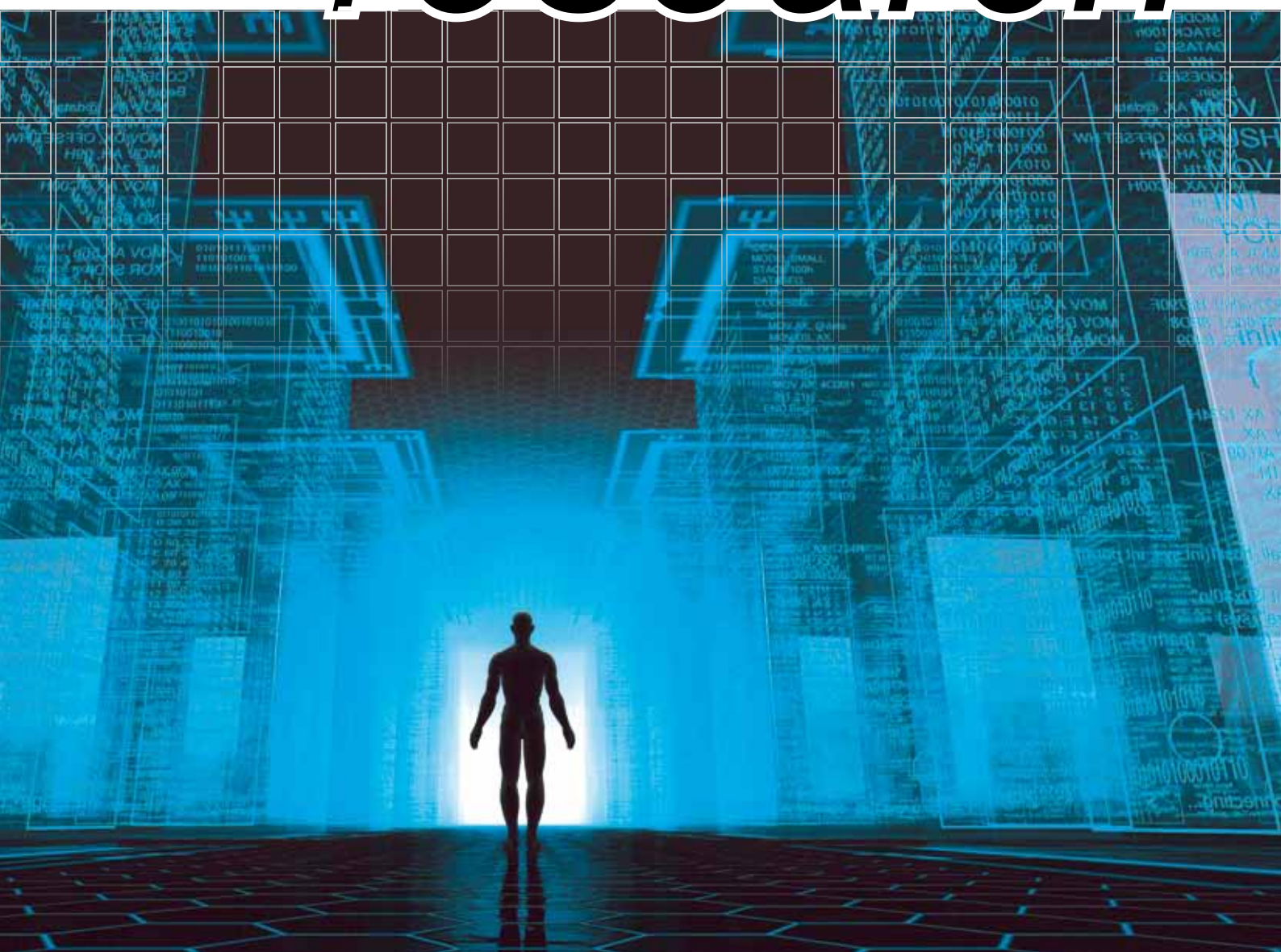


TU GRAZ *research*



Wege in die digitale Zukunft

Information, Communication & Computing an der TU Graz

On the way to a digital future

Information, Communication & Computing at Graz University of Technology



Contents

Preface	p. 4
---------	------

■ Face to Face

We ask well-known experts for a statement on our current topic of focus

Research with Synergy Effect	p. 6
An interview with Hanspeter Mössenböck, University Council member and professor of computer sciences at Johannes Kepler University Linz	
<i>Ines Hopfer-Pfister</i>	

■ Focus: Information, Communication & Computing

Scientists present selected projects and research areas in the framework of the Field of Expertise "Information, Communication & Computing"

Information – Communication – Computing	p. 10
<i>Gernot Kubin, Oswin Aichholzer, Johannes Wallner</i>	
Secure Contactless Spere – Smart RFID-Technologies for a Connected World	p. 13
<i>Jasmin Grosinger, Wolfgang Bösch, Jörn-Marc Schmidt</i>	
Integrated Space Applications	p. 16
<i>Otto Koudelka, Mathias Schardt</i>	
Entropy in Information Theory	p. 19
<i>Bernhard C. Geiger, Gernot Kubin, Christoph Temmel, Wolfgang Woess</i>	
Efficient Image Processing using Primal-Dual Algorithms	p. 22
<i>Thomas Pock</i>	
Monitoring of Civil Engineering Structures and Natural Phenomena with Fibre Optic Cables	p. 25
<i>Werner Lienhart</i>	

■ Life

Research and technology in everyday life: how results of research affect our lives and can improve them

Virtual Coach in the Fight against Old-Age Loneliness: The V2me Project	p. 28
<i>René Zmugg, Wolfgang Thaller, Sven Havemann</i>	

■ Cooperations

Conducting research and development together: how interdisciplinary cooperation between experts leads to success and further development

Graz University of Technology Given Key Role in the Human Brain Project (EU Flagship Project)	p. 32
<i>Wolfgang Maass</i>	

■ Innovation in Teaching & Research

What's new in teaching and research: how Graz University of Technology is proving and distinguishing itself as a hotbed of ideas

A Creative Programming Tool for Children: Austrian Innovation Prize for Graz University of Technology	p. 36
<i>Wolfgang Slany</i>	

Imprint	p. 40
---------	-------

Inhalt

Vorwort	S. 4
<hr/>	
■ Face to Face <i>Wir bitten namhafte Expertinnen und Experten um ein Statement zum Schwerpunktthema</i>	
Forschen mit Synergieeffekt Ein Interview mit Hanspeter Mössenböck, Universitätsratsmitglied und Informatik-Professor an der Johannes Kepler Universität in Linz <i>Ines Hopfer-Pfister</i>	S. 6
<hr/>	
■ Fokus: Information, Communication & Computing <i>Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler präsentieren ausgewählte Projekte und Forschungsbereiche im Rahmen des Field of Expertise „Information, Communication & Computing“</i>	
Information – Communication – Computing <i>Gernot Kubin, Oswin Aichholzer, Johannes Wallner</i>	S. 10
Secure Contactless Sphere – Smarte RFID-Technologie für eine vernetzte Welt <i>Jasmin Grosinger, Wolfgang Bösch, Jörn-Marc Schmidt</i>	S. 13
Integrierte Anwendungen der Weltraumtechnik <i>Otto Koudelka, Mathias Schardt</i>	S. 16
Entropie in der Informationstheorie <i>Bernhard C. Geiger, Gernot Kubin, Christoph Temmel, Wolfgang Woess</i>	S. 19
Effiziente Bildverarbeitung mit primal-dualen Algorithmen <i>Thomas Pock</i>	S. 22
Einsatz von Lichtwellenleitern zur Überwachung von Ingenieurbauten und Naturphänomenen <i>Werner Lienhart</i>	S. 25
<hr/>	
■ Life <i>Forschung und Technik im Alltäglichen – Wie Forschungsergebnisse auf unser Leben wirken und es verbessern können</i>	
Virtueller Coach gegen Alterseinsamkeit: Das Projekt V2me <i>René Zmugg, Wolfgang Thaller, Sven Havemann</i>	S. 28
<hr/>	
■ Cooperations <i>Gemeinsam forschen und entwickeln – Wie spezialisierte interdisziplinäre Zusammenarbeit in Erfolg und Weiterentwicklung resultiert</i>	
TU Graz kommt Schlüsselrolle im Human Brain Project (EU Flaggschiff-Projekt) zu <i>Wolfgang Maass</i>	S. 32
<hr/>	
■ Innovation in Teaching & Research <i>Neues aus dem Bereich Lehre und Forschung – Wie sich die TU Graz als erfolgreiche „Ideenschmiede“ bewährt und auszeichnet</i>	
Kreativitätswerkzeug für Kinder: österreichischer Innovationspreis für TU Graz <i>Wolfgang Slany</i>	S. 36
<hr/>	
Impressum	S. 40

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



*Horst Bischof,
Vizerektor für Forschung.*

*Horst Bischof,
Vice Rector for Research.*

Die Umsetzung der neuen „Fields of Expertise“-Strategie (FoEs) der TU Graz schreitet voran. Gemeinsam mit den Dekanen wurden die neuen Leiter bestellt. Auf der rechten Seite finden Sie eine Übersicht (die Leiter sind fett gedruckt, daneben die Stellvertreter).

Neben der Bestellung der Leiterin/der Leiter haben wir eine erste Ausschreibung der Anschubfinanzierung gestartet. Wenn Sie das Heft in der Hand halten, sollten die Ergebnisse bereits bekannt sein und die Kolleginnen und Kollegen bereits an den Projektanträgen arbeiten. Auch die Ausschreibung für die Forschenden-Freistellung ist auf gutem Weg. Ich hoffe, dass bis Herbst alle Maßnahmen der FoE-Strategie auf Schiene sind und sich erste Erfolge in Form von neuen Projekten einstellen.

Dieses Heft ist dem FoE „Information, Communication & Computing“ gewidmet. Ein sehr pulsierendes Thema, zu dem die TU Graz eine ganze Reihe von herausragenden Forscherinnen und Forschern zu bieten hat. Das Thema ist deshalb so spannend, weil es kaum ein anderes Gebiet gibt, in dem die Innovation so rasch voranschreitet und so massive Auswirkungen auf unser tägliches Leben hat. In diesem FoE ist auch die Koppelung von Grundlagenforschung und Anwendung ganz eng. Gernot Kubin, der Leiter des FoE, hat kürzlich den Begriff „From Gauss to WLAN“ geprägt, ein Ausdruck, der den Inhalt des FoE vortrefflich beschreibt.

In diesem Heft finden Sie einige Beispiele von neuesten Forschungsergebnissen. Ein sicher herausragendes Beispiel ist die Beteiligung des Institutes für Grundlagen der Informationsverarbeitung und dort allen voran von Wolfgang Maass am Human Brain Project, eines von zwei EU-Flaggschiff-Projekten mit jeweils mehr als einer Milliarde Euro Budget. Aber es gibt noch eine Reihe weiterer Beispiele sehr erfolgreicher Forschung mit Außenwirkung. Besonders gratulieren möchte ich Stefanie Lindstaedt vom Institut für Wissens-

The strategic implementation of the new Fields of Expertise of Graz University of Technology is forging ahead. The new heads of the FoEs have been appointed, together with the deans. On the right is a small overview showing the heads (bold-type) and the deputy heads.

Apart from the appointment of the heads of the FoEs, we have initiated a first call for proposals regarding seed financing. By the time you are reading this issue of TU Graz *research*, the results should already be known and our colleagues will already be working on the project applications. Also, a call for bids for research sabbaticals is well on track. I hope that by the autumn all the FoE strategy measures will be well on the way to reaping initial success in the form of new projects.

This issue is dedicated to the FoE “Information, Communication & Computing”. A very vibrant field in which Graz University of Technology can offer a range of outstanding researchers. The field is so exciting because there is hardly any other area in which innovation moves ahead so quickly, and with such immense effects on our daily lives. The coupling of basic and applied research is extremely close. Gernot Kubin, the FoE head, has recently coined the phrase “From Gauss to WLAN”, an expression which admirably describes the FoE.

You'll find a few examples of the latest research results in the journal. One definitely outstanding example is the participation of the Institute for Theoretical Computer Science and, first and foremost, Wolfgang Maass, in the Human Brain Project, one of two EU flagship projects each with a budget of more than EUR 1bn. But there is another range of examples of extremely successful research with such a strong external impact. I would especially like to congratulate Stefanie Lindstaedt from the Institute of Knowledge Management and head of research of the K1 Know Center, on the one hand for being nominated researcher of the year, on the

Field of Expertise (FoE)	Leiterin/Leiter Head
Advanced Materials Science	Klaus Reichmann, Ferdinand Hofer, Maria Poletti
Human- & Biotechnology	Bernd Nidetzky, Gernot Müller-Putz
Information, Communication & Computing	Gernot Kubin, Oswin Aichholzer, Johannes Wallner
Mobility & Production	Helmut Eichlseder, Ralf Kolleck, Matthäus Siebenhofer
Sustainable Systems	Urs Hirschberg, Christoph Hochenauer, Gerald Zenz

technologien, der wissenschaftlichen Leiterin des K1-Know-Centers, einerseits zur Nominierung zur Forscherin des Jahres, andererseits auch zum Titel der FEMtech-Expertin des Monats. Beides sind Beispiele der Anerkennung der hervorragenden wissenschaftlichen Tätigkeit, die im Bereich des Wissensmanagements an der TU Graz geleistet wird.

Ein weiteres Ereignis, das diesem FoE zugeordnet werden kann und das medial für sehr viel Aufmerksamkeit gesorgt hat, ist der Start des ersten österreichischen Satelliten „TUGSAT-1“ am 25. Februar 2013. Ich gratuliere auch auf diesem Weg Otto Koudelka und seinem Team ganz herzlich zu dieser herausragenden Leistung. Der TUGSAT-1 ist ein Nanosatellit, der zur BRITE-Mission gehört, deren Ziel es ist, die Helligkeitsschwankungen von Sternen zu messen. Der TUGSAT-1 gehört zu einer neuen Klasse von Nanosatelliten, die ihre Aufgabe im Team erledigen – eine völlig neue Dimension von Satellitenmissionen. Mittlerweile läuft eine Fülle von Tests und erste Performance-Messungen sind im Gange. Otto Koudelka hat mir versichert, dass alles nach Plan läuft (eigentlich über Plan, da kaum Probleme und Schwierigkeiten auftauchen) und einer erfolgreichen Mission nichts im Wege steht.

Dies sind nur einige wenige Beispiele aus der jüngsten Zeit, die zeigen, wie pulsierend dieses FoE ist und welche herausragende Forschung hier geleistet wird.

Der Sommer und die Ferien stehen vor der Tür, daher wünsche ich Ihnen und Ihren Familien einen erholsamen Sommer. Und möge Ihnen die Lektüre dieser Ausgabe des TU Graz *research* ein wenig die Zeit vertreiben. In diesem Sinne also viel Freude bei der Lektüre dieses TU Graz *research*.

other hand for being named FEMtech expert of the month. Both are examples of the recognition of the outstanding scientific activities which are carried out in the field of knowledge management at Graz University of Technology.

Another event that can be allocated to this FoE and which drew wide-ranging media attention was the launch of the first Austrian satellite TUGSAT-1 on 25 February 2013. I'd like to take this opportunity to warmly congratulate Otto Koudelka and his team on this marvellous achievement. TUGSAT-1 is a nanosatellite belonging to the "BRITE" mission, whose aim is to measure the variability in brightness of stars. TUGSAT-1 belongs to a new class of nanosatellites which carry out their tasks in a team: this is a completely new dimension regarding satellite missions. Meanwhile, a plethora of tests and first performance measurements are being carried out. Otto Koudelka has assured me that everything is going according to plan (actually everything is going even better than planned since hardly any problems or difficulties have arisen) and there is nothing standing in the way of a successful mission.

This is just one of the few recent examples which show just how vibrant this FoE is and what outstanding research is being performed here.

The summer and the summer vacation are just about to begin, so I'd like to wish you and your families a relaxing break. And of course, I hope you enjoy reading this issue of TU Graz *research*.



Horst Bischof

Forschen mit Synergieeffekt

Research with Synergy Effect

Ines Hopfer-Pfister

Hanspeter Mössenböck (geboren 1959 in Schwanenstadt/OÖ) leitet das Institut für Systemsoftware und ist Präses für Informatik an der Johannes Kepler Universität Linz (JKU). Mössenböck studierte Informatik an der JKU, wo er auch als Forschungsassistent arbeitete. Ab 1987 war er zunächst als Postdoc an der Universität Zürich und dann als Assistenzprofessor an der ETH Zürich tätig. 1994 folgte der Ruf an die JKU. Im Jahr 2000 verbrachte er einen Forschungsaufenthalt beim Computer- und Softwarehersteller Sun Microsystems.

