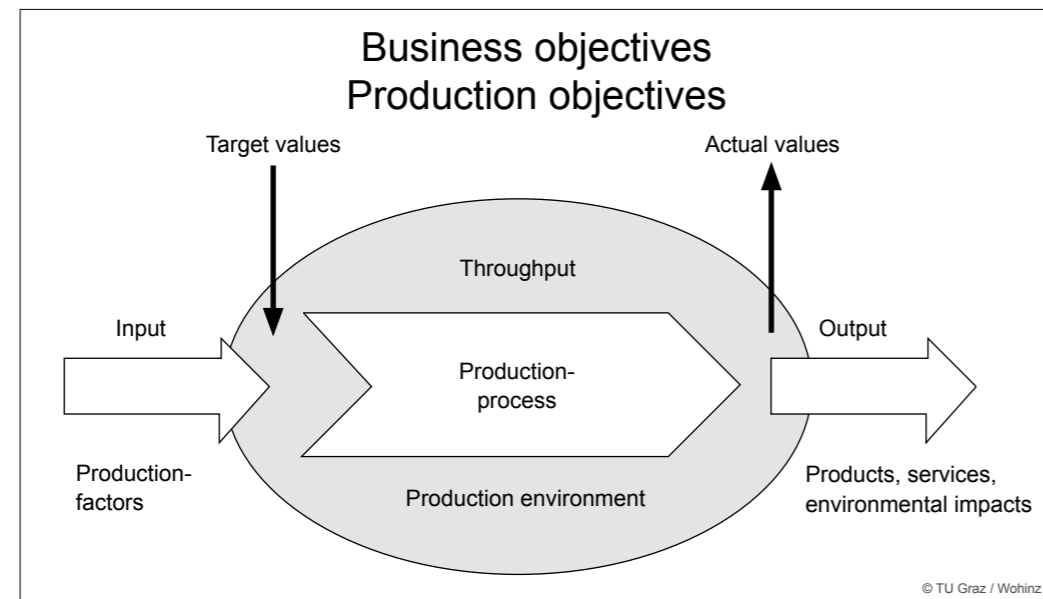
It was in this context that the Frank Stronach Institute (FSI) at Graz University of Technology was founded. Furthermore, Production Science and Management were defined as a specific academic platform for the development of industrial competences in Production Technology and Production Management. The benefits of this co-operation between industries and Graz University of Technology are of high importance for both sides, as is convincingly demonstrated by the FSI. So it is beyond all doubt that this success-story should be continued and the basis for this win-win situation constantly improved.

**Abb. 3: Austenitisierung von borlegierten Stählen im Kammerofen**

*Fig 3: Austenitisation of boron-alloyed steels inside the chamber furnace*

**Abb. 2: Produktion als Kombinationsprozess von Produktionsfaktoren**

*Fig. 2: Production as a process of the combination of product factors*



# FoE



© TU Graz / Robert Illemann

## Sustainable Systems

Das Field of Expertise „Sustainable Systems“ baut auf einer langen Tradition der Aktivitäten an der TU Graz auf. Seit dem Ende der 1980er Jahre widmet sich unsere Universität den Fragestellungen nachhaltiger Entwicklung in Forschung und Lehre.

Heute ist die TU Graz eine wichtige Forschungseinrichtung im nationalen und internationalen Rahmen im Bereich nachhaltiger Entwicklung. Das FoE „Sustainable Systems“ fasst ForscherInnen aller sieben Fakultäten der TU Graz zusammen, die sich mit zukunftsfähigen Technologien beschäftigen. Der Bogen spannt sich dabei von der strategischen Bewertung von Technologien über innovative Ansätze in Architektur und Bauwesen zur nachhaltigen Energiebereitstellung und Mobilität bis zu neuen Lösungen für

„Zero Emission Prozesse“ und Technologien zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Wesentlich ist dabei, dass Technologien niemals als Selbstzweck, sondern immer als in die gesellschaftlichen und regionalen Systeme eingebettet betrachtet werden. Interdisziplinarität, systemisches Denken und Verantwortung für Natur, Gesellschaft und Wirtschaft prägen die Forschung und Ausbildung im Rahmen dieses FoE.

Die Ausrichtung der „Engineering Education for Sustainable Development Conference 2008 (EESD 2008)“ vom 21. bis 24. September 2008 bestätigte die starke internationale Position der TU Graz in diesem Bereich.

*Michael Narodoslawsky*

## Sustainable Systems

The Field of Expertise „Sustainable Systems“ builds on a long tradition of activities at the Graz University of Technology (TU Graz). Since the 1980s our university has been committed to sustainable development in research and education.

Today, TU Graz is an important research institution regarding sustainable development in the national and international context. The FoE „Sustainable Systems“ focuses the research endeavours of researchers from all seven faculties of the university. Activities include the strategic evaluation of technologies, innovative approaches in architecture and civil engineering as well as sustainable energy provision, mobility, „Zero Emission Processes“ and the utilisation of renewable resources. An important aspect in

the co-operation is that technology is never seen as an end in itself but always as embedded in social and regional systems. Interdisciplinarity, a systemic approach and responsibility for nature, society and economy are hallmarks of the co-operation within the FoE.

The organisation of the „Engineering Education for Sustainable Development Conference 2008 (EESD 2008)“ from September 21st to 24th 2008 reinforced the strong international position of TU Graz in this field.

