

TU GRAZ *research*

**Ein Sicherheitsnetz für
unsere smarte neue Welt**

***A Safety Network for
our Smart New World***

Modellierung mechanischer Eigenschaften von Legierungen ■ Modelle und deren Anwendungen in der Biomedizin ■ Daten verstehen mit Topologie ■ Advanced Manufacturing – die digitale Revolution in der Werkstatt ■ To integrate or not to integrate?

Modeling Mechanical Properties of Alloys ■ Models and their Application in Biomedicine ■ Topology and Data Understanding ■ Advanced Manufacturing: The Digital Revolution in the Workshop ■ To integrate or not to integrate?

Inhalt/Contents

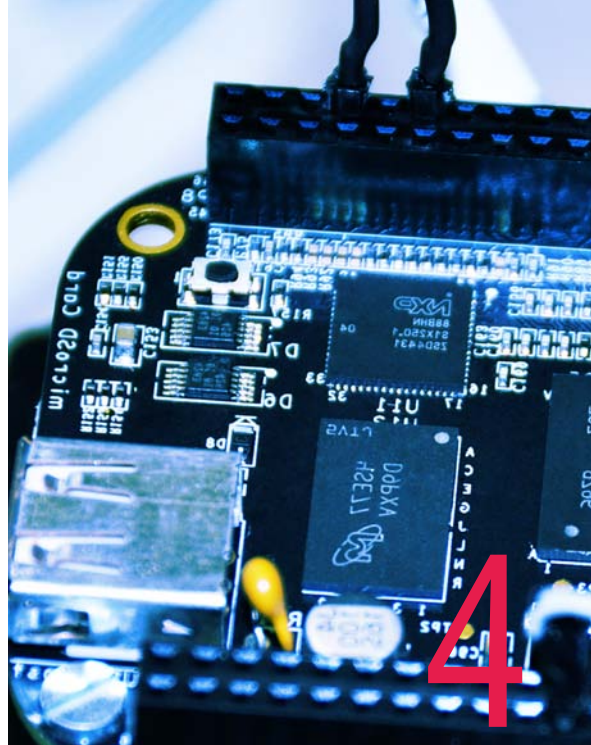
3 Vorwort / Preface

On the Top

4 Ein Sicherheitsnetz für unsere smarte neue Welt *A Safety Network for our Smart New World*

Doris Griesser

© Baustädter – TU Graz



Fields of Expertise

WISSENSCHAFTERINNEN UND WISSENSCHAFTLER PRÄSENTIEREN AUSGEWÄHLTE PROJEKTE UND FORSCHUNGSBEREICHE IM RAHMEN DER FÜNF FIELDS OF EXPERTISE (FoE)

SCIENTISTS PRESENT SELECTED PROJECTS AND RESEARCH AREAS IN THE FRAMEWORK OF THE FIVE FIELDS OF EXPERTISE (FoE)

10 Advanced Materials Science
Klaus Reichmann, Leiter/Head of FoE „Advanced Materials Science“

11 Modellierung mechanischer Eigenschaften von Legierungen
Modeling Mechanical Properties of Alloys
Bernhard Sonderegger

14 Human & Biotechnology
Bernd Nidetzky, Leiter/Head of FoE „Human & Biotechnology“, Gernot Müller-Putz, stellvertretender Leiter/Deputy Head of FoE „Human & Biotechnology“.

15 Modelle und deren Anwendungen in der Biomedizin
Models and their Application in Biomedicine
Christian Baumgartner

18 Information, Communication & Computing
Johannes Wallner, Leiter/Head of FoE „Information, Communication & Computing“

19 Daten verstehen mit Topologie
Understanding Data using Topology
Michael Kerber

22 Mobility & Production
Helmut Eichlseder, Leiter/Head of FoE „Mobility & Production“

23 Advanced Manufacturing – die digitale Revolution in der Werkstatt
Advanced Manufacturing: The Digital Revolution in the Workshop
Rudolf Pichler

26 Sustainable Systems
Urs Hirschberg, Leiter/Head of FoE „Sustainable Systems“

27 To integrate or not to integrate?
To integrate or not to integrate?
Michael Monsberger

Life

FORSCHUNG UND TECHNIK IM ALLTÄGLICHEN – WIE FORSCHUNGSERGEBNISSE AUF UNSER LEBEN WIRKEN UND ES VERBESSERN KÖNNEN

RESEARCH AND TECHNOLOGY IN EVERYDAY LIFE: HOW RESULTS OF RESEARCH AFFECT OUR LIVES AND CAN IMPROVE THEM

30 Bakterien als Leibwächter für Nutzpflanzen
Bacteria as Bodyguards for Food Crops
Robert Ernst-Kaiser

Cooperations

GEMEINSAM FORSCHEN UND ENTWICKELN – WIE SPEZIALISIERTE INTERDISZIPLINÄRE ZUSAMMENARBEIT IN ERFOLG UND WEITERENTWICKLUNG RESULTIERT

CONDUCTING RESEARCH AND DEVELOPMENT TOGETHER: HOW INTERDISCIPLINARY COOPERATION BETWEEN EXPERTS LEADS TO SUCCESS AND FURTHER DEVELOPMENT

33 Aus Grau mach Grün
Turning Grey into Green
Birgit Baustädter

Internationalisation

EXZELLENTRE FORSCHUNG STREBT NACH LEBENDIGEM AUSTAUSCH IN GLOBALEN NETZWERKEN – WIE DIE TU GRAZ DEN INTERNATIONALEN FORSCHUNGSDIALOG LEBT

EXCELLENT RESEARCH ASPIRES TO A LIVELY EXCHANGE IN THE GLOBAL NETWORK: GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND INTERNATIONAL RESEARCH DIALOGUE

36 Holzbau ist genial
Timber Construction is Pure Genius
Verena Ahne



Horst Bischof
Vizerektor für Forschung
Vice Rector for Research

**Liebe Kolleginnen und Kollegen, sehr geehrte Forschungspartnerinnen und -partner
und an unserer Forschung Interessierte!**
Dear colleagues, research partners and everyone interested in our research activities,

Sie halten die neueste Ausgabe des TU Graz *research* in Ihren Händen, das diesmal den neuen Professuren in den FoE gewidmet ist. Dazu später mehr. Diese Zeilen schreibe ich noch unter dem Eindruck der kürzlich abgeschlossenen Leistungsvereinbarungen mit dem Ministerium, die unser Budget für die Jahre 2016 bis 2018 bestimmt. Das Ergebnis kann als „durchwachsen“ bezeichnet werden. Im Großen und Ganzen erlaubt es ein Fortschreiben des Status quo ohne große Sprünge. Wichtig ist, dass wir für die Profilbildung in der Forschung in etwa dieselben Mittel wie in der letzten Periode zur Verfügung haben werden.

Eine Initiative der letzten Leistungsvereinbarung, die nun fast voll umgesetzt ist, sind die FoE-Professuren. In jedem FoE wurde eine Professur (§99 oder §98, wenn sie von der Fakultät weiterfinanziert wird) geschaffen und auch besetzt (außer im FoE „Human & Biotechnology“, wo die Professur im Bereich Biomaterialien mit April 2016 besetzt wird). In diesem Heft finden Sie von jedem FoE-Professor einen Artikel, der Einblick in seine Forschungsarbeiten geben soll. Damit soll auch gewährleistet werden, dass sich die Professoren optimal mit den Mitgliedern des FoE vernetzen und es zu zahlreichen Forschungsk Kooperationen kommt.

Ein anderes Thema, das schon in die neue Leistungsvereinbarungsperiode reicht, sind die Leadprojekte. Wie bereits in der vorherigen Ausgabe des TU Graz *research* berichtet, wurden die Leadprojekte am 23. Juni vor einer internationalen Jury vorgestellt und eines von ihnen ausgewählt. Das Projekt „Verlässlichkeit im Internet der Dinge“ hat von allen Jury-Mitgliedern uneingeschränkten Zuspruch erhalten und wird mit 1. Jänner 2016 starten (die Vorbereitungen und Stellenausschreibungen sind bereits im Gange). Ich gratuliere Projektleiter Kay Römer und seinem Team ganz herzlich.

Die Weihnachtszeit naht und nach der hektischen Vorweihnachtszeit bleibt hoffentlich während der Feiertage auch etwas Zeit, in unserem Forschungsmagazin zu schmökern. In diesem Sinne wünsche ich bei der Lektüre dieses TU Graz *research* viel Freude und Ihnen und Ihren Familien frohe Weihnachten und einen guten Rutsch.


The latest issue of TU Graz research, which you are holding in your hands, is dedicated to the new FoE professorships. More about these later. I am writing these lines while still fresh from the recently completed performance agreement negotiations with the ministry, which sets our budget for the period 2016–2018. The results can be described as “mixed”. By and large the new performance agreement allows a continuation of the status quo without any great leaps. The important thing is that we’ll have more or less the same amount of funds for profile development in research that we had in the last period.

One initiative of the last performance agreement, and which has now been almost completely implemented, are the FoE professorships. A professorship (Sections 99 or 98, if further funded by the faculty) was created and filled in each FoE (except in the FoE Human & Biotechnology, where the professorship in the field of Biomaterials will be filled in April 2016). In this issue you will find an article by each FoE professor giving a glimpse into their research work. This is also meant to ensure that the professors become optimally linked up with the members of the FoE and that this will lead to numerous research cooperation projects.

Another topic which overlaps into the new performance agreement period are the lead projects. As reported in the last issue of TU Graz research, the lead projects were presented before an international jury on 23 June and one of them selected. The “Dependable internet of things in adverse environments” project received unreserved support from all the jury members and will be launched on 1 January 2016 (preparations and job advertisements are already in progress). I warmly congratulate project leader Kay Römer and his team.

Christmas is approaching and, after the hectic pre-Christmas rush, hopefully there’ll be time to browse through our research journal during the holidays. In this spirit, I hope you enjoy reading this new issue, and I wish you and your families a merry Christmas and a good start to the new year.

Horst Bischof



Doris Griesser

Ein Sicherheitsnetz für unsere smarte neue Welt

A Safety Network for our Smart New World

Das „Internet der Dinge“ (IdD) wird unser Leben auf noch kaum vorstellbare Weise verändern. Vom selbst fahrenden Auto bis zum smarten Energiesystem wird die Welt demnächst von intelligenten, sich selbst regulierenden Objekten wimmeln. Dadurch wird vieles leichter, doch das IdD birgt auch große Gefahren. An der TU Graz soll nun jenes Know-how erarbeitet werden, mit dem sich die Risiken des neuen Meganetzes minimieren lassen.

Im Internet der Dinge können sich die unterschiedlichsten Gegenstände vernetzen und drahtlos miteinander kommunizieren. Ermöglicht wird das durch die extreme Miniaturisierung von Computern, die in Form winziger Systeme in alle nur denkbaren Objekte integriert werden können. Beispielsweise in „intelligente“ Heizungs- und Beleuchtungssysteme von „Smart Homes“ oder in Duschcabinen, die selbsttätig den Notdienst verständigen, wenn die Benutzerin oder der Benutzer stürzt. Geschätzte 50 Milliarden Geräte sollen bis 2020 bereits mit dem Internet verbunden sein.

The „Internet of Things“ (IoT) will change our lives in a way that we can hardly imagine now. From the autonomously driving car to the smart energy system, the world will soon be full of intelligent self-regulating objects. This will make many things easier, but of course there are also many risks and dangers to the IoT. Graz University of Technology is now planning to develop the know-how to minimise the risks of the new mega-network.

In the Internet of Things, all kinds of objects can form networks and engage in wireless communication. This has been made possible by the extreme miniaturisation of computers that can now be integrated as small systems in all manner of objects. For instance in the intelligent heating and lighting systems of „smart homes“ or shower cabins that call the emergency services when the user slips and falls. According to current estimates about 50 billion devices will be connected to the Internet as early as 2020.



© Baustäder – TU Graz

Kommunizierende Fahrzeuge

Auch die TU Graz arbeitet in etlichen Bereichen an dieser Entwicklung mit: etwa im Feld der Produktion, wo sich mithilfe dieser Technologie inzwischen ein Trend zur Einzelanfertigung im industriellen Maßstab durchgesetzt hat. Basis dafür ist die Vernetzung der zu produzierenden Gegenstände mit den Maschinen. Diese erhalten ihre Arbeitsaufträge in Form der gewünschten Maße und Ausführungen etc. direkt von den Produkten, die so zu Maßanfertigungen werden.

Immer smarter werden auch unsere Fahrzeuge. Über eingebaute Sensoren werden Autos in naher Zukunft miteinander sowie mit der benutzten Infrastruktur kommunizieren, um ihre Lenkerin oder ihren Lenker rechtzeitig vor brenzligen Situationen zu warnen. „Mittels Sensoren können auch Objekte und Menschen sichtbar gemacht werden, die sonst in der Dunkelheit oder im toten Winkel des Spiegels verborgen wären“, erläutert Kay Römer vom Institut für Technische Informatik der TU Graz. Lkw sollen dank Vernetzung selbstständig in einem genau berechneten Abstand im Konvoi fahren können – wobei nur im ersten Fahrzeug tatsächlich ein Mensch sitzen muss. Ein entsprechendes Testlabor zur Überprüfung und Verbesserung der Sicherheit dieser Technologie wird an der TU Graz gerade aufgebaut.

Parkplatzsuche in Zeiten des lIdD

Auch die Verkehrsinfrastruktur wird im Internet der Dinge kräftig mitmischen. So haben Forschende der TU Graz gemeinsam mit spanischen Kolleginnen und Kollegen ein System zum schnellen Auffinden freier Parkplätze entwickelt. Diese werden >

Communicating vehicles

Graz University of Technology is also contributing to this development in various areas. For instance in production where this technology has driven a trend towards individual production at industrial scale. This is based on networking the objects produced on the machines with the machines that produced them. The machines receive the job orders, for instance the desired dimensions and features etc., directly from the products themselves and thus become tailor-made creations.

Our vehicles are constantly becoming smarter, too. In the near future cars will be equipped with sensors to communicate between themselves and with the infrastructure they are using to warn the driver in time that there is a tricky situation ahead. “Sensors can also make objects and people visible that would otherwise be hidden in the dark or in the blind spot of the rear view mirror,” explains Kay Römer from the Institute of Technical Informatics at Graz University of Technology. Networked heavy goods vehicles, of which only the first vehicle needs to have a human driver, will drive in a convoy, keeping a precisely calculated distance between each other. At Graz University of Technology we are currently setting up a test laboratory to validate and improve the safety of this technology.

Looking for a parking space in the era of the IoT

The Internet of Things will also leave a big mark on the traffic infrastructure. Working in cooperation with Spanish colleagues, researchers at Graz University of Technology recently developed a system to locate available parking spaces quickly. These parking spaces are fitted with sensors that tell the internet whether they are currently free or occupied. A special app guides the driver to the nearest vacant parking space. And as another Graz University of Technology initiative shows, even pipelines can >

Abbildung 1:
Modell-Lkw sollen dank Vernetzung in einem neu gestalteten Testlabor selbstständig verschiedenste Manöver ausführen.

Figure 1:
Networked heavy goods vehicles will drive autonomously in a new test laboratory.



Abbildung 2:
Insgesamt stehen drei Modell-Lkw
im Testlabor zur Verfügung.
Adaptiert wurden sie direkt an der
TU Graz.

Figure 2:
Three miniature HGVs are to be
tested in the new test laboratory.
They were adapted for the project
at TU Graz.

mit Sensoren versehen, die dem Netz mitteilen, ob sie gerade frei oder besetzt sind. Eine spezielle App lotst die Fahrerin oder den Fahrer zum nächsten freien Abstellplatz. Selbst Rohrleitungen können auf diese Weise „intelligent“ gemacht werden, wie eine andere TU Graz-Initiative zeigt: Indem man sie mit Minicomputern ausstattet, die wiederum mit Sensoren verbunden sind, können die Leitungen Daten über die Wassermengen liefern, die durch sie fließen. „So ließen sich Lecks deutlich kostengünstiger ermitteln und genauer lokalisieren“, erklärt Kay Römer. „In der Folge reguliert sich der Wasserdruck automatisch, sodass kaum noch Wasser verloren ginge.“ Da in österreichischen Leitungen zurzeit bis zu 25 Prozent des Wassers durch undichte Stellen verloren gehen, ist für Wasserverteilnetze der Aufstieg in die höhere Intelligenzklasse eine Frage der Wirtschaftlichkeit.

Intelligente Energienetze

Ebenso verhält es sich mit den Energienetzen, bei denen überdies die ökologische Dimension eine zentrale Rolle spielt: Da immer mehr kleine, dezentrale Lieferantinnen und Lieferanten ihre aus Wasser, Sonne oder Umgebungswärme eher unregelmäßig gewonnene Energie in das Netz einspeisen, kann es zu großen Schwankungen bei der gerade verfügbaren Energie kommen.

be 'smarted up' in this way. If they are equipped with sensor-connected minicomputers, the pipelines will be able to send data about of the water volume that flows through them. According to Kay Römer, this would be a much more effective and accurate method to locate leaks. In the end the water pressure would be regulated automatically to almost completely prevent the loss of water. As Austrian pipelines currently lose about 25 percent of the water they carry through leaks, upgrading the water distribution networks to a higher level of intelligence is simply a question of economy.

Intelligent energy networks

The same applies to energy networks. In this case the ecological dimension plays a key role. As an increasing number of small decentralised suppliers feed their irregularly generated hydropower, solar power or ambient heat from water, sun or heat into the grid, the energy available at any one particular moment in time can fluctuate quite considerably. Computers on the feed-in and tapping points are useful to balance out energy consumption and energy supply. At the final consumer's end, the smart meter measures and controls the energy consumption. But while this helps considerably to optimise the energy efficiency and minimise carbon dioxide emissions, what happens with the personal data in

Computer an den Einspeise- und Entnahmestellen sollen helfen, Energieverbrauch und Energieangebot in eine Balance zu bringen. Bei den Endverbraucherinnen und Endverbrauchern ist es der „Smart Meter“, mit dem das Energiekonsumverhalten gemessen und gelenkt werden soll. In Hinblick auf die Energieeffizienz und damit die Kohlendioxidemissionen ist das ein großer Fortschritt – doch was passiert mit all den persönlichen Daten im IdD, aus denen man ziemlich genau herauslesen kann, was jemand zu welcher Zeit in seiner Wohnung tut? Was ist, wenn Hackerinnen und Hacker in dieses riesige Netz eindringen und es manipulieren oder zerstören? Ist man für solche Fälle gerüstet? Wie sicher ist überhaupt die schöne neue Welt des IdD, in der man über den Computer ganze Energie- und Wasserleitungssysteme, Kraftwerke und Straßen lahmlegen kann? Erhöht sich doch durch die unzähligen vernetzten Geräte auch die Menge und Reichweite derartiger Gefahren.