Hanspeter Mössenböck (born in Schwanenstadt/Upper Austria in 1959) is head of the Institute of System Software at Johannes Kepler University Linz (JKU), and is also full professor at the Department of Computer Science. He studied computer science at Johannes Kepler University Linz, where he also worked as a research assistant. In 1987 he was a post-doc at the University of Zurich, and then assistant professor at ETH Zurich. In 1994 he was appointed full professor at the University of Linz. In 2000, he spent a research sabbatical at Sun Microsystems, a computer and software producer.

„Die FoEs sind Katalysatoren, die Ideen weitertragen“, so beschreibt Universitätsratsmitglied Hanspeter Mössenböck die fünf Fields of Expertise¹ (FoEs) der TU Graz. Die fünf zukunftsweisenden Themen stellen als interdisziplinäre Stärkefelder das Markenzeichen der TU Graz dar. Mössenböck, Informatik-Professor an der Johannes Kepler Universität in Linz, spricht im Interview über die Stärken und Entwicklungspotenziale des FoE „Information, Communication & Computing (ICC)“, bricht eine Lanze für kleine, „verrückte“ Forschungsideen und gibt Einblick in seine Forschungstätigkeit an der ETH Zürich.

Sehr geehrter Herr Mössenböck, die TU Graz hat sich einer neuen Forschungsstrategie verschrieben, darunter die wissenschaftliche Profilbildung über die 5 Fields of Expertise (FoEs). Wie schätzen Sie als Universitätsratsmitglied die Etablierung dieser fünf TU Graz-Stärkefelder ein?

Meiner Meinung nach entsteht Exzellenz immer an der Basis, und es gibt zahlreiche exzellente Institute an der TU Graz. Die FoEs sind das perfekte Mittel, bestehende Exzellenzen zu bündeln und diese verstärkt nach außen zu tragen. Die fünf Stärkefelder sollen vermitteln, wofür die TU Graz steht. Durch diese Bündelung ergeben sich auch Synergieeffekte, wie gemeinsame Projekte und/oder gemeinsame Ressourcenanschaffung zu planen.

Wie beurteilen Sie das FoE „Information, Communication & Computing (ICC)“?

Das FoE ist mit rund 430 Forschenden an drei Fakultäten sehr breit aufgestellt und deckt ein weites Spektrum von der theoretischen Grundlagenforschung bis zur praxisnahen angewandten Forschung ab. Das Forschungsfeld ICC hat viele Berührungspunkte und findet sich auch in anderen FoEs, zum Beispiel in den Bereichen Life Sciences, Geosciences oder in der Ingenieurinformatik.

“The FoEs are catalysts which bring ideas to fruition”, explains University Council member Hanspeter Mössenböck regarding the five Fields of Expertise¹ (FoEs) of Graz University of Technology. These five future-oriented fields are interdisciplinary areas of strength and represent the hallmark of Graz University of Technology. In the interview, Hanspeter Mössenböck, professor of computer science at Johannes Kepler University Linz, talks about the strengths and development potential of the FoE “Information, Communication & Computing (ICC)”, takes up the cause of small and “crazy” research ideas, and speaks about his impressions of ETH Zurich.

Professor Mössenböck, Graz University of Technology has signed up to a new research strategy which also includes developing its scientific profile by means of the five Fields of Expertise (FoEs). In your position as member of the University Council, what do you think of the establishment of the University’s five FoEs?

In my opinion, excellence begins at the grass roots, and there are a number of excellent institutes at Graz University of Technology. The FoEs are the perfect means to combine existing excellences and to communicate them to the rest of the world. The five Fields of Expertise are meant to communicate what the university stands for. This combination results in synergy effects, such as planning shared projects and/ or a common acquisition of resources.

What’s your impression of the FoE “Information, Communication & Computing (ICC)”?

This FoE has a very broad basis with about 430 researchers at three faculties and covers a wide spectrum from theoretical basic research to applied research with a practical orientation. The field of research of ICC has many points of contact and can also be found in other FoEs, as for example, the life sciences, geosciences and in computer science engineering.



© TU Graz/Lunghammer

Wo sehen Sie die Stärken dieses Field of Expertise?

Eine Stärke des ICC ist es, dass es bereits erfolgreiche Kooperationen zwischen den beteiligten Fakultäten gibt. Ich denke dabei an das Studium Telematik, das von der Fakultät für Elektrotechnik und der Fakultät für Informatik gemeinsam betrieben wird. Diese Kooperationen werden nun auf Forschungsebene weitergestärkt. Im ICC finden sich viele erfolgreiche „Keimzellen“ wie FutureLabs, diverse K-Zentren, CD-Labors oder NFN-Projekte, auf denen man aufbauen kann. Das FoE ist auch an international bedeutenden Forschungsprojekten wie dem Human Brain Project – einem von nur zwei ausgewählten Flaggschiff-Projekten der EU – oder dem ersten österreichischen Satelliten TUGSAT-1 beteiligt. ICC zeichnet sich auch durch einen sehr hohen Anteil an Publikationen aus und ist besonders drittmittelstark. Das zeigt, dass der Spagat zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung in diesem FoE sehr gut funktioniert.

Wo gibt es Ihrer Meinung nach Entwicklungspotenzial?

Entwicklungspotenzial gibt es immer, aber ich denke, es geht vor allem darum, Stärken zu stärken

What are the strengths of this Field of Expertise in your opinion?

One strength of ICC is that it has already carried out successful co-operations among the participating faculties. I'm thinking here in particular of the telematics programme, which is run jointly by the Faculty of Electrical Engineering and the Faculty of Computer Science. These co-operations will now be reinforced at a research level. In ICC, there are many successful "germ cells", such as FutureLabs, various K-centres, CD labs and NFN projects, which we can build on. The FoE is also involved in internationally important research projects, such as the Human Brain Project – one of only two selected EU flagship projects – and the first Austrian satellite TUGSAT-1. ICC is also marked by its high share of publications and its high degree of external funding. This shows that the balancing act between basic research and applied research in this FoE works very well.

What areas have potential for development in your view?

There is always potential for development, but I think it is particularly a question of strengthening strengths and taking advantage of synergies.

Abb. 1: Hanspeter Mössenböck im Interview mit TU Graz research.

Fig. 1: Hanspeter Mössenböck in interview with TU Graz research.

¹ Die fünf Fields of Expertise der TU Graz: „Advanced Materials Science“, „Information, Communication & Computing“, „Human- & Biotechnology“, „Mobility & Production“ sowie „Sustainable Systems“.

Graz University of Technology's five Fields of Expertise are "Advanced Materials Science", "Human- & Biotechnology", "Information, Communication & Computing", "Mobility & Production" as well as "Sustainable Systems".



© TU Graz/Lunghammer

und Synergien zu nutzen. Ein Punkt wäre hier – und das betrifft die gesamte TU Graz –, eine stärkere Internationalisierung voranzutreiben, was ja derzeit ein wichtiges strategisches Ziel der TU Graz ist. Es geht dabei nicht nur um die Umstellung der Doktors- und Masterstudien auf Englisch, sondern auch um eine stärkere Durchmischung der Forschenden, zumindest auf Doktorandenebene.

Das Forschungsfeld ICC umfasst mehrere wissenschaftliche Disziplinen, die unser Leben in praktisch allen Lebensbereichen verändern. Ist Ihrer Meinung nach daher das Zusammenspiel von Forschenden im Forschungsfeld ICC wichtiger als in anderen Forschungsbereichen?

Ich würde nicht sagen, dass Kooperation im Bereich ICC bedeutender ist als in anderen Disziplinen. Kooperation ist immer wichtig und ich sehe dieses FoE trotz seiner Breite nicht als heterogen, sondern von gemeinsamen Interessen getragen.

Soll man Forschende an einer Universität überhaupt zusätzlich motivieren, noch interdisziplinärer und fakultätsübergreifender als ohnehin zu forschen?

Gute Forschung kann nicht funktionieren, wenn sie von oben oktroyiert wird. Gute Forschung entwickelt sich oft „bottom-up“ aus ganz speziellen Interessen und Ideen. Die FoEs sind Katalysatoren, die Ideen weitertragen – insbesondere wenn es Incentives dafür gibt. Das MIT beispielsweise setzt bewusst Doktorandinnen und Doktoranden ganz unterschiedlicher Fachrichtungen ins gleiche Büro, damit die Leute miteinander reden – dadurch werden neue Ideen generiert. Was mir besonders wichtig ist: Trotz der großen FoEs sollte Forschung im Kleinen weiterhin möglich sein. Nicht nur Mainstream-Projekte sollen gefördert werden, es muss auch Platz für kleine, „verrückte“ Ideen geben, wo sich neue Exzellenzen entwickeln können.

One point worth mentioning here – and this concerns Graz University of Technology as a whole – is pressing ahead with internationalisation even more resolutely, something which is currently an important strategic goal of the University. It's not so much a matter of changing the doctoral and master's programmes into English, but rather of having a more diverse mix of researchers – at least among graduate students studying for doctorates.

The ICC research field comprises several scientific disciplines which are changing practically every aspect of our lives. Do you think that teamwork between researchers is more important in ICC than in other research fields?

I wouldn't say that co-operation in ICC is more important than in other disciplines. Co-operation is always important and in my opinion this FoE, despite its breadth, is supported by common interests not by heterogeneous interests.

Should we really be motivating university researchers to work more and more at an interdisciplinary and cross-faculty level than ever before?

Good research can't work when it's imposed from above. Good research often develops from the bottom-up – from very specific interests and ideas. The FoEs are catalysts which bring ideas to fruition – especially when there are incentives. MIT, for instance, deliberately puts doctoral candidates from wholly different branches of study in the same office so that they talk with each other – this is how new ideas are generated. What I think is especially important is that, despite the big FoEs, small-scale research should continue to be possible. Not only should mainstream projects be promoted, but there should also be a place for small, crazy ideas, where new excellences can develop.

Your research activities put you in a unique position to get a glimpse behind the scenes of ETH Zurich. What makes this university so special?



Aufgrund Ihrer Forschungstätigkeit hatten Sie auch Einblick in die ETH Zürich – was macht diese Universität so besonders?

Die ETH Zürich hat bei etwa gleicher Anzahl von Studierenden das acht- bis neunfache Budget der TU Graz. Sie kann sich daher international die besten Köpfe aussuchen. Die Qualität der Forschung hängt ja vor allem von der Qualität der Forscherinnen und Forscher ab. An der ETH Zürich herrscht außerdem eine positive und motivierende Stimmung, es ist alles „locker“ und kollegial, ein Klima, in dem Forschung einfach gut funktioniert. Vielleicht ist es auch ein Kriterium, dass Professorinnen und Professoren an der ETH Zürich mit weniger Verwaltungsarbeit belastet sind. Etwas ganz Besonderes ist die internationale Durchmischung der Forschenden. Das ist ein Punkt, von dem alle österreichischen Universitäten lernen können. Die ETH zieht Doktorandinnen und Doktoranden aus der ganzen Welt an, und zwar die allerbesten. Das sollte auch ein Ziel der TU Graz sein.

Welche Entwicklungen und Herausforderungen sehen Sie für den Bereich ICC in den nächsten Jahren?

Gerade dieser Bereich entwickelt sich so rasant, dass kaum jemand abschätzen kann, was in zwanzig Jahren sein wird. Es wird mit Sicherheit alles viel kleiner, viel verteilter, viel vernetzter, viel intelligenter und viel paralleler sein. Die IKT hat viele Berührungspunkte mit anderen Disziplinen und nimmt daher auch teil an den großen Forschungsthemen der Gesellschaft wie Energie, Gesundheit und alternder Bevölkerung. Immer wichtiger werden in einer stark vernetzten Welt die Themen Sicherheit, Persönlichkeits- und Datenschutz. Für das FoE ICC gibt es mehrere Herausforderungen: eines der ersten Forschungsleadprojekte² zugesprochen zu bekommen, Kooperationen zu leben und das FoE sichtbar nach außen zu tragen. In Zukunft soll jede bzw. jeder Einzelne wissen: Die TU Graz steht auch für Information, Communication & Computing. ■

Although it has about the same number of students, ETH Zurich has about eight to nine times the budget of TU Graz. Hence they can internationally seek out the best minds. The quality of the research is dependent on the quality of the researchers. Apart from that, a positive and highly motivating atmosphere reigns at ETH Zurich. Everything is easy-going and collegial. It is a climate where research can be done well. Perhaps the fact that professors are less burdened with administration at ETH Zurich is also a criterion. The international mix of researchers is very unusual. This is something which all Austrian universities could learn from. ETH attracts doctoral students from all over the world – and it attracts the best. This should also be an aim of Graz University of Technology.

What developments and challenges for ICC do you foresee in the next few years?

This field is developing so rapidly that hardly anyone can predict what it'll be like in 20 years. But everything will definitely be much smaller, much more distributed, much more networked, much more intelligent and much more parallel. ICT has many points of contact with other disciplines and is thus taking part in society's great research themes, such as energy, health and an ageing population. And the subjects of security, personal privacy and data protection will become increasingly important in an intensely interconnected world. The FoE ICC is facing several challenges: to be awarded one of the first research lead projects², to put co-operation into practice, and to communicate the FoE to the outside world. In the future, everyone should know that Graz University of Technology also stands for Information, Communication & Computing. ■

² *Aufbauend auf die FoEs sind ab 2015 an der TU Graz sogenannte Forschungsleadprojekte, ausgewählte Exzellenzcluster, geplant. Pro Forschungsleadprojekt werden 1,5 bis 2 Millionen Euro zur Verfügung gestellt, insgesamt werden maximal drei Forschungsleadprojekte an der TU Graz gefördert, die drei bzw. nach positiver Zwischenevaluierung sechs Jahre laufen werden.*

² *Building on the FoEs, so-called research lead projects – selected clusters of excellence – are planned from 2015 onwards at Graz University of Technology. 1.5 to 2m euros are being made available for each research lead project. A total of three research lead projects will be funded at Graz University of Technology and will run for three or six years depending on a positive interim assessment.*

Information – Communication – Computing

Gernot Kubin, Oswin Aichholzer, Johannes Wallner



Wer von uns trägt heute nicht einen Computer in der Tasche bei sich, mit dessen Hilfe wir untereinander kommunizieren und uns jederzeit Informationen aus dem Internet besorgen? Uns an unbekannten Orten zurechtfinden? Spielen, fernsehen, Musik hören, fotografieren und vieles mehr? Das Field of Expertise „Information, Communication & Computing (ICC)“ an der TU Graz geht weit über diese Allerweltfunktionen eines Smartphones hinaus, hier wird unsere Welt (die physikalische wie auch die virtuelle) analysiert, modelliert, simuliert, optimiert und mit neuen Entwürfen gestaltet.

So wie seit Langem Form und Materie im Wechselspiel zueinander stehen, verstehen wir seit der Mitte des 20. Jahrhunderts die *Information* als Schlüssel zur Darstellung der Wirklichkeit, einer Darstellung, die sich unser Geist als Wissen aneignen und in der Kommunikation mit anderen austauschen kann. Die *Kommunikation* macht damit Information erst wahrnehmbar, erlebbar, mitteilbar und veränderbar – sie berührt alle Sinnesmodalitäten der Menschen (Hören, Sehen, Tasten usw.) im Konkreten und verlangt bei der Kommunikation der Menschen mit technischen Systemen, dass diese über physikalische Aktuatoren und Sensoren (z. B. Lautsprecher und Mikrofone oder Bildschirme und Kameras) verfügen, die wir angreifen und begreifen können. Dahinter steht immer die abstrakte Sprache der Information, die Sprache des mathematischen Modells zur Darstellung der Wirklichkeit und der Verfahren bzw. Algorithmen zur Nutzung dieser Modelle, was wir unter *Computing* zusammenfassen.

Der Begriff des Algorithmus stellt eine Klammer über das weit verzweigte Forschungsfeld ICC dar. Das lässt sich gut am äußerst bedeutsamen Algorithmus zur schnellen Fouriertransformation erläutern, die zur Analyse und mathematischen Model-

Don't we all carry a computer in our pockets today which we use for communicating with each other and for grabbing information from the Internet? For finding our way in unknown places? For gaming, watching TV, listening to music, taking pictures, and much more? The Field of Expertise "Information, Communication & Computing" (ICC) at Graz University of Technology by far exceeds those everyday smartphone tasks. This is where our world (both the physical and the virtual one) is analyzed, modeled, simulated, optimized, and shaped with new designs.

Just as form and matter have for long been in interplay with each other, since the mid 20th century we have conceived of *information* as the key for representing reality, a representation which our mind can appropriate as knowledge and exchange with others through communication. It is *communication* that lets us perceive, experience, share, and shape information – that affects all the sensory modalities of humans (hearing, seeing, touching, etc.) in a concrete sense and that, when humans communicate with technical systems, calls for physical actuators and sensors (e.g., loudspeakers and microphones or displays and cameras) that we can feel and understand. This is always backed by the abstract language of information, the language of mathematical models representing reality and the methods or algorithms for using these models, which we summarize in the word *computing*.