*Michael Narodoslawsky*



## Blechumformung mit Holz. Holz als alternativer Werkzeugwerkstoff für Tiefziehwerkzeuge

Christian Koroschetz, Manfred Augustin

Die Produktkosten für Blechbauteile jeglicher Art sind stark von den geplanten Absatzstückzahlen abhängig. Bei den so genannten kleinen und mittleren Serien wirken sich die Herstellkosten der klassischen Umformwerkzeuge sehr stark auf die Bauteilpreise aus. Um jedoch das strategische Ziel der Erschließung neuer Marktsegmente verwirklichen zu können, müssen seitens der Originalgerätehersteller und der Zulieferindustrie neue und innovative Fertigungskonzepte entwickelt werden.

Ziel der Forschungsarbeiten am Institut für Werkzeugtechnik & Spanlose Produktion ist, die Gesamtkosten von Umformwerkzeugen zu reduzieren. Erreicht werden soll das durch die Ersetzung der herkömmlichen Werkzeugwerkstoffe durch alternative Werkstoffe.

In einer interdisziplinären Zusammenarbeit mit dem Institut für Holzbau und Holztechnologie wurde deshalb die Eignung des nachwachsenden und umweltfreundlichen Rohstoffes Holz als Alternative zu den herkömmlichen Werkzeug-

werkstoffen untersucht.

Der Aufbau von Holz orientiert sich an den Anforderungen des Lebewesens Baum. Deshalb weist Holz anisotrope Eigenschaften auf, d.h. die mechanisch -technologischen Eigenschaften in den verschiedenen Beanspruchungsrichtungen – längs, radial und tangential zur Stammrichtung – sind unterschiedlich groß. Holz reagiert auf die umgebenden Feuchtebedingungen durch Volumsveränderungen und behält relativ konstante Eigenschaften bis zu einem Temperaturbereich von rund 75 °C. Wegen seines strukturellen Aufbaus ist weiterhin von einer unterschiedlichen Härte der einzelnen Holzarten auszugehen.

Die (einheimische) Holzart „Robinie“ (lat.: *Robinia pseudoacacia*) bietet sich für eine Verwendung besonders an. Diese ursprünglich aus Amerika stammende Baum- und Holzart ist mittlerweile in Europa, insbesondere in Ungarn und der Slowakei, aber auch in den östlichen Teilen Österreichs bestandsbildend.

Bei einem bestmöglichen Verhältnis der Eigen-

## Sheet forming using wood. Wood as an alternative to conventional tool materials for deep-drawing tools

Christian Koroschetz, Manfred Augustin

The costs of production for any type of sheet-metal parts strongly depend on the scheduled sales volume. The tooling costs for conventional deep-drawing tools of the so-called small and middle series have a strong affect on the part price. However, to be able to reach the strategic goal of developing new market segments, new and innovative manufacturing concepts have to be engineered by OEMs and the supplier industry.

The goal of the Institute of Tools and Forming is a general reduction of the costs of forming tools by means of replacing regular tool materials with alternative materials. In the course of this plan, the suitability of the renewable and environmentally-friendly raw material wood as an alternative to conventional tool materials was examined in an interdisciplinary co-operation with the Institute of Timber Engineering and Wood Technology.

Since the structure of wood is optimised along

the lines of the requirements of the living tree, it shows anisotropic behaviour, i.e. the mechanical-technological properties in the different loading directions – longitudinally, radially and tangentially to the log direction – are different. Wood, together with timber, reacts to the moisture content of the surrounding area by changing its volume, and its properties remain relatively constant up to a temperature of 75°. Furthermore, due to its structure, different wood species exhibit differing hardnesses.

Due to requirements regarding a tool for sheet-metal forming and considering the mentioned general properties of wood, the utilisation of the home-grown wood species "robinia" (lat.: *Robinia pseudoacacia*) is especially suitable. This wood species which is indigenous to America meanwhile also grows in Europe, in particular in Hungary and Slovakia but also in large areas of the eastern regions of Austria.

Wood and timber of the species "robinia" feature excellent stiffness and strength characteristics



Manfred Augustin ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der holz.bau forschungs gmbh (Kompetenzzentrum für Holzbau und Holztechnologie). Forschungsgebiete: Entwurf und Konstruktion von Ingenieurholzbauten, Innovative und intelligente Verbindungsmittelsysteme.

Manfred Augustin is a research assistant at holz.bau forschungs gmbh (competence centre for wood construction and wood technology). His research areas are the design and construction of wooden engineering constructions, and innovative and intelligent connection systems.



Abb. 2: Als Halbzeug für die Fertigung des Stempels kamen Blöcke aus orthogonal zu ihrer Faserrichtung angeordneten 4,5 mm dicken Robinienfurnieren zum Einsatz.

Fig. 2: As a semi-finished product for the manufacture of the stamp, blocks made of 4.5mm robinia veneers which had been cut perpendicular to the grain were used.

schaften in Faserlängs bzw. -querrichtung besitzt Robinienholz exzellente Steifigkeits- und Festigkeitskenngrößen, welche für den beabsichtigten Einsatzzweck neben der sehr großen Härte von essentieller Wichtigkeit sind. Nebenbei sei erwähnt, dass Robinienholz über eine sehr hohe Dauerhaftigkeit verfügt, wodurch auch die Verwendung in besonders feuchtebeanspruchten Bereichen ohne besondere Vorkehrungen möglich ist.