Leadprojekt für mehr Verlässlichkeit und Sicherheit

„Technisch ist zwar vieles schon in Prototypen umgesetzt, doch eine hundertprozentige Zuverlässigkeit dieser Technologie ist heute noch nicht gegeben“, bekennt Kay Römer. „Deshalb wollen wir an der TU Graz unser Know-how bündeln, um deren Verlässlichkeit und Sicherheit zu erhöhen.“ Zu diesem Zweck wird im kommenden Jahr ein Leadprojekt unter dem Titel „Verlässlichkeit im Internet der Dinge“ gestartet, in dem unter Römers Leitung zehn Wissenschaftler der Fakultät für Informatik und Biomedizinische Technik sowie der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik die Grundlagen für ein zuverlässiges IdD erforschen wollen. Das generierte Wissen soll in realen Anwendungen umgesetzt werden. Die Forschungsinitiative wird für drei Jahre mit zwei Millionen Euro von der TU Graz gefördert und kann bei Erfolg um weitere drei Jahre verlängert werden. „Wir betrachten dieses Projekt als eine Art Keimzelle, aus der sich zahlreiche neue Forschungsaufgaben für die verschiedenen Fields of Expertise der TU Graz entwickeln sollen“, so Römer.

Die drei großen Gefahrenquellen

Wie aber kann die Verwundbarkeit und Störanfälligkeit eines so umfassenden Netzes wie des Internets der Dinge minimiert werden? „Wir müssen von den Ursachen ausgehen, warum solche Systeme heute noch nicht verlässlich funktionieren“, erläutert der Wissenschaftler. Drei Hauptgründe haben die Forschenden identifiziert: So erwächst eine zentrale Gefahr durch die Widrigkeiten der Umgebung, denen solche Systeme ausgesetzt sind. In Straßen oder Fahrzeuge integrierte Sensoren beispielsweise müssen extremen >

the IoT? After all, with this information it is not too difficult to find out quite precisely what somebody is doing in his home and at which time. What if a hacker broke into this huge network and manipulated or destroyed it? Are we prepared for such risks? How safe can it be if all you need in the brave new world of the IoT to paralyse entire energy and water supply systems, power stations and roads is a simple computer? After all, the countless networked devices also multiply the number and magnify the impact of such risks.

Lead project for more reliability and safety

“Technically many of these systems already exist as prototypes, but at present we cannot guarantee that this technology is 100 percent reliable,” admits Kay Römer. “At Graz University of Technology we want to concentrate our know-how to increase its reliability and security.” This is precisely why a lead project with the title of “Dependable Internet of Things in Adverse Environments” will be launched next year. Under Römer’s leadership, 10 scientists from the Faculty of Computer Science and Biomedical Engineering and the Faculty of Electrical and Information Engineering will investigate the basic requirements for a reliable IoT. The knowledge generated in the course of the project should then be translated into real-life applications. For this research initiative Graz University of Technology will provide funds to an amount of € 2 million over three years. If it is successful, it can be extended by a further three years. This project is regarded as a kind of incubator that can breed numerous new research tasks for various fields of expertise at Graz University of Technology.

Three big sources of danger

So how can we reduce the vulnerability and chances of failure of a massive network such as the IoT? According to Römer, “the question always has to be why such systems are not working reliably at >

Abbildung 3:

Zehn Forscher von zwei Fakultäten beteiligen sich am Leadprojekt „Verlässlichkeit im Internet der Dinge“.

Figure 3:


10 scientists from two different faculties are taking part in the lead project “Dependable Internet of Things in Adverse Environments”.



On the Top

> INFORMATION,
COMMUNICATION &
COMPUTING





Witterungsbedingungen und Belastungen standhalten. Eine latente Bedrohung sind zudem Sabotage und Terroranschläge, denn eine Cyberattacke etwa auf ein Energie- oder Wassernetz etc. könnte in kürzester Zeit eine ganze Gesellschaft lähmen. „Das Internet der Dinge ist deshalb besonders schwer zu schützen, weil man über die einzelnen Geräte leicht an das Gesamtsystem herankommen kann“, erklärt Kay Römer. Der dritte Grund für die Verwundbarkeit des IdD ist seine gewaltige Komplexität. Damit es störungsfrei arbeiten kann, müssen Milliarden kleiner Geräte funktionieren und kooperieren.

Lernende Modelle der Realität

Diese drei mächtigen Gefahrenquellen sollen mithilfe neuen Wissens eingedämmt werden: „Zunächst wollen wir ein tiefgreifendes Verständnis der diversen Umgebungseinflüsse erarbeiten und dieses Know-how in die Geräte integrieren, sodass sie ihr Verhalten daran anpassen können“, erläutert der Informatiker. „Zu diesem Zweck entwickeln wir lernende Modelle der Realität, die auch gefährliche Situationen antizipieren können. Damit lässt sich sicherstellen, dass sich die einzelnen Geräte und damit das gesamte System in Notfällen richtig verhalten.“ Wenn ein Gerät eine Bedrohung erkennt, soll es sich selbstständig vom System abkoppeln und damit die Gefahr bannen.

Während an der TU Graz bereits zahlreiche Teilaspekte des Internets der Dinge erforscht wurden, soll im neuen Leadprojekt das große Ganze und alle denkbaren Wechselwirkungen der kommunizierenden Objekte ins wissenschaftliche Visier genommen werden. „Wir haben das Potenzial, in diesem Bereich ein internationales Leuchtturmprojekt aufzubauen“, ist Kay Römer überzeugt. ■

present.” The researchers have identified three main reasons: one big risk factor is the adversities of the environment such systems are exposed to. For example, sensors integrated in roads or vehicles need to withstand extreme weather conditions and loads. Also sabotage and acts of terrorism are recognized as a latent danger, simply because a cyber attack against an energy or water supply network could bring an entire society to a standstill in virtually no time at all. “The Internet of Things is very difficult to protect because all it takes to gain access to the complete system is a single device,” explains Kay Römer. The third reason for the vulnerability of the IoT is its enormous complexity. Its faultless operation depends on billions of small devices which must all function properly and co-operate.

Self-learning models of reality

Newly generated knowledge is to help control these three powerful sources of danger. Römer continues, “the first step must be to gain an intimate understanding of the various environmental influences and then to integrate this know-how in the devices so that they can adjust their behaviour accordingly. We do this by developing self-learning models of reality that are able to anticipate dangerous situations. This will ensure that the various devices and therefore the entire system behaves correctly in case of an emergency.” If a device recognises a threat, it should take itself out of the system and therefore eliminate the danger.

Graz University of Technology has already researched numerous partial aspects of the Internet of Things. Now this lead project will concentrate on the big picture and scientifically investigate all conceivable interactions of the communicating objects. Kay Römer is convinced that Graz University of Technology has the potential to build an international flagship project in this sector. ■

Abbildung 4:

Die Fahrzeuge kommunizieren selbstständig miteinander und ermitteln über Sensoren ihre genaue Position.

Figure 4:

Vehicles communicate autonomously with each other and determine their positions via sensors.

Advanced Materials Science



Klaus Reichmann ist Leiter des FoE „Advanced Materials Science“.
Klaus Reichmann is head of the FoE Advanced Materials Science.

Das aktuelle TU Graz *research* erscheint in einer Periode von Anfang und Ende. Es ist der Anfang einer neuen Amtsperiode des Rektorates und damit aber auch in absehbarer Zeit das Ende der Amtsperiode des FoE-Leiters. Ich werde diese Funktion zurücklegen und bin überzeugt, dass

sich unter den Kolleginnen und Kollegen, die sich engagiert in die Gestaltung des FoE „Advanced Materials Science“ eingebracht haben, eine geeignete Nachfolgerin oder ein geeigneter Nachfolger finden wird. Bedanken möchte ich mich beim alten und neuen

Vizektor für Forschung Horst Bischof für seine unaufgeregte und konsequente Art, mit uns die FoE weiterzuentwickeln. Bei meiner Stellvertreterin Cecilia Poletti und meinem Stellvertreter Ferdinand Hofer bedanke ich mich für ihre großartige Unterstützung. Mein besonderer Dank gilt allen Kolleginnen und Kollegen, die sich dem FoE zugehörig fühlen, die ihre Forschungsarbeit und ihre Projekte dem FoE zuordnen und die bei Veranstaltungen des FoE mitgewirkt haben. Sie sind es, die das FoE „Advanced Materials Science“ mit Leben erfüllt haben.

Am Ende des Sommersemesters haben wir ein FoE Meeting veranstaltet, das von den Kolleginnen und Kollegen des Instituts für Werkstoffkunde und Schweißtechnik ausgerichtet wurde. Es war eine hervorragende Gelegenheit, die Forschungsarbeit in diesem Bereich kennenzulernen und Mitglieder über Neuerungen im FoE „Advanced Materials Science“ zu informieren.

Am Anfang des Wintersemesters oder besser am Ende der Sommerferien fand wiederum der „Materials Day 2015“ statt. Auch dieses Jahr stellten Studierende, Graduierte und Post-docs ihre Arbeiten auf dem Gebiet der Materialwissenschaften in zwölf Vorträgen und auf über 20 Postern vor. In einem Gastvortrag stellte Elisabetta Gariboldi ihre Arbeiten auf dem Gebiet der Metallurgie, aber auch das Politecnico Milano, einen neuen strategischen Partner der TU Graz, vor.

In dieser Ausgabe unseres Magazins finden Sie einen Beitrag von Bernhard Sonderegger über seinen Forschungsschwerpunkt „Werkstoffsimulation“. Darüber hinaus möchte ich Sie auch auf den Artikel von Joachim Juhart in der Rubrik „Cooperations“ hinweisen, der sein Forschungsprojekt Öko²-Beton ebenfalls unserem FoE „Advanced Materials Science“ zuordnet.

Am Ende steht mein Wunsch, dass diese Beiträge Ihnen Vergnügen und Inspiration seien.

The current issue of TU Graz research covers a period marked by beginnings and endings. It is the beginning of a new period of office for the Rectorate and thus, also in the near future, the end of the period of office of the FoE head. I will be retiring from this position, and I am convinced that a suitable successor will be found among the colleagues who have become involved in shaping the FoE Advanced Materials Science in such a committed way. I would like to thank the old and new Vice Rector for Research, Horst Bischof, for the steady and consistent way he has helped us in developing the FoEs further. I would like to thank my deputies, Cecilia Poletti and Ferdinand Hofer, for their magnificent support. My special thanks go out to all our colleagues who feel a strong affiliation to the FoE and who carry out their research work and projects in the context of the FoE and contribute to its events and activities: you are the ones who fill the FoE Advanced Materials Science with life.

We organised an FoE meeting at the end of the summer semester which was aimed at colleagues of the Institute for Materials Science and Welding. It was an excellent opportunity to familiarise ourselves with this field and to inform members about novelties and innovations in the FoE Advanced Materials Science.

At the beginning of the winter semester, or more accurately, at the end of the summer holidays, Materials Day 2015 took place. This year, too, students, graduates and post-docs presented their work in the field of materials sciences in 12 lectures and more than 30 posters. In a guest lecture, Elisabetta Gariboldi presented her work in the field of metallurgy and also the Politecnico Milano, a new strategic partner of Graz University of Technology.

You will also find in this issue of our journal an article by Bernhard Sonderegger about his field of focus “materials simulation”. Furthermore, I’d like to draw your attention to an article on Joachim Juhart in the Cooperations section who also carries out his research project “Öko²-Beton” in the context of our FoE Advanced Materials Science.

Finally, I hope these articles will provide you with much reading pleasure and serve as inspiration.

Modellierung mechanischer Eigenschaften von Legierungen

Modeling Mechanical Properties of Alloys

Bernhard Sonderegger

Die Modellierung des mechanischen Verhaltens von Werkstoffen ist komplex und erfordert die Analyse der zugrunde liegenden Mechanismen. Die richtige Balance zwischen detaillierter Beschreibung aller physikalischen Phänomene, mathematischer Stabilität und Berechenbarkeit ist dabei oft die größte Herausforderung.

Steinzeit, Bronzezeit, Eisenzeit. Stahl, Aluminium, Magnesium, Kunststoffe, Kohlefasern: Die technische Entwicklung der Menschheit ist eng verknüpft mit der Entwicklung von Werkstoffen. Metallische Werkstoffe besitzen noch immer viele Vorteile: Sie sind widerstandsfähig, lassen sich gut verformen, sind in großen Mengen herstellbar und relativ günstig. Für die industrielle Anwendung ist es oft wichtig, das mechanische Verhalten der Werkstoffe möglichst gut zu kennen. Zu beschreiben gibt es dabei viel: Festigkeit, Härte, Zähigkeit, Verhalten bei hohen und niedrigen Temperaturen. Schnelle Verformungen wie bei einem Fahrzeugcrash können von Interesse sein, ebenso wie langsame Verformungen wie bei einem Dampfdruckrohr nach zehn Jahren Dauereinsatz.

Mechanisches Verhalten

Das mechanische Verhalten wird meist aufwendig durch eine Vielzahl von Experimenten bestimmt. Modelliert wird das Werkstoffverhalten dann durch vielparametrische analytische Funktionen, in denen Formänderungsraten mit mechanischen Spannungen, Temperaturen und der Vorgeschichte des Materials verknüpft werden. Der wissenschaftliche Erkenntnisgewinn bleibt dabei oft begrenzt. Die Verformung wird zwar korrekt beschrieben, die Gründe für das Verhalten bleiben aber unscharf. Auch sind Neuentwicklungen auf dieser Basis mühsam. Jede neue Legierung muss erst hergestellt, getestet, unter Umständen verworfen, modifiziert und neu getestet werden; ein Prozess, der viele Jahre in Anspruch nehmen kann. >

Modeling the mechanical properties of materials is complex and requires the analysis of the underlying processes. There is often a delicate balance between considering all physical phenomena in detail and bearing in mind computational costs and numerical stability.

Stone Age, Bronze Age, Iron Age. Steel, aluminum, magnesium, plastics, carbon fiber: technical revolutions in history have often been strongly linked to new materials. Metals and alloys still offer many advantages: they are resistant to many environments, can be formed into various shapes, manufactured in large quantities and are relatively inexpensive. The mechanical behavior of the material is one of the key issues for industrial application; this includes strength, hardness, ductility, and properties at high and low temperatures. Fast deformation in car crashes can be of interest as well as slow deformation during the lifetime of a high-temperature steam pipe after 10 years.

Mechanical behavior

The mechanical behavior is mostly recorded in a range of experimental setups. The results can then be interpolated by multi-parameter analytical expressions, where deformation rates are linked to mechanical stresses, temperatures and the previous history of the material. It is difficult to gain scientific insight with this strategy since the deformation of the material is described accurately but the reasons for the material properties remain unclear. In addition, the design of new materials requires extensive efforts, and each new alloy has to be produced, tested, eventually discarded, modified and tested again; a process which may take many years.

It is thus worthwhile from an economic point of view to distill general conclusions from material A and apply them to material B. This coincides with the scientific ambition for describing as many phenomena as possible with a small number of >



Bernhard Sonderegger ist seit Frühjahr 2015 am Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik tätig und Inhaber der Professorenstelle des FoE „Advanced Materials Science“. Hauptthema seiner Arbeit ist das physikalische Verständnis der mechanischen Eigenschaften und des Verformungsverhaltens von metallischen Werkstoffen.

Bernhard Sonderegger has worked at the Institute of Materials Science and Welding since Spring 2015 and holds the professorship in the FoE Advanced Materials Science. His research is focused on understanding mechanical properties and deformation of metals.

Vom wirtschaftlichen Standpunkt ist es daher erstrebenswert, Erkenntnisse von Werkstoff A auf Werkstoff B zu übertragen. Dies deckt sich auch mit dem wissenschaftlichen Ziel, viele Phänomene durch wenige Grundprinzipien zu beschreiben. Hinzu kommt noch der Anspruch, Werkstoffverhalten mit physikalischen Grundlagen zu verknüpfen. Dazu ist es notwendig zu wissen, woher das mechanische Verhalten der Werkstoffe eigentlich stammt.

Mikrostruktur

Der Schlüssel zum Verständnis ist die Mikrostruktur. Darunter ist die Konfiguration zu verstehen, die den Werkstoff von einem Einkristall unterscheidet. Gelöste Fremdatome, Fehlstellen, Versetzungen, Korngrenzen, kleine zweite Phasen und Einschlüsse formen den Charakter des Werkstoffes. Zur plastischen Verformung kommt es erst bei Änderung der Mikrostruktur: Korngrenzen gleiten, Versetzun-

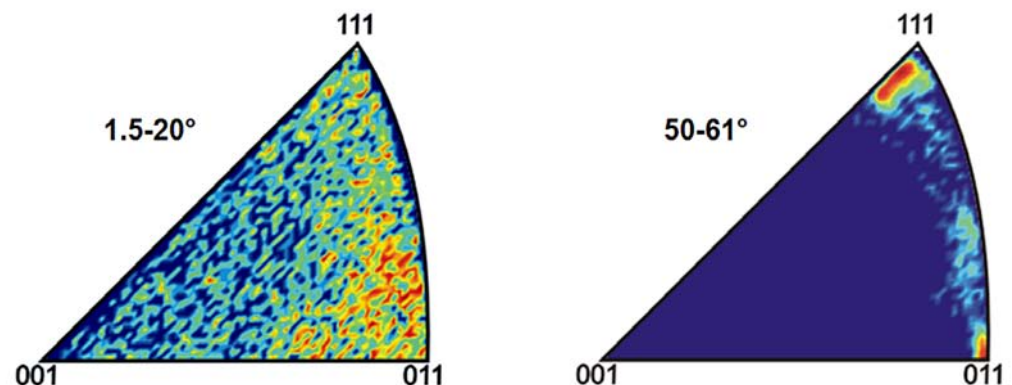
basic models. Additionally the models should be based on physics and enable quantitative predictions without the assessment of individual parameters for every single material. For this target it is necessary to understand the fundamental principles of the mechanical behavior of the investigated materials.

Microstructure

The key to the mechanical properties lies in the microstructure: the difference between the real material and an idealized single crystal. Alloying elements in solid solution, vacancies, dislocations, grain and phase boundaries, precipitates and inclusions form the character of the material. Plastic deformation only occurs due to changes in the microstructure: grain boundaries slip, dislocations move and atoms diffuse. Plastic deformation can only be understood if the microstructure is known in detail, plus the effect of each microstructural element on the evolution of all other elements. This

Abbildung 1:
Analyse der Verteilung von
Eigenvektoren von Korngrenzen-
misorientierungen in einem
martensitischen Stahl.

Figure 1:
Analysis of the eigenvector
distribution of grain boundary
misorientations in a martensitic
steel.



© TU Graz – Sonderegger

gen wandern und Atome diffundieren. Erst durch Kenntnis der Struktur inklusive aller Einschlüsse, Grenzflächen und Gitterbaufehler sowie deren Interaktionen lässt sich das Verhalten vollständig verstehen. Dabei stellen sich zwei Fragen: Wie manifestieren sich die Wechselwirkungen auf der Mikroskala im makroskopischen Verhalten und wie kommt es zur Ausbildung einer bestimmten Mikrostruktur? Können diese beiden Fragen physikalisch beantwortet werden, so kann auch das mechanische Verhalten eines Werkstoffes vorhergesagt werden. Das ist meist komplexer, als es klingt.

Nukleation von zweiten Phasen

Als Beispiel mag hier die Bildung von Ausscheidungen, kleinen zweiten Phasen in Festkörpern, dienen. Diese Objekte in einer typischen Größe von Nano- bis Mikrometern steigern die Festigkeit und die Härte, verbessern die Langzeitstabilität bei

raises two questions: how do the microstructural interactions affect macroscopic mechanical properties and how does the microstructure evolve in the first place? As soon as these questions can be answered on a physical basis, then the mechanical behavior of a material can be predicted. This task is more complex than it appears.