The notion of algorithms constitutes an overarching bracket of the widely ramified research field ICC. This can be illustrated well with the extremely relevant fast algorithm for the Fourier transform, which was introduced by Jean-Baptiste Joseph Fourier for the analysis and mathematical modeling of physical systems in 1807. Two years earlier, the mathematician Carl Friedrich Gauß had proposed an algorithm to significantly speed up trigonometric interpolations

Gernot Kubin leitet die Institute für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation sowie für Technische Informatik, koordiniert die Doctoral School Informations- und Kommunikationstechnik und leitet das FoE „Information, Communication & Computing“. Seine Forschungsinteressen liegen in der nichtlinearen Signalverarbeitung, Computational Intelligence sowie der Sprach- und Audiokommunikation.

Gernot Kubin is head of the Signal Processing & Speech Communication and the Technical Informatics Laboratories, coordinator of the Doctoral School Information and Communications Engineering, and head of the FoE "Information, Communication & Computing". His research interests are in nonlinear signal processing, computational intelligence, speech and audio communication.



lierung physikalischer Systeme von Jean-Baptiste Joseph Fourier im Jahr 1807 eingeführt wurde. Schon zwei Jahre zuvor hatte der Mathematiker Carl Friedrich Gauß einen Algorithmus vorgeschlagen, mit dem man trigonometrische Interpolationen unter Ausnutzung von allgemein bekannten Eigenschaften der Winkelfunktionen um vieles schneller berechnen konnte, um damit die Position von Asteroiden zu bestimmen. Dieser Algorithmus wurde erst 1965 von James W. Cooley von der IBM-Forschung und John W. Tukey von den Bell Laboratories ohne Kenntnis der Arbeiten von Gauß wiederentdeckt und in der Zeitschrift *Mathematics of Computation* publiziert. Daraufhin wurde der Algorithmus in kurzer Zeit in zahlreichen Anwendungen der Ingenieurwissenschaften populär, da aufgrund des Fortschritts der Informatik leistungsfähige Computer zur Verfügung standen, die mit derartig beschleunigten Rechenverfahren viel komplexere Analysen und Modellsimulationen durchführen konnten als zuvor. Der letzte Schritt kam durch die Erkenntnis, dass sich die bereits von Gauß gefundenen algorithmischen Strukturen direkt auf integrierten elektronischen Schaltungen abbilden ließen, die um Größenordnungen weniger Volumen und Stromverbrauch als die ursprünglich eingesetzten Computer benötigten. Und heute ist die schnelle Fouriertransformation ein Standardbaustein in zahlreichen elektronischen und Kommunikationstechnischen Chips wie z. B. für den Netzzugang via ADSL oder WLAN, für MP3-Spieler sowie für Funksysteme in digitalem Fernsehen, Radio und Mobiltelefonen der vierten Generation. Was das Forschungsfeld ICC daraus lernen kann? Den Wissensaustausch zwischen den drei beteiligten Fakultäten in den Fachgebieten Mathematik und Geowissenschaften, Informatik, Elektronik und Informationstechnik zu beschleunigen, also in Zukunft nicht mehr an die 200 Jahre für den Umsetzungspfad von der mathematischen Methode zur verschwindend kleinen Elektronikschaltung zu benötigen.

by exploiting well-known properties of the trigonometric functions which was to be used for the determination of the position of asteroids. Only in 1965 was this algorithm rediscovered by James W. Cooley from IBM Research and John W. Tukey from Bell Laboratories (Gauß's work was unknown to them), and published in the journal *Mathematics of Computation*. Following this, the algorithm became quickly popular in numerous applications of the engineering sciences because the advancement of computer science had made powerful computers available which, by using such accelerated computation methods, could perform much more complex analyses and model simulations than before. The final move happened due to the insight that the algorithmic structures already found by Gauß lend themselves to direct mapping on integrated electronic circuits which require much less volume and power consumption than the originally employed computers (in fact, several orders of magnitude less). Today the fast Fourier transform is a standard component in many electronic and communications engineering chips, e.g., for network access via ADSL or WLAN, MP3 players, radio systems in digital TV, radio, and 4th generation mobile telephony.

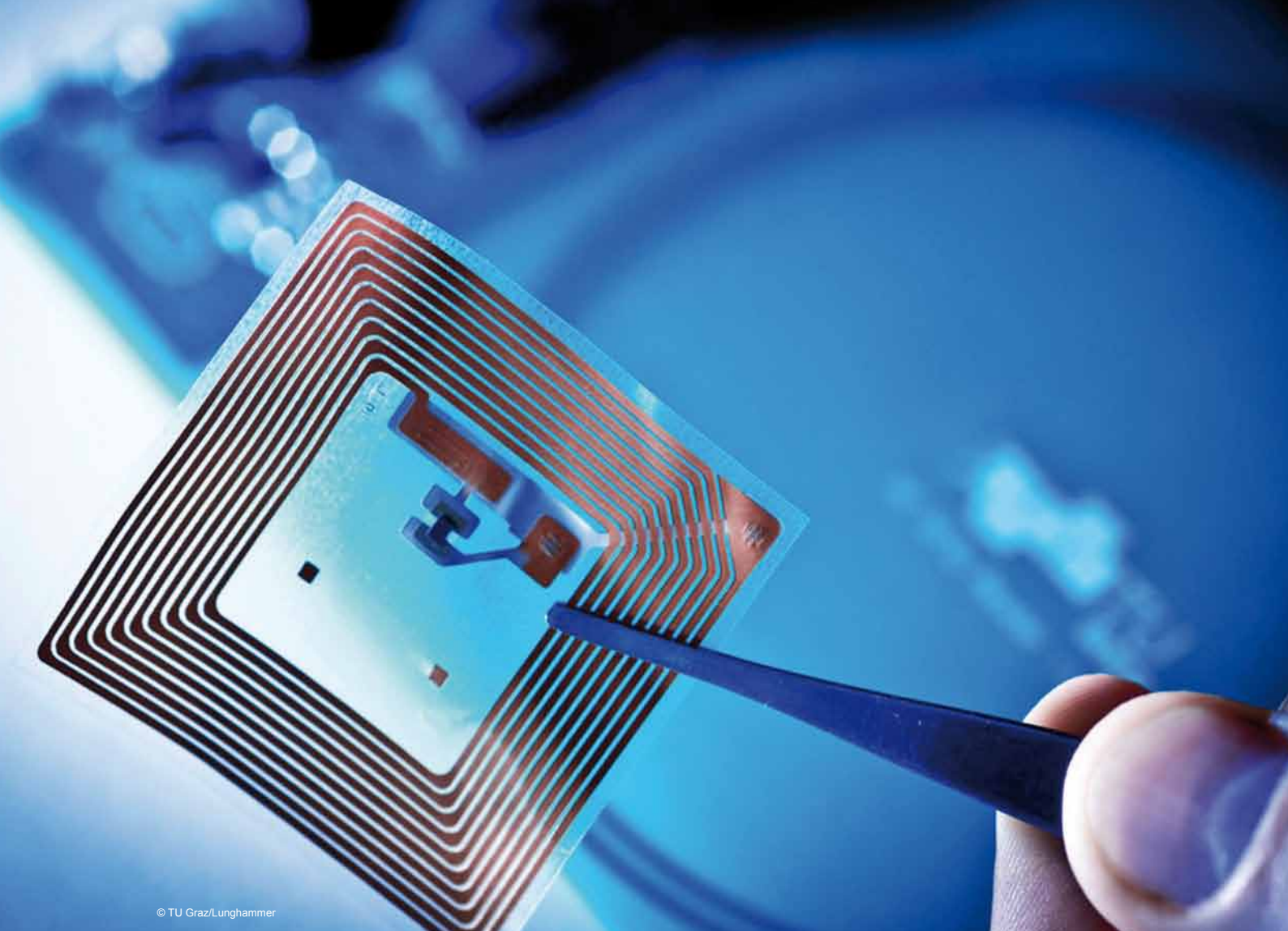
What can the research field ICC learn from this? To accelerate the knowledge exchange between the three participating faculties in the areas of mathematics, geosciences, computer science, electronics and information engineering in order in future never again to waste nearly 200 years between conceiving mathematical methods and implementing them in minute electronic circuits.

And the future has already begun. In this issue of TU Graz *research*, we are taking the opportunity to showcase the outstanding work of not only individual research groups, but also that resulting from the scientific cooperation which has been so successfully practised at the ICC. You can read this for yourself in the cross-cutting articles from the institutes in the following fields: Microwave and Photonic



Oswin Aichholzer leitet die Arbeitsgruppe Discrete and Computational Geometry am Institut für Softwaretechnologie und ist stellvertretender Leiter des FoE „Information, Communication & Computing“. Im Rahmen des von der European Science Foundation (ESF, project EUROCORES – EUROpean Collaborative REsearch) geförderten multinationalen Projektes ComPoSe arbeiten Gruppen an sieben führenden Universitäten Europas unter seiner Leitung an algorithmischen und kombinatorischen Fragestellungen zu geometrischen Strukturen.

Oswin Aichholzer is head of the Discrete and Computational Geometry Group at the Institute for Software Technology and deputy head of the FoE "Information, Communication & Computing". He leads the multinational research project ComPoSe within the EUROCORES (EUROpean Collaborative REsearch) program EuroGIGA of the European Science Foundation (ESF), where groups from seven leading European Universities collaborate on algorithmic and combinatorial problems of geometric objects.



© TU Graz/Lunghammer



Johannes Wallner ist Leiter des Instituts für Geometrie und stellvertretender Leiter des FoE „Information, Communication & Computing“. Seine Forschungsinteressen liegen in der angewandten Geometrie und geometrischen Datenverarbeitung, in der diskreten Differentialgeometrie und in geometrischen Aspekten der Approximationstheorie.

Johannes Wallner is head of the Institute of geometry and is deputy head of the FoE "Information, Communication & Computing".

His research interests are in applied geometry and geometry processing, in discrete differential geometry, and in geometric aspects of approximation theory.

Und die Zukunft hat schon begonnen. Wir nehmen diese Ausgabe des Forschungsjournals TU Graz *research* zum Anlass, neben hervorragenden Arbeiten einzelner Forschungsgruppen die wissenschaftliche Zusammenarbeit im ICC vor den Vorhang zu holen, die vielfach schon erfolgreich gelebt wird. Überzeugen Sie sich davon in fakultätsübergreifenden Artikeln aus folgenden Instituten: Hochfrequenztechnik mit angewandter Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologie zu *RFID-Technologien*; Fernerkundung und Photogrammetrie mit Kommunikationsnetzen und Satellitenkommunikation zu *Integrated Services*; mathematische Strukturtheorie mit Signalverarbeitung und Sprachkommunikation zur *Informationstheorie* und natürlich im Artikel, den Sie gerade lesen – gemeinschaftlich von einem Team aus drei Fakultäten verfasst. ■

Engineering with Applied Information Processing and Communications on *RFID technologies*; Remote Sensing and Photogrammetry with Communication Networks and Satellite Communications on *integrated services*; Mathematical Structure Theory with Signal Processing and Speech Communication on *information theory*; and, of course, in the article you are just reading – written jointly by a team from three faculties. ■

Literatur/References:

Michael T. Heideman, Don H. Johnson und C. Sidney Burrus: *Gauss and the History of the Fast Fourier Transform. IEEE ASSP Magazine, October 1984, 14–21.*

Secure Contactless Sphere – Smarte RFID-Technologie für eine vernetzte Welt

Secure Contactless Sphere – Smart RFID-Technologies for a Connected World

Jasmin Grosinger, Wolfgang Bösch, Jörn-Marc Schmidt

Das Institut für Hochfrequenztechnik und das Institut für Angewandte Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologien der TU Graz arbeiten gemeinsam an dem COMET K-Projekt „Secure Contactless Sphere“ (SeCoS). SeCoS hat zum Ziel, mittels Einsatz von smarter „Radio Frequency Identification“- (RFID) Technologie eine vernetzte Welt zu schaffen. In einer solchen Welt sind Gegenstände des alltäglichen Lebens untereinander und mit dem Internet vernetzt, um damit unser Leben sicherer und komfortabler zu gestalten.

In den letzten Jahren haben wir die Einführung von Technologien miterlebt, die unser Leben – aber auch den Umgang mit unserer Umgebung – verändert haben. In modernen Skiresorts zum Beispiel brauchen wir nicht mehr nach unserem Skipass zu suchen. Heute wird die Gültigkeit des Skipasses automatisch noch in der Tasche unseres Skianzuges überprüft. Eine solche Applikation wurde durch die technologischen Innovationen im Bereich der leistungsarmen kontaktlosen Kommunikation, in der RFID eine zentrale Rolle spielt, möglich. Die RFID-Technologie bildet das Fundament für das „Internet der Dinge“. Die Vision des Internets der Dinge ist es, Gegenstände des alltäglichen Lebens untereinander und mit dem Internet zu vernetzen. Diese Objekte werden dann mittels integrierter Sensoren in der Lage sein, ihre unmittelbare Umgebung wahrzunehmen und mit anderen Objekten und Menschen zu kommunizieren.

Secure Contactless Sphere

Vertreter der gesamten RFID-Wertschöpfungskette haben sich zu einem Konsortium zusammengefunden, um im K-Projekt SeCoS der Vision des Internets der Dinge näherzukommen. Das Konsortium besteht aus global agierenden

The Institute of Microwave and Photonic Engineering and the Institute for Applied Information Processing and Communications at Graz University of Technology are working together on the COMET K-project Secure Contactless Sphere (SeCoS). SeCoS aims to use smart radio frequency identification (RFID) technology to create a connected world. In a connected world, real-world objects are securely connected among themselves and linked to the internet to make our lives more secure, safe and convenient.

In the last few years, we have experienced a lot of innovations changing the way we live and interact with our environment. For example, in modern ski resorts we are no longer required to fumble for our ticket and stick it into a card reader – instead the turnstile recognizes the ticket kept in our pockets and we are allowed to pass. Such an application is powered by technological innovations in low-power contactless communications in which RFID plays a central role. RFID provides the foundations for the “internet of things”. The vision of the internet of things refers to a structure linking everyday objects to each other and with the internet. Objects fitted with integrated sensors will be able to perceive their immediate surroundings, process the information received, using it to communicate with other objects and people as well as to initiate relevant actions.

Secure Contactless Sphere

Representatives from the entire RFID supply chain have come together to form a consortium to work on the Secure Contactless Sphere and to take a step forward towards the internet of things. The consortium consists of globally acting industrial partners – austriamicrosystems AG, ENSO detego GmbH, freaquent froschelectronincs GmbH, Infineon Technologies Austria AG, and



Jasmin Grosinger arbeitet als Postdoc am Institut für Hochfrequenztechnik der TU Graz. Ihre Forschungsgebiete umfassen die Entwicklung und die Realisierung von rückstreuenden Hochfrequenzsystemen und optischen Freiraumübertragungssystemen.

Jasmin Grosinger works as a post-doc at the Institute of Microwave and Photonic Engineering at Graz University of Technology. Her research interests focus on the design and realization of backscatter radio frequency systems and optical free space communication systems.



Wolfgang Bösch ist Leiter des Instituts für Hochfrequenztechnik.

Die Forschungsbereiche des Instituts sind die Analyse, die messtechnische Erfassung und das Design von Hochfrequenzschaltungen und Systemen, elektromagnetische Simulationen und Wellenausbreitung, die Weiterentwicklung von Radarsystemen und die Evaluierung und Auswertung von Wetterradardaten sowie Aktivitäten im Bereich der optischen Freiraum-Datenverbindungen.

Wolfgang Bösch is head of the Institute of Microwave and Photonic Engineering. The research areas of the Institute are the analysis, characterisation and design of microwave and millimetre-wave circuits and systems, electromagnetic simulations and wave propagation, the development of radar hardware, and the radar data evaluation specifically for weather radar and free space optical data links.

Industriepartnern – austriamicrosystems AG, ENSO detego GmbH, freaquent froschelectronics GmbH, Infineon Technologies Austria AG und NXP Semiconductors Austria GmbH – und international führenden wissenschaftlichen Partnerinnen und Partnern – JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, dem Institut für Angewandte Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologien und dem Institut für Hochfrequenztechnik. Ein weiteres Ziel von SeCoS ist der Erhalt der Steiermark als Silicon Valley der RFID-Technologie. Geschätzte 50 Prozent aller weltweit verwendeten RFID-Chips wurden in der Region Graz entwickelt.