Um das Verhalten dieses Werkstoffes unter Lasteinwirkung analysieren zu können, wurde ein Konzept für die ersten Blechumformversuche erarbeitet. Ziel dieser Versuche war es, die möglichen Grenzen in Bezug auf die Ausformbarkeit kleinster Radien zu ermitteln, sowie Aussagen über den Oberflächenverschleiß und die Standfestigkeit des Werkzeuges nach einer bestimmten Hubzahl treffen zu können. Dazu wurde eine Geometrie gewählt, die sowohl kleine wie auch große Radien aufweist und des Weiteren eine geeignete Ziehtiefe besitzt. Als erstes Testwerkzeug diente ein bereits bestehendes Prototypen- und Versuchswerkzeug, bei dem der Stahlstempel durch einen aus Robinie gefertigten Stempel ersetzt und die Matrize aus Stahl belassen wurde.

Als Halbzeuge für die Fertigung des Stempels kamen Blöcke aus orthogonal zu ihrer Faserrichtung angeordneten 4,5 mm dicken Robinienfurnieren zum Einsatz. Hierdurch wurde eine bestmögliche Homogenisierung der mechanischen

Eigenschaften erreicht. Um die Eigenspannungen des Grundmaterials möglichst niedrig zu halten, wurden gedämpfte Robinienfurniere verwendet. Die Verklebung erfolgte mit einem handelsüblichen PU-Klebstoff.

Mit einer Bearbeitungszeit von drei Stunden wurde die gesamte Stempelgeometrie auf einer Holzbearbeitungs-CNC-Fräsmaschine aus dem vorbereiteten Robinienblock gefertigt. Im Vergleich dazu würde man für die Bearbeitung eines solchen Stempels aus Stahl circa zwei Arbeitstage benötigen.

Durch eine Versuchsreihe mit 200 umgeformten Bauteilen aus konventionellem Tiefziehstahl konnte die grundsätzliche Machbarkeit des Verfahrens nachgewiesen werden. Hervorzuheben ist die hohe Oberflächenqualität der Bauteile, so dass dieses Verfahren insbesondere für Außenhautbauteile geeignet erscheint. Ein erhöhter Verschleiß zeigt sich in Bereichen von kleinen Radien (3-5mm), da hier die zulässigen Flächenpressungen des Holzwerkstoffes überschritten werden. Ein Lösungsansatz ist die Verwendung von Stahleinsätzen in diesen hochbeanspruchten Werkzeugbereichen.

Speziell im Bereich der kleinen Serien bietet diese Art der Werkzeugtechnik für großflächige Bauteile große Vorteile. Daher wird die Zusammenarbeit der beiden Institute auf diesem Gebiet in Zukunft noch stärker forciert, um dieses Verfahren stetig weiterzuentwickeln.



Abb. 3: In einer Versuchsreihe mit 200 umgeformten Bauteilen wurde die Machbarkeit des Verfahrens nachgewiesen.

Fig. 3: The feasibility of the process was proved in a test series with 200 formed components.

and have a best possible ratio of properties longitudinal and perpendicular to the grain. In addition robinia has a high hardness, which is an important factor for the intended utilisation. Furthermore, robinia wood exhibits a high durability and it can also be used in high-moisture areas without special treatment.

In order to be able to analyze the material's behaviour under load effect, a new concept for first forming tests was established. The goal of these tests was to find out the possible limits concerning the end plasticity of the smallest radii as well as gaining knowledge of the surface wear and endurance properties of the tool after a certain number of strokes. To accomplish this, a geometry with both small and larger radii and also with a suitable drawing depth was chosen. An already existing prototype and experimental tool was chosen as the first test tool and this was modified in such a way that the steel prop was replaced by a stamp made from robinia wood with the matrix left as it was.

As a semi-finished product for the manufacture of the stamp, blocks made of 4.5mm robinia veneers which had been cut perpendicular to the grain were used. With this configuration a high amount of homogenisation concerning mechanical behaviour could be obtained. To keep the internal stresses in the blocks as low as possible, steamed robinia veneers were utilised. Gluing was carried out using a commercial polyurethane adhesive.

With a processing time of three hours, the entire stamp geometry was manufactured from the prepared robinia block on a woodworking CNC milling machine. For purposes of comparison, the processing of the same stamp in steel would take approximately two days.

By means of a test series with 200 formed components of regular deep-drawing steel the basic feasibility of the process could be proved. The components' high surface quality demonstrates that this processing method is particularly appropriate for outer skin parts. An increased wear could be seen in areas of smaller radii (3-5 mm) because the permitted area pressings were exceeded there. A possible solution is the use of steel implants in highly stressed areas of the tool.

This type of tool technology offers great advantages, especially in the area of small series and of extensive components, and for this reason, co-operation between the two institutes will be increased even more in the future in order to steadily develop this process further.

# FoE



## Transportation Science

An der TU Graz werden im FoE „Transportation Science“ bisher folgende Themengebiete behandelt:

- Fahrzeugtechnik, -antriebe und Fahrzeugsicherheit
- Motor- und Fahrzeugakustik
- Thermodynamik der Motoren
- Fahrzeug- und Motorenmesstechnik
- Innovative Antriebe und Energiewandler und -speicher
- Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft
- Produktions- und Umformtechnik
- Satellitennavigation
- Modellbildung und Simulation (virtual design, virtual testing).