Nucleation of precipitates

Take as an example the formation of precipitates. These objects in the scale from nano- to micrometers increase yield strength and effect hardness, improve long-term stability at high temperatures and can be formed in a wide variety of industrial alloys. High-temperature steels, aluminum or nickel-base alloys owe their properties to nitrides, carbides or inter-metallic phases. It is important to produce the right quantity and quality of precipitates with respect to size, number density, type and position within the

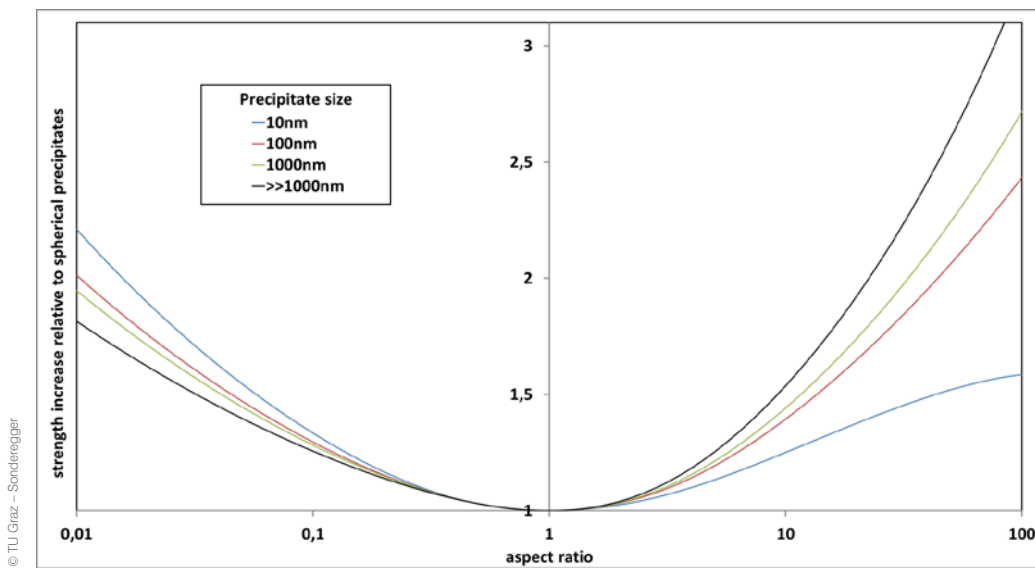


Abbildung 2:
Einfluss der Form von inkohärenten Ausscheidungen auf deren festigkeitssteigernde Wirkung.

Figure 2:
Impact of precipitate shape on strength increase (incoherent particles).

hohen Temperaturen und ermöglichen eine Vielzahl von neuen technischen Legierungen. Warmfeste Stähle, viele Aluminium- und Nickelbasislegierungen verdanken ihre Eigenschaften Karbiden, Nitriden oder intermetallischen Ausscheidungen. Entscheidend ist die richtige Dosis: Größe, Stückzahl, Typ und Platz innerhalb der Mikrostruktur. Erreicht wird dies durch eine fein abgestimmte chemische Zusammensetzung und gezielte Wärmeführung im Herstellungsprozess.

Der Bildungsprozess dieser Ausscheidungen beginnt bei stochastischen Bewegungen von Legierungsatomen und deren Agglomeration zu Clustern. Einfache Sonderfälle können mit Monte-Carlo-Simulationen beschrieben werden. Leider ist das kleinste repräsentative Volumen in einem technischen Werkstoff typischerweise ein Korn mit circa 10^{10} – 10^{18} Atomen, durchsetzt von Gitterbaufehlern und von komplexer Zusammensetzung. Als Mittel der Wahl bleiben Statistik und Thermodynamik.

Diese Kombination findet sich in der klassischen Nukleationstheorie (CNT). Diffusionsraten, Gibbs-Energien und Grenzflächen sind hier die prägenden Begriffe. Oft stößt CNT jedoch an ihre Grenzen: gerade bei sehr kleinen Objekten, dem eigentlichen Anwendungsgebiet: So ändern sich zum Beispiel spezifische Energien von Phasengrenzflächen bei starker Krümmung. Der Weg bis zur Materialentwicklung per Modellierung und Simulation ist also gespickt mit vielen einzelnen physikalischen Aufgabenstellungen und jede Lösung ist ein kleiner Schritt. ■

microstructure. This is achieved by carefully balanced chemical composition and sophisticated heat treatments. The formation process of the precipitates starts by stochastic movements of alloying atoms and their agglomeration to clusters. In a few simple cases, this formation can be simulated by Monte-Carlo methods. Unfortunately, the smallest representative volume in a technical alloy is typically a grain with 10^{10} – 10^{18} atoms, containing an inhomogeneous distribution of lattice defects and with complex composition. In this case, statistical and thermodynamic approaches are more appropriate.

This combination can be found in Classical Nucleation Theory (CNT). Gibbs energies, diffusion rates and interfaces are the key words here. But even well-established physical concepts such as CNT have to be improved. As it turns out, some input parameters, such as specific phase boundary energies, depend on the curvature of the boundary and thus the size of the nucleus. Each solution to such a problem gives more insight into the underlying processes in the material and is thus a small step towards designing materials by modeling and simulation. ■

Human & Biotechnology



Bernd Nidetzky ist Leiter des FoE „Human & Biotechnology“. *Bernd Nidetzky is head of the FoE Human & Biotechnology.*



Gernot Müller-Putz ist stellvertretender Leiter des FoE „Human & Biotechnology“. *Gernot Müller-Putz is deputy head of the FoE Human & Biotechnology.*

Seit dem letzten TU Graz *research* hat sich Offensichtliches getan in unserem Field of Expertise: Aus dem Gebäudekomplex der „Alten Chemie“ wurde die neue „Biomedizinische Technik“. Nach der Generalsanierung und Umgestaltung des Gebäudekerns ist dieses Bauwerk nun die neue Heimat der

vier biomedizintechnischen Institute Medizintechnik, Biomechanik, Health Care Engineering und Semantische Datenanalyse. Auch die Europaprüfstelle für Medizinprodukte wurde dorthin übersiedelt. Mit

einer Fachbibliothek, einer offenen Cafeteria und dem sonnigen Dachrestaurant belebt dieses Gebäude den Campus Neue Technik. Somit ist auch unser FoE nun an einem Standort zusammengekommen – direkte Kommunikation und persönlicher Gedankenaustausch sind damit um ein gutes Stück einfacher geworden.

Mit der Übersiedlung des Instituts für Health Care Engineering ist nun auch Christian Baumgartner fix in Graz angekommen. Er wurde bereits im Herbst des vergangenen Jahres an die TU Graz berufen und steht nun zu 100 Prozent unserer Universität zur Verfügung. In seinem Übersichtsartikel fasst er ausgewählte Forschungsthemen aus den Bereichen biomedizinische Modellbildung und Simulation, Elektrophysiologie sowie Methoden und Modelle für die molekulare Diagnostik zusammen, die auch Schwerpunkt seiner zukünftigen Forschungstätigkeit an der TU Graz sein werden.

In der Rubrik „Life“ etwas weiter hinten wird Christin Zachows Arbeit rund um mikrobiellen Pflanzenschutz in der Biotechnologie vorgestellt, für den sie erst kürzlich den Fast Forward Award, den Wirtschaftspreis des Landes Steiermark, erhalten hat.

Die Berufungskommission der Professur für Molekulare Biotechnologie hat inzwischen eifrig gearbeitet, die Eingeladenen haben ihre Vorträge gehalten und nun sind die Gutachterinnen und Gutachter am Zuge. Die Verhandlungen zur Professur für Technologie von Biomaterialien – unserer FoE-Professur – sind indes fast abgeschlossen. In der nächsten Ausgabe des TU Graz *research* können wir bereits mehr berichten.

Im Zuge der neuen Leistungsvereinbarungsperiode soll es weiterhin die Anschubfinanzierungen geben. Wir rufen daher auf, dieses Instrument zu nutzen. In unserem FoE konnten mit dieser Hilfe bereits einige auch sehr große Projekte eingeworben werden. Der nächste Einreichtermin wird im neuen Jahr angesetzt sein.

There have been many changes since the publication of the last issue of TU Graz research. The well-known “Alte Chemie” at the Campus Neue Technik has been converted into the new “Biomedizinische Technik” building. After general restoration and redesign of the building’s core, it has become home to the four biomedical engineering institutes (Medical Engineering, Biomechanics, Health Care Engineering and Knowledge Discovery). The European Notified Body of Medical Devices has also moved in. With a library, an open cafeteria and a sunny roof-top restaurant, this building will inject new life into the campus. On top of that, all our FoE institutes are now located in the same neighbourhood, something which will foster communication and personal exchange in the future.

At the same time as the Institute for Health Care Engineering moved to its new location, Christian Baumgartner also settled in Graz. He was appointed to Graz University of Technology in autumn last year, and has been in Graz full time since September 2015. On the next few pages he introduces himself with an article presenting selected topics in the field of biomedical modelling and simulation, electrophysiology, methods and models for decision-making in molecular medicine, and an overview of his planned research.

Later on, Christin Zachow’s work on microbial plant protection in biotechnology is presented in an article under the Life section. She was recently awarded the Fast Forward Award – the Styrian business award.

The appointment committee for Molecular Biotechnology has been working intensively. The invited candidates gave their talks and now the expert reviewers are carrying out their work. Also, negotiations for the Biobased Materials Technology professorship – which is our FoE professorship – are in the final round. Details of the outcome will be reported in the next issue of TU Graz research.

It is planned to keep the successfully initiated start-up funding during the new performance agreement period. We therefore encourage you to use this funding to prepare your proposals. Several big projects have already been successfully accepted. The next submission deadline will be in the new year.

Modelle und deren Anwendungen in der Biomedizin

Models and their Application in Biomedicine

Christian Baumgartner

In der Biomedizin spielen Modelle für die Entwicklung neuer diagnostischer und therapeutischer Anwendungen eine wichtige Rolle. An ausgewählten Beispielen, die sich mit der Entwicklung von Elektroden systemen für die Innenohrstimulation, Ablationskathetern zur Therapie von Herzrhythmusstörungen sowie Modellen zur Charakterisierung von Biomarkern für die molekulare Diagnostik befassen, wird deren Einsatz demonstriert.

Modelle zur Simulation der Elektrostimulation mithilfe eines Vestibularimplantates

Das Gleichgewichtsorgan kann bei Ausfall Bewegungsabläufe und die visuelle Wahrnehmung erheblich stören. Die Auswirkungen solcher Ausfälle können durch Elektrostimulation therapiert werden. Ausgehend von μ CT-Aufnahmen von Innenohrpräparaten erfolgt die Erstellung eines anatomisch-geometrischen Modells, das die Grundlage für die Entwicklung eines Volumenleitermodells zur Simulation der elektrischen Wirkung der Stimulationsimpulse bildet. Hierbei ist es wichtig, die Elektrodengeometrie, deren Positionierung am Vestibularorgan sowie das Stimulationsprotokoll so zu wählen, dass ein Übersprechen der Stimuli auf benachbarte Nervenstrukturen verhindert wird.

Die elektrische Modellbildung erfolgt unter Annahme einer quasistatischen Approximation der Maxwell-Gleichungen mithilfe der FEM-Methode. Die Nervenstränge des Innenohrs werden in Form eines modifizierten Nervenleitungsmodells modelliert, um die Erregungsausbreitung in den Nervenbahnen zu beschreiben. Abbildung 1 zeigt das elektrische Potenzialfeld im Vestibularorgan nach bipolarer Elektrostimulation. Die gewählten Elektrodenpositionen sowie Form und Stärke der Stimuli können zum Beispiel zur Aktivierung des benachbarten Fazialisnervs führen und damit eine ungewollte Aktivierung bestimmter Gesichtsabschnitte bewirken. Das resultierende Modell stellt somit ein wichtiges Werkzeug für die Entwicklung >

Models play a crucial role in the development of new diagnostic and therapeutic applications in biomedicine. Based on selected examples of the development of electrode systems for inner ear stimulation, catheter ablation devices for the treatment of cardiac arrhythmias, and models for the characterization of biomarkers used in molecular diagnostics, the application and evaluation of models is highlighted and explained in more detail.

Models for simulating functional electrical stimulation using a vestibular implant

Failure of the vestibular system may lead to substantial disturbances of body movement and visual perception, all of which can be treated through functional electrical stimulation. Based on high-resolution micro-CT scans of the human inner ear, an anatomical geometrical model is constructed which serves as a basis for the development of a volume-conductor model for simulating electrical effects in the vestibular organ during stimulation. With respect to design issues, it is crucial to select the geometry and position of the electrodes on the vestibular organ as well as the stimulation protocol in such a way that crosstalk effects on neighboring nerve fibers are prevented.

The electrical model is developed based on a quasi-static approximation of the Maxwell equations using the finite element method. Nerve fibers of the inner ear are modeled using a modified nerve conduction model which allows for an evaluation of electrical excitation along the fibers. Figure 1 shows the electrical potential field distribution in the vestibular organ after electrical stimulation. The selected electrode positions as well as shape and magnitude of the stimuli may activate e.g. adjacent facial nerve structures which may lead to an unintended activation of certain facial areas. This model is an important tool for the development of a vestibular implant because a set of design parameters are able to be studied and evaluated in detail. >



Christian Baumgartner ist Universitätsprofessor am Institut für Health Care Engineering mit Europaprüfstelle für Medizinprodukte. Seine Arbeit reicht von biomedizinischer Sensorik und Signalverarbeitung, Modellbildung und Simulation, der experimentellen Elektrophysiologie bis hin zu Fragestellungen aus dem Bereich Computational Biomedicine.

Christian Baumgartner is professor at the Institute of Health Care Engineering with European Notified Body of Medical Devices. His research ranges from biomedical sensor technology and signal processing, model building and simulation, experimental electrophysiology to questions in the field of computational biomedicine.

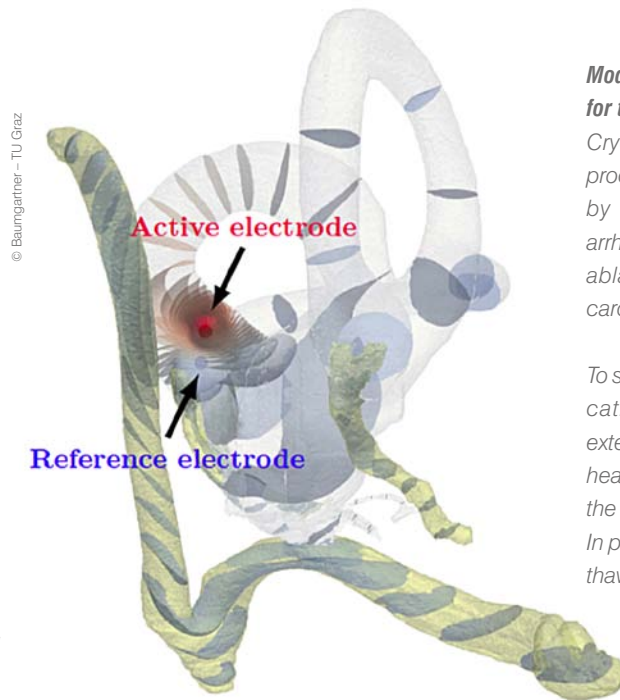


Abbildung 1:
Elektrisches Potenzialfeld im
Vestibularorgan nach bipolarer
Stimulation.

Figure 1:
Electrical potential field in the
vestibular organ after bipolar
stimulation.

eines Vestibularimplantates dar, da sämtliche Designparameter mithilfe des Modells untersucht und evaluiert werden können.

Modelle zur Simulation der Kryoablation für die Therapie von Herzrhythmusstörungen

Die Kryoablation – darunter versteht man das gezielte Veröden von arrhythmogenem Herzmuskelgewebe durch Schockgefrieren mithilfe eines Katheters – ermöglicht die Behandlung komplexer Herzrhythmusstörungen und verhindert darüber hinaus das Risiko von Komplikationen wie der Perforation des Gewebes oder der Induktion von Schlaganfällen.

Um die Temperaturverteilung eines Tip-Katheters im Herzmuskel zu simulieren, wurde auf Grundlage des sogenannten „Effective Heat Capacity“-Modells ein erweitertes Modell entwickelt, das die Untersuchung geeigneter Ablationsprotokolle ermöglicht. Im Speziellen werden Ansätze wie der „Freeze-Thaw“-Effekt simuliert, um zu zeigen, dass damit das Verödnungsprozedere im Gewebe beschleunigt und damit die interventionelle Eingriffsdauer reduziert werden kann. Abbildung 2 zeigt eine Simulation des Kryoablationsprozesses mittels sogenannter Frier-Tau-Zyklen. Die raschen Phasenübergänge zwischen gefrorenem und aufgetautem Gewebe beschleunigen die Nekrotisierung jenes Gewebsabschnittes, der die Ursache der Erregungsausbreitungsstörung darstellt. Die entwickelten Modelle ermöglichen es, geeignete Ablationsprotokolle zu erstellen, die die zeitliche Interventionsdauer verkürzen und den Therapieerfolg erhöhen.

Models for simulation of the cryoablation process for the treatment of cardiac arrhythmias

Cryoablation is a minimally invasive therapeutic procedure in the treatment of arrhythmogenic tissue by cooling which allows for complex cardiac arrhythmias to be treated, while preventing risks of ablation complications, such as perforation of cardiac tissue or the induction of stroke.

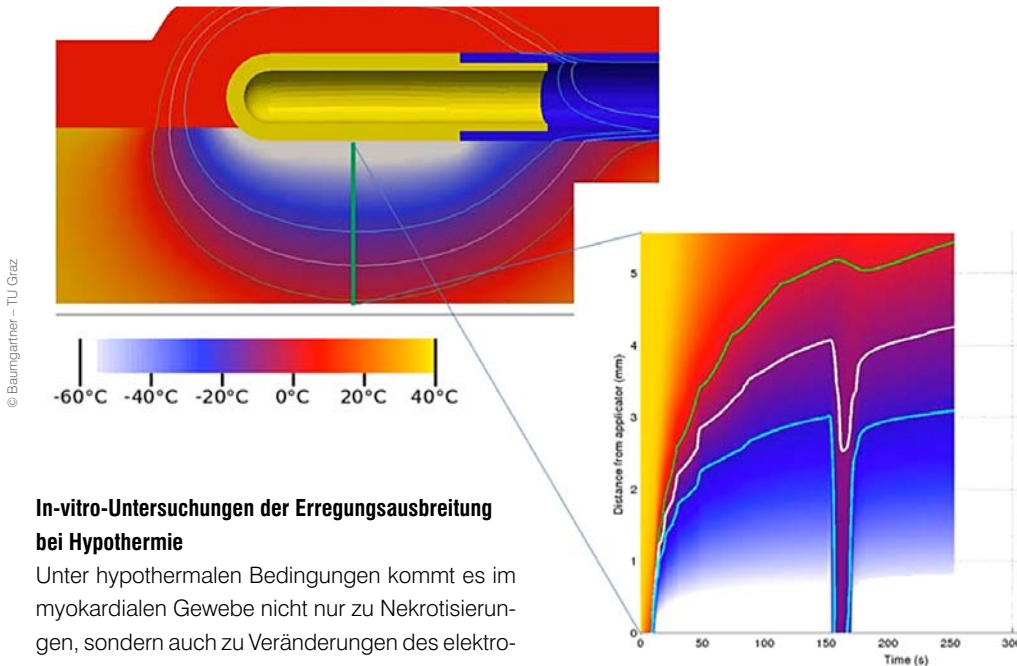
To simulate the temperature distribution of a cryo-tip catheter configuration in cardiac tissue, an extended model based on the so-called effective heat capacity model was developed, allowing for the investigation of appropriate ablation protocols. In particular, approaches like the so-called “freeze-thaw” effect were simulated in order to speed up creating systematic lesions in tissue by quick-freezing and thus reducing the duration of intervention. Figure 2 depicts a simulation of a cryoablation process by applying a freeze-thaw protocol. The quick phase changes between frozen and unfrozen tissue accelerate necrosis in those tissue segments which indicate the origin of disturbance in ventricular conduction. The introduced models enable appropriate ablation protocols to be developed which reduce the duration of intervention and enhance therapeutic success.