Kontaktlose Übertragung

Das Institut für Hochfrequenztechnik der TU Graz untersucht im Projekt SeCoS kontaktlose Übertragungstechnologien, die in RFID-Systemen ihre Anwendung finden. In vier Forschungsschwerpunkten werden neue Zugänge entwickelt, die zu einer Erweiterung des Anwendungsspektrums von RFID-Systemen führen sollen. Ein Schwerpunkt beschäftigt sich mit der Positionsbestimmung und Nachverfolgung von Tags. Mittels einer Mehrantennenstruktur des Lesegeräts und der Datenzusammenführung mehrerer Algorithmen soll die Genauigkeit der Positionsermittlung erhöht werden. Des Weiteren wird der Einsatz von Sendefrequenzen im Millimeterwellen-Bereich – oberhalb des typisch verwendeten „Ultra High Frequency“- (UHF) Bereichs – untersucht. Durch eine Erhöhung der Frequenz kann die Größe des Tags drastisch reduziert werden. Weitere Forschungsschwerpunkte sind die Übertragung von „High Definition“- (HD) Medien in „Near Field Communication“- (NFC) Systemen und die Untersuchung von Interoperabilität und Koexistenz von verschiedenen drahtlosen Schnittstellen auf einem mobilen Endgerät.

NXP Semiconductors Austria GmbH – and internationally leading scientific partners – JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institute for Applied Information Processing and Communications, and Institute of Microwave and Photonic Engineering. SeCoS additionally aims to establish and sustain Styria as the Silicon Valley of RFID technology. Approximately 50% of all RFID chips in global use have been developed in the Graz region.

Contactless transmission

At Graz University of Technology, the Institute of Microwave and Photonic Engineering explores contactless transmission technologies utilized in RFID systems. The institute's research focuses on four different fields. One research activity explores new approaches in locating and tracking RFID tags. A multiple-input multiple-output reader and the use of data fusion of different locating algorithms are explored to enhance localization accuracy. Another research activity explores carrier frequencies in the millimeter wave range – beyond the typically used ultra high frequencies (UHF). Frequencies in the millimeter wave range lead to a significant size reduction of the tags, which benefits many applications. In addition, the research focuses on the transmission of high definition (HD) data in near field communication (NFC) systems and on the interoperability and coexistence of several different wireless interfaces in a mobile device.

Integrated security

The Institute for Applied Information Processing and Communications at Graz University of Technology deals with integrated secure RFID technologies. New applications for consumers that involve RFID regularly raise security as well as privacy concerns. Within SeCoS, the institute aims to provide a comprehensive methodology



Integrierte Sicherheit

Das Institut für Angewandte Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologien arbeitet im Projekt SeCoS an neuen integrierten Sicherheitsmaßnahmen in der RFID-Technologie. Neue RFID-Anwendungen für Endverbraucherinnen und Endverbraucher werfen Fragen in Bezug auf Sicherheit sowie auf Einhaltung des Datenschutzes auf. Im Rahmen dieses Projektes wird eine umfassende Methodik zur Nutzung von RFID-Tags unter Gewährleistung der Privatsphäre aller Parteien entwickelt. In drei Arbeitspaketen werden die Anforderungen an die kryptografischen Primitiven für UHF-Tags und Tags für hohe Datenraten, die Integration von NFC-Lesern in Smartphones und die dadurch entstehenden Möglichkeiten und Herausforderungen sowie die sichere Integration in das Internet der Dinge abgedeckt. ■

Abb. 1: Links: Smart Bag: Mit der Smart Bag wird RFID-Technologie zur eindeutigen Identifikation von Gegenständen des täglichen Alltags eingesetzt. Dazu werden Gegenstände mit RFID-Labels versehen. Die intelligente Tasche liest diese mit einem integrierten mobilen RFID-Lesegerät aus und informiert uns, ob wir alles Notwendige mithaben.

Abb. 2: Rechts: On-Wafer-Messaufbau im Reinraum des Millimeterwellen-Labors am Institut für Hochfrequenztechnik.

for making use of the advance of RFID tags yet ensuring privacy of all parties involved in the product life-cycle. Three work packages cover the requirements regarding cryptographic primitives for UHF tags and tags for high data rates, the integration of NFC readers in smart phones and the resulting potentials and challenges and secure integration in the “web of things”, thus enabling radically innovative applications. ■

Fig. 1: Left: Smart bag. The smart bag uses RFID technology for the unique identification of everyday objects. The intelligent bag is equipped with an integrated mobile RFID reader, which is used to scan the RFID tags attached to objects it contains and tells the user if all necessary items are in the bag.

Fig. 2: Right: On-wafer measurement setup located in the clean room of the millimeter-wave laboratory at the Institute of Microwave and Photonic Engineering.



Jörn-Marc Schmidt leitet die Gruppe Secure Entities for Smart Environments (SEnSE) am Institut für Angewandte Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologie. Seine Forschungsinteressen umfassen RFID-Sicherheit, Seitenkanalanalyse und Fehlerangriffe.

Jörn-Marc Schmidt leads the Secure Entities for Smart Environments (SEnSE) Group at the Institute for Applied Information Processing and Communications. His research interests include RFID security, side-channel analysis and fault attacks.

Projektdaten

SeCoS ist ein 3-Jahres-Projekt und startete am 1. Jänner 2013. Es hat ein Projektvolumen von mehreren Millionen Euro. Das K-Projekt SeCoS wird im Rahmen des Programms COMET – Competence Centers for Excellent Technologies – durch die Bundesministerien BMVIT und BMWFJ, die Steirische Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH und das Land Steiermark gefördert.

Project Data

SeCoS is a three-year project and started January 1st, 2013. It has an overall budget of several million euros. SeCoS is part of the COMET program – Competence Centers for Excellent Technologies – which is funded by Austria’s federal ministries for Transport, Innovation and Technology and Economy, Family and Youth, by Styrian Business Promotion Agency, and by the Province of Styria.

Integrierte Anwendungen der Weltraumtechnik Integrated Space Applications

Otto Koudelka, Mathias Schardt



Otto Koudelka leitet das Institut für Kommunikationsnetze und Satellitenkommunikation. Die Forschungsaktivitäten umfassen funkgestützte Kommunikationssysteme und -netze (Schwerpunkt Satellitenkommunikation) und deren Anwendungen (u. a. in der Sicherheitsforschung), neuartige Modulations- und Fehlersicherungsverfahren sowie Entwicklung weltraumtauglicher Hardware.

Otto Koudelka is head of the Institute of Communication Networks and Satellite Communications. The research activities comprise radio-controlled communication systems and networks (with a focus on satellite communications) and their applications (in safety research, among other fields), novel modulation and error correction methods, and development of hardware suitable for space.

Bei Naturkatastrophen ist eine rasche Erfassung der Lage unerlässlich, damit Einsatzkräfte optimal reagieren können. Flugzeuge werden zum Beispiel mit einer speziellen Sensorik und Echtzeitkommunikationseinrichtungen ausgestattet und senden geokodierte Lagebilder an Landeswarnzentralen, Feuerwehr oder Rettung. Eine weitere Anwendung, die durch die Sensorik abgedeckt wird, ist die Erfassung von Waldparametern als Grundlage für die nachhaltige forstliche Planung. Möglich machen das verschiedene Weltraumtechnologien, die hier zum Einsatz kommen.

Mithilfe von speziellen Flugzeugen, die mit entsprechender Sensorik und Echtzeitkommunikationseinrichtungen ausgestattet sind, kann ein Überflug eines Katastrophengebietes innerhalb kurzer Zeit erfolgen. Entscheidungsträger (z. B. Landeswarnzentralen, Feuerwehr, Rettung) erhalten direkt aus dem Flugzeug geocodierte Lagebilder. Als Sensoren werden hochauflösende Kameras für den sichtbaren Bereich bzw. Thermalkameras z. B. für die Branderkennung eingesetzt. Dabei spielen verschiedene Weltraumtechnologien (Satellitenkommunikation und -navigation, Fernerkundung), die integriert zum Einsatz kommen, eine wesentliche Rolle.

Katastrophenschutz

Das Institut für Kommunikationsnetze und Satellitenkommunikation (IKS) und das Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie (IFP) arbeiten seit mehreren Jahren mit Joanneum Research, Firmen wie Diamond Aircraft und Nutzerinnen und Nutzern wie den steirischen und niederösterreichischen Landeswarnzentralen, dem österreichischen Bundesheer sowie Feuerwehrverbänden bei der Realisierung von fluggestützten Plattformen für den Katastrophenschutz zusammen.

In the event of a natural disaster, a speedy damage assessment of the situation is essential to enable emergency services to respond optimally. Aircraft, for example, are equipped with special sensor systems and real-time communication facilities and can send geo-coded images of the situation to regional warning centers and fire and ambulance services. Another application covered by sensors is gathering forest data as a basis for sustainable forestry planning. Various space technologies make all this possible.

Special aircraft equipped with appropriate sensors and real-time communications facilities can provide flights over the disaster area within short periods. Decision makers (e.g. regional emergency centers, fire and ambulance services) receive geo-coded images directly from the airborne platform. High-resolution cameras for the visible spectral range and thermal cameras, e.g. for fire detection, can be used. Different space applications (satellite communications, navigation and remote sensing) all play an important role.

Disaster management

The Institute of Communication Networks and Satellite Communications (IKS) and the Institute of Remote Sensing and Photogrammetry (IFP) have been cooperating for several years with Joanneum Research, companies like Diamond Aircraft, the emergency centers of Styria and Lower Austria, the Austrian Armed Forces and the fire services to put together an airborne platform for disaster management. The current project AIRWATCH is being carried out in the framework of the national Security Research Program KIRAS.



Das aktuelle Projekt AIRWATCH wird im Rahmen des nationalen Sicherheitsforschungsprogramms KIRAS des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) durchgeführt. Die speziell entwickelten Fernerkundungs- und Kommunikationsmodule sind flexibel aufgebaut, sodass sie in unterschiedlichen Flugzeugtypen eingesetzt werden können (Diamond DA42, Pilatus PC-6, Cessna).

Die Integration einer GPS/IMS-Einheit in das Fernerkundungsmodul des IFP erlaubt, die Daten direkt, also ohne Passpunkte, zu geokodieren, wobei eine geometrische Genauigkeit von weniger als einem Meter bei einer Flughöhe von 1000 Metern erzielt werden kann.

Das IKS ist für die Echtzeitdatenübertragung aus dem Flugzeug zur Einsatzzentrale verantwortlich. Für die Übermittlung der von den Kameras an Bord aufgenommenen Daten wird in AIRWATCH ein leistungsfähiges Kommunikationssystem eingesetzt. GPS-gesteuerte Richtantennen gewährleisten große Reichweiten (Abb. 2). Für die Weiterübermittlung der Echtzeitdaten über sehr große Strecken können Satellitenübertragungseinrichtungen von einer mobilen Relaisstation zur Einsatzzentrale verwendet werden.

Waldmonitoring

Neben dem Katastrophenschutz stellt die Erfassung von Forstparametern auf der Basis von 3-D-Waldoberflächenmodellen eine weitere wichtige Anwendung der Flugplattform dar.

Eine genaue Erfassung von forstlichen Parametern ist eine Voraussetzung für eine zuverlässige strategische forstliche Planung und deren erfolgreiche Umsetzung im Rahmen einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung. Waldparameter, die aus Stereo-Luftbildern der Flugplattform abgeleitet werden können, sind zum Beispiel die Baumarten, das Baumalter, der Kronenschluss, der Holzvorrat oder Waldschäden, die durch Stürme, Dürre

The specially developed remote sensing and communications modules have a flexible design and can be utilized in different aircraft (Diamond DA-42, Pilatus PC-6, Cessna).

By integrating a GPS/IMU module, direct orthorectification of the images can be carried out without collecting ground control points. Geometric accuracies of under one meter can be obtained by flight heights of 1000m.

IKS is responsible for the real-time data transmission from the aircraft to the emergency center. In AIRWATCH, a powerful communications system is used for the delivery of the images taken on board the aircraft. GPS-controlled directional antennas on the ground guarantee long-range coverage (Fig. 2). Satellite communications may be employed for further delivery of the real-time data over very long distances from a mobile relay station to the emergency center.

Monitoring the forests

Apart from disaster management, the assessment of forest inventory based on 3D canopy models is another important application of the airborne platform. Accurate assessment of forest parameters is a precondition for any reliable strategic planning and successful implementation of sustainable comprehensive forest management at different scale levels. Forest inventory parameters that can be derived include, for example, tree species, tree age, crown closure, timber volume and forest degradation caused by storm, drought or insect calamities. An application that is gaining more and more importance for the future is the assessment of biomass to be used as sustainable energy source. By means of photogrammetric methods developed in several projects carried out in close co-operation with Joanneum Research, three-dimensional information such as precise 3D canopy surface models can be obtained by stereo images taken from the platform



Mathias Schardt leitet das Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie und ist Leiter der Gruppe Fernerkundung und Geoinformation am Institut DIGITAL an der Forschungsgesellschaft Joanneum Research. Die Forschungsaktivitäten konzentrieren sich auf die Entwicklung von Methoden und Algorithmen zur Auswertung von Fernerkundungsdaten für das Umweltmonitoring und die Sicherheitsforschung. Die Erfahrungen beziehen sich sowohl auf passive und aktive als auch auf flugzeug- und satellitengetragene Sensorsysteme.

Mathias Schardt is head of the Institute of Remote Sensing and Photogrammetry and the Research Group for Remote Sensing and Geoinformation at the DIGITAL Institute at Joanneum Research. The research activities concentrate on developing methods and algorithms to analyze remote sensing data for environmental monitoring and safety research. Results relate to both active and passive sensor systems as well as aircraft and satellite-borne sensor systems.



Abb. 2/Fig. 2

© TU Graz

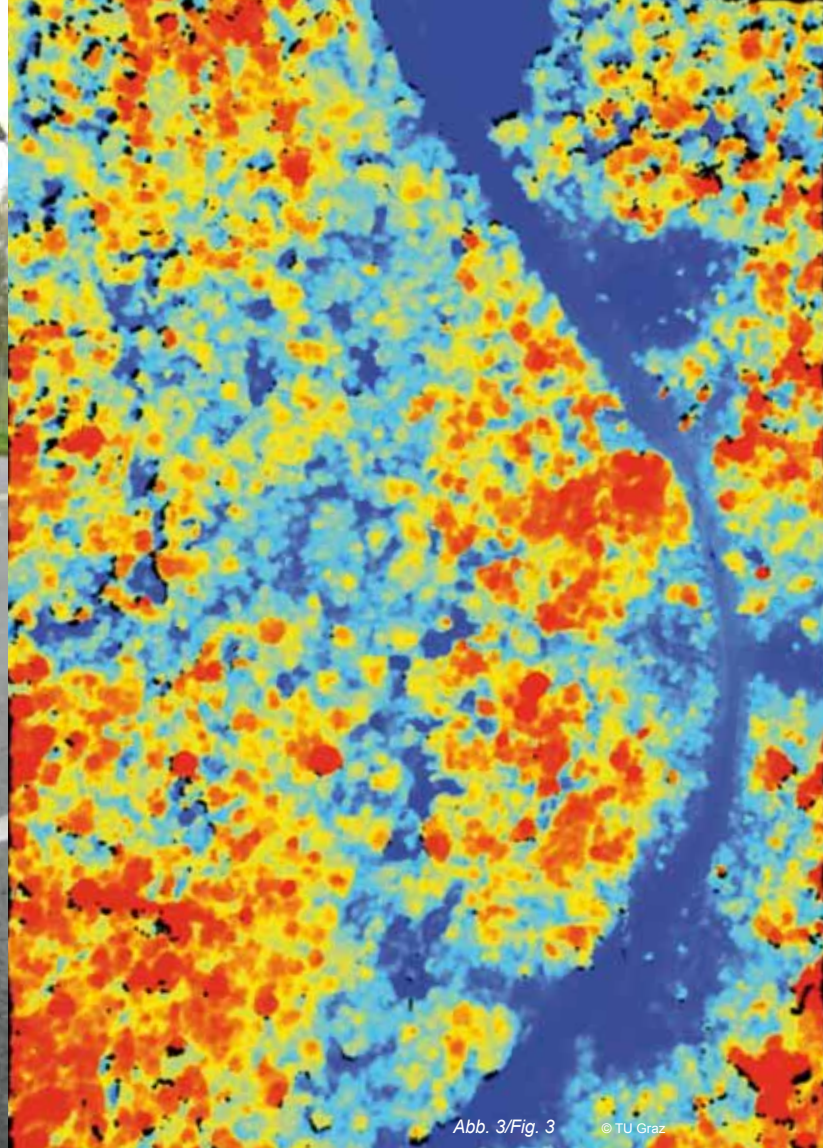


Abb. 3/Fig. 3

© TU Graz

Abb. 2: Bodenstation mit GPS-gesteuerten Richtantennen.