Neben den TU-Instituten rund um den Forschungsschwerpunkt „Fahrzeugtechnik, -antriebe und Fahrzeugsicherheit“ sind folgende Forschungseinrichtungen an der Umsetzung des FoE „Transportation Science“ beteiligt:

### Private Public Partnerships:

- Frank Stronach Institute
- Siemens Transportation Systems

### Kompetenzzentren:

- K2-Kompetenzzentrum – Das virtuelle Fahrzeug (vif)

### CD Labors:

- Motor- und Fahrzeug-Akustik
- Thermodynamik der Kolbenmaschinen
- Thermodynamik des Verbrennungsmotors
- LEC Large Engine Competence Center
- HyCentA Hydrogen Center Austria
- Kraftfahrzeugmesstechnik
- Mobile Brennstoffzellen

### ÖAW-Institut für Weltraumforschung

Darüber hinaus bestehen weitere, namhafte Kooperationen mit österreichischen und internationalen Firmenpartnern, die in den oben genannten Bereichen erfolgreich tätig sind.

*Wolfgang Hirschberg, Helmut Eichlseder*

## Transportation Science

The Field of Excellence (FoE) “Transportation Science” established at Graz University of Technology covers the following topics:

- Automotive engineering, power trains and vehicle safety
- Engine and vehicle acoustics
- Thermodynamics of combustion engines and motors
- Automotive and engine measuring engineering
- Innovative power trains, transformation and storage of energy
- Railroad engineering and traffic business,
- Production and forming technology
- Satellite navigation
- Modelling and simulation (virtual design, virtual testing).

The realization of the present activities of the FoE “Transportation Science” is not only based on the qualified Institutes of Graz University of Technology involved in the main research objective “Automotive engineering, power train and vehicle safety”, but also depends on the expert knowledge of the following research institutions.

### Private Public Partnerships

- Frank Stronach Institute
- Siemens Transportation Systems

### Competence Centres

- K2 – Competence Centre – The Virtual Vehicle (vif)

### CD Laboratories

- Engine and vehicle acoustics
- Thermodynamics of reciprocating engines
- Thermodynamics of combustion engines
- Automotive measuring engineering
- Mobile fuel cells

### ÖAW – Institute of Space Research

In addition, further considerable co-operations exist with Austrian and also international industrial partners who are active in the above-mentioned areas.

*Wolfgang Hirschberg, Helmut Eichlseder*

# Forschen für die zukünftige Mobilität

Wolfgang Hirschberg, Helmut Eichlseder



Bewegung, Mobilität und Transport gehören zu den elementaren Prinzipien unserer Welt. Ihre Geschichte ist so alt wie die Geschichte der Menschheit selbst.

Die TU Graz hat sich seit jeher mit diesem Themenkomplex in Lehre und Forschung befasst und hat diese Aktivitäten im Field of Expertise „Transportation Science“ gebündelt. Die daran beteiligten Institute und Forschungseinrichtungen widmen sich den Themen des Land- und Luftverkehrs und der Raumfahrt. Die Struktur dieser Bereiche ist in Abb. 1 dargestellt.

Auf dem Gebiet des Verkehrswesens stehen große Veränderungen bevor, deren Bewältigung für alle Beteiligte eine enorme Herausforderung bildet. Als die wichtigsten dieser Herausforderungen sind anzuführen:

- Weitere, weltweite Steigerung der Beförderungs- und Transportleistung
- Eintritt von Schwellenländern in die Errungenschaften der individuellen Mobilität
- Klimaveränderung durch Treibhausgase
- Schädliche Emissionen
- Endlichkeit der fossilen Energieträger
- Großtechnische Energieträgergewinnung und -verteilung sowie Speicherung
- Verringerung von Verkehrsunfällen und deren Folgen
- Globalisierung
- Nachhaltigkeit der Verkehrsmittel, insbesondere der Fahrzeuge und ihrer Antriebe
- Steigender Bedarf an verkehrsrelevanter Informations- und Datenübertragung
- Verkehrssteuerung und Positionierung.

Die Lösungen auf diese Problemstellungen er-

fordern weitreichende Innovationen, die sich über alle in Abb. 1 angeführten Bereiche erstrecken müssen. Wille und Fähigkeit zu Innovationen werden verstärkt die globale Verteilung der Wettbewerbsfähigkeit - und damit des Wohlstands - regeln. Innovationen sind von einigen Stimulatoren getrieben, welche mit den beteiligten Interessensgruppen im Zusammenhang stehen (siehe Abb. 4, Seite 61).

Die Innovationen werden nicht nur für die Gestaltung und Ausstattung der Fahrzeuge und Verkehrswege gemäß Abb. 1 erwartet, besonders die Methodik der Planung und Entwicklung von Fahrzeugen generell wird sich weiterentwickeln. In diesem Zusammenhang kommt die „virtuelle Entwicklung“ ins Spiel, deren Beherrschung heute als Schlüssel für die erfolgreiche Bewältigung der immer komplexeren Optimierungsaufgabe angesehen werden kann.

Auf dem Gebiet der Fahrzeugsicherheit wird beispielsweise angestrebt, die bis heute weitgehend getrennten Disziplinen aktive und passive Fahrzeugsicherheit in eine „integrierte Fahrzeugsicherheit“ zusammenzuführen und so deutliche Sicherheitsfortschritte zu erzielen. Und das, ohne eine weitere verbrauchsschädliche Erhöhung der Fahrzeugmassen in Kauf nehmen zu müssen.

Vor diesem Hintergrund ist es verständlich, warum sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Wissenschaften an dem Gebiet der „Transportation Science“ beteiligt.