In-vitro investigation of electrical excitation in hypothermia

Hypothermia may lead not only to necrosis of myocardial tissue, but also to electrophysiological changes which modulate the dynamics of electrical excitation propagation. Based on current models of temperature-dependent ion myocardial cells it is possible to conduct 3D simulations of selected cardiac tissue segments. For validation of simulations using in-vitro experiments primary cultures of cardiomyocytes are cultivated on a multielectrode array (MEA) and extracellular potentials are registered, analyzed and aligned with the model. Figure 3 demonstrates a cell layer of cardiomyocytes on a multielectrode array.

Models for the identification and characterization of metabolic biomarkers in molecular medicine

Besides electrophysiological processes, molecular and biochemical mechanisms play a crucial role in signal transduction or metabolism. In particular, the identification and characterization of metabolic signatures (biomarkers) representing the functional endpoint of pathogenic processes or pharmacological responses are of high importance for diagnosis and therapy in molecular medicine. The



In-vitro-Untersuchungen der Erregungsausbreitung bei Hypothermie

Unter hypothermalen Bedingungen kommt es im myokardialen Gewebe nicht nur zu Nekrotisierungen, sondern auch zu Veränderungen des elektro-physiologischen Verhaltens, die die Dynamik der Erregungsausbreitung modulieren. Basierend auf temperaturabhängigen Ionenstrommodellen myokardialer Zellen ist es nun möglich, 3-D-Simulationen an ausgewählten Gewebeabschnitten des Herzens durchzuführen. Für die Validierung dieser Modellsimulationen werden in In-vitro-Experimenten Primärkulturen von Kardiomyozyten auf einem speziellen Multielektrodenarray (MEA) kultiviert, deren extrazelluläre Signale registriert, analysiert und mit dem Modell abgeglichen werden. Abbildung 3 zeigt einen Zellschichtausschnitt auf einem Multielektrodenarray.

Modelle zur Identifizierung und Charakterisierung von metabolischen Biomarkern für Anwendungen in der molekularen Medizin

Neben elektrophysiologischen Prozessen spielen molekulare oder biochemische Mechanismen zum Beispiel im Bereich der Signalübertragung oder des Stoffwechsels eine wichtige Rolle. Gerade die Identifizierung und Charakterisierung von Schlüsselstoffwechselgrößen (metabolische Biomarker), die den funktionellen Endpunkt zum Beispiel pathogenetischer oder pharmakologischer Prozesse repräsentieren, sind für diagnostische oder therapeutische Anwendungen von außerordentlicher Bedeutung. Das kinetische Verhalten von Schlüsselmarkern, als Antwort zum Beispiel auf unterschiedliche physische oder psychische Stimuli, eröffnet in der Biomarkerforschung nun die Möglichkeit, die Stoffwechseldynamik näher zu untersuchen. Hier liefern mathematische Modelle zur Beschreibung und Charakterisierung der Stoffwechselkinetik einen wesentlichen Beitrag für das Verständnis metabolischer Prozesse. ■

investigation of metabolite kinetics, e.g. in response to different physical or mental stimuli, therefore opens new opportunities in biomarker research. Hence, the introduction of mathematical models for the specification and characterization of metabolite dynamics contributes towards a better understanding of metabolic mechanisms in health and disease. ■

Abbildung 2:

FEM-Modell des Kryoablationsprozesses (links). Transmurale Temperaturverteilung eines Ablationsprotokolls mit Frierphase und kurzer Tauphase, gefolgt von einer zweiten Frierphase (rechts).

Figure 2:

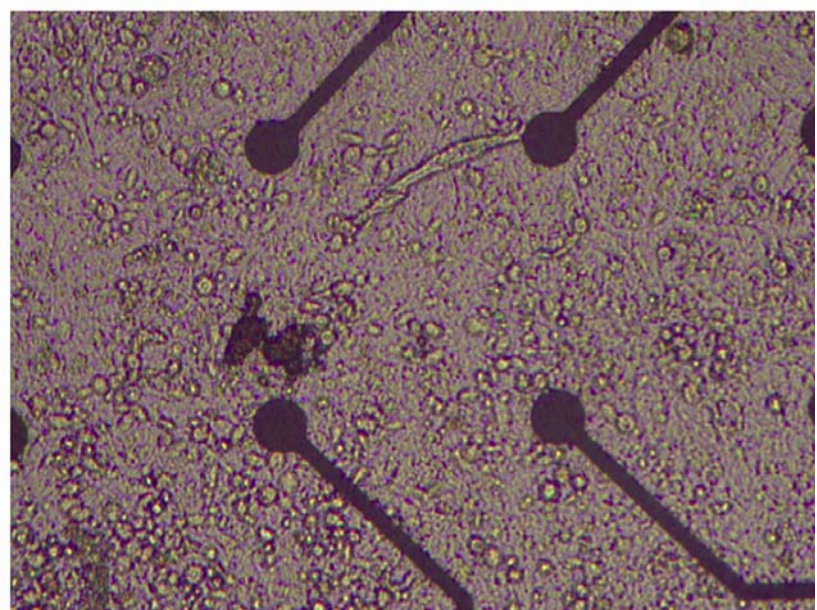
FEM model of the cryoablation process (left). Transmural temperature distribution of an ablation protocol with a freeze phase, a short thaw phase and a second freeze phase (right).

Abbildung 3:

Zellschicht aus hühnerembryonalen Kardiomyozyten, kultiviert auf einem MEA mit einem Elektrodendurchmesser von 10 μm .

Figure 3:

Cell layer of chicken cardiomyocytes cultivated on a MEA (electrode diameter 10 μm).



Information, Communication & Computing



Johannes Wallner ist Leiter des FoE „Information, Communication & Computing“. Johannes Wallner is head of the FoE Information, Communication & Computing.

Bei der Neuverhandlung des Generalvertrags des Springer-Verlags mit dem Bibliothekenkonsortium, dem auch die TU Graz angehört, wurde für die Jahre 2016 bis 2019 Folgendes vereinbart: Nicht nur sind alle 2000 online angebotenen Zeitschriften für Angehörige der teilnehmenden Institutionen verfügbar, sondern es werden auch unsere eigenen Publikationen für die rund 1600 Zeitschriften, die dem Springer-Verlag gehören, für jede und jeden frei und kostenlos zugänglich sein – eine Publikation mit korrespondierender Autorin oder korrespondierendem Autor aus einer teilnehmenden Institution fällt in die Kategorie „open access“.

Über den Preis des Abkommens schweigen die Vertragsparteien. Es ist jedoch bei der bekannten Budgetlage unserer Universitäten schwer vorstellbar, dass der Verlag eine hohe Preisssteigerung erzielen konnte. Mehr werden wir vielleicht in den nächsten Jahren wissen, wenn Abkommen mit Ländern geschlossen werden, deren Regeln betreffend Transparenz bei der Verwendung von Steuergeldern strenger sind als in Österreich.

Was ändert sich nun für die einzelnen Autorinnen und Autoren? In einem Gebiet wie zum Beispiel der Mathematik, wo es üblich ist, Publikationen über www.arxiv.com oder die eigene Website verfügbar zu machen, unmittelbar wohl wenig. In anderen Fachgebieten ist ein offizieller freier Zugang zu Publikationen von viel größerer Bedeutung.

Unter den Verhandelnden auf österreichischer Seite war auch der Forschungsförderungsfonds (FWF), der schon länger in seinen Förderverträgen verlangt, dass Forschungsergebnisse öffentlich zugänglich gemacht werden. Die Bereitschaft des FWF, für „open access“ zu zahlen und entsprechende Verträge mit großen Verlagen abzuschließen, hatte kuriose Auswirkungen. Wie zum Beispiel unwahre Angaben von Autorinnen und Autoren beim Ausfüllen von Formularen auf Verlagswebsites, um das automatische Ausstellen einer Rechnung von mehreren Tausend Euro an den FWF zu verhindern. Die neuer geschlossene Vereinbarung mit Springer löst die Verstrickung sich untereinander widerstrebender Verpflichtungen unserer Universitätsbibliotheken hoffentlich tatsächlich teilweise auf und trägt so zur weiteren Existenz des gegenwärtigen wissenschaftlichen Publikationswesens bei.

Springer, one of the world's biggest scientific publishers, and a consortium of Austrian libraries have agreed on a change to their general terms for the period 2016 to 2019. Not only will all of Springer's 2000 journals become accessible free of charge for participating institutions, but for those 1600 journals owned by Springer, publications with corresponding authors from participating institutions will automatically be open access.

The financial details of this agreement have not been disclosed. The known constraints on university budgets however make it difficult to imagine a great rise in the total sum paid to Springer annually. Perhaps we will know more details in a few years when similar agreements will be made with countries which have stricter rules regarding transparency in spending taxpayers' money.

The effects of this agreement differ and depend on the field. For example in mathematics we are used to open access anyway, since usually all the papers we need are available on www.arxiv.com or via the individual authors' web pages. In other areas it is much more important that papers are officially accessible free of charge.

The Austrian Science Fund (FWF) actively participated in the negotiations with Springer. Open access has been an important part of FWF policy, and FWF requires that the results of research performed in the course of funded projects be made freely and publicly available. FWF's offer to pay for open access has had curious results in the past, including authors not being truthful in filling out forms on publishers' web pages, in order to prevent FWF being charged several thousand euros after acceptance of a publication. The new agreement with Springer might cut through at least part of the tangle of competing responsibilities assumed by our libraries, and may contribute to the continued existence of the current system of scientific publishing.

Daten verstehen mit Topologie

Understanding Data using Topology

Michael Kerber

Die wachsenden Größen heutiger Datensätze werfen die Frage nach neuartigen Methoden auf, um in diesen Daten relevante Informationen zu finden. Die mathematische Disziplin der algebraischen Topologie hat sich als attraktive Methode herausgestellt, um High-Level-Information für reale Daten zu extrahieren. Eine der Hauptfragen in diesem Bereich dreht sich um die algorithmischen Aspekte: Wie können die topologischen Eigenschaften effizient berechnet werden?

Wir leben im Informationszeitalter: Riesige Datenmengen werden jede Minute produziert. Beispielsweise werden täglich etwa 350 Millionen Bilder bei Facebook hochgeladen. Als „Datenanalyse“ bezeichnet man den Prozess, bei dem relevante Informationen aus einer Datensammlung extrahiert und daraus Schlussfolgerungen gezogen werden. Ein Beispiel ist die Analyse des Nutzerverhaltens auf einer Internetseite wie Youtube oder Netflix, um Videos personalisiert zu empfehlen. Für reale Datensammlungen wird die Datenanalyse durch unvermeidbare Ungenauigkeiten, sogenanntes „Rauschen“, erschwert.

In vielen Fällen sind qualitative Zusammenfassungen für die Datenanalyse notwendig. Beispielsweise besteht ein erster Schritt der Analyse einer Menge von Bildern darin, eine Klassifikation in ein paar wenige Kategorien vorzunehmen, zum Beispiel Bilder von Personen, von Gebäuden, von Landschaften etc. Durch das wachsende Interesse an der Datenanalyse werden neue Ansätze benötigt, um solche High-Level-Informationen aus Daten zu extrahieren.

Topologische Datenanalyse

Eine vielleicht überraschende Verbindung wurde zwischen der Datenanalyse und der Topologie von geometrischen Formen beobachtet. Die Topologie ist die mathematische Sprache zur Klassifizierung von Formen anhand der Art, wie sie zusammen- >

The growing sizes of contemporary datasets require novel ways to find the relevant information within that data. The mathematical discipline of algebraic topology has been identified as an attractive candidate to obtain high-level information on real data. One of the major questions in this field lies in the algorithmic aspects: how can such topological information be computed efficiently?

We are living in the era of information: huge amounts of data are generated every minute. For instance around 350 million photos are uploaded to Facebook every single day. "Data analysis" is the task of extracting meaningful information content and drawing conclusions from a data collection. One example are recommendation systems for user navigation on a website like Youtube or Netflix based on the choices made. In general, data analysis becomes more challenging through the inevitable presence of noise in almost any form of real data.

In many cases, qualitative, high-level summaries are required for data analysis. For instance, a first step for analysing a collection of images is a clustering into few categories, like images of people, buildings, landscapes, etc. The growing interest of data analysis asks for novel ways of extracting such high-level information.

Topological data analysis

A perhaps surprising connection has been established between data analysis and the "topology" of geometric shapes. Topology is a mathematical language for classifying shapes according to how they are connected. To illustrate the idea, a bagel and a Kaiser roll are topologically different because the former contains a hole that is missing in the roll. Moreover, a pretzel is different from the former, too, again because it has more than one hole. On the other hand, a coffee mug and a bagel are, topologically speaking, the same because both have one hole, and we can transform one into the other without ever changing the connectivity of the shape. >



Michael Kerber beschäftigt sich als Professor des FoE „Information, Communication & Computing“ mit algorithmischen Fragestellungen der Topologie und Geometrie.

Michael Kerber is professor of the FoE Information, Communication & Computing and focuses on algorithmic problems in topology and geometry.

hängen. Um diese Idee zu illustrieren, betrachten wir eine Semmel und einen Bagel. Diese sind topologisch verschieden, weil Letzterer einen „Tunnel“ enthält, der in der Semmel nicht existiert. Eine Brezel hingegen ist topologisch wiederum verschieden, weil sie mehr als einen Tunnel formt. Andererseits sind ein Bagel und eine Kaffeetasse unter topologischen Gesichtspunkten nicht unterscheidbar, da beide nur einen Tunnel besitzen und wir eine Form in die andere überführen können, ohne zu irgendeinem Zeitpunkt den Zusammenhang der Form zu verändern.

Die Verbindung zur Datenanalyse ergibt sich daraus, dass sich viele Datensammlungen geometrisch interpretieren lassen (unter Umständen in einem hochdimensionalen Raum) und die Topologie eine High-Level-Zusammenfassung dieser Daten liefert, die Details wie den genauen Abstand von zwei Punkten ignoriert. Jedoch reichen die klassischen Methoden der Topologie nicht aus, da sie für den idealisierten Fall von „sauberen“ Formen entwickelt wurden und damit sehr anfällig für Rauschen sind. Dieses Problem wird durch die „persistente Topologie“ entschärft. Die grobe Idee besteht darin, nicht nur die Anzahl der topologischen Features (zum Beispiel die Tunnel im oben beschriebenen Beispiel) zu zählen, sondern auch jedem dieser Features einen „Bedeutungswert“ zuzuordnen. Das erlaubt eine feinere Analyse der topologischen Eigenschaften, insbesondere eine Unterscheidung zwischen Rauschen und relevanten Eigenschaften der geometrischen Form.

Persistente Topologie wurde auf viele verschiedene Probleme in der Datenanalyse angewandt. Zum Beispiel wurde gezeigt, dass der Raum der „natürlichen“ Bilder geometrisch eine „Klein'sche Flasche“ bildet. Dies ist eine verdrehte Version eines (ausgehöhlten) Bagels.

The relation to data analysis is that many data sets can be easily interpreted as geometric data (in some high-dimensional space), and topology provides a high-level summary of that data, ignoring details like the distance between points. However, the classical notions of topology are insufficient because they are developed for the idealized situation of “clean” shapes and are therefore sensitive to noise. This problem has been overcome with the development of “persistent topology”. The rough idea is to not just count the number of topological features (like the number of holes in the example), but also to provide an “importance value” to each feature. This allows a more fine-grained analysis of the topological features, in particular a distinction between noise and relevant features of the shape.

Persistent topology has been applied to various questions in data analysis. As an example, the space of “natural images” has been shown to fit the geometric shape of a “Klein Bottle”, which is a twisted version of a (hollow) bagel.

Computational challenges

In light of the increasing size of data sets, efficient ways of computing and analysing the persistence information of data are required. Michael Kerber's research is devoted to this goal. The computational problems connect with various classical areas in algorithmics, for instance, approximation algorithms to create a shape from data, linear algebra to compute the persistence of a shape, and combinatorial optimization to compare the topologies of different shapes.

We highlight one recent result from the group: the topological information of a shape can be summarized by a multi-set of dots in the plane, called the “persistence diagram”. Having two such diagrams, a distance measure between the dots yields

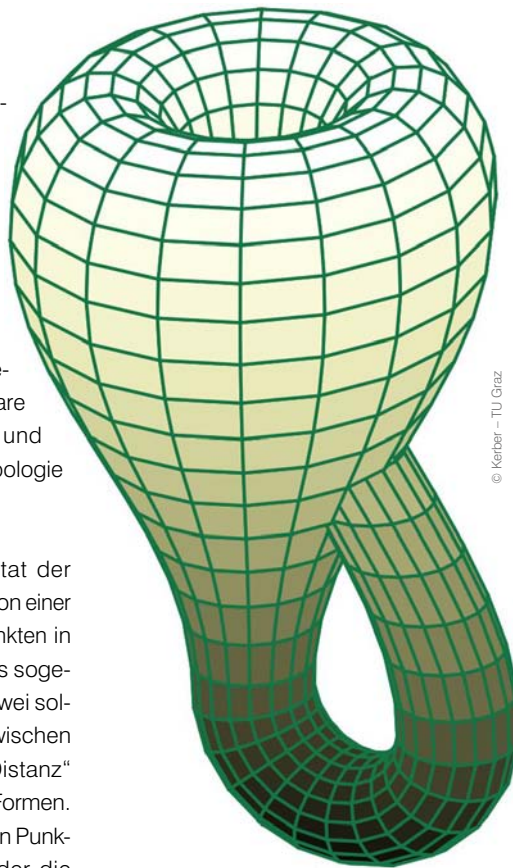


© Wikimedia commons

Algorithmische Herausforderungen

Wegen der wachsenden Größe von Datenmengen sind effiziente Ansätze zur Berechnung und Analyse von Persistenzinformationen notwendig. Die Forschungsarbeit von Michael Kerber ist auf dieses Ziel ausgerichtet. Die praktischen Probleme in diesem Themenfeld haben Verbindungen zu klassischen Feldern der Algorithmik, zum Beispiel Approximationsalgorithmen zur Generierung von geometrischen Formen, lineare Algebra zum Berechnen der Persistenz und kombinatorische Optimierung, um die Topologie von zwei Formen effizient zu vergleichen.