Fig. 2: Ground station with GPS-controlled directional antennas.

Abb. 3: Dreidimensionale Waldoberflächenmodelle, abgeleitet aus Stereodaten der Flugplattform ADAM, von einem Tropenwald in Surinam.

Fig. 3: 3D canopy surface model derived from stereo images of the ADAM platform showing a tropical forest of Surinam.

oder Insektenkalamitäten hervorgerufen werden. Eine Anwendung, die in Zukunft mehr und mehr an Bedeutung gewinnen wird, ist darüber hinaus die Erfassung der Biomasse, die als nachhaltige Energiequelle genutzt werden kann. Mittels photogrammetrischer Methoden, die gemeinsam mit der Forschungsgesellschaft Joanneum Research im Zuge mehrerer Projekte entwickelt wurden, können präzise dreidimensionale Waldoberflächenmodelle aus den Daten abgeleitet werden (siehe Abb. 3). Des Weiteren stehen spezielle Bildverarbeitungsmethoden zur Verfügung, die in der Lage sind, aus den Waldoberflächenmodellen die Holzbiomasse, das Stammvolumen oder die vertikale Waldstruktur zu berechnen. Durch die flexible Einsetzbarkeit kann die Flugplattform auch für das Monitoring von Wäldern in tropischen Ländern, in denen keine spezifische Fernerkundungsinfrastruktur zur Verfügung steht, herangezogen werden. Die Vorteile kommen vor allem dann zum Tragen, wenn Luftbilder über schwer zugänglichen Gebieten aufgenommen werden sollen, da dort das Aufsuchen von Passpunkten einen enormen Kostenfaktor darstellt. ■

(see Fig. 3). Specific image processing methods are available which are capable of transforming 3D canopy models into woody biomass, timber volume or vertical forest structures. Due to the flexible application of the system, it can also be used for monitoring forests in tropical countries where no specific airborne remote sensing facilities are available. This feature of the system is of particular interest when data are recorded in remote areas where the collection of control points is extremely expensive. ■

Entropie in der Informationstheorie

Entropy in Information Theory

Bernhard C. Geiger, Gernot Kubin, Christoph Temmel, Wolfgang Woess

Wissen Sie, wie viel Bit Ihre MP3-Musikdateien an Speicherplatz auf Ihrem Smartphone benötigen? Und erinnern Sie sich noch, welche Unsummen die Mobilfunkbetreiberinnen und -betreiber für das benötigte Funkspektrum bezahlt haben, um zunächst Sprachtelefonie und später eine Vielzahl digitaler Kommunikationsdienste mit immer höheren Datenraten anzubieten? Dann haben Sie schon mit der Entropie, dem Maß des Informationsgehalts von Daten, Prozessen und Signalen, zu tun gehabt. Mathematik und Signalverarbeitung arbeiten zusammen, um das Fundament von ICC (Information, Communication & Computing) in Bezug auf Theorie und Anwendung zu erweitern.

Was ist Entropie? Im Kern ist die Entropie ein Maß für den mittleren Informationsgehalt einer zufälligen Nachricht und damit für unser Unwissen über den Inhalt einer noch nicht gelesenen Nachricht. Wenn wir uns Letztere als ein Rätselwort vorstellen, so gibt es eine Minimalzahl an Ja/Nein-Fragen, die nötig sind, um das Rätsel zu lösen. Da aber das Rätselwort auch noch zufällig ist, also Wahrscheinlichkeiten unterliegt, müssen wir den gewichteten Mittelwert über die nötige Zahl an Ja/Nein-Fragen nehmen. Das führt zur Formel für die Entropie der Wahrscheinlichkeitsverteilung $H(p) = -\sum p(x) \log_2 p(x)$. Entropie spielt in der Thermodynamik eine ebenso große Rolle wie in der Informationstheorie; die Verbindung erklärt der Maxwellsche Dämon, dem wir aber hier nicht näher treten wollen.

Am Institut für Mathematische Strukturtheorie ist Entropie in verschiedenen Formen Teil von theoretischen Untersuchungen von Zufallsprozessen. Die am Ende gelisteten Arbeiten von W. Huss, E. Sava und W. Woess¹, L. Gilch² sowie V. A. Kaimanovich und W. Woess³ seien hier als Beispiele genannt. In allen Fällen geht es um Entropie-Raten, typischerweise von Markovketten, das sind Zufallsprozesse mit endlich (oder abzählbar) vielen möglichen

Do you know how many bits of data memory your mp3 music files occupy on your smartphone? And do you still remember the crazy amounts paid by the mobile operators for the radio spectrum required for offering, first, voice telephony, and then later, a variety of digital communications services with ever increasing data rates? Then you have already encountered entropy as the measure of information content of data, processes, and signals. Mathematics and signal processing team up to extend the theory and application of this foundation of ICC (Information, Communication & Computing).

What is entropy? In a nutshell entropy is a measure of the average information content of a random message and, thereby, of our ignorance about the content of a yet unread message. If we imagine the latter as a mystery word then there is a minimal number of yes-no questions needed to unravel the mystery. But as the mystery word itself is random, that is, governed by probabilities, we need to take the weighted average over the necessary number of yes-no questions. This leads to the expression for the entropy of a probability distribution $H(p) = -\sum p(x) \log_2 p(x)$. Entropy plays an equally important role in thermodynamics as well as in information theory. This connection is explained by Maxwell's demon which we would rather not examine more closely here.

At the Institute for Mathematical Structure Theory, entropy in various forms makes up part of the theoretical investigations of random processes. For these, the articles listed at the end by W. Huss, E. Sava and W. Woess¹, L. Gilch², as well as by V. A. Kaimanovich and W. Woess³ may serve as examples. In all cases, it is a question of entropy rates, typically of "Markov chains" – random processes with a finite (or countable) set of possible states and a memory which extends only



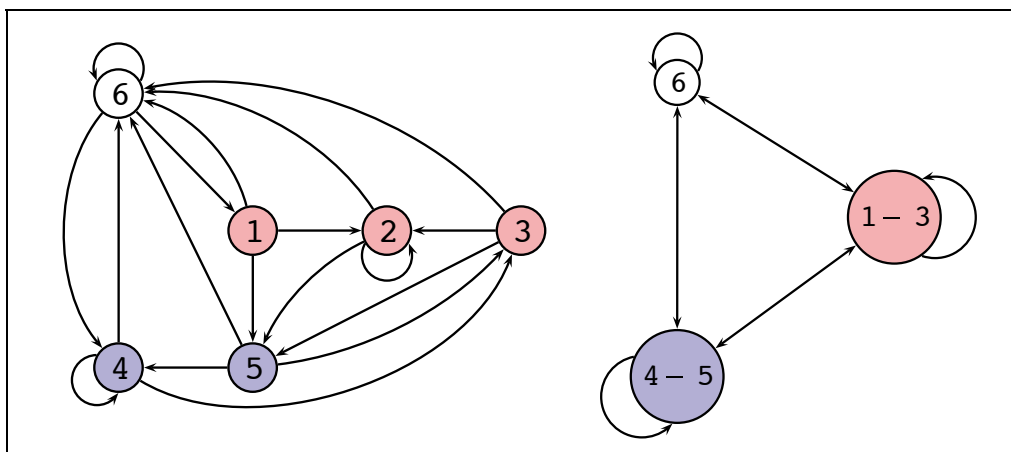
Bernhard C. Geiger ist Universitätsassistent am Institut für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation. Sein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der Informationstheorie; in seiner Dissertation untersucht er den Informationsverlust in deterministischen Systemen.

Bernhard C. Geiger is a research and teaching associate at the Signal Processing and Speech Communication Laboratory. His research interests include information theory, and his doctoral thesis investigates information loss in deterministic systems.

Abb. 1: Zustandszusammenfassung
im Graphen einer Markovkette.

Fig. 1: A lumping of states in the
graph of a Markov chain.

© TU Graz/Geiger



Gernot Kubin leitet die Institute für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation sowie für Technische Informatik, koordiniert die Doctoral School Informations- und Kommunikationstechnik und leitet das FoE „Information, Communication & Computing“. Seine Forschungsinteressen liegen in der nichtlinearen Signalverarbeitung, Computational Intelligence sowie der Sprach- und Audiokommunikation.

Gernot Kubin is head of the Signal Processing & Speech Communication and the Technical Informatics Laboratories, coordinator of the Doctoral School Information and Communications Engineering, and head of the FoE "Information, Communication & Computing". His research interests are in nonlinear signal processing, computational intelligence, speech and audio communication.

Zuständen und einem Gedächtnis, das nur einen Zeitschritt zurückreicht. Diese Prozesse spielen in der angewandten Informationstheorie die zentrale Rolle: Sie sind der Ausgangspunkt für die Kooperation zwischen den beiden Instituten.

Am Institut für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation werden neue theoretische Ansätze zur Charakterisierung informationsverarbeitender Systeme mithilfe einer Entropiebilanz entwickelt, ähnlich wie mithilfe einer Energiebilanz elektrotechnische oder mechanische Systeme charakterisiert werden können. Auch bei der Optimierung von selbstlernenden Systemen werden informationstheoretische Kostenfunktionen eingesetzt. Letztlich bilden Markovketten zur Modellierung der Abfolge sprachlicher Zeichen (Laute, Silben, Wörter usw.) die Grundlage für die automatische Spracherkennung, wie sie zuletzt auch bei Smartphones populär geworden ist (vgl. z. B. „Siri“). Siehe dazu auch die unten gelisteten Arbeiten von B. Geiger und G. Kubin^{4, 5} sowie P. Mowlaee⁶ et al.

Markovketten auf der Spur

Im Rahmen einer Kooperation der beiden Institute wird nun an folgendem informationstheoretischen Problem in der Theorie der Markovketten gearbeitet (siehe B. Geiger und C. Temmel^{7, 8}):

Wenn man eine Markovkette dadurch vereinfacht, dass man mehrere Zustände zusammenfasst, bekommt man einen Prozess mit weniger möglichen Zuständen [HMM]¹. Im Allgemeinen verliert man dadurch aber nicht nur die Markov-Eigenschaft, sondern auch einen beträchtlichen Teil der Information: Die Entropie-Rate wird verringert. Die zentrale Frage der Kooperation zwischen dem Institut für Mathematische Strukturtheorie und dem Institut für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation war die Charakterisierung jener Zusammenfassungen, welche die Entropie-Rate erhalten. Als Hauptresultat bewiesen wir, dass der Erhalt der Entropie-Rate gleichbedeutend der viel stärkeren Eigenschaft der

a single time step into the past. These processes play the key role in applied information theory, and are the starting point for the cooperation between the two institutes.

At the Signal Processing and Speech Communication Laboratory, new theoretical approaches to the characterization of information processing systems using an entropy balance are being developed, similar to the characterization of electrical or mechanical systems using an energy balance. Information theoretic cost functions are employed for the optimization of machine learning systems, too. Finally, Markov chains modeling sequences of spoken language symbols (speech sounds, syllables, words etc.) form the basis for automatic speech recognition as recently popularized on smartphones (cf. e.g., „Siri“). Please refer to the articles listed below by B. Geiger und G. Kubin^{4, 5} as well as P. Mowlaee⁶ et al.

Hot on Markov chains

In the framework of a cooperation between the two institutes, the following information theoretic problem in the theory of Markov chains is addressed (cf. B. Geiger und C. Temmel^{7, 8}):

If we simplify a Markov chain by lumping together multiple states, we obtain a process with fewer possible states [HMM]¹. In general, we do not only lose the Markov property from this, but also a sizable part of the information: the entropy rate is reduced. The key question in the cooperation between the Institute for Mathematical Structure Theory and the Signal Processing and Speech Communication Laboratory concerned the characterization of these lumpings which conserve entropy rate. Our proven main result is that the conservation of the entropy rate is equivalent to the much stronger property of invertibility. In other words, no information is lost *on average* by lumping together multiple states if and only if the original Markov chain can be reconstructed from

¹ [HMM] ist auch als Hidden Markov Model bekannt.

¹ [HMM] also known as Hidden Markov Model.

Abb. 2: Markovketten auf der Spur.

Fig. 2: Hot on Markov chains.



Christoph Temmel war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mathematische Strukturtheorie und ist nun Postdoc an der VU Amsterdam. Er forscht an der Schnittstelle zwischen Kombinatorik, diskreter Stochastik und statistischer Mechanik.

Christoph Temmel used to be a scientific assistant at the Institute for Mathematical Structure Theory and is now a postdoc at the VU Amsterdam. He carries out research at the frontier between combinatorics, discrete stochastics and statistical mechanics.

Umkehrbarkeit ist. Anders ausgedrückt: Durch eine Zusammenfassung geht genau dann *im Mittel* keine Information verloren, wenn man vom Prozess mit wenigen Zuständen die ursprüngliche Markovkette rekonstruieren kann. Nebenbei formulierten wir noch hinreichende Bedingungen dafür, dass die Zusammenfassung nicht nur die Information erhält, sondern auch noch die Markov-Eigenschaft einer bestimmten Ordnung besitzt. Dies ermöglicht die Aggregation komplexer Markov-Modelle auf ein kleineres Modell, welches immer noch einfach zu simulieren ist.

Thema des Beitrages ist eine kürzlich entstandene Kooperation auf theoretischem Gebiet zwischen Instituten zweier Fakultäten: ein zartes Pflänzchen, das ohne spektakuläres Auftreten die Verbindung verschiedener Fachbereiche im Field of Expertise „Information, Communication & Computing“ der TU Graz aufzeigt. ■

the process with fewer states. As a corollary, we formulate sufficient conditions for this lumping together to not only conserve information but also to still keep the Markov property of a certain order. This facilitates the aggregation of complex Markov models into smaller models which continue to be easily simulated.

This article came about due to a recent cooperation in a theoretical domain between institutes of two faculties. This demonstrates the productive and appreciative approach shared by different scientific areas in the Graz University of Technology Field of Expertise “Information, Communication & Computing”. ■



Wolfgang Woess ist Leiter des Instituts für Mathematische Strukturtheorie (Math C) an der TU Graz. Seine Forschungsinteressen umfassen Zufallsprozesse auf Graphen und Gruppen, die Struktur von unendlichen Graphen und Gruppen, formale Sprachen, Theorie der Ränder und harmonische Funktionen sowie Potenzialtheorie.

Wolfgang Woess is head of the Institute of Mathematical Structure Theory (Math C). His research interests are random processes on graphs and groups, structure of infinite graphs, groups and formal languages, boundary theory and harmonic functions and potential theory.

Literatur/References:

¹ Wilfried Huss, Ecaterina Sava and Wolfgang Woess: Entropy sensitivity of languages defined by infinite automata, via Markov chains with forbidden transitions, *Theoretical Computer Science* 411 (2010), 3917–3922.

² Lorenz Gilch: Asymptotic Entropy of Random Walks on Free Products. *Electronic Journal of Probability* 16 (2011), 76–105.

³ V. A. Kaimanovich and W. Woess: Boundary and entropy of space homogeneous Markov chains, *Ann. Probab.* 30 (2002) 323–363.

⁴ Bernhard C. Geiger and Gernot Kubin: Information Measures for Deterministic Input-Output Systems. Preprint TUGraz (2013), arXiv:1303.6409 [cs.IT].

⁵ Bernhard C. Geiger and Gernot Kubin: Signal Enhancement as Minimization of Relevant Information Loss. *ITG Conf. on Systems, Communication and Coding* (Munich, 2012) arXiv:1205.6935 [cs.IT].

⁶ P. Mowlaee et al., The 2nd CHIME Speech Separation and Recognition Challenge: Approaches on Single-Channel Speech Separation and Model-Driven Speech Enhancement, in *Proc. 2nd CHIME Speech Separation and Recognition Challenge*, (Vancouver, 2013).

⁷ Bernhard C. Geiger, Christoph Temmel: Lumpings of Markov chains and entropy rate loss. Preprint, TU Graz (2012). arXiv:1212.4375 [cs.IT].

⁸ Bernhard C. Geiger, Christoph Temmel: Information-preserving Markov aggregation. Preprint, TU Graz (2013). arXiv:1304.0920 [cs.IT].

Effiziente Bildverarbeitung mit primal-dualen Algorithmen

Efficient Image Processing using Primal-Dual Algorithms

Thomas Pock



Thomas Pock ist Assistenzprofessor am Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich der Entwicklung von effizienten Optimierungsverfahren für die Bildverarbeitung und das maschinelle Sehen. Seit 2009 ist er Vorsitzender der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Mustererkennung (OAGM).

Thomas Pock is assistant professor at the Institute for Computer Graphics and Vision. His research interests are in the field of the development of efficient optimization methods for image processing and computer vision. Since 2009, he has been chairman of the Austrian Association for Pattern Recognition (OAGM).