Diese umfassen neben den ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik mit Elektronik und Informatik, Sys-

# Research for Future Mobility

Wolfgang Hirschberg, Helmut Eichlseder

Motion, mobility and transportation belong to the elementary principles in our world. Their history is probably as old as mankind.

From the beginning, Graz University of Technology has focussed its research and teaching on this group of topics and concentrated these activities in a strategic orientation in the Field of Expertise (FoE) named “Transportation Science”. Among the seven established FoEs the involved institutes and research centres address the topics of land and air traffic as well as aerospace. The four-level structure is shown in Figure 1.

The oncoming changes in the field of transportation and traffic engineering pose an enormous challenge to all participants. Some of the most significant are:

- Further worldwide increasing transport and passenger capacity,
- Emerging markets require more individual mobility,
- Climate change due to greenhouse gases,
- Emissions,
- Finiteness of fossil fuels,
- Commercial production of energy carriers,

their distribution and storage,

- Reduction of traffic accidents and their consequences,
- Globalization,
- Sustainability of means of transport, especially of vehicles and their power trains,
- Increasing demand of traffic relevant data on information and data transfer, on traffic control and positioning.

Answers to these complicated problems demand far-reaching further innovative strategies as they have to cover the illustrated disciplines in Figure 1. The will and ability for innovations will regulate the global distribution of competitiveness – and therewith of prosperity – more intensively. Innovations are pushed by stimulators which compete with the participating groups having different interests, see Figure 4, page 61.

Innovations are not only expected in the design and configuration of vehicles and the traffic infrastructure, acc. to figure 1, but also in the methodology of vehicle planning and development. In this regard “virtual development” comes into operation as a key function to successfully ac-



Helmut Eichlseder ist Leiter des Instituts für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik. Forschungsgebiet: umweltrelevante Fragestellungen im vernetzten System Energie, Motor, Verkehr und Umwelt.

Helmut Eichlseder is head of the Institute of Internal Combustion Engines and Thermodynamics. His practical research activities focus on environmental issues in the interlinked system of energy, engine, traffic and environment.

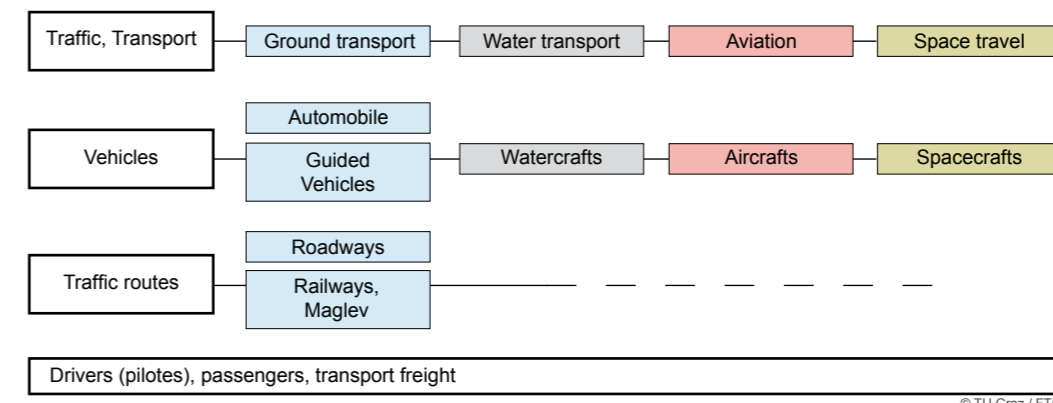


Abb. 1: Transportation Science: Vier-Ebenenstruktur

Fig. 1: Transportation Science: Four-level structure



© TU Graz / FTG

Abb. 2: Forschungsprojekt Automatisiertes Fahren: Selbstlenkendes Steer-by-Wire Funktionsmodell eines LKW

Fig. 2: Automated driving research project: function model of a self-steering steer-by-wire truck.