Wir stellen ein kürzlich erzielt Resultat der Gruppe heraus: Die topologische Information einer Form kann durch eine Multimenge von Punkten in der Ebene zusammengefasst werden, das sogenannte „Persistenzdiagramm“. Hat man zwei solche Diagramme, liefert ein Distanzmaß zwischen den Punktmengen eine „topologische Distanz“ zwischen den beiden zugrundeliegenden Formen. Eine verbreitete Wahl einer Distanz zwischen Punkten ist die „Flaschenhalsdistanz“, bei der die Punkte eines Diagramms auf die Punkte des anderen Diagramms abgebildet werden, sodass keine Verbindung zu lange wird. Die Berechnung einer solchen Distanz kann auf ein graphentheoretisches Matchingproblem zurückgeführt werden und zum Beispiel mithilfe des Hopcroft-Karp-Algorithmus gelöst werden. Es ist wohlbekannt, dass unter dem gängigen Berechnungsmodell die geometrische Natur des zugrunde liegenden Problems ausgenutzt werden kann, um die theoretischen Garantien des Algorithmus zu verbessern. Die aktuelle Arbeit der Gruppe zeigt, dass diese Techniken ebenso zu einem sehr viel schnelleren Algorithmus zur Berechnung von Flaschenhalsdistanzen in der Praxis führen. ■



a “topological distance” between the two underlying shapes. A common choice of distance of dots is the “bottleneck distance”, where the dots of one shape are matched to the dots of the other, such that no dot-to-dot connection is too large. The problem of computing this distance can be reduced to a graph-theoretic matching problem, and can be solved for instance using the Hopcroft-Karp algorithm. It is well-known that under the common model of computation, the geometric nature of the underlying problem can be exploited to improve the theoretic guarantees of the algorithm. The recent work of the group demonstrates that these techniques also lead to a much faster algorithm to compute bottleneck distances in practice. ■

Abbildung 1:
Eine Klein'sche Flasche eingebettet
in drei Dimensionen.

Figure 1:
A Klein bottle embedded in three
dimensions.

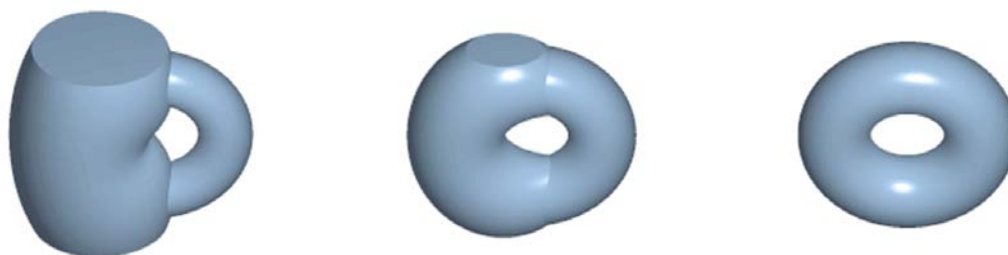


Abbildung 2:
Ein Bagel und eine Kaffeetasse sind
unter topologischen Gesichtspunkten
nicht unterscheidbar: Beide besitzen
einen Tunnel und eine Form kann in
die andere überführt werden, ohne
den Zusammenhang der Form zu
verändern.

Figure 2:
A coffee mug and a bagel are,
topologically speaking, the same.
Both have one hole, and can be
transformed one into the other
without changing the connectivity of
the shape.

Mobility & Production



Helmut Eichlseder ist Leiter des FoE „Mobility & Production“. Helmut Eichlseder is head of the FoE Mobility & Production.

Die Ausschreibung einer Stiftungsprofessur Advanced Manufacturing des FoE „Mobility & Production“ konnte ich schon in der letzten Ausgabe des Forschungs Journals TU Graz *research* ankündigen. Erfreulicherweise kann ich nun bereits berichten, dass der in einem sehr zügig durchgeführten

Verfahren ausgewählte Rudolf Pichler mit 1. Oktober seine Forschungsarbeiten am Institut für Fertigungstechnik aufgenommen hat.

Damit wird nicht nur die Initiative „Smart Production Graz“ unterstützt, es erfolgt insgesamt auch eine Stärkung des „Production“-Teils des Field of Expertise „Mobility & Production“. Hauptaufgabe der neuen Professur ist die Konzeption und Umsetzung einer „Produktion 4.0“-Pilotfabrik an der TU Graz. Der Name „smartfactory@tugraz“ zeigt einerseits die Verbindung zu „Smart Production Graz“ und unterstreicht andererseits den interdisziplinären Ansatz unter Mitwirkung mehrerer Kerninstitute. Die neue Lernfabrik unterscheidet sich von ähnlichen Initiativen durch die Fokussierung auf die Innovationen in der Fertigung, womit die Unternehmen des Bereichs Mobility in Österreich durch Forschung und Ausbildung von Nachwuchs maßgeblich unterstützt werden sollen. Ein sehr gutes Bild der von Rudolf Pichler geplanten Forschungsaktivitäten, seiner Überlegungen und Visionen vermittelt sein Beitrag „Advanced Manufacturing – die digitale Revolution in der Werkstatt“ auf den folgenden Seiten dieser Ausgabe des TU Graz *research*.

Dass die FoE nicht nur eine starke interne Vernetzung zum Ziel haben, sondern bewusst den Austausch mit der Industrie suchen, kommt in der Veranstaltungsreihe „Industriedialog Forschung“ zum Ausdruck. Unter der Überschrift „Neue Wege der Mobilität und die Herausforderung zukünftiger Produktion“ wurden Ende Oktober in zwei Impulsvorträgen die Möglichkeiten und Erwartungen seitens universitärer Forschung im FoE sowie der Industrie dargestellt und in einer Podiumsdiskussion in hochkarätiger Runde Mobilität und Produktionsforschung intensiv diskutiert.

In the last issue of TU Graz research I announced a call for applications for an endowed professorship in Advanced Manufacturing of the FoE Mobility & Production. I am delighted to report that Rudolf Pichler, who was appointed in a speedily implemented procedure, took up his research activities at the Institute of Production Engineering on October 1, 2015.

This will not only give support to the Smart Production Graz initiative, but will also strengthen the production part of the FoE Mobility & Production. The main task of the new professorship is conception and implementation of a “production 4.0”-pilot factory at Graz University of Technology. The name “smartfactory@tugraz” indicates the connection to Smart Production Graz and reflects the interdisciplinary approach which includes several institutes. The new institution can be distinguished from similar initiatives by its focus on innovations in production, by which the companies active in the field of mobility will be substantially supported through research and the training of new talent. Rudolf Pichler’s planned research activities, considerations and visions are well conveyed in his article “Advanced Manufacturing: The Digital Revolution in the Laboratory” in the present issue of TU Graz research.

The FoE’s intention is not only internal networking, but also to seek exchange with external institutions and especially industry – as is well expressed in the event series “Industriedialog Forschung”. On the occasion of the event “Neue Wege der Mobilität und die Herausforderungen zukünftiger Produktion”, which took place on October 20, the future potential and expectations on the part of university research as well as on the part of industry were presented in two keynote speeches and subsequently debated in a high-profile roundtable panel discussion.

Advanced Manufacturing – die digitale Revolution in der Werkstatt

Advanced Manufacturing: The Digital Revolution in the Workshop

Rudolf Pichler

Die im Begriff „Advanced Manufacturing“ angesprochene Fortschrittlichkeit besteht darin, dass Produkte mit bestimmten Merkmalen überhaupt erstmals produzierbar sind, dass bisherige Verfahren des Rapid Prototyping vom Engineering in die Produktionshallen wandern und dass individuelle Kundenanfragen auch für Serienfertiger zu einer gänzlich neuen Chance werden.

Diese Forschungsfelder werden am Institut für Fertigungstechnik in der im Bau befindlichen „smartfactory@tugraz“ für Studierende und für Industriepartnerinnen und -partner zusammengetragen und systematisch weiterbearbeitet.

Selective Laser Melting

Additive Fertigungsverfahren (besser bekannt als 3-D-Druck) finden mittlerweile bei allen Materialien, ob Kunststoff, Metall, Keramik, Beton oder auch biogenen Materialien ihre Anwendung und alle bedürfen weiterhin ihrer höchst spezifischen und wissenschaftlichen Zuwendung. Als eines der Kerninstitute der Smart Production Initiative wird daher das Institut für Fertigungstechnik in seinem Fachbereich „Advanced Manufacturing“ eine „Selective Laser Melting“-Anlage anschaffen, um speziell die metallorientierte Form der generativen Fertigung weiter intensiv beforschen zu können.

Mit additiven Aufbauverfahren eröffnen sich völlig neue Welten der Produktgestaltung. Dort, wo bestimmte Körperstrukturen bisher gar nicht herstellbar waren, werden sie plötzlich machbar: Für den Metall-Leichtbau ist es damit ab sofort möglich, das Material nur dort zu platzieren, wo es tatsächlich gebraucht wird. Da die für dieses Verfahren nötigen Metallpulver in mittlerweile allen gängigen Metallsorten zur Verfügung stehen, können alle schon bisher günstigen Eigenschaften der bekannten Werkstoffe weiter genutzt werden. Kühlkanäle müssen nicht mehr aufwendig gebohrt werden, mit dieser Form der generativen Fertigung erzielt man sogar strömungs- und wärmetechnisch >

The cutting edge and what is really "advanced" in Advanced Manufacturing is the fact that products with very specific features can now be produced at all, that rapid prototyping processes pass over from the engineering department to the production halls and that highly individual customer requests are providing completely new opportunities for companies normally doing series production.

These areas of research are going to be gathered together and systematically developed by the Institute of Production Engineering. All this will be done in a very practice-oriented way for students as well as partners of industry in the so called "smartfactory@tugraz" which is currently under construction.

Selective laser melting

In the meantime Additive Manufacturing (better known as 3D printing) is being carried out using all kinds of materials, such as metals, plastics, ceramics, concrete and also biogenic materials. All these technologies require a lot of further investigation and sound research. As one of the core institutes of the Smart Production Initiative the Institute of Production Engineering with its department for Advance Manufacturing will thus acquire selective laser melting equipment for metal printing in order to gain new insights into this modern technology in the wide fields of generative manufacturing.

Using this way of additive composition, a door is opening to a completely new world of product design. In areas where diverse structures simply could not be generated before, they are now suddenly feasible. Take the lightweight construction of metals, for instance: with this technology it is possible to allocate material only at the positions where it is really needed. Since all the necessary metal powders are now available in the usual metal types, all the favourable characteristics of known working materials can be utilized. It is no longer necessary to laboriously >



Rudolf Pichler betreibt Forschung im Bereich Advanced Manufacturing und leitet den Aufbau der Forschungs- und Lernfabrik an der TU Graz smartfactory@tugraz.

Rudolf Pichler works in the field of Advanced Manufacturing and is in charge of establishing the newly built smartfactory@tugraz.

Abbildung 1:
Sukzessiver Produktaufbau
durch Laserschmelzen von
jeweils 0,1 mm starken
Pulverschichten.

Figure 1:
Products are made by
continuous laser melting of
0.1 mm thick powder layers.

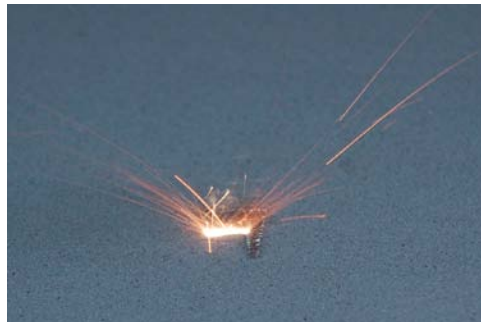


Abbildung 2:
Bauraum einer
Laserschmelzanlage.

Figure 2:
Construction space of a
laser melting facility.



wesentlich bessere Ergebnisse. Und nicht zuletzt: Mehrteilige Produkte können oftmals und ab sofort einteilig gefertigt werden. Die Liste an Vorzügen scheint nicht enden wollend. Diese Technologie ist bahnbrechend und wird noch ungeahnte Änderungen in vielen heutigen Geschäftsmodellen bringen.

Additive Manufacturing

Bis noch vor wenigen Jahren waren die benannten Aufbauverfahren hinsichtlich ihrer Einsatzfähigkeit eindeutig und ausschließlich dem Rapid Prototyping zuzuordnen. Technologisch genial, aber zu langsam und zu teuer, um nur annähernd für Fertigungszwecke in größerem Maßstab eingesetzt werden zu können. Stark wachsende Aufbauraten einerseits und eine stark wachsende Anzahl an Herstellerinnen und Herstellern andererseits führen die Technologie des Additive Manufacturing jedoch vom Engineering Tool unaufhaltsam in die Anwendungsfelder der eigentlichen Fertigung.

Der Aufwand in der Arbeitsvorbereitung wird geringer, die Anschaffung und der Einsatz von Spezialwerkzeugen und Vorrichtungen entfallen und Fügeoperationen (Kleben, Nieten, Schrauben) werden vielfach obsolet. Gerade aus Letzterem reduzieren sich Aufwände für ansonsten nötige Lagervorhaltungen und Materialdispositionen und führen so zu jenen Einsparungen, die Investitionen in diese neue Form der Fertigung immer schneller amortisierbar machen. Dem bisherigen Einwand, dass Teile aus der additiven Fertigung vielfach nicht den hohen Sicherheits- und Stabilitätskriterien im

drill out cooling channels. With this form of additive manufacturing even better results can be achieved in terms of fluid mechanics and heat dissipation. Last but not least: more and more multi-part products can suddenly be produced as a one-part product. There seems to be no end to the list of advantages. The technology of additive manufacturing is groundbreaking and will bring a lot of changes to many current business models.

Additive manufacturing

Until a few years ago the operational capability of these technologies belonged clearly and solely to the realm of rapid prototyping. They were technologically ingenious but too slow and too expensive, for production at a bigger scale. But things have changed. Fast growing composition rates and an increasing number of producers of the relevant machinery are inexorably repositioning additive manufacturing from being a tool to the field of application of real production. The complexity of work preparation is decreasing; there is now little need for purchasing and using special tools and fixtures, and multiple joining operations (glueing, riveting, screwing, etc.) are becoming obsolete. Last but not least, a tremendous reduction in warehousing and material disposition is leading to the important savings that justify an investment for this new form of manufacturing.

The objection that parts made by additive manufacturing do not comply with high standards in safety and stability requirements or cannot be used for series production can be countered simply and exemplarily by the fact that Airbus produces brackets for its hydraulic tanks via 3D printing, and also Boeing has gained approval from the American Federal Aviation Administration to produce the injection nozzles of its turbines using additive manufacturing.

smartfactory@tugraz

Advanced Manufacturing does not only comprise the presentation and mastering of single technologies but promotes the formation of integrated, transparent and especially fast working process chains by means of the current possibilities of digitalization which can integrate downstream and upstream process steps beyond the company (suppliers and customers). This is turning Advanced Manufacturing – as an element of a versatile Production 4.0 philosophy – into a very valuable and promising manufacturing strategy also from a customer perspective. For the purposes of research and demonstration of these revolutionary new capabilities, Graz University of Technology is currently establishing a 250 square meter pilot factory which will be run under the name

Maschinenbau gerecht werden und damit für eine Serienfertigung ohnehin untauglich wären, kann zunehmend und beispielhaft begegnet werden: Airbus baut Halterungen für den Hydrauliktank im 3-D-Druck und Boeing hält seit einem halben Jahr die Bewilligung der amerikanischen Luftfahrtbehörde in Händen, die Einspritzdüsen ihrer Turbinen aus additiver Fertigung einbauen zu dürfen.

smartfactory@tugraz

Advanced Manufacturing umfasst nicht nur die Darstellung und Beherrschung von Einzeltechnologien, sondern forciert über die aktuellen Möglichkeiten der Digitalisierung die Bildung von transparenten, durchgängigen und vor allem schnellen Prozessketten, die über die Betriebe hinaus auch vor- und nachgelagerte Prozessschritte einbinden kann. Das macht Advanced Manufacturing als Element einer viel zitierten Produktion 4.0 gerade auch aus der Perspektive der Kundin beziehungsweise des Kunden zu einer wertvollen und zukunfts-trächtigen Fertigungsstrategie.

Zwecks Forschung und Demonstration dieser revolutionierenden Angebote wird an der TU Graz am Campus Inffeldgasse derzeit eine 250 m² große Modellfabrik errichtet, die unter dem Namen smartfactory@tugraz geführt werden wird. Die Einrichtung mit modernsten Anlagen und der dazu nötigen IT-Architektur soll intelligente Verkettungen, mögliche Interaktivitäten und hoch flexible Belegungen einer fortschrittlichen Fertigung zeigen, die sich zusätzlich zum Ziel gesetzt hat, in einer solchen Umgebung auch reale Produkte für die Industrie zu erzeugen. Die smartfactory@tugraz wird damit ein Forschungsplatz und Treffpunkt sowohl für die Institute und die Studierenden als auch für die Industriepartnerinnen und -partner der TU Graz werden. ■



Abbildung 3, 4 und 5:
**Völlig neue Möglichkeiten der
Produktgestaltung durch Additive
Fertigung.**

Figure 3, 4 & 5:
*Additive manufacturing creates a
new world of product design.*

© SLM Solutions

smartfactory@tugraz. The installation of cutting-edge machinery and an appropriate IT infrastructure will show intelligent linkages, possible interaction and flexible programming of a modern manufacturing system. A further goal in this smart factory is to manufacture products or components from the real world of industry. Thus the smartfactory@tugraz will not only be a place of research but also a meeting point for members of other institutes, for students and industrial partners of the University. ■



Abbildung 6:
**Die smartfactory@tugraz will Advanced
Manufacturing und Produktion 4.0
buchstäblich begreiflich machen.**

Figure 6:
*smartfactory@tugraz wants to offer
a touch world of production 4.0.*

© Advantech Co., Ltd

Sustainable Systems



Urs Hirschberg ist Leiter des FoE „Sustainable Systems“.
Urs Hirschberg is head of the FoE Sustainable Systems.

Das Field of Expertise „Sustainable Systems“ ist das größte der fünf FoE der TU Graz. Derzeit sind 205 laufende Forschungsprojekte beziehungsweise 312 Teilprojekte dem Themenbereich Nachhaltige Systeme zugeordnet. Forscherinnen und Forscher an 56 Instituten – etwa die Hälfte aller Institute der TU Graz – quer durch alle sieben Fakultäten sind in diese Forschungsprojekte involviert. Angesichts knapper werdender Ressourcen ist Nachhaltigkeit eine zentrale gesellschaftliche Forderung unserer Zeit.

Bei der diesjährigen Weltausstellung in Mailand war das FoE „Sustainable Systems“ prominent vertreten: Für die Generalplanung und Leitung des Österreich-Pavillons „Breathe“ zeichnete Klaus K. Loenhardt vom Institut für Architektur und Landschaft verantwortlich. Der Österreich-Pavillon widmete sich künftigen Fragestellungen im Umgang mit dem wichtigen Rohstoff Luft. Mit technischer Unterstützung (aber ohne Klimageräte) erzeugte der Pavillon aktiv die Mikroklimakondition eines österreichischen Waldes – ein sinnlich erlebbares Zeichen im ehemaligen Industrieviertel im Nordwesten von Mailand und ein kräftiger Denkanstoß für die Entwicklung ganzheitlicher Herangehensweisen.

Dass die Entwicklung von ressourcenschonenden Methoden und Technologien zu einem Leitthema in der Forschung geworden ist, liegt nicht zuletzt auch am wirtschaftlichen Potenzial, das umweltfreundliche Technologien heute haben. Ein Beispiel für ein Forschungsprojekt mit Marktpotenzial ist „Facade4ZeroWaste“ des Instituts für Architekturtechnologie (IAT), das gerade den Baustoff-Recycling-Award 2015 gewonnen hat. Die Forschenden des IAT haben in enger Zusammenarbeit mit der Industrie ein Wärmedämmverbundsystem als sortenrein recycelbares Fassadensystem mit Klettbefestigung entwickelt. Der Preis wurde auf der „European Quality Assurance Register for Higher Education“-Konferenz in Rotterdam am 8. Mai von der European Quality Association for Recycling e. V. überreicht.