Am Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen wird an hocheffizienten primal-dualen Algorithmen zur Lösung von konvexen Optimierungsproblemen in der Bildverarbeitung geforscht. Diese spezialisierten Algorithmen kommen in zahlreichen praktischen Problemen wie Fahrerassistenzsystemen, der dreidimensionalen Gebäuderekonstruktion sowie in der Aufbereitung von medizinischen Bildern zur Anwendung.

Durch die rasante Entwicklung von Bildaufnahme-systemen wie hochauflösenden Digitalkameras, medizinischen Scannern, aber auch Smartphones ist die Bildverarbeitung mittlerweile ein zentrales Thema in Forschung und Industrie geworden. Fast jeder Mensch hat eine Videokamera in Form eines Smartphones in der Tasche. Ultrahochauflösende Digitalkameras erlauben, ganze Städte aus der Luft aufzunehmen und mithilfe der Methoden des maschinellen Sehens dreidimensional zu rekonstruieren. Auch in der Verkehrssicherheit spielt das maschinelle Sehen zunehmend eine größere Rolle. So wird die Daimler S-Klasse der neuesten Generation bereits mit einem Fahrerassistenzsystem ausgestattet sein, welches überwiegend auf Methoden des maschinellen Sehens beruht (vgl. Abb. 1).

Die Methode des maschinellen Sehens führt zu sogenannten inversen Problemen, das bedeutet, dass man aus den beobachteten Bildern, die zuvor durch eine Projektion der dreidimensionalen Welt auf die zweidimensionale Bildebene entstanden sind, wieder auf Eigenschaften der dreidimensionalen Welt rückschließen möchte. Da diese Probleme im Allgemeinen keine eindeutige Lösung haben, muss ein gewisser Grad an Vorwissen eingebracht werden. Als großes Vorbild fungiert hier das menschliche visuelle System, welches selbst unter widrigsten Umständen imstande ist, wichtige Eigenschaften der Welt zu

The Institute for Computer Graphics and Vision conducts research on highly efficient primal-dual algorithms for convex optimization. These highly specialized algorithms find their applications in numerous practical problems, such as driver assistance systems, three-dimensional reconstructions of buildings and the processing of medical images.

Brought about by the rapid development of imaging hardware, such as high resolution digital cameras, medical scanners and smartphones, image processing has become a central topic in research and industry. These days, almost everyone has a video camera connected to a high-performance computer in form of a smartphone in their pocket. Moreover, ultra-high resolution digital cameras nowadays allow aerial pictures of whole cities to be made, and computer vision algorithms can be used to compute the resulting three-dimensional reconstructions. Computer vision also plays an increasingly important role in road safety. For example, the latest generation of Daimler's S-class will be equipped with a driver-assistance system that mainly relies on computer vision algorithms (Fig. 1).

Problems such as these are often encountered in computer vision and are referred to as inverse problems, since the task is to determine information about the three dimensional world based on the observed images that have been generated prior to this by projecting the three dimensional world onto the image plane. In general, such problems do not have a unique solution, and hence one has to introduce some degree of prior knowledge. The human visual system acts as a great model in that it is able to determine important information about the world even under very adverse conditions (e.g. driving a car in rain and darkness). In order to impose such prior knowledge onto the problem formulation, a common



erkennen (z. B. Autofahren bei Regen und Dunkelheit). Um solches Vorwissen effizient in die Problemformulierung einzubringen, stellt man diese Aufgabe sehr häufig als mathematisches Optimierungsproblem dar. Dabei betrachtet man ein sogenanntes Energiefunktional, welches bewertet, wie sehr eine Lösung dem Vorwissen entspricht und wie gut die beobachteten Daten (Bilder) erklärt werden. Ziel ist es, jene Lösung zu finden, welche das Energiefunktional minimiert, also den besten Kompromiss zwischen Vorwissen und Datentreue liefert.

Optimierungsprobleme wie jene im Bereich des maschinellen Sehens gelten als unlösbar, weil der Raum an möglichen Lösungen zu groß ist, um effizient die beste Lösung zu finden. Eine Ausnahme bildet die spezielle Klasse von sogenannten konvexen Optimierungsproblemen, welche die Eigenschaft hat, dass ein Gradientenabstieg garantiert zu einer Lösung mit dem geringstmöglichen Wert des Energiefunktionals führt. Sinngemäß erlauben solche Funktionale, die global beste Lösung eines Problems zu berechnen. Die Kunst besteht darin, ein bestimmtes Problem als konvexes Optimierungsproblem darzustellen. Konvexe Optimierungsprobleme haben zusätzlich noch die Eigenschaft, dass neben dem „primalen“ Problem ein sogenanntes „duales“ Problem existiert, dessen optimale Lösung denselben Funktionswert wie das primale Problem aufweist. Die zusätzliche Betrachtung des dualen Problems erlaubt es zudem, Nichtdifferenzierbarkeiten des primalen Problems in einfacher zu handhabende Nebenbedingungen umzuwandeln.

Am Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen wurde in Zusammenarbeit mit Antonin Chambolle von der École Polytechnique in Paris-Palaiseau ein spezielles gradientenbasiertes Optimierungsverfahren¹ entwickelt, welches gleichzeitig sowohl das primale als auch das duale Problem löst. Dadurch kann man auf elegante Weise

approach is to pose the problem as an mathematical optimization problem. The idea is to consider an energy functional whose functional value expresses, how well a solution is consistent with the prior knowledge and how well the observed data (images) can be explained. The goal is then to find the solution that minimizes the energy functional, thus providing the best compromise between prior knowledge and data fidelity.

Optimization problems like these in computer vision are generally considered as being unsolvable since the space of possible solutions is too big to allow for an efficient identification of the best solution. One exception is the special class of convex optimization problems which, roughly speaking, have the property that a gradual descent always leads to a solution with the lowest possible value of the energy functional. In turn, such functionals allow the best possible solution to a problem to be found. The difficulty is of course to formulate the problem as a convex optimization problem. Convex optimization problems have the additional property that, additional to the actual “primary” problem, there exists a so-called “dual” problem whose optimal solution has the same function value as the primary problem. On top of this, considering this as a dual problem allows non-differentiabilities of the primary problem to be converted into constraints that are easier to handle.

In co-operation with Antonin Chambolle from the École Polytechnique in Paris-Palaiseau, the Institute for Computer Graphics and Vision has developed a specialized gradient-based optimization method¹ which jointly optimizes the primary as well as the dual problem. This allows, in a smart way, even non-differentiable functionals to be minimized, such as the robust L1 norm. In addition, the method allows convex constraints of various forms to be easily handled. Remarkably, it could be shown that for certain problem classes, the method is optimal in the sense that there

Abb. 1: Bewegungsschätzung aus Bildsequenzen (Kooperation mit Daimler AG). Die Abbildung zeigt links ein Eingabebild und rechts das geschätzte Bewegungsfeld, welches zur besseren Visualisierung farbkodiert wurde (siehe Farbcode). Durch den entwickelten Algorithmus kann die Bewegungsschätzung in Echtzeit erfolgen und somit in Fahrerassistenzsystemen zur Gefahrenerkennung eingesetzt werden² (siehe auch ► www.6d-vision.de).

Fig. 1: Motion estimation in image sequences (co-operation with Daimler AG). On the left-hand side, the figure shows one input image and, on the right-hand side, the estimated motion field which has been color coded for a better visualization (see color code). The developed algorithm allows the motion estimation to be performed in real time and thus to be applied in a driver assistance system to detect dangerous situations² (see also ► www.6d-vision.de).



© Microsoft Photogrammetry

Abb. 2: Stereo aus multiplen Ansichten (Kooperation mit Microsoft Photogrammetry). Die Abbildung zeigt oben die Tiefenkarte (je heller der Grauwert, desto tiefer) und unten eine Visualisierung des finalen 3-D-Modells. Der entwickelte primal-duale Algorithmus erlaubt eine effiziente und global optimale Lösung von schwierigen Stereoproblemen wie der hier gezeigten 3-D-Rekonstruktion des Grazer Kunsthauses³.

Fig. 2: Multi-view stereo (co-operation with Microsoft Photogrammetry). Above, the figure shows the depth map (lighter values indicate more depth), Below, a visualization of the final 3D model. The developed algorithm allows the efficient and globally optimal solution of difficult stereo problems such as a 3D reconstruction of the Grazer Kunsthaus³.

Literatur/References:

¹A first-order primal-dual algorithm for convex problems with applications to imaging, A. Chambolle, T. Pock, *Journal of Mathematical Imaging and Vision* 40 (1), 120–145.

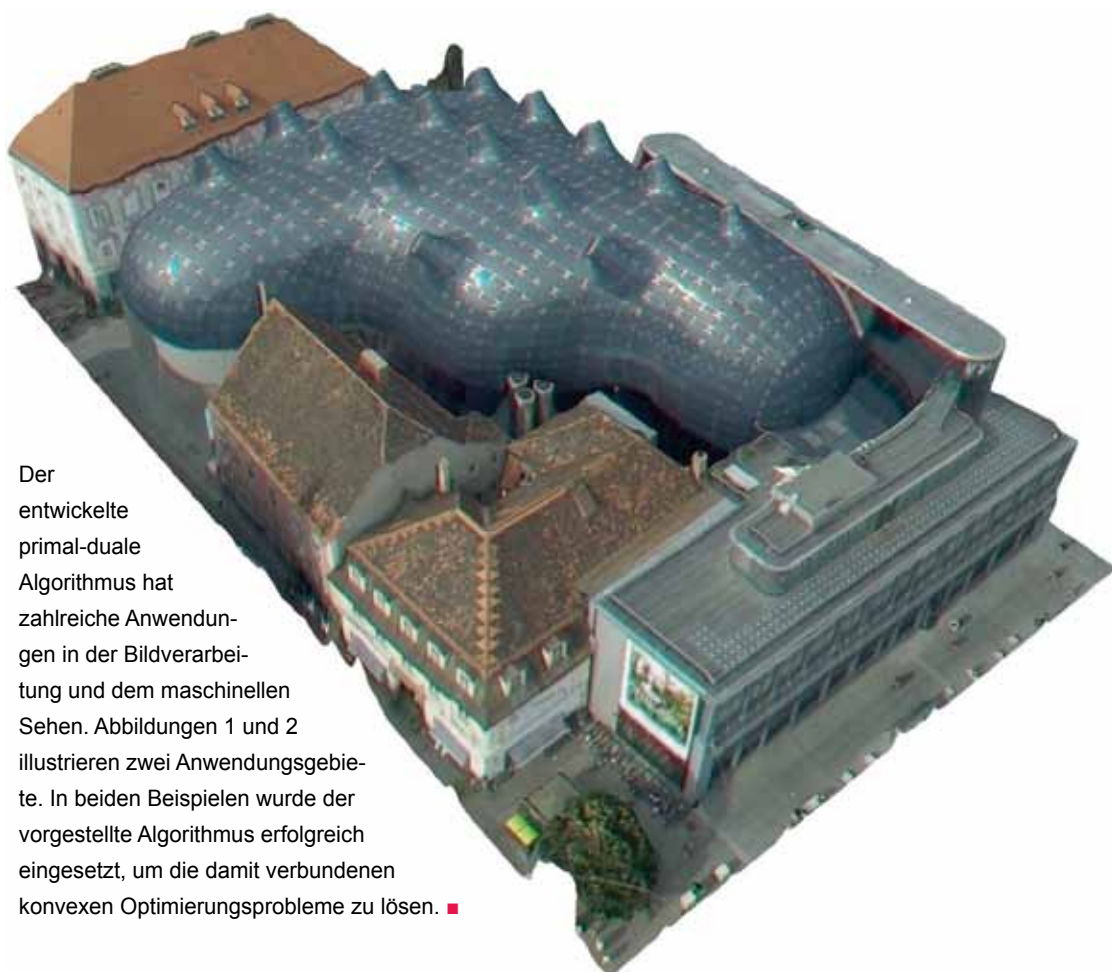
²An improved algorithm for TV-L1 optical flow, A. Wedel, T. Pock, C. Zach, H. Bischof, D. Cremers, *Statistical and Geometrical Approaches to Visual Motion Analysis*, 23–45.

³TGV-Fusion, T. Pock, L. Zebadin, H. Bischof, *Advances in Distributed Agent-Based Retrieval Tools*, 245–258.

selbst nichtdifferenzierbare Funktionale wie die robuste L1-Norm minimieren. Zusätzlich erlaubt das Verfahren, konvexe Nebenbedingungen verschiedener Art sehr einfach zu handhaben. Bemerkenswerterweise konnte gezeigt werden, dass das Verfahren für spezielle Problemklassen optimal ist, das bedeutet, dass es kein anderes gradientenbasiertes Verfahren gibt, welches in derselben Klasse von Problemen effizienter ist. Ein weiterer Vorteil ist die effiziente Parallelisierung. Eine attraktive Plattform sind moderne, programmierbare Grafikkarten, die heutzutage in einer Steckkarte dieselbe Rechenleistung bieten wie hallenfüllende Supercomputer vor zehn Jahren.

is no other gradient-based method that is more efficient in the same class of problems. An additional advantage of the algorithm is that it can be efficiently parallelized. An attractive platform is given by state-of-the-art graphics cards, which, nowadays, provide the equivalent processing power offered by a room-filling super-computer 10 years ago on a small card.

The developed primal-dual algorithm has numerous applications in image processing and computer vision. Figures 1 and 2 illustrate two applications. In both examples, the proposed primal-dual algorithm was successfully applied to solve the associated convex optimization problems. ■



Der entwickelte primal-duale Algorithmus hat zahlreiche Anwendungen in der Bildverarbeitung und dem maschinellen Sehen. Abbildungen 1 und 2 illustrieren zwei Anwendungsgebiete. In beiden Beispielen wurde der vorgestellte Algorithmus erfolgreich eingesetzt, um die damit verbundenen konvexen Optimierungsprobleme zu lösen. ■

Einsatz von Lichtwellenleitern zur Überwachung von Ingenieurbauten und Naturphänomenen

Monitoring of Civil Engineering Structures and Natural Phenomena with Fibre Optic Cables

Werner Lienhart

Das Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme (IGMS) der TU Graz beschäftigt sich seit mehr als zehn Jahren mit dem Einsatz von faseroptischen Messverfahren basierend auf Lichtwellenleitern zur Überwachung von Bauwerken und Naturphänomenen. Aufgrund der besonderen Eigenschaften der Sensoren können Veränderungen von Bauwerken und Rutschhängen frühzeitig detektiert und Gegenmaßnahmen rechtzeitig eingeleitet werden.

Lichtwellenleiter sind das Rückgrat der heutigen wissensbasierten Gesellschaft. Sie ermöglichen die schnelle Datenübertragung über lange Distanzen. Ziel ist dabei die störungsfreie Übertragung, unabhängig von den Umgebungsbedingungen entlang der Übertragungsstrecke. Am IGMS wird an der inversen Fragestellung geforscht: Wie können Störeffekte entlang der Lichtwellenleiter benutzt werden, um Temperaturänderungen und Verformungen von Objekten zu messen?

In den Forschungsschwerpunkten faseroptische Sensorik und Structural Health Monitoring entwickelt IGMS faseroptische Sensoren, Kalibrierverfahren und Auswertemethoden zur Überwachung von Ingenieurbauten und zur Beobachtung von Naturphänomenen.

Structural Health Monitoring mit faseroptischen Sensoren

Faseroptische Sensoren können direkt in Überwachungsobjekte eingebettet werden und daher Messwerte an Orten liefern, welche mit anderen Messverfahren nicht zugänglich sind. Diese Eigenschaft wurde von IGMS zur Überwachung der Hangbrücke Minkelkehre in der Nähe von Schladming genutzt.

Bei dieser innovativen Hangbrücke ohne Brückenlager und Dehnungsfugen wurden acht faseroptische Sensoren einbetoniert (Abb. 1). Diese Sensoren ermöglichen die Erfassung von

The Institute of Engineering Geodesy and Measurement Systems (EGMS) at Graz University of Technology has had more than 10 years experience in monitoring buildings and natural phenomena using fibre optic measurement systems. These sensors can detect very small changes in the behaviour of buildings and landslides and are therefore well suited as early warning systems.

Fibre optical cables are needed for fast data transmission at high bandwidths and are therefore the backbone of today's knowledge-based society. Research in telecommunication focuses on the data transmission over longer distances by reducing the sensitivity of the cables to distortion effects within the glass fibre. EGMS performs research in the inverse direction: How can signal distortions be used to measure temperature changes and deformations of objects?

To answer this question the research fields Fibre Optic Sensor Technology and Structural Health Monitoring have been established over the last few years at EGMS. The focus of the current research is on the development of new fibre optic sensors, calibration facilities and analysis methods for monitoring civil engineering structures and natural phenomena.