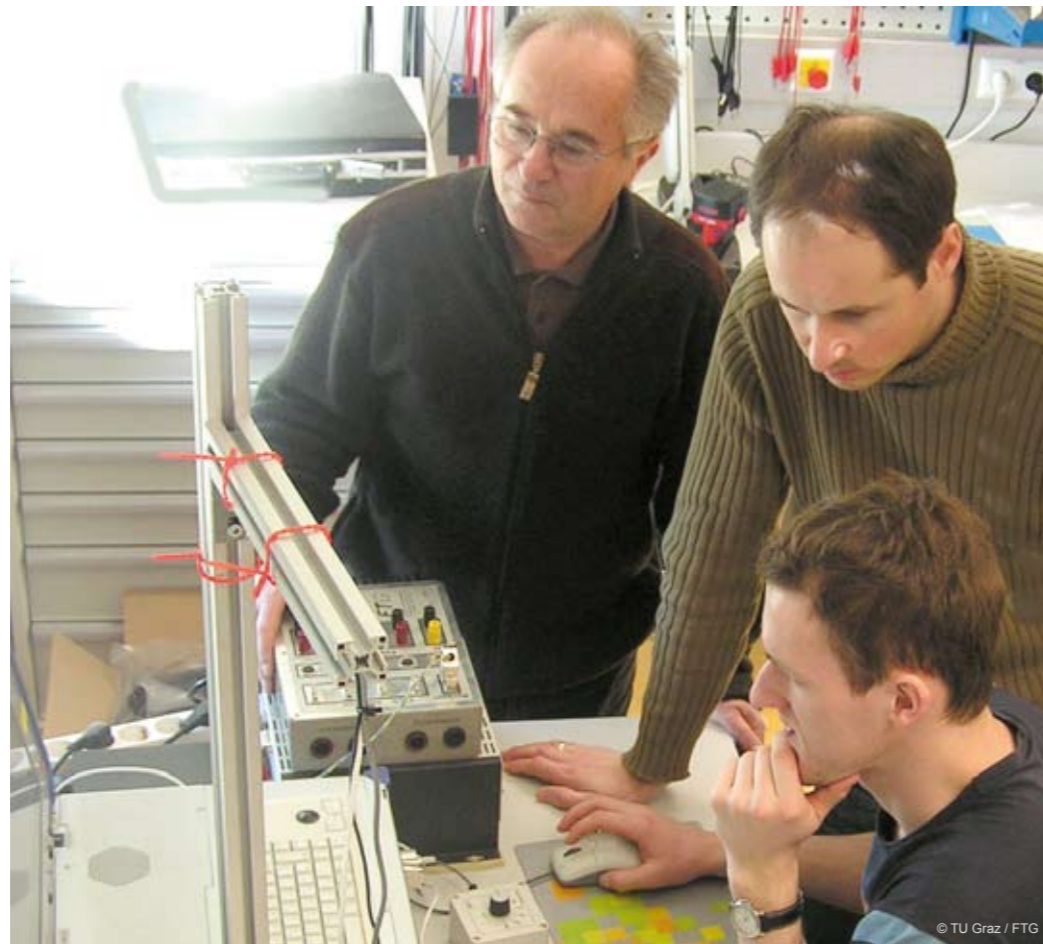
temtechnik und Betriebswirtschaft auch noch die naturwissenschaftlichen Fächer Mathematik, Physik, Chemie und die Humanwissenschaften Verkehrsmedizin, Biomechanik, Ergonomie und Psychologie. Die Erzielung von Fortschritten erfordert somit eine neue Qualität der Kooperation, welche über die Grenzen von Instituten und

Fakultäten, ja über Universitätsgrenzen hinausgehen muss. Dabei fallen Grundlagenforschung und Angewandte Forschung in den universitären Kompetenzbereich, während die angeschlossenen Kompetenzzentren die Brückenrolle zur industriellen Forschung spielen.

comply the increasingly complex optimization potential. In the field of vehicle safety, for example, an innovative integration of active and passive vehicle safety – so far separately operating disciplines – into an “integrated vehicle safety” can be forced to obtain significant safety advancements without having to take increase of vehicle mass with its negative influence on fuel consumption into consideration.

their classical tasks like mechanical, electrical and systems engineering, electronics, computer science, business economics as well as natural sciences like mathematics, physics and chemistry, and extend to traffic medicine, biomechanics, ergonomics and psychology. The achievement of significant advantages requires a new quality of co-operation which goes beyond the borders of single institutes and faculties, and even those of universities. Basic and applied research activities are part of the universities’ responsibility; while the affiliated competence centres will play a bridging role regarding industrial research.

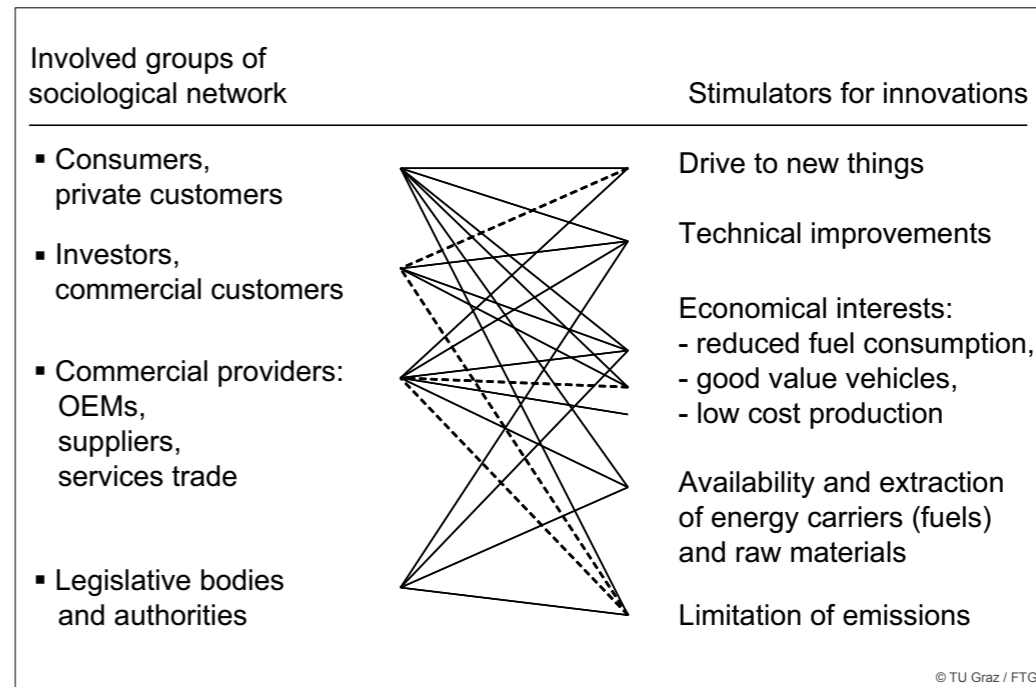
Against this background, it is comprehensible that numerous different sciences participate in the field of “Transportation Science”. They comprise the integrated scientific disciplines with



© TU Graz / FTG

Abb. 3: Testen von Fahrzeug-Kreiselsensoren.