In dieser Ausgabe des TU Graz *research* werden in der Rubrik Internationalisation neue Holztechnologien im Hochbau präsentiert. Außerdem stellt sich Michael Monsberger mit seinem Forschungsprogramm auf den folgenden Seiten vor. Er hat seit dem 1. Oktober die zur Stärkung und Förderung der interdisziplinären Forschung im Bereich „Sustainable Systems“ eingerichtete Professur „Integrated Building Systems“ inne.

The Field of Expertise “Sustainable Systems” is the biggest of the five FoEs of Graz University of Technology. Currently there are 205 ongoing research projects in this field. Researchers of 56 institutes – about half of the institutes of Graz University of Technology across all seven departments – are involved in these research endeavors. Faced with rising world population and shrinking resources, sustainability is a central societal demand of our time.

The FoE Sustainable Systems figured prominently at this year’s Expo in Milan. The Austrian pavilion “Breathe” was developed and built under the direction of Klaus K. Loenhardt from the Institute of Architecture and Landscape. The pavilion creates a small-scale Austrian forest that provides 62.5 kilograms of fresh oxygen every hour without filters or conditioners, which is enough for 1,800 people in an ideal climate, providing wellness and absorbing CO2. It is a green lung that engenders the desire for a cleaner world, offering a model for urban practices that can ensure a higher quality of life and demonstrating the benefits of a reforestation policy as opposed to the global decline of green areas.

That the development of resource-preserving methods and technologies has long become a guiding theme in research is also due to the economic potential environmentally friendly technologies have nowadays. An example of a research project with market potential is “Facade4ZeroWaste” of the Institute of Architecture Technology (IAT). It is a recipient of the Construction Materials Recycling Award 2015. In close collaboration with industry, IAT researchers have developed a recyclable heat insulation composite system based on Velcro fasteners. The award was presented by the European Quality Association for Recycling e.V. at the European Quality Assurance Register for Higher Education conference on May 8 in Rotterdam.

This issue of TU Graz research also features new building technologies in wood in the Internationalization section. Furthermore, Michael Monsberger presents his research plans also in this issue. Monsberger has been in his new post as professor for Integrated Building Systems – a new professorship established to promote interdisciplinary research in the area of sustainable systems – since October 1.

To integrate or not to integrate?

To integrate or not to integrate?

Michael Monsberger

Das optimale Zusammenwirken von Gebäudehülle und -struktur mit gebäudetechnischen Systemen ist eine Schlüsselfrage bei der Realisierung nachhaltiger Gebäude. Um dies zu erreichen, bedarf es eines gesamtheitlichen, integrativen Denkansatzes, dessen praktische Umsetzung vielschichtige Fragestellungen aufwirft. Mit diesen wird sich die neue FoE-Professur für „Integrated Building Systems“ im Rahmen inter fakultärer Forschungsaktivitäten an der TU Graz auseinandersetzen.

Gebäudetechnik spielt heute in vielerlei Hinsicht eine wichtige Rolle. Der Anteil des technischen Ausbaus an den Investitionskosten eines Gebäudes kann abhängig von dessen Komplexität bis zu 40 Prozent betragen. Die Gestaltung dieses technischen Ausbaus kann 40 Prozent der Betriebskosten direkt beeinflussen. Etwa 40 Prozent des Endenergieverbrauchs der EU werden in Gebäuden umgesetzt, wobei die Effizienz dieser Energienutzung auch stark von der Gebäudetechnik abhängt. Diese bestimmt heute in der Regel auch in wesentlichem Umfang die Nutzungsqualität und den Nutzungskomfort eines Gebäudes. Der moderne Mensch verbringt etwa 80 bis 90 Prozent seines Lebens in geschlossenen Räumen. Somit beeinflussen gebäudetechnische Systeme auch maßgeblich Aspekte wie Gesundheit, Leistungsfähigkeit und persönliches Wohlergehen. Die beste Gebäudetechnik nützt nichts, wenn sie falsch konzipiert, ausgeführt oder betrieben wird. Somit ist nicht das Maß des technischen Ausbaus entscheidend, sondern ein schlüssiges Gesamtkonzept, das den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes in Betracht zieht und dabei die Gebäudetechnik in vollem Umfang berücksichtigt. Dies ist ein wesentlicher Aspekt eines integrativen Projektansatzes. Folgende drei Punkte erscheinen dabei besonders relevant: der richtige Prozess, die richtige Technologie und der richtige Betrieb.

Der richtige Prozess

Beim Entwurf und der Umsetzung eines Gebäudes sollte der technische Ausbau in allen Projektphasen >

Optimal interaction between building envelope and structure and building systems is a key aspect in realising sustainable buildings. Achieving this requires a holistic, integrative approach whose practical implementation raises various questions. The new FoE professorship on “Integrated Building Systems” is going to deal with such questions within the framework of inter-faculty research.

Today, building systems are important for various reasons. They account for up to 40 percent of the total investment costs of a building, depending on their complexity. 40 percent of operating costs can be influenced by building system design. Approximately 40 percent of the EU final energy consumption can be attributed to buildings; the efficiency of utilizing this energy strongly depends on building systems. Today, these systems also determine the quality of a building and the comfort of its occupants. Modern human beings spent between 80 and 90 percent of their lifetime in buildings. Building systems are thus also relevant regarding aspects such as health, productivity and personal wellbeing. The most advanced building system is useless if it is improperly designed, installed or operated. For this reason, it is not the extent of installed building systems that matters but the availability of a sound overall concept that considers the entire lifecycle of the building and that takes building systems fully into account. This is a key aspect of an integrative project approach. Three aspects are of high relevance in this context: the right process, the right technology and the right operation.

Right process

Building systems should be fully taken into account in the design and implementation phases of a building, ranging from the determination of requirements to the initial operation of the building. This is an important aspect of “integrated planning”, which must also include proper project organisation (including tenders and contracts). The significance of >



© Verena Kalaš

Michael Monsberger ist Professor für Integrated Building Systems am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz und damit Teil des FoE „Sustainable Systems“. Er möchte insbesondere Akzente in der interdisziplinären Forschung und Lehre im Bereich Gebäudetechnik setzen.

Michael Monsberger is professor of integrated building systems at the Institute of Construction Management and Economics at Graz University of Technology and thus a part of the FoE Sustainable Systems. He focuses on interdisciplinary research and teaching in the field of building technology.

von der Bedarfsermittlung bis hin zur Inbetriebnahme vollständig berücksichtigt werden. Dies ist ein wichtiger Aspekt der „integralen Planung“, die auch die richtige Projektorganisation (inklusive Ausschreibung und Vertragswesen) umfassen muss. Die Relevanz dieses Themas wird offenkundig, wenn man die Bauzeit- und Baukostenüberschreitungen bei vielen Großprojekten betrachtet. Gebäudetechnik spielt dabei oft eine zentrale Rolle, insbesondere, wenn sie erst in fortgeschrittenen Projektphasen vollständige Beachtung findet, in denen die Freiheitsgrade der Gestaltung bereits eingeschränkt sind. Zur Etablierung integrativer Ansätze ist es notwendig, die Vorteile gegenüber der klassischen gewerkeorientierten, sequenziellen Herangehensweise bei der Projektentwicklung aufzuzeigen. Der meist hohe Kostendruck in der Planung und Ausführung stellt dabei eine nicht unwesentliche Herausforderung dar. Es müssen daher neue Methoden und Prozesse untersucht und demonstriert werden, die unter den gegebenen Rahmenbedingungen eine breite Umsetzung dieses Ansatzes ermöglichen.

Die richtige Technologie

Ein integrativer Projektansatz bringt unmittelbar auch eine Auseinandersetzung mit der Frage des angemessenen Einsatzes von Technologie in Gebäuden mit sich. Technologien stellen eine Möglichkeit dar, den steigenden Anforderungen an Gebäude gerecht zu werden. Andererseits müssen Aspekte wie Nutzungsflexibilität, Wartungsintensität, Wiederverwertbarkeit eingesetzter Materialien und vor allem auch der Wunsch nach einer möglichst natürlichen Lebensumgebung Berücksichtigung finden. Die geforderte Funktionalität kann dabei durch einen ausgeprägten Einsatz von Gebäudetechnik (Hightech-Gebäude) oder durch einen bewusst weniger starken Einsatz von Gebäudetechnik (Lowtech-Gebäude) realisiert werden, wobei in letzterem Fall mehr Funktionalität von der Gebäudehülle und -struktur übernommen wird. Beide Varianten müssen im Zuge von Forschungsarbeiten weiterentwickelt und insbesondere auch bezüglich ihrer Vor- und Nachteile beurteilt werden.

this issue becomes evident when time and cost overruns in numerous large projects are considered. Building systems often play an important role in this context, especially if they are considered in late project stages when the degrees of freedom for design are already limited. To establish integrative approaches, it is vital to highlight their advantages compared to conventional sequential project development. Cost pressure during the planning and implementation phases of buildings is a most challenging issue in this regard. It is therefore important to investigate and demonstrate new methods and processes which allow a broad implementation of this approach under the given conditions.

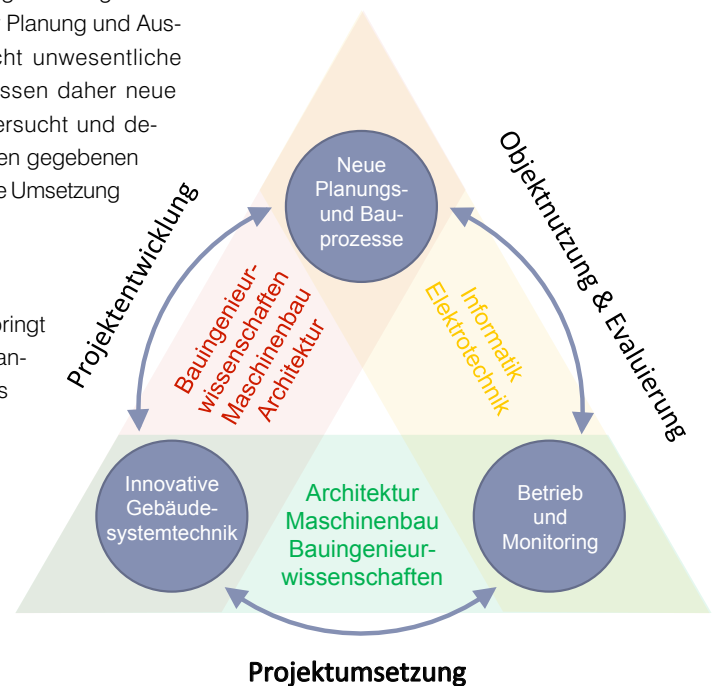


Abbildung 1:
Forschungsschwerpunkte und
interfakultäre Schnittstellen der
FoE-Professur „Integrated Building
Systems“.

Figure 1:
Research priorities and multidisciplinary interfaces of the FoE professorship Integrated Building Systems.

Right technology

An integrative project development approach usually brings with it the question of how much technology should be used in buildings. The use of technologies is a viable option to meet the ever rising requirements on building performance. On the other hand, aspects such as flexibility of utilization, service intensity, recycling of used materials and, most important, the desire for a natural environment must be taken into account. Required functionality can be achieved by extensive use of building system technologies (“high-tech buildings”) or by deliberately using a minimum amount of technology (“low-



Abbildung 2:
Planung gebäudetechnischer Systeme
mit einer BIM(Building Information
Modelling)-Plattform.

Figure 2:
Building system design using a BIM
(Building Information Modelling)
Platform.

Der richtige Betrieb

Der Betrieb stellt einen wesentlichen Teil des Ressourcenverbrauchs sowie der Lebenszykluskosten eines Gebäudes dar. Er ist damit ein wichtiger Aspekt in einem integrativen Projektansatz. Der fortschreitende Einsatz von Sensorik und die Vernetzung von Daten ermöglichen es in zunehmendem Maß, Informationen über Gebäude beziehungsweise das Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer zu gewinnen. Diese können zum Beispiel für einen optimierten Betrieb der gebäudetechnischen Systeme unter Berücksichtigung des Nutzer/-innenverhaltens verwendet werden. Aus Datenanalysen abgeleitete Erfahrungen zur Funktionalität von Gebäuden können jedoch auch in den Planungsprozess rückgeführt werden, um aus ihnen zu lernen. Die nutzbringende Verarbeitung von Gebäudedaten stellt somit ein weiteres relevantes Forschungsfeld dar.

Forschungsaktivitäten in den drei genannten Bereichen bedürfen einer stark interdisziplinären Ausrichtung, die durch die Positionierung des Forschungsbereichs „Integrated Building Systems“ im Field of Expertise „Sustainable Systems“ ermöglicht wird. Durch Forschungsarbeiten im FoE soll der bereits begonnene Transformationsprozess zu integrativen Herangehensweisen vorangetrieben und mitgestaltet werden. ■

tech building“). In the latter case, the building envelope and the building structure take more functionality. Both options need to be evaluated and further enhanced within research projects.

Right operation

A substantial share of the resource consumption and the life cycle costs of a building can be attributed to operation, which is thus an important element of an integrative project approach. The increasing use of sensors and the crosslinking of data offers more and more possibilities to gain information on the building itself and its users. This information can, for example, be used for optimum control of building systems taking into account user behaviour. Experience gained from data analysis can however also be fed back into the planning process in order to learn for future projects. The processing of building data therefore represents a further research topic with high relevance.

Research activities as outlined above require a high level of multidisciplinary, which is provided by the framework of the FoE Sustainable Systems to which the research area “integrated building systems” belongs. The transformation process towards integrative approaches in building development will thus be actively supported and pushed by research within the FoE. ■

Bakterien als Leibwächter für Nutzpflanzen

Bacteria as Bodyguards for Food Crops

Robert Ernst-Kaiser

Den Kampf gegen Schaderreger und durch Klimawandel bedingten Stress unserer Kulturpflanzen nimmt Christin Zachow in ihrem Forschungsgebiet auf. Gemeinsam mit Gabriele Berg vom Institut für Umweltbiotechnologie der TU Graz, einer Vorreiterin in diesem Metier, betreut sie das Projekt seit 2011. Natürliche Bakterien als Beschützer von Nutzpflanzen sollen den Einsatz von Pestiziden verringern und Kulturpflanzen für Trockenperioden fit machen.

Hinter diesen vier Wörtern steckt eine jahrelange Forschungsarbeit des Instituts für Umweltbiotechnologie (UBT) und des Austrian Centre of Industrial Biotechnology (acib), die nun von der Steirischen Wirtschaftsförderung (SFG) mit dem Fast Forward Award 2015 in der Kategorie „Forschungseinrichtungen“ ausgezeichnet wurde. Für das acib-UBT-Team um Christin Zachow, in dem auch zahlreiche NAWI-Studierende mitwirken, eine schöne Anerkennung ihrer umfangreichen Arbeiten: „Es ist eine Bestätigung für die jahrelange Arbeit und außerdem ist es durch solche Auszeichnungen leichter, in der Öffentlichkeit wahrgenommen zu werden.“ Als Kooperationspartnerinnen und -partner sind auch nationale und internationale Wirtschaftsunternehmen an Bord.

Alternativen zu Spritzmitteln

Doch was steckt nun hinter diesem Projekt? Es geht darum, Alternativen zu Spritzmitteln zu finden, die Ackerflächen belasten. Ziel von Zachow und ihrem Team war und ist es, dass Schaderreger auf natürlichem Wege bekämpft werden können. Wie nun die ersten „Leibwächter für kostbare Saaten“ Schritt für Schritt entstanden sind, erklärt Zachow folgen-

In her research area, Christin Zachow takes up the struggle against pests and environmental stress on cultivated plants caused by climate change. Together with Gabriele Berg of the Institute for Environmental Biotechnology at Graz University of Technology, who is a pioneer in this field, she has supervised the project since 2011. Natural bacteria as protectors of crop plants should reduce the use of pesticides and make crop plants fit for times of drought.

Behind these four words lie years of research conducted by the Institute for Environmental Biotechnology (UBT) and the Austrian Centre of Industrial Biotechnology (acib) which was recently presented with the Fast Forward Award 2015 by Steirische Wirtschaftsförderung (SFG) in the category "Research institutions." For the acib-UBT team around her, in which a number of NAWI students are involved, this was a pleasing recognition of Christin Zachow's extensive work. "It's an acknowledgement of the many years of work, and apart from that, awards like this make it easier to be perceived in the public eye." National and international business enterprises are also involved as cooperation partners.

Alternatives to sprays

But what exactly is behind the project? It's about finding alternatives to sprays, which are polluting agricultural land. The objective of Zachow and her team was and is to be able to fight off pests in a natural way. Zachow explains how the first "bodyguards for precious seeds" originated step by step:

"We took samples of mosses, lichens and other plants from their natural habitats in the Alps and obtained their associated

Abbildung 1:
Seit 2011 betreut Christin Zachow
dieses spannende Projekt.

Figure 1:
*Christin Zachow has supervised this
exciting project since 2011.*

dermaßen: „Wir haben Moose, Flechten und Pflanzen an ihren natürlichen Standorten in den Alpen beprobt und ihre assoziierten Mikroorganismen gewonnen. Diese halten zusammen mit ihren Wirten extreme Bedingungen wie saure Böden, Nährstoffmangel, intensive UV-Strahlung oder extreme Trockenheit aus. Im zweiten Schritt wurden die gewonnenen Mikroorganismen auf die Saaten von Kulturpflanzen appliziert. Diese nehmen dann genau jene Mikroorganismen auf, die sie zum Schutz brauchen können. Die Samen werden eingepflanzt und zwei Wochen später wird die Wurzel entnommen. Daraus werden dann einzelne Mikroorganismen isoliert, die sowohl an den extremen Standorten als auch an den Kulturpflanzen wachsen können. Kurz zusammengefasst: Dieses Verfahren aus der Kooperation der TU Graz und acib nutzt die wachstumsfördernden und vor Umweltstress schützenden Eigenschaften der Mikroorganismen von Extremstandorten für Kulturpflanzen.

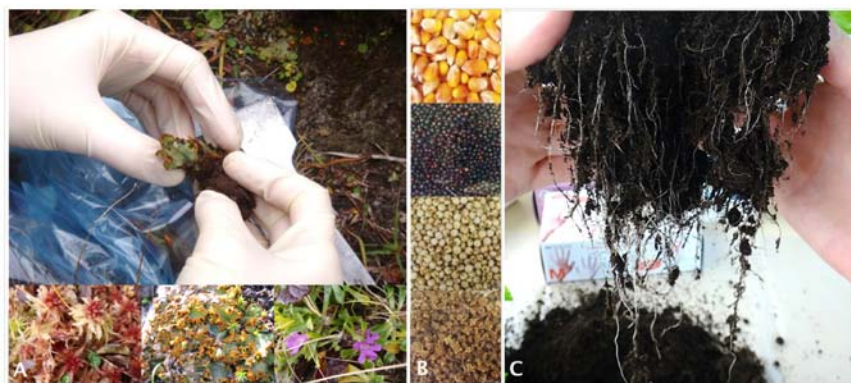
Diese Vorgehensweise ist nun auf sehr viele Systeme übertragbar. „Denkbar ist es zum Beispiel, Pflanzen vor Trockenheit oder Versalzung zu schützen. Man sucht Mikroorganismen, die in Wüstengebieten beheimatet sind und zu den gewünschten Kulturen passen“, so Zachow. In der salzigen Steppe von Usbekistan wurde im Rahmen eines EU-Projektes der TU Graz mit einem aktiven Bakterium ein hoher Ertrag an Gemüse gewonnen. Die Bakterien, die jede Pflanze braucht, passen sich an den Wirt an und schützen vor extremen Umweltbedingungen. Zachow: „Das funktioniert ähnlich wie beim menschlichen Darm, dessen Mikroflora die Gesundheit der Menschen unterstützt.“ Auch die Darmflora wird von Bakterien besiedelt und stellt ein komplexes bakterielles Ökosystem dar.