Structural health monitoring using fibre optic sensors

Fibre optic sensors can be embedded within monitoring objects and perform measurements at locations which are not accessible with other measurement techniques. EGMS used this property to monitor the Minkelkehre monolithic bridge in the vicinity of Schladming, Austria.

This concrete bridge is based on an innovative design without extension joints and bridge bearings. Eight fibre optic sensors were embedded in the bridge deck (Fig.1) to measure deformations



Werner Lienhart ist Leiter des Instituts für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme. Sein Forschungsgebiet umfasst die Entwicklung von neuen Messverfahren und Auswertemethoden für die Überwachung von Ingenieurbauten und Rutschhängen.

Werner Lienhart is head of the Institute of Engineering Geodesy and Measurement Systems. His research interests are the development of new sensors and analysis methods for structural health monitoring of civil engineering structures and landslides.



Abb. 1/ Fig. 1

© TU Graz/IGMS

Abb. 1: Einbetonieren eines faseroptischen Sensors in ein Brückendeck.

Fig. 1: Fibre optic sensor embedded in concrete bridge deck.

Verformungen aufgrund von Temperaturänderungen (Tagesgängen, Jahresgängen) und die Erfassung von Vibrationen aufgrund des Verkehrs. Gemeinsam mit den geodätischen Messungen an der Oberfläche der Brücke wurden die faseroptischen Messungen zur Kalibrierung des numerischen Modells des Bauwerks verwendet¹. Durch Langzeitmessungen ist es möglich, Änderungen im Reaktionsverhalten des Bauwerks auf Einflussgrößen festzustellen. Eine Änderung des Reaktionsverhaltens erlaubt Rückschlüsse auf den „Gesundheitszustand“ des Bauwerks, wie z. B. die Ermüdung des Materials.

Kalibrierung und Anwendung von faseroptischen Messsystemen

Faseroptische Messsysteme koppeln Licht in Glasfasern ein und werten das rückgestrahlte Licht aus. Bei Temperatur- und Dehnungsänderungen entlang der Glasfaser kommt es zu Änderungen des rückgestrahlten Signals. Je nach Messsystem werden Intensitätsänderungen, Änderungen der Phasenlage oder Frequenzänderungen erfasst. Für die Umrechnung dieser primären Messgrößen in abgeleitete Messgrößen wie Temperatur und Dehnung sind Kennlinien erforderlich. Zur präzisen Bestimmung dieser Kennlinien wurde am IGMS eine eigene Kalibrieranlage entwickelt. Mit dieser Kalibrieranlage können blanken Glasfasern und vorkonfektionierte Sensoren kontrolliert gedehnt werden und die Messwerte mit der Referenzmessung eines Laserinterferometers verglichen werden.

Faseroptische Messsysteme eignen sich sehr gut für Frühwarnsysteme. Aufgrund der hohen Auflösung der Messsysteme können Bewegungsänderungen bereits im Anfangsstadium nachgewiesen werden. Abb. 2 zeigt die Ergebnisse von Messungen eines Dammbuchversuches im Bereich des Murkraftwerks Gössendorf. Aufgrund der hohen Auflösungen von 1/1000 mm kann die Reaktion

caused by temperature changes (daily cycles, yearly cycles) and to measure traffic-induced vibrations. The collected data was analysed together using geodetic measurements to calibrate the numerical model of the structure¹. If these measurements are performed over longer periods, it is possible to detect changes of structural behaviour. These changes can indicate material fatigue and thus can be used to assess the current state of health of the building.

Calibration and applications of fibre optic measurement systems

Fibre optic measurement systems couple light into glass fibres and analyse the backscattered signal. The characteristic of this signal changes in the case of temperature and strain changes along the fibre. Frequency or phase changes are measured, depending on the measurement principle intensity. Calibration curves are needed to convert the detected signal into strain and temperature values. The calibration curves of bare fibres and ready-to-use sensors can be determined using a unique calibration facility which was developed at EGMS. The calibration facility applies predefined strain and compares measurement values from the instrument being tested with reference values derived from a laser interferometer.

Fibre optic sensors are well suited as early warning systems because of their high measurement resolution. Fig. 2 shows the results of a slope stability experiment which was carried out in the vicinity of the Gössendorf hydro-electric power plant. The response of the dam to each loading step can only be measured with the fibre optic sensors due to their measurement resolution of 1/1000 mm. Geodetic measurement systems can resolve the global trend of the movement but not individual loading steps². Similar experiences were had in the ISDR-ADLL project. In this project, EGMS is monitoring the landslide at

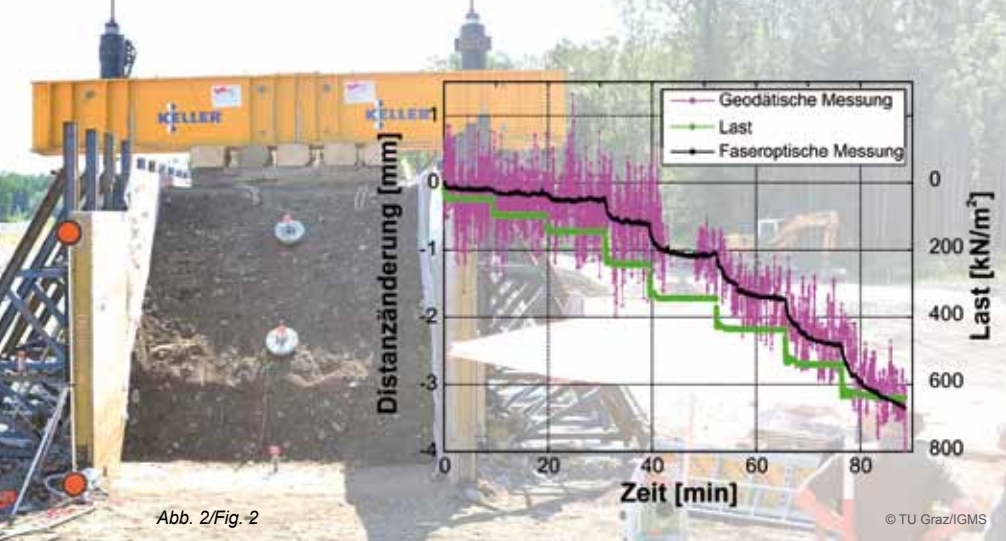


Abb. 2/Fig. 2

des Dammes bei jeder Laststufe erkannt werden. Mit den parallel eingesetzten geodätischen Messverfahren sind die einzelnen Laststufen nicht auflösbar². Ähnliche Erkenntnisse wurden im ISDR-ADLL-Projekt gewonnen. In diesem Projekt untersucht IGMS die Hangrutschung Gradenbach mit kontinuierlichen GPS-Messungen und faseroptischen Sensoren (► <http://gbonline.tugraz.at>)³. Seit April 2013 besitzt IGMS das derzeit österreichweit einzige faseroptische Messsystem zur verteilten Temperatur- und Dehnungsmessung. Durch Auswertung der Brillouin-Rückstreuung kann mit diesem Messverfahren die Temperatur- und Dehnungsverteilung entlang der Glasfaserkabel erfasst werden (Abb. 3). Damit ist es möglich, mit einem einzigen Glasfaserkabel die Temperatur oder Dehnung über mehrere Kilometer zu messen. Mit konventionellen Messverfahren wäre dies nur durch den Einsatz tausender Sensoren machbar.

Fazit

Aufgrund der Einbettbarkeit, der hohen Auflösung und der Möglichkeit der verteilten Messung liefern faseroptische Sensoren neue Erkenntnisse über das Verformungsverhalten von Ingenieurbauten und Naturphänomenen. Gemeinsam mit internationalen Partnerinnen und Partnern in der EU COST Action OFSeSa (Novel and Reliable Optical Fibre Sensor Systems for Future Security and Safety Applications) forscht IGMS an der Weiterentwicklung der Sensoren und der Auswertemethoden. ■

► www.igms.tugraz.at

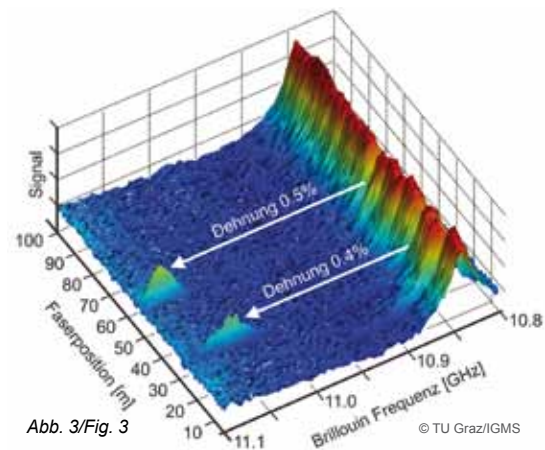


Abb. 3/Fig. 3

Abb. 2: Distanzänderung einer Dammoberfläche bei vertikaler Belastung.

Fig. 2: Distance changes of a dam surface caused by vertical load.

Abb. 3: Verteilte Dehnungsmessung einer 100 m langen Glasfaser.

Fig. 3: Distributed strain measurements of a 100 m fibre optic cable.

Gradenbach using continuous GPS measurements and embedded fibre optic sensors (► <http://gbonline.tugraz.at>)³.

EGMS is currently the sole owner in Austria of a fibre optic measurement system for the distributed measurement of temperature and strain. Using this measurement system, it is possible to analyse Brillouin backscattered light. The measured signal can also be used to determine local temperature and strain changes along the fibre (Fig. 3). The instrument makes it possible to measure the temperature or strain distribution along several kilometres using one single fibre optic cable. Thousands of conventional sensors would be needed to gain similar results.

Conclusion

It is possible to gain a better insight into the deformation behaviour of civil engineering structures and natural phenomena using fibre optic sensors due to the high measurement resolution and the possibility to embed the sensors in structures. Furthermore, distributed fibre optic sensing can replace thousands of conventional sensors with one single glass fibre. EGMS conducts research in the development of new sensors and analysis methods together with international partners in the EU, including COST Action OFSeSa (Novel and Reliable Optical Fibre Sensor Systems for Future Security and Safety Applications). ■

Literatur/References:

¹ Lienhart W. (2012), Analyse von Deformationsmessungen mit kausalen Auswertemodellen, Proc. 115. DVW-Seminar Interdisziplinäre Messaufgaben im Bauwesen – Weimar 2012, Band 68: 203–218.

² Lienhart W. (2013), Die Bedeutung von faseroptischen Messsystemen für ingenieurgeodätische Überwachungsmessungen. Proc. 2. Darmstädter Ingenieurkongress – Bau und Umwelt, Darmstadt, Shaker Verlag: 591–595.

³ Lienhart W., Brunner FK. (2013), Geodätische Überwachung von gravitativen Massenbewegungen am Beispiel des Gradenbach-Observatoriums. ZfV 138: 64–74.

Virtueller Coach gegen Alterseinsamkeit: Das Projekt V2me

Virtual Coach in the Fight against Old-Age Loneliness: The V2me Project

René Zmugg, Wolfgang Thaller, Sven Havemann



René Zmugg ist seit 2010 am Institut für Computergraphik und Wissensvisualisierung (CGV) tätig. Schwerpunkte seiner Arbeit sind prozedurale Modellierung im Bereich des Visual Computing.

René Zmugg started working at the Institute for Computer Graphics and Knowledge Visualization (CGV) in 2010. His main focus is on procedural modeling in the domain of visual computing.

Das Programm „Virtual Coach Reaches Out To Me“, kurz V2me genannt, kombiniert das echte Leben mit virtuellen sozialen Netzwerkaktivitäten, um das Problem der Alterseinsamkeit zu reduzieren. Ziel von V2me ist es, die Lebensfreude älterer Menschen zu mehren und sie zu ermutigen, wieder gesellschaftlich aktiv zu werden, ihr Wissen und ihre Erfahrungen zu teilen, damit sie weiterhin mobil und geistig fit bleiben.

Die V2me-Software benutzt das Hilfsmittel eines „Virtual Coach“, eine animierte 3-D-Figur, die als Ansprechpartner agiert und eine natürliche Interaktion mit dem System gewährleistet. Dieser Coach ist keinesfalls ein Ersatz für eine echte Person, agiert aber als ein Motivator, um Personen miteinander in Verbindung zu bringen. Zielgruppen sind einerseits sogenannte „junge“ alte Personen (65 bis 74 Jahre), aber auch die ältere Generation (75 plus). Ziel des Forschungsprojektes ist es, Einsamkeit in der jüngeren Zielgruppe zu verhindern und etwas gegen die Einsamkeit älterer Generationen zu unternehmen.

V2me ist Teil eines national geförderten Programms der Europäischen Union, dem AAL (Ambient Assisted Living) Joint Programme. Neben dem Institut für Computergraphik und Wissensvisualisierung (CGV) der TU Graz (AUT) sind die Universitäten von Luxemburg (LUX) und Amsterdam (NL) involviert. Weitere Partner sind die außeruniversitären Forschungsorganisationen Fraunhofer IGD aus Darmstadt (GER), Fraunhofer IIS aus Erlangen (GER) und VTT Technical Research Centre (FIN) sowie die Diakonie Neuendettelsau (GER), Mawell Ltd. (FIN), User Interface Design GmbH (GER) und Hospital IT (NOR) als kommerzielle Partnerinnen und Partner.

The program “Virtual Coach Reaches Out To Me”, in short – V2me, combines real life with virtual social networking activities to prevent and overcome loneliness in old age in Europe’s ageing population. The mission is to enhance the joy of life for all members of the network through activities performed with the system. V2me encourages elderly people to continue participating in society, to share their knowledge and experiences, and to stay mobile and cognitively agile.

The V2me system features a “virtual coach”, an animated 3D avatar that serves as a communication front-end to ensure a much more natural interaction with the user. The virtual coach is by no means a replacement for a real person, but serves as a motivator to get in touch with other people. The two target groups are composed of young-old individuals (65-74 years) and older persons (75+ years). The main goals for these two groups differ slightly: in the younger target group, it was to prevent feelings of loneliness, and in the older group to take action against loneliness.

V2me is part of the AAL (Ambient Assisted Living) Joint Programme, a nationally funded program of the European Union. Academic partners are the Institute for Computer Graphics and Knowledge Visualization (CGV) from Graz University of Technology (AUT), and the universities of Luxembourg (LUX) and Amsterdam (NL). Further research partners are Fraunhofer IGD from Darmstadt (GER), Fraunhofer IIS from Erlangen (GER), and VTT Technical Research Centre (FIN). Diakonie Neuendettelsau (GER), Mawell Ltd. (FIN), User Interface Design GmbH (GER), and Hospital IT (NOR) are participating as business partners.



© Universität von Amsterdam

Abb. 1/ Fig. 1

Der virtuelle Coach

Der Virtual Coach als 3-D-animierter Charakter mit Sprachausgabe ist permanent verfügbar und steht der Benutzerin/dem Benutzer bei Bedarf zur Seite. Er erfüllt drei wichtige Rollen:

- **Mentor:** Das System wird von Benutzerinnen und Benutzern nur akzeptiert, wenn der virtuelle Coach eine Beziehung mit der Benutzerin/dem Benutzer aufbaut. Der Coach repräsentiert das System, er gibt zuverlässig und personalisiert Auskunft und reagiert auf die Interaktion der Benutzerinnen und Benutzer.
- **Tutor:** Der Coach leitet, motiviert und unterstützt die Benutzerin/den Benutzer in all ihren/seinen Aktivitäten; er gibt positives Feedback, weist auf Termine hin und fragt beispielsweise, ob man nicht wieder einmal Kontakt zu Freundinnen und Freunden oder Bekannten aufnehmen will; er schlägt bestimmte Aktivitäten vor und führt auch z. B. durch die Freundschaftslektionen (s. u.).
- **Expert:** Der Coach sammelt Information von diversen Quellen und bereitet sie verständlich für die Benutzerin/den Benutzer auf. So können z. B. Informationen über das Wetter, Termine, E-Mails oder Fotos einfach und direkt an die Benutzerin/den Benutzer gelangen.

Die technische Lösung besteht ebenfalls aus drei Teilen:

- **Der Mobilteil** ist ein touchfähiges Handheld-System wie etwa ein Tablet (Abb. 1), das generell als Eingabegerät verwendet wird. Intuitive Gesten helfen den älteren Benutzerinnen und Benutzern, die Handhabung des Gerätes schnell zu meistern.

The virtual coach

The virtual coach is a 3D animated character with text-to-speech ability that is constantly available to the user and can provide support at any time. It fulfills three main roles:

- **Mentor:** For the system to become accepted, the virtual coach has to build up a relationship with the user. The virtual coach represents the system, it can provide information and advice in a personalized way and it reacts to user interventions.
- **Tutor:** The virtual coach guides, motivates and supports the user in various ways. It provides positive feedback for actions performed, highlights appointments, and monitors and proposes keeping contact with meaningful friends and acquaintances. It also guides the user through "friendship lessons" (see below).
- **Expert:** The virtual coach also collects information from various sources and presents it to the user in an understandable way. This is to ensure that important information about weather, appointments, emails and photographs reliably find their way to the user.