Fig. 3: Testing of vehicle gyro sensors.



© TU Graz / FTG

Abb. 4: Stimulation von Innovationen

Fig. 4: Stimulation of innovations

## Ausgewählte Veröffentlichungen

### Selected publications



Gregor Hlawacek, Peter Puschnig, Paul Frank, Adolf Winkler, Claudia Ambrosch-Draxl, Christian Teichert: Characterization of Step-Edge Barriers in Organic Thin-Film Growth, *Science* 321 (2008), p. 108-111.

#### Charakterisierung der Diffusionsbarriere an Stufenkanten beim Wachstum organischer dünner Schichten

Das genaue Verständnis des Wachstums von organischen Schichten ist entscheidend für die gezielte Beeinflussung der Schichtmorphologie, welche wiederum die physikalischen Eigenschaften der Schichten entscheidend bestimmt. Für das Wachstum der stäbchenförmigen Moleküle Para-Sexiphenyl (C<sub>36</sub>H<sub>26</sub>) auf einer speziell präparierten Glimmeroberfläche wurde mittels AFM die Entstehung von terrassierten Hügeln beobachtet, die aus aufrecht stehenden Molekülen bestehen. Die Autoren (u.a. Adolf Winkler von der TU Graz) konnten zeigen, dass dies durch eine zusätzliche Barriere für die Diffusion über den Terrassenrand, die Ehrlich-Schwöbel Barriere, verursacht wird.

#### Characterization of Step-Edge Barriers in Organic Thin-Film Growth

The detailed understanding of growth mechanisms in organic thin-film deposition is crucial for tailoring the growth morphologies, which in turn determine the physical properties of the resulting films. For the growth of the rodlike molecules para-sexiphenyl (C<sub>36</sub>H<sub>26</sub>) on a specifically prepared mica surface the evolution of terraced mounds, consisting of upright standing molecules, is observed by atomic force microscopy. We have shown that an additional barrier for diffusion over the step-edge exists, the Ehrlich-Schwöbel barrier, which determines the layer growth. This experimental result was confirmed by theory, which revealed that in case of step edge crossing the molecules have to bend.



E. C. P. Smits, P. A. van Hal, S. Setayesh, S. G. J. Mathijssen, T. C. T. Geuns, K. A. H. A. Mutsaers, E. Cantatore, H. J. Wondergem, O. Werzer, R. Resel, S. Kirchmeyer, A. M. Muzafarov, S. A. Ponomarenko, B. de Boer, P. W. M. Blom, D. M. de Leeuw: Bottom-up organic integrated circuits, *Nature* 455 (2008), p. 956-959.

#### Zweidimensionale organische Kristalle für integrierte Schaltkreise

Das hohe Potential von organischen Molekülen in elektronischen Anwendungen zeigt dieser Bericht in *Nature* (E. C. P. Smits, et al., 16. Oktober 2008). Speziell funktionalisierte Moleküle wurden über den Prozess der Selbstassemblierung auf eine Siliziumoxidoberfläche aufgebracht und für elektronische Schaltkreise verwendet. Prof. Roland Resel und sein Dissertant Oliver Werzer (Institut für Festkörperphysik, Technische Universität Graz) haben nachgewiesen, dass die Moleküle monomolekulare Schichten bilden und zusätzlich auch zweidimensionale Kristalle auf der Oberfläche bilden. Dieser Nachweis wurde mittels Röntgenstrommethoden erbracht, die Experimente wurden am Europäischen Zentrum für Synchrotronstrahlung in Grenoble durchgeführt.

#### Two-dimensional organic crystals for integrated circuits

The large potential of organic molecules as active materials in electronic applications is demonstrated by a recent letter in the journal *Nature*. (E. C. P. Smith, et al., 16 October 2008). Thin layers of specially designed functional molecules are formed by a self-assembling process on silicon oxide surfaces and these layers are used for integrated circuits. Prof. Roland Resel and his PhD student Oliver Werzer (Institute of Solid State Physics, Graz University of Technology) have shown that these molecules form monomolecular layers and additionally two-dimensional crystals are formed on the surface. This prove was obtained by x-ray scattering methods by using synchrotron radiation at the European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble.

**Authors:** Mauthner, G., Landfester, K., Köck, A., Brückl, H., Kast, M., Stepper, C., List, E.J.W.,  
**Title:** Inkjet printed surface cell light-emitting devices from a water-based polymer dispersion,  
**Source:** *Organic Electronics: physics, materials, applications*, 2008, Volume 9, p. 164-170

**Authors:** Sandholzer, M., Fritz-Popovski, G., Slugovc, C.  
**Title:** Synthesis and self assembly of eosin functionalized amphiphilic block-random copolymers prepared by ring opening metathesis polymerization  
**Source:** *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 2008, Volume 46, p. 401-413

**Authors:** Borisov, S.M., Wolfbeis, O.S.  
**Title:** Optical biosensors  
**Source:** *Chemical Reviews*, 2008, Volume 108, p. 423-461

**Authors:** Stälhand, J., Klarbring, A., Holzapfel, G.A.  
**Title:** Smooth muscle contraction: Mechanochemical formulation for homogeneous finite strains  
**Source:** *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 2008, Volume 96, p. 465-481