Am Ende des gesamten Prozesses steht ein Samen, der von einer „Bakterienhülle“ umgeben ist.

Klimawandel und Spritzmittel

Dieses Verfahren soll laut Zachow vor allem den Folgen des Klimawandels den Wind aus den Segeln nehmen. Ernteaussfälle häufen sich, weil Hitzeperioden und Trockenheit den Bauern zu schaffen machen. Glaubt man einer Studie von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Universität Washington, dann haben die steigenden Temperaturen große Auswirkungen auf den Getreideanbau, so Klimaforscher David Battisti. Allein in den Tropen wird bis ins Jahr 2100 die Mais- und Reisernte nach Angaben der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler durch die höheren Temperaturen um 20 bis 40 Prozent zurückgehen.

Aber auch ein zweiter Aspekt darf nicht vernachlässigt werden: Jährlich werden Anbaugelände trotz >



© Zachow – TU Graz

microorganisms. Together with their hosts they withstand extreme conditions, such as acidic soils, lack of nutrients, intensive UV radiation and extreme dryness. In a second step, the obtained microorganisms were applied to the seeds of crop plants. The latter accepted all the microorganisms that they needed for protection. The seeds were planted and two weeks later the root was removed. Individual microorganisms were then isolated which could both live in extreme habitats and on the crop plants. In short, this method, which is a result of the cooperation between Graz University of Technology and acib, uses the features of microorganisms which come from extreme locations, and which both promote growth and protect against environmental stress, for crop plants.

This procedure can now be transferred to many other systems. "It is conceivable, for example, to protect plants against dryness or salinity. "You seek out microorganisms which live in desert regions and which are suitable for the desired crop plants," says Zachow. In the framework of an EU project at Graz University of Technology, a high yield of vegetables was obtained in the salt steppe of Uzbekistan using an active bacterium. The bacteria each plant needs adapts to the host and protects against extreme conditions. Zachow continues, "It works in a similar way to the human bowel, whose flora support the health of the individual." The bowel flora are colonised by bacteria and represent a complex bacterial ecosystem. At the end of the whole process is a seed which is surrounded by a "bacteria hull."

Climate change and sprays

According to Zachow, this process should mitigate the effects of climate change. Failed harvests occur more often because hot spells and droughts create problems for farmers. According to climate researcher David Battisti, a study by scientists at the University of Washington shows that increasing temperatures have huge effects on grain farming. According to data from the researchers, in the tropics alone, >

Abbildung 2:

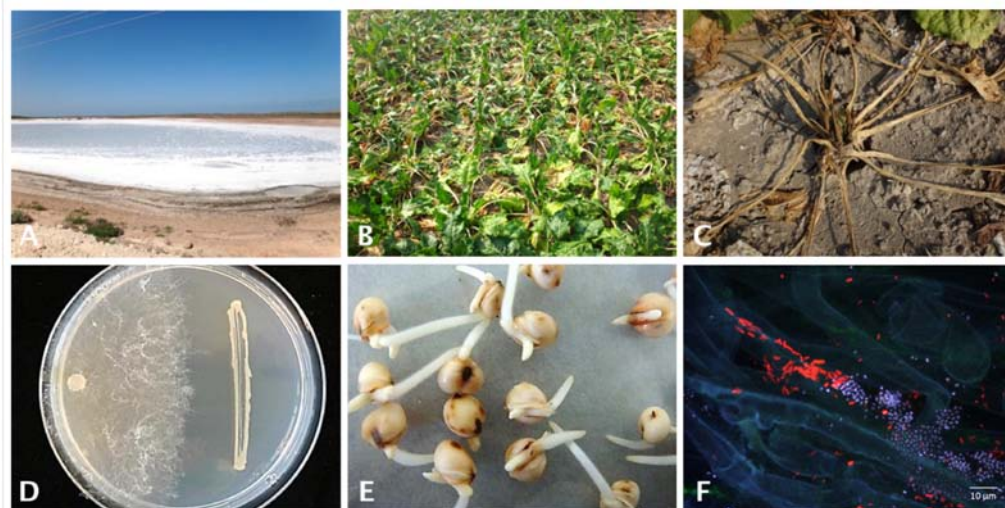
Probenahme von Material aus extremen Standorten (A). Mikroorganismen von Moosen, Flechten und alpinen Primeln werden an das Saatgut gebracht (B). Von den Wurzeln der behandelten Mais-, Raps-, Sorghum- und Zuckerrüben werden Bakterien isoliert, die der Pflanze gegen Schaderreger und Umweltstress helfen.

Figure 2:

Taking samples of material from extreme locations (A) microorganisms from mosses, lichens and Alpine primroses are attached to the seeds (B). Bacteria which protect the plant against pests and environmental stress are isolated from the roots of the treated maize, rapeseed, sorghum and sugar beet.

Abbildung 3:
Stressfaktoren versalzten Böden
(A) und Trockenheitssymptome
bei Zuckerrübe (B+C).
D) Antagonistische Aktivität von
einem Bakterium (rechts) gegen
den Schaderreger *Rhizoctonia*
solani (links). E) Keimung von
Sorghum-Samen und
F) Besiedelung von Zuckerrü-
benwurzel mit *Pseudomonas*
(rot) und *Serratia* (blau).

Figure 3:
Stress factors salinized soils (A)
and drought symptoms in the
case of sugar beet (B+C).
D) Antagonistic activity by a
bacterium (right) against the
*pathogen *Rhizoctonia solani**
(left). E) Germination of
sorghum seeds, and
F) Colonisation of sugar beet
*root with *Pseudomonas* (red)*
*and *Serratia* (blue).*



© Zachow – TU Graz

des Einsatzes von Spritzmitteln zum Teil massiv von Schädlingen befallen. Zugleich leiden viele Nützlinge unter dem Einsatz der Chemie. So wurden dieses Jahr Meldungen bekannt, laut denen etwa Bienen durch den Einsatz von Neonicotinoiden sterben. Allein den letzten Winter haben durch die vorübergehende Aufhebung dieses Verbotes 28,5 Prozent der heimischen Völker nicht überlebt. Das meldeten Grazer Zoologen. „Nicht nur der Mensch, auch die Nutzpflanzen sind durch den Klimawandel gefordert. Dazu kommen auch Nährstoffmängel durch den Einsatz von Monokulturen“, so Zachow, die im Laufe ihrer Forschung zu diesem Projekt bei den heimischen Landwirten durchaus ein Umdenken bei diesem Thema erkennen konnte.

Ein Blick in die Zukunft

Masterstudentin Christina Laireiter charakterisiert die Mikroorganismen und bildet verschiedene Cocktails. Und: Wie schon vorher erwähnt, ist die heimische Landwirtschaft von den Resultaten angetan. Dieser sollen nun die Resultate der Forschungen noch schmackhafter gemacht werden. Die Nahrung wird es danach sicher sein. Denn das Ziel lautet: „Wir wollen gesunde Pflanzen und letztendlich eine gesunde Nahrung haben. Ein funktionierendes System im biologischen Pflanzenschutz ist eine echte Alternative zu Spritzmitteln“, so Zachow abschließend.

Die Konkurrenz für die Methode des acib ist groß. Rund 40 Milliarden Euro setzt die chemische Industrie jährlich mit Pflanzenschutzmitteln um, ein Drittel davon landet auf den Äckern der Europäischen Union. ■

the maize and rice harvests will be reduced by 20 to 40 percent by 2100 due to the higher temperatures.

A second aspect should also not be ignored. Every year agricultural areas are infested by pests on a massive scale despite the use of sprays. At the same time many beneficial organisms suffer from the use of chemicals. For instance, reports surfaced this year of bees dying due to the use of neonicotinoids. 28.5 percent of domestic bees did not survive the last winter alone due to the temporary suspension of the prohibition against neonicotinoids. This was reported by Graz zoologists. “Not only humans, but also crop plants are challenged by climate change. On top of this can be added a lack of nutrients through the use of monocultures,” says Zachow, who in the course of her research on the project has noticed a rethinking on this topic on the part of domestic farmers.

A look at the future

Master’s student Christina Laireiter characterises microorganisms and creates different cocktails. And, as mentioned earlier, domestic farmers are impressed by the results. And now the research results should be even tastier for them, since food will be much safer. After all, “We want healthy plants and, in the final analysis, healthy food. A functioning biological plant protection system is a genuine alternative to sprays,” concludes Zachow.

Competition is big for the methods of acib. The chemical industry turns over some 40 billion euros per year on “crop protection products”, and a third of this ends up on fields of the European Union. ■



Abbildung 1:
Am Institut für Materialprüfung und
Baustofftechnologie wird die Zusammen-
setzung der pulverförmigen Stoffe von
Beton optimiert.

Figure 1:
Different mixing ratios are being tested
at the Institute of Technology and
Testing of Construction Materials.

© Lünghammer – TU Graz

Aus Grau mach Grün *Turning Grey into Green*

Birgit Baustädter

Herkömmlicher Beton ist meist grau und wird zum Bau von Wänden, Brücken und im Straßenbau verwendet. Richtig? Fast. Beton ist viel mehr. Weltweit ist das Konstruktionsmaterial der am meisten verwendete Baustoff und erfüllt je nach Anwendungsgebiet Anforderungen an Verarbeitbarkeit, Festigkeit und Dauerhaftigkeit. In jüngster Zeit wird außerdem die Frage nach den Umweltwirkungen unserer Baustoffe immer lauter. Kann Beton neben grau auch „grün“ beziehungsweise umweltfreundlich sein?

Ist es möglich, mit den momentan bewährten Bauweisen und regional verfügbaren Stoffen ressourceneffiziente Betonsorten zu produzieren? Ausgehend von dieser Frage forschen Joachim Juhart und das Forschungsteam des Instituts für Materialprüfung und Baustofftechnologie der TU Graz an Betonen mit geringerer Umweltwirkung. „Wir wollen mit schon jetzt verfügbaren Ausgangsstoffen und den bewährten Bauweisen in der Betonbaupraxis arbeiten können, aber durch effizientere Ressourcennutzung die Umweltwirkung des an sich bewährten und dauerhaften Baustoffes Beton verkleinern“, erklärt Juhart den Forschungsansatz.

Hauptverantwortlich für den ökologischen Fußabdruck ist der für die Betonerzeugung benötigte Zement – vor allem der gängige Portlandzement. Portlandzement muss unter Einsatz fossiler Brennstoffe bei einer Temperatur von 1450 °C gebrannt werden. Dabei „entsäuert“ der unter anderen eingesetzte Rohstoff Kalkstein und CO₂ gas aus.

Ultra High Performance Concrete

Ein Ansatz wäre nun, gänzlich neue, >

*T*raditional concrete is usually grey and is used in the construction of walls, bridges and roads. Right? Almost. Concrete is much more. This substance is the most commonly used building material in the world and has to conform to demands in terms of workability, strength and durability, depending on area of application. Recently, doubts about the environmental impacts of this building material have been voiced increasingly louder. Can grey concrete also become green – in terms of eco-friendliness?

Is it possible to produce resource-efficient types of concrete using the current well-proven construction techniques and available materials? Following on from this question, Joachim Juhart and the research team at the Institute of Technology and Testing of Construction Materials at Graz University of Technology are researching into different kinds of concretes with less environmental impact. “We want to be able to work with the starting materials available now as well as the well-proven construction techniques in concrete building practice, but we want to reduce the environmental impact of concrete using a more efficient exploitation of resources,” says Juhart, explaining his research approach.

It is the cement necessary for the production of concrete – especially Portland cement – that is chiefly responsible for the ecological footprint. Portland cement has to be heated to a temperature of 1450 °C using fossil fuels. At this temperature, limestone, among other raw materials, deacidifies thus releasing CO₂.

Ultra high-performance concrete

One approach would be to find completely new, environmentally friendlier binding >

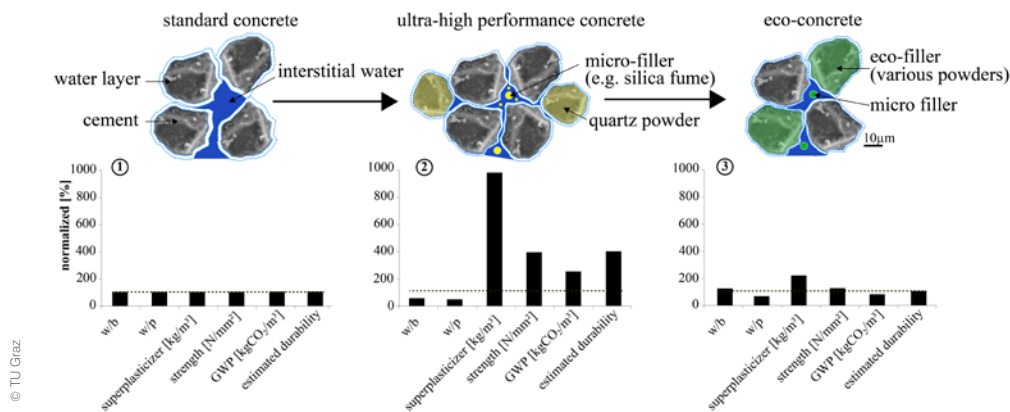


Abbildung 2:
Schema zur Senkung des Wasseranspruchs eines Feinstkorngemisches durch Mikrofüller und Fließmittel sowie Ersatz von Portlandzement durch Eco-Füller.

Figure 2:

Physical filler effect of micro-fillers and OPC substitution by eco-fillers.

umweltfreundlichere Bindemittel anstelle von Portlandzement zu finden. Daran wird auch international geforscht. An der TU Graz hat man aber einen direkteren Zugang gewählt, der mit den heute bereits verfügbaren Stoffen in Kombination mit Portlandzement sofort im Betonbau eingesetzt werden könnte. Man bediente sich an bestehenden Erkenntnissen aus der Forschung an Ultra High Performance Concrete (UHPC), also besonders festem und widerstandsfähigem Beton. Grundsätzlich besteht Beton aus in ihrer Größe abgestuften Gesteinskörnern, die von Feinstkorn-Leim mit Bindemittel (einer Mischung aus Wasser und Mehlkorn, das wiederum aus Portlandzement, hydraulischen Stoffen und Füllern besteht) umgeben und gebunden werden. Um das Gemisch verarbeiten zu können, muss aber in der Regel mehr Wasser zugegeben werden, als für die chemische Reaktion gebraucht wird. Hohlräume zwischen den Partikeln werden dabei mit Wasser ausgefüllt und die Partikel mit einem Wasserfilm umgeben. Das für die Erhärtung nicht gebrauchte Wasser verursacht im Festbeton später Poren, insbesondere Kapillarporen, was Einbußen bei der Festigkeit und Dauerhaftigkeit mit sich bringt. Der Bindemittelleim wird beim UHPC hingegen hinsichtlich seiner Packungsdichte optimiert, indem Mikrofüller (Feinststoffe) beigegeben werden, die diese Hohlräume auffüllen und den Wasserbedarf für eine bestimmte Verarbeitbarkeit sogar senken. Zusätzlich kann der Wasserbedarf durch die Zugabe von Fließmitteln weiter verringert werden. Schlussendlich wird so ein extrem harter, widerstandsfähiger Beton mit sehr geringem Wasser/Bindemittel-Verhältnis erzeugt.

Packungsdichteoptimierung und Wasserreduktion

Dieser Gedanke wird für die Herstellung von umweltfreundlicherem Beton übernommen. Zusätzlich zur Packungsdichteoptimierung und Wasserbedarfsreduktion durch Mikrofüller wird ein Teil des Zements durch sogenannte „Eco-Füller“

agents instead of Portland cement. International research is being carried out on this. But at Graz University of Technology a more direct way has been chosen of using the materials available today in combination with Portland cement in the production of concrete, while at the same time making use of findings from research into ultra high performance concrete (UHPC). Basically, concrete consists of rock particles graded according to size which are surrounded and bound by finest-grain cement using a binding agent (a mixture of water and a powder which is in turn composed of Portland cement, hydraulic materials and fillers). As a rule, to be able to process the mixture, more water has to be added than is necessary for the chemical reaction. Voids between the particles are thus filled with water and the particles surrounded by a film of water. The water not expended on hardening later causes pores in the hard concrete, in particular capillary pores, which brings disadvantages in terms of hardness and durability. In the case of UHPC, however, the binding agent cement is optimised with respect to its packing density by the addition of micro-filler (extremely fine grain) which fills up the voids and even reduces water requirements for a particular degree of workability. Water requirements can be additionally reduced by the addition of solvents. Finally, an extremely hard, tough concrete is produced with a very low water to binding agent ratio.

Packing density optimisation and water reduction

This concept is being used for the production of eco-friendlier concrete. Additionally to packing density optimisation and reduction of water requirements by means of micro-filler, part of the cement is replaced by a so-called eco-filler. These materials are regionally available with – compared to Portland cement – reduced global warming potential (GWP) and primary energy consumption (PE). “The big challenge is, first, to identify the right materials, and secondly, to achieve the right mixture ratio,” explains Joachim Juhart. To this end the researchers have developed a new combination of known methods of analysis: MEM-ST (Mixing energy method spread-flow test und strength test). This allows available materials to be classified with regard to water requirements and packing density, and optimally matched to each other. It's also important to evaluate all the starting materials for concrete with respect to their environmental effects. Only in this way can a mix be found which is optimal

ersetzt. Das sind regional erhältliche Stoffe mit im Vergleich zu Portlandzement verringertem Treibhauspotenzial (GWP) und Primärenergieverbrauch (PE). „Die große Herausforderung ist, erstens die richtigen Stoffe dafür zu identifizieren und zweitens das richtige Mischverhältnis zu erhalten“, erklärt Joachim Juhart. Dafür haben die Forscherinnen und Forscher eine neue Kombination bekannter Analysemethoden entwickelt: „MEM-ST“ (Mixing Energy Method Spread-flow Test und Strength Test). So können einerseits verfügbare Stoffe hinsichtlich Wasserbedarf und Packungsdichte klassifiziert und andererseits optimal aufeinander abgestimmt werden. Zusätzlich ist es wichtig, alle Betonausgangsstoffe hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen zu bewerten. Nur so kann ein sowohl in Bezug auf technologische Leistungsfähigkeit als auch Umweltfreundlichkeit optimaler Mix gefunden werden.

Konkrete Umsetzung

Geforscht wird momentan in zwei Projekten. „Öko²-Beton“ wurde vom Verband der Fertigteilindustrie in Auftrag gegeben und orientiert sich speziell an den Erfordernissen der Fertigteilindustrie – beispielsweise müssen die Betonteile dort nach bereits acht Stunden eine Festigkeit erreichen, die es erlaubt, die Stücke auszuschalen und zu heben. Im zweiten Projekt „ERESCON“, ausgeschrieben vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie in Kooperation mit der ASFINAG und den ÖBB, steht der Infrastrukturbau und damit der Transportbeton im Fokus.