The technical solution developed also consists of three main parts:

- **The Mobile Unit** is a touch-enabled hand-held system (usually a tablet), which is used as input device to communicate with the virtual coach. Intuitive touch gestures help the elderly users to learn how to use the system very fast.
- **The Home Unit** is a stationary system at the elderly person's home. The main task of the home platform is to augment all the activities that are done on the tablet and to visualize the virtual coach.

Abb. 1: Der Mobilteil nimmt Eingaben von Benutzerinnen und Benutzern entgegen.

Fig. 1: The system in use.



Wolfgang Thaller ist seit 2009 am CGV tätig und spezialisiert sich auf interaktive prozedurale Modellierung und Shape-Grammatiken.

Wolfgang Thaller joined CGV in 2009 and specializes in interactive procedural modeling and shape grammars.



Abb. 2/ Fig. 2

Abb. 2: Der Virtual Coach in einer Umgebung, die mit dem zugehörigen Editor kreiert wurde.

Fig. 2: Virtual coach in an environment created with the provided editor.

■ **Die Heimeinheit** ist ein Bildschirm, der den animierten Virtual Coach in seiner virtuellen Wohnung zeigt (Abb. 2). Er steht dem alten Menschen jederzeit bei Bedarf zur Verfügung und ist stets dialogbereit.

■ **Das Webportal** vereint mehrere Applikationen und kann von jüngeren Verwandten und Freundinnen/Freunden benutzt werden, zum Beispiel, um Termine in den Kalender einzutragen oder Nachrichten zu schicken.

■ **The Web Portal** gives coherent access to several web applications and can to be used by younger relatives and friends to stay connected with the elderly person, e.g. by adding events to the calendar or by exchanging greetings and messages.

The vision of V2me is that elderly persons are accompanied and supported by the system so that they can live independently longer without becoming lonely or isolated. An important ingredient to achieving this goal are the so-called friendship lessons. Developed by psychologists they help to develop a new competency, namely establishing meaningful social relations. When a person approaches old age, the social environment undergoes drastic changes. Without family and work, different approaches need to be developed to actively make friends. Lessons such as "Talking to a stranger" or "The many sides of friendship" are designed to help acquiring this important competency. The advantage of the virtual coach is that it can help to embed these lessons in the user's life in a personalized way. The lessons can be pursued and monitored over a longer period of time, and not only for the duration of a course, as is the case today. Realizing the vision full scale in practice will require considerable efforts in terms of technology and cost. The concrete goal of V2me was therefore to first prove the technological feasibility and to validate the methods from a psychological point of view.

The technology behind it

The technological contribution of the Institute of Computer Graphics and Knowledge in the project is a new efficient method for creating the interesting animated stories that are to be shown on the home unit. It is based on procedural 3D modeling using the generative modeling language (GML)

Die Vision von V2me ist, dass ältere Menschen vom System begleitet und unterstützt werden, um ihnen länger ein unabhängiges, aber eben nicht einsames Leben zu ermöglichen. Ein wichtiger Bestandteil sind die sogenannten Freundschaftslektionen (Friendship Lessons). Sie wurden von Psychologinnen und Psychologen entwickelt, um älteren Menschen eine ganz wichtige Kompetenz zu vermitteln, nämlich das Schließen neuer Freundschaften. Das soziale Umfeld verändert sich im Alter sehr stark, und wenn Familie und Beruf wegfallen, müssen neue Sozialkontakte auf anderen Wegen geschlossen werden. Verschiedene Lektionen wie „Sprechen mit einem Fremden“ oder „Die vielen Formen von Freundschaft“ helfen, diese dringend benötigte Kompetenz zu erwerben. Der Coach kann diese Lektionen aufgrund der Personalisierung in das Lebensumfeld einbetten und sie über einen längeren Zeitraum thematisieren und nicht nur für die Dauer eines Kurses, wie es bisher der Fall ist. Diese Vision in die Praxis umzusetzen, ist mit hohem technischen und finanziellen Aufwand verbunden. Das konkrete Ziel des Projektes war daher, zunächst die technologische Machbarkeit nachzuweisen und die verschiedenen Technologien aus psychologischer Sicht zu validieren.



Sven Havemann ist ein Gründungsmitglied des CGV an der TU Graz. Er ist Gruppenleiter der Forschungsgruppe, die auf prozedurale Modellierung fokussiert.

Sven Havemann is a founding member of CGV at Graz University of Technology. He is head of the research group focusing on procedural modeling.



Die Technik dahinter

Das Institut für Computergraphik und Wissensvisualisierung der TU Graz stellt dabei die Technologie zur Verfügung, mit der möglichst schnell und effektiv interessante animierte Geschichten für die Heimeinheit erstellt werden können. Sie basiert auf der Technik der prozeduralen 3-D-Modellierung mit der Generative Modeling Language (GML), angewendet auf Szenengraphen und Avatare (Abb. 3). Damit soll eine besonders einfache „natural interaction“ ermöglicht werden, die auch „jungen Alten“ zugänglich ist; so soll ein Crowdsourcing der Szenenerstellung möglich werden. Des Weiteren wird untersucht, welche Akzeptanz die 3-D-Darstellung der Benutzerinnen und Benutzer selbst findet, die möglich geworden ist durch die Verfügbarkeit preiswerter Tiefenbildkameras wie der Kinect von Microsoft. Psychologinnen und Psychologen konnten nämlich nachweisen, dass Menschen sowohl für Anregungen als auch für Kritik empfänglicher sind, wenn sie vom Virtual Coach einer virtuellen Selbstrepräsentation gegenüber – also einem Bild oder einer 3-D-Figur – artikuliert werden, als wenn der Virtual Coach direkt vom Bildschirm zu einem selber spricht. Dieser Effekt soll in dem V2me-System genutzt werden.

Vorabversionen von V2me wurden bereits in verschiedenen Seniorenwohnheimen in Deutschland, Finnland und den Niederlanden getestet und die Reaktionen waren durchgehend positiv – ein Teilnehmer wollte das Programm gar nicht mehr hergeben. Anfang Mai 2013 startete die finale Evaluierungsphase des Projekts. Das System wird in einer großen Studie, die von Psychologinnen und Psychologen von Amsterdam und Luxemburg überwacht wird, getestet. ■

- <http://www.v2me.org/>
- <http://www.cgv.tugraz.at/>
- <http://www.generative-modeling.org/>

applied to scene graphs and avatars (see Fig. 3). It is meant to provide a much simpler and more intuitive “natural interaction” method to assemble virtual scenes. This method is also meant to be accessible to young adults so that a crowdsourcing approach to creating scene animations becomes feasible. Another question to examine is whether elderly persons accept a 3D figure of themselves as a valid virtual self-representation. Acquiring 3D motion sequences has only recently become possible through affordable depth cameras such as Microsoft Kinect. Interestingly, psychologists recently found that elderly persons are more likely to accept both criticism and motivation if the virtual coach communicates with a virtual self-representation, i.e. an image or a 3D figure of the user, than when speaking directly from the screen. This effect is to be leveraged into the V2me system.

Previous versions of V2me have already been tested in a variety of homes for the elderly in Germany, Finland and the Netherlands, and reactions have been favorable throughout – one participant did not even want to give the program back. The final validation phase of the project started in May 2013. The system is part of a user study conducted by psychologists from Amsterdam and Luxembourg. ■

Abb. 3: Animationen des Virtual Coach.

Fig. 3: Several animations of the virtual coach.

TU Graz kommt Schlüsselrolle im Human Brain Project (EU Flaggschiff-Projekt) zu

Graz University of Technology Given Key Role in the Human Brain Project (EU Flagship Project)

Wolfgang Maass



Wolfgang Maass ist Leiter des Instituts für Grundlagen der Informationsverarbeitung. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen Computational Neuroscience, Machine Learning sowie Computational Complexity Theory.

Wolfgang Maass is head of the Institute for Theoretical Computer Science. His main research area comprises computational neuroscience, machine learning and computational complexity theory.

Neue Dimension internationaler Forschung: Das „Human Brain Project“ hat am 28. Jänner 2013 den Zuschlag für eines von zwei aus 30 Projektanträgen ausgewählten „Flagship Projects“ des „Future and Emerging Technologies (FET) Programme“ der EU bekommen. Diese Flaggschiff-Projekte sollen mit einer Laufzeit von zehn Jahren und einem Budget von jeweils circa einer Milliarde Euro die Forschungslandschaft in Europa nachhaltig verändern.

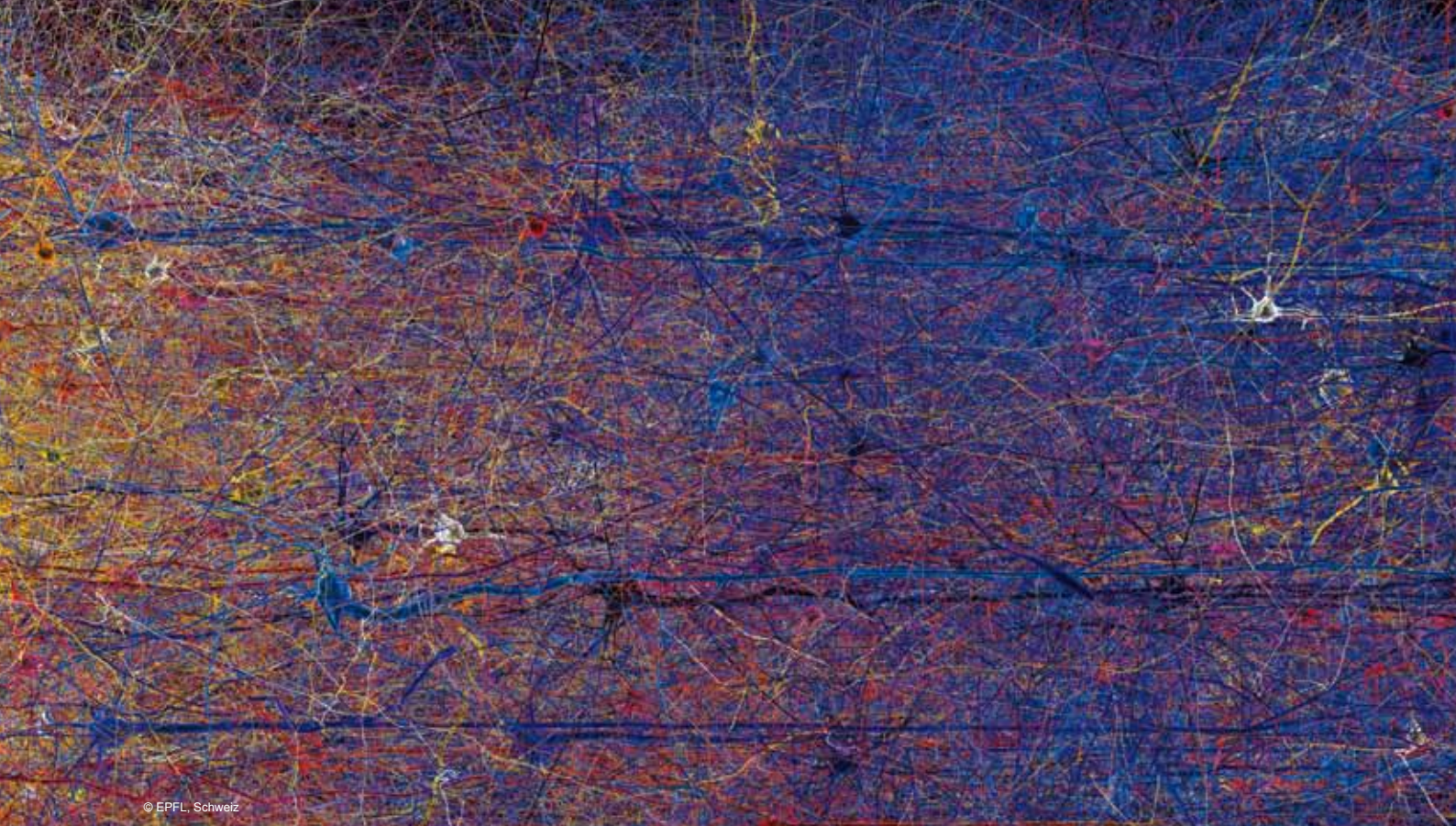
Das Human Brain Project hat das Ziel, in diesen zehn Jahren mittels massiven Einsatzes von Computer-Simulationen einen qualitativen Sprung im Verständnis der Funktionsweise des Gehirns zu erreichen. Dazu werden experimentelle Ergebnisse aus einer Vielzahl von wissenschaftlichen Disziplinen, von der Molekularbiologie bis zur Kognitionsforschung, in umfassende Computer-Modellen integriert und analysiert. Insbesondere wird in diesem Projekt die Informatik in einer bisher nicht dagewesenen Weise in die Hirnforschung mit einbezogen, sowohl die angewandte Informatik beim Software Design für Simulationen, Einsatz von Supercomputern und bei der Entwicklung von „neuromorphic“ Hardware und Robotik als auch die theoretische Informatik bei der Aufklärung von Prinzipien der Organisation von Neural Computation und Lernen im Gehirn. Das Institut für Grundlagen der Informationsverarbeitung der TU Graz ist der einzige Partner aus Österreich, der schon in der 30 Monate dauernden Anfangsphase des Human Brain Project bei der wissenschaftlichen Arbeit dabei ist. Das Projekt wird voraussichtlich am 1. Oktober 2013 seine Arbeit aufnehmen.

Das menschliche Gehirn zu verstehen, ist eine der großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Vom Versuch, ein besseres Verständnis von Gehirnerkrankungen zu erzielen, bis hin zur Beantwortung fundamentaler wissenschaftlicher Fragen wie „Wie

A new dimension of international research. On January 28 of this year the Human Brain Project became one of the two (out of 30) proposals that were selected as EU flagship projects of the Future and Emerging Technologies (FET) Programme. These flagship projects, each with a budget of about one billion euros and a duration of 10 years, are expected to leave a lasting impact on the European research landscape.

Using massive computer simulations, the goal of the Human Brain Project is to achieve a qualitative leap in our understanding of the functioning of the human brain within 10 years. The project will integrate experimental data from a multitude of scientific disciplines, including molecular biology, neuroscience and cognitive science, into large-scale computer models. In particular, this flagship project will integrate computer science into brain research. It will engage applied computer science for the design of software systems for simulations, the massive use of next-generation supercomputers, and the development of neuromorphic computing devices and robots. It will engage theoretical computer science in identifying the principles behind the organization of computation and learning in the brain. The Institute for Theoretical Computer Science at Graz University of Technology will be the only partner of the Human Brain Project in Austria which will begin its research for the project during the project's 30-month-long initial phase. The project is expected to start on October 1, 2013.

Understanding the human brain is one of the great challenges of the 21st century. From new therapies for brain diseases to finding answers to the fundamental questions how information is encoded and processed in the brain, and what exactly changes in the brain when we learn – the range of relevant aspects is very large. Numerous



© EPFL, Schweiz

wird Information im Gehirn gespeichert und verarbeitet?“ und „Was genau ändert sich im Gehirn, wenn wir lernen?“ ist das Spektrum relevanter Aspekte breit. Zahlreiche Antworten und Modelle, die in den letzten Jahrzehnten zur Beantwortung dieser Fragen bereitgestellt wurden, haben sich angesichts neuer experimenteller Ergebnisse als etwas zu vorzeitig erwiesen, sodass wir eigentlich noch ziemlich am Anfang stehen. Gleichzeitig drängt die Computer-Industrie auf die Entwicklung neuer Methoden zur effizienten Informationsverarbeitung in zu entwickelnden Rechnern mit sehr vielen, aber auch recht störungsanfälligen Elementen im Nano-Bereich. Dies erscheint notwendig angesichts des in weniger als zehn Jahren zu erwartenden Endes vom „Moor’schen Gesetz“, wenn die fortschreitende Miniaturisierung von elektronischen Bausteinen den Größenbereich von Molekülen erreicht hat. Effizientes und zuverlässiges Rechnen mit störanfälligen Komponenten im Nano-Bereich ist eine Kunst, die das Gehirn schon beherrscht. Im Human Brain Project möchten wir lernen, wie es das schafft.

Principles of Brain Computation

Unser Institut ist eines von sehr wenigen Informatik-Instituten auf der Welt, die bereits ausgiebige Erfahrung darin haben, Erkenntnisse, Begriffe und Methoden der Informatik auf Fragestellungen der Hirnforschung anzuwenden und für diese Anwendung zuzuschneiden und weiterzuentwickeln. Deshalb ist dem Leiter dieses Instituts (und Verfasser dieses