**Authors:** Niederl-Schmidinger, A., Narodoslowsky, M.  
**Title:** Life Cycle Assessment as an engineer's tool?  
**Source:** *Journal of Cleaner Production*, 2008, Volume 16, p. 245-252

**Authors:** Rogner, H.-H., McDonald, A., Riahi, K.  
**Title:** Long-term performance targets for nuclear energy. Part 2: Markets and learning rates  
**Source:** *International Journal of Global Energy Issues*, 2008, Volume 30, p. 77-101

**Authors:** Rogner, H.-H., McDonald, A., Riahi, K.  
**Title:** Long-term performance targets for nuclear energy. Part 1: The global scenario context  
**Source title:** *International Journal of Global Energy Issues*, 2008, Volume 30, p. 28-76

**Authors:** Witrals, K., Pausini, M.  
**Title:** Statistical analysis of UWB channel correlation functions  
**Source title:** *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2008, Volume 57, p. 1359-1373

**Authors:** Kajiwara, K., Watanabe, R., Pichler, H., Ihara, K., Murakami, S., Riezman, H., Funato, K.  
**Title:** Yeast ARV1 is required for efficient delivery of an early GPI intermediate to the first mannosyltransferase during  
**Source:** *Molecular Biology of the Cell*, 2008, Volume 19, p. 2069-2082

**Authors:** Angerbauer, C., Siebenhofer, M., Mittelbach, M., Guebitz, G.M.

**Title:** Conversion of sewage sludge into lipids by *Lipomyces starkeyi* for biodiesel production  
**Source:** *Bioresource Technology*, 2008, Volume 99, p. 3051-3056

**Authors:** Katsnelson, M.I., Irkhin, V.Yu., Chioncel, L., Lichtenstein, A.I., De Groot, R.A.  
**Title:** Half-metallic ferromagnets: From band structure to many-body effects  
**Source:** *Reviews of Modern Physics*, 2008, Volume 80, p. 315-378

**Authors:** Montemurro, M.A., Rasch, M.J., Murayama, Y., Logotheitis, N.K., Panzeri, S.  
**Title:** Phase-of-Firing Coding of Natural Visual Stimuli in Primary Visual Cortex  
**Source:** *Current Biology*, 2008, Volume 18, p. 375-380

**Authors:** Steurer, W., Apfalter, A., Koch, M., Ernst, W.E., Holst, B.  
**Title:** Surface Debye temperature of  $\alpha$ -quartz (0 0 0 1)  
**Source:** *Surface Science*, 2008, Volume 602, p. 1080-1083

**Authors:** Rasch, M.J., Gretton, A., Murayama, Y., Maass, W., Logotheitis, N.K.  
**Title:** Inferring spike trains from local field potentials  
**Source:** *Journal of Neurophysiology*, 2008, Volume 99, p. 1461-1476

**Authors:** Peloschek, P., Müller-Mang, C., Friedrich, K., Langa, G., Donner, R., Valentinitz, A., Kainberger, F.  
**Title:** Measurement instead of scoring in rheumatology. New quantitative imaging and processing methods in radiology [Messen statt scoren in der rheumatologie. Neue quantitative bildgebungs- und -verarbeitungsmethoden der radiologie]  
**Source title:** *Zeitschrift für Rheumatologie*, 2008, Volume 67, p. 51-58

**Authors:** Heimel, G., Romaner, L., Brédas, J.-L., Zojer, E.  
**Title:** Odd-even effects in self-assembled monolayers of  $\omega$ -(biphenyl-4-yl) alkanethiols: A first-principles study  
**Source:** *Langmuir*, 2008, Volume 24, p. 474-482

**Authors:** Romaner, L., Heimel, G., Zojer, E.  
**Title:** Electronic structure of thiol-bonded self-assembled monolayers: Impact of coverage  
**Source:** *Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics*, 2008, Volume 77, Art. No. 45113

**Authors:** Wrodnigg, T.M., Steiner, A.J., Ueberbacher, B.J.  
**Title:** Natural and synthetic iminosugars as carbohydrate processing enzyme inhibitors for cancer therapy  
**Source:** *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 2008, Volume 8, p. 77-85

*Die Datenbank SCOPUS wurde als Quelle für die Liste der Veröffentlichungen und ihrer Zitierungen herangezogen. Es wurden aus der Vielzahl der Veröffentlichungen von TU Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit Publikationsjahr 2008 jene ausgewählt, die zum Zeitpunkt der Listenerstellung bereits mehrere Zitierungen in der Datenbank SCOPUS aufwiesen.*

*The SCOPUS database was consulted as a source for the list of publications and their citations. Out the great number of publications by Graz University of Technology staff in 2008, those publications were selected which had several citations in the SCOPUS database at the time of production of the list.*



**Impressum:**

Eigentümer: Technische Universität Graz

Herausgeber: Vizerektor für Forschung und Technologie

Redaktion: Büro des Rektorates, Ines **Hopfer**

Design: Nobert **Prem**

Satz: Dietmar **Ribolits**

Druck: Medienfabrik Graz

Auflage: 4.000

Wir danken den Autorinnen und Autoren für die Bereitstellung der Texte und Fotos

Geringfügige Änderungen sind der Redaktion vorbehalten

Titelbild: TU Graz / **Bergmann**

Verlag: Verlag der Technischen Universität Graz

[www.ub.tugraz.at/Verlag](http://www.ub.tugraz.at/Verlag)

ISSN: 1682-5675

ISBN: 978-3-85125-027-5

© TU Graz 2008