Momentan ist das Team der TU Graz dabei, die Laborergebnisse in reale Produktionsbedingungen zu übersetzen, und ein Demonstratorelement zu bauen. „Dieses Element beweist, dass man Beton mit weniger Portlandzement, dafür ergänzenden Stoffen herstellen kann, er dadurch umweltfreundlicher ist, aber die gleichen Eigenschaften beziehungsweise die gleichwertige Leistungsfähigkeit wie herkömmlicher Beton hat“, erklärt Juhart. „Wir hoffen, mit unseren externen Kooperationspartnerinnen und -partnern in weiterer Folge prototypische Elemente oder Bauwerke bauen zu können“, blickt Juhart in die Zukunft. „Wir haben jedenfalls ein gutes Konzept für die zukünftige Entwicklung umweltfreundlicher und dauerhafter Betone.“ Schlussendlich will man bei der Formulierung neuer Normen unterstützen, die den flächendeckenden Einsatz von ökologisch verbessertem Beton möglich machen. ■



© Lurghammer – TU Graz

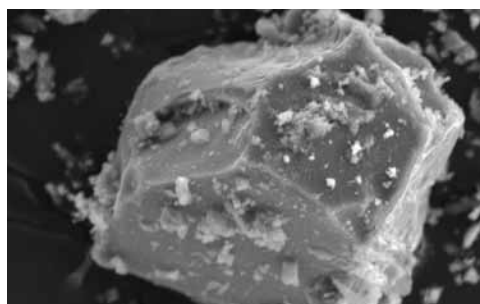
Abbildung 3:
Joachim Juhart.
Figure 3:
Joachim Juhart.

regarding both technological performance and eco-friendliness.

Concrete implementation

Research is currently being carried out in two projects. “Öko²-Beton” was commissioned by the Association of Precast Industry and is particularly oriented to the demands of the precast industry. For example, precast concrete parts have to become hard within eight hours to allow the pieces to be dismantled and lifted. In the second project, “ERESCON”, which was put out to tender by the Ministry for Transport, Innovation and Technology in cooperation with ASFINAG and ÖBB, the focus is on infrastructure construction and thus ready-mixed concrete.

Currently, the Graz University of Technology team is translating the laboratory results into real production conditions and is building a demonstration element. “This element will show that concrete can be produced using less Portland cement but with supplementary materials, and that it is eco-friendlier, but has the same features or identical performance capacity compared to traditional concrete,” explains Juhart. “We hope, together with our external project partners, subsequently to be able to build prototypical elements or structures,” says Juhart, with an eye on the future. “In any case, we’ve got a good concept for the future development of environmentally friendlier and durable concretes.” Finally, the idea is to support the formulation of new standards which will make the comprehensive use of ecologically improved concrete possible. ■



© Klammer – TU Graz

Abbildung 4:
Ein Zementkorn. Portlandzement ist hauptverantwortlich für den großen ökologischen Fußabdruck von Beton.
Figure 4:
Cement particle. Portland cement is chiefly responsible for the ecological footprint.

Holzbau ist genial

Timber Construction is Pure Genius

Verena Ahne

Die TU Graz sorgt mit ihrem Institut für Holzbau und Holztechnologie und dem Kompetenzzentrum holz.bau forschungs gmbh für Innovationen, die den Holzstandort Österreich stärken. Ein Schwerpunkt, der international sehr große Beachtung findet, liegt auf der Entwicklung und laufenden Verbesserung von Brettspertholz für den Holzmassivbau.

Knapp die Hälfte Österreichs ist mit Wald bedeckt. Das viele Holz trägt als nachwachsender Rohstoff, der CO₂ gebunden hält, nicht nur zum Klimaschutz bei, sondern gibt auch 300.000 Menschen Arbeit. Gerade für strukturschwächere ländliche Regionen ist Holz also von immenser Bedeutung.

Besonders wertvoll wird der Rohstoff, wenn er zu hochwertigen Industrieprodukten weiterverarbeitet wird – am besten von heimischen Betrieben, sodass die Wertschöpfung im Lande bleibt. Ein solches Produkt, das sich national wie international wachsender Beliebtheit erfreut, ist das maßgeblich an der TU Graz entwickelte Brettspertholz (BSP): große Bauplatten, die den Massivbau aus Holz bereits gehörig umgekrempelt haben und denen eine glänzende Zukunft bevorsteht. Denn Bauwerke, die klimafreundlich, nachhaltig, flexibel und dabei noch günstig sind, werden immer wichtiger. Österreich, das derzeit rund zwei Drittel der Weltproduktion bestreitet, nimmt hier eine Vorreiterrolle ein.

Brettspertholz besteht aus mehreren Schichten Holz – derzeit meist Nadelholz wie Fichte oder Kiefer, aber auch Laubbaumarten wie Birke und Buche –, die orthogonal miteinander verklebt werden. Die entstehenden Platten sind durch die

The Graz University of Technology, through its Institute of Timber Engineering and Wood Technology and the “holz.bau forschungs gmbh” Competence Centre, is developing innovations that strengthen Austria as a prime location for the timber industry. Its focus on the development and continuous improvement of cross laminated timber for solid timber construction is attracting great international interest.

Almost half of Austria's national territory is covered by forests. As a renewable resource that binds carbon dioxide wood not only contributes to climate protection, it also creates some 300,000 jobs. This makes wood an immensely important economic factor, in particular for structurally weak rural areas.

Processing timber and transforming it into high-quality industrial products adds considerable value to the raw material, especially if domestic enterprises are involved and the value is created locally. One such product that enjoys increasing popularity both at home and abroad was developed to a significant extent at Graz University of Technology. It is called cross laminated timber (CLT). These large building panels are already recognised as a game changer with a bright future in solid timber construction. As buildings that combine climate friendliness, sustainability, flexibility and cost effectiveness are becoming more important all the time, this is no surprise. Austria is a pioneer in this field and currently accounts for approximately two thirds of the worldwide production output.

Cross laminated timber consists of various layers of wood – usually coniferous wood

Abbildung 1:
Biegeprüfung einer Brettspertholzplatte aus Birke.
Figure 1:
Bending test on a cross laminated timber plate produced from the wood species birch.

kreuzweise Verklebung besonders formstabil. Unter anderem bleibt auch das bei Holz sonst übliche „Arbeiten“ und Verziehen aus. Ein weiterer großer Vorteil ist, dass für die Platten sogenannte Seitenware verwendet werden kann: der Randbereich von Baumstämmen, der üblicherweise als minderwertiges Schnittholz gilt. Doch dieses Holz ist auch besonders fest und steif und damit bestens geeignet für das Hochleistungsprodukt BSP. „Wir können heute Platten von 20 Meter Länge und vier Meter Höhe in variabler Schichtdicke herstellen“, schwärmt Manfred Augustin von mehrgeschoßigen Gebäuden. Ein 14-stöckiger Bau ist bereits fertig, noch höhere sind in Planung.

Anwendungsorientierte Forschung

Holzbauingenieur Augustin ist Geschäftsführer der holz.bau forschungs gmbh (hbf), einem 2002 gegründeten Kompetenzzentrum an der TU Graz, das – als Bindeglied zwischen Wissenschaft und Holzwirtschaft – die anwendungsorientierte Forschung im Bereich Holzbau vorantreibt. Derzeit läuft unter ihrer Federführung das vierjährige >

such as spruce or pine, but also deciduous wood such as birch trees and beach – glued together orthogonally. This crosswise gluing technique results in dimensionally stable panels. It also eliminates the shrinkage, swelling and distortion usually associated with wood. Another big advantage is that even so-called sidings – the outer part of a tree trunk that is usually considered as low quality saw wood – can be used to make the panels. Due to their high strength and rigidity, sidings are ideal for use in CLT as a high-quality product. As panels with a length of 20 metres and a height of 4 metres in variable layer thicknesses are already being manufactured successfully, Manfred Augustin is convinced of their suitability for multi-storey buildings. In fact, a 14-story building already stands and even higher buildings are planned.

Application-oriented research

Timber construction engineer Augustin is the managing director of “holz.bau forschungs gmbh” (hbf), a Competence Centre at Graz University of Technology established in 2002. Acting as the link between >

Abbildung 2:

Errichtung eines Einfamilienwohnhauses mit großformatigen Brettsperrholzelementen.

Figure 2:

Erection of a residential house using large CLT elements.



FFG-Comet-K-Projekt focus_sts („sts“ steht für „solid timber solutions“). Ein Ziel des Projekts, an dem zahlreiche Player aus Wissenschaft und Wirtschaft beteiligt sind: komplette „Bausätze“ oder Komponenten zu entwickeln, die bereits vorgefertigt geliefert werden, wie Brettsperrholzplatten in Kombination mit Vollgewindeschrauben aus Stahl. „Wir brauchen in Zukunft effizientere und leistbare Bauwerke“, erklärt der gebürtige Kärntner. „Je mehr bereits werkseitig vorgefertigt ist, umso schneller steht ein Gebäude.“ Weitere Projektschwerpunkte sind die Optimierung der Fertigung der Platten, zum Beispiel der Verklebung, oder umfassende Tests zum Trag-, Verformungs- und Schwingungsverhalten. Es werden neue Produktkombinationen entwickelt, wie das Einbinden von Metallblech in die Platten, neue Holzarten getestet oder Produkte für neue Anwendungsgebiete entwickelt, etwa für weit spannende Deckenkonstruktionen. „Es sind noch lange nicht alle Potenziale dieses tollen Bauprodukts ausgeschöpft“, ist Augustin überzeugt.

Mehr Mut – und Holz

Auch Gerhard Schickhofer, Leiter des Instituts für Holzbau und Holztechnologie der TU Graz und einst Mitbegründer der hbf, freut sich, dass nach langer Vorarbeit in den letzten zehn Jahren gehörig Bewegung in den Sektor gekommen ist. „Das Bauen mit Brettsperrholz beeinflusst das Bauge-schehen im städtischen Raum inzwischen maßgeblich“, sagt der 53-jährige Bauingenieur, der bereits seine Dissertation dem Thema gewidmet hat, sich aber noch mehr Mut – und Holz – im Städtebau wünscht. „Es gibt inzwischen Hotels, Schulen, Büros, vielgeschoßige Wohnbauten ... also eine Bauweise mit großem Potenzial!“

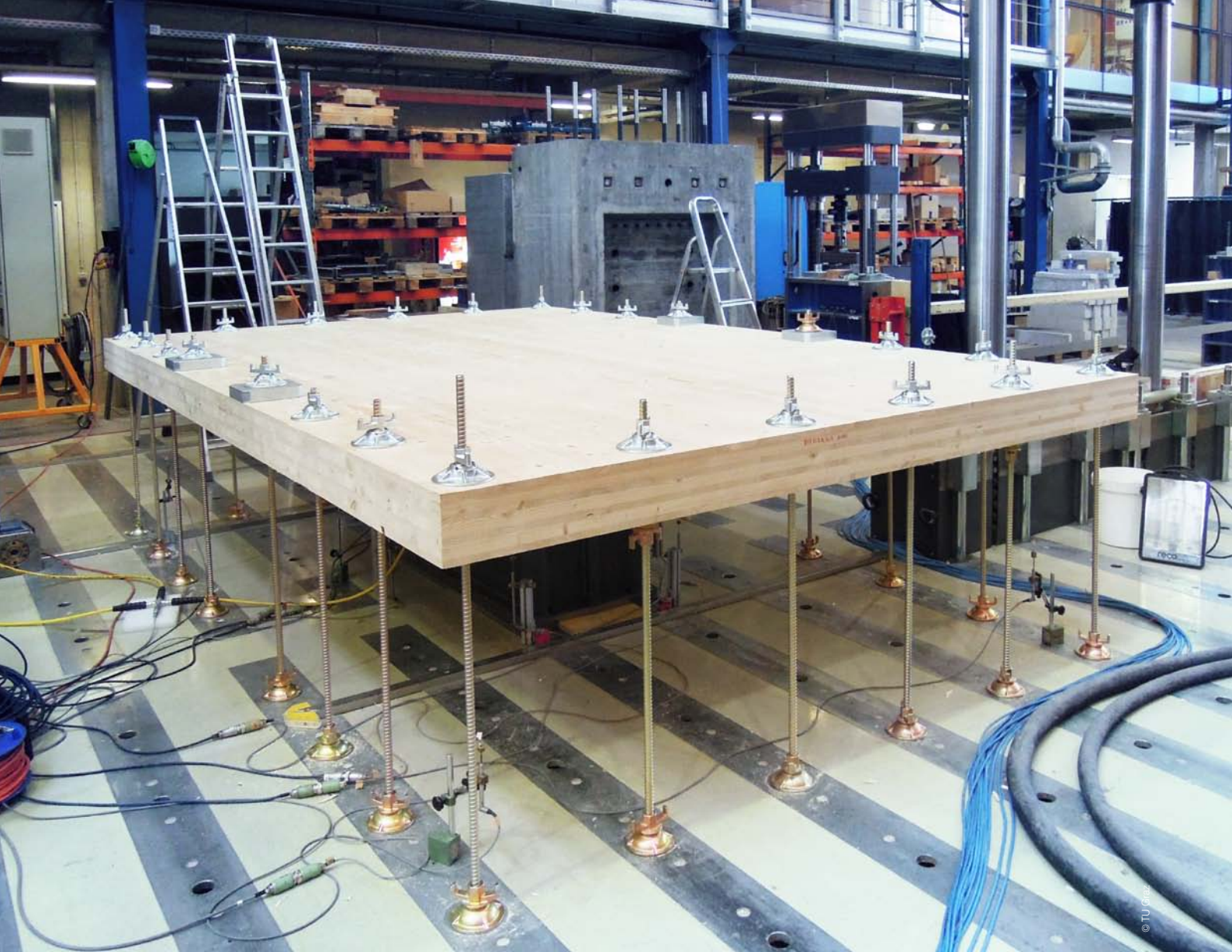
Zum einen, weil die Modulbauweise generell stark im Kommen ist. „Gerade in Städten, wo das Wohnen immer teurer wird, brauchen wir neue Ideen“, so Schickhofer. „Cross laminated timber‘ ist eine klimafreundliche und sehr flexible Lösung.“ Darüber hinaus eignen sich aus Holz gefertigte Module auch hervorragend für temporäres Bauen, wobei Holz deutlich hochwertiger und ähnlich günstig ist wie Stahlcontainer. „Es wäre zum Beispiel kein Problem, für viele tausend Flüchtlinge sehr rasch gute Unterkünfte aus Brettsperrholz zu errichten oder nach einem Erdbeben Wohnungen zu schaffen“, nennt Schickhofer zwei aktuelle Beispiele.

science and the timber industry, it promotes application-oriented research in the field of timber construction. At the moment it is in charge of “focus_sts” (sts is short for Solid Timber Solutions), an FFG-Comet-K project with a term of four years. One of the objectives of the project, in which numerous players from science and the economy participate, is to develop completely prefabricated “construction kits” or components such as cross laminated timber panels in combination with fully threaded steel screws. Augustin, a native of Carinthia, explains that “we will need more efficient and affordable buildings in future. The more we can prefabricate in the factory, the faster the building will be up.” Other focal areas of the project include the optimisation of the manufacture of the panels, for example gluing, or comprehensive tests on the bearing, deformation and vibration behaviour. New product combinations – such as the integration of sheet metal in the panels – are explored, new types of timber are tried out and products for new applications – for example for wide-span ceiling structures – are developed. According to Augustin, we are still a long way from exploiting the full potential of this wonderful construction product.

More courage – and wood

Gerhard Schickhofer, director of the Institute of Timber Engineering and Wood Technology at Graz University of Technology and cofounder of hbf, happily reports that a lot has happened in the sector in the last 10 years – after a lengthy period of preparation. The 53-year old structural engineer, whose graduate thesis was dedicated to this very subject, notes that “Building with cross laminated timber is starting to have a considerable impact on construction projects in urban areas.” Now he is hoping for more courage – and wood – in urban construction projects. “The existing hotels, schools, offices, multi-storey housing blocks clearly demonstrate that this construction method has a lot of potential!”, he adds.

This is also because modular design in general is ever more popular. “We need new ideas, especially in cities where the cost of accommodation is steadily increasing,” says Schickhofer. “Cross Laminated Timber is a climate friendly and highly flexible solution.” In addition, modules made of wood are also highly suitable for temporary structures and offer a much better high-quality alternative for steel containers at comparable cost. Schickhofer mentions two highly relevant examples: “Cross laminated timber



Erdbebensicherheit

Gerade die Erdbebensicherheit ist einer der großen Pluspunkte dieser Holzmassivbauweise. Das hat unter anderem Japan erkannt und möchte Brettsperrholz künftig flächendeckend anwenden. „Im weltweit größten Erdbeben-Forschungszentrum in Kōbe haben sie einen 1:1-Versuch mit einem fünfgeschoßigen Gebäude aus Brettsperrholz gemacht – das hat seine Stabilität hervorragend bewiesen“, so Schickhofer.

Die staatliche Vorgabe, den Holzmassivbau im Land des Lächelns zu forcieren, hat gewaltiges Interesse am steirischen Know-how entfacht. Ende August unterzeichnete der Rektor der TU Graz, Harald Kainz, ein Übereinkommen zur wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit dem Präsidenten der japanischen Brettsperrholz-Vereinigung JCLTA. „Von diesem Übereinkommen können beide Seiten profitieren“, ist Schickhofer überzeugt. ■

could be used easily to put up good accommodation for many thousands of refugees very quickly, or to build housing in the wake of an earthquake.”

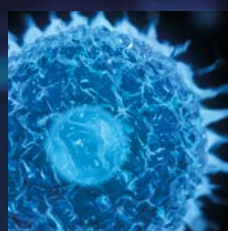
Earthquake safety

One of the significant advantages of solid timber buildings is their earthquake safety. Japan has recognised this and is planning to use cross laminated timber extensively. Schickhofer reports that a five-storey building made of cross laminated timber performed excellently and demonstrated its outstanding stability in a full-scale test in the world's biggest earthquake research centre in Kobe.

The announcement of the state authorities in the land of the rising sun that they will put their weight behind solid timber construction has provoked enormous interest in Styrian know-how. Harald Kainz, the Rector of Graz University of Technology, signed a scientific cooperation agreement with the president of the Japanese Cross Laminated Timber Association (JCLTA) at the end of August. Schickhofer is convinced that it will benefit both parties. ■

Abbildung 3:
Prüfung einer punktförmig beanspruchten, aus sieben orthogonal verklebten Brettlagen aufgebauten BSP-Platte.

Figure 3:
Test on a point-loaded seven layered CCT plate.



Advanced
Materials Science



Human &
Biotechnology



Information,
Communication &
Computing

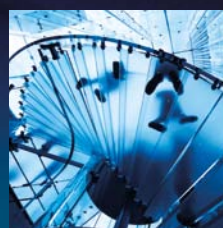
FOE

Fields of
Expertise

Mobility & Production



Sustainable Systems



Bilder © istockphoto.com

Die fünf 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 Partnereinrichtungen wirken als weiterer Motor zum Erfolg.

Five Fields of Expertise will become distinctive hallmarks of Graz University of Technology in the 21st century. They will be strengthened by new professorships in new areas and investments as well as intensive co-operation with business and industry in the form of numerous shared participations in competence centres and research networks. Cooperations with scientific partner institutes represent a further dynamo to success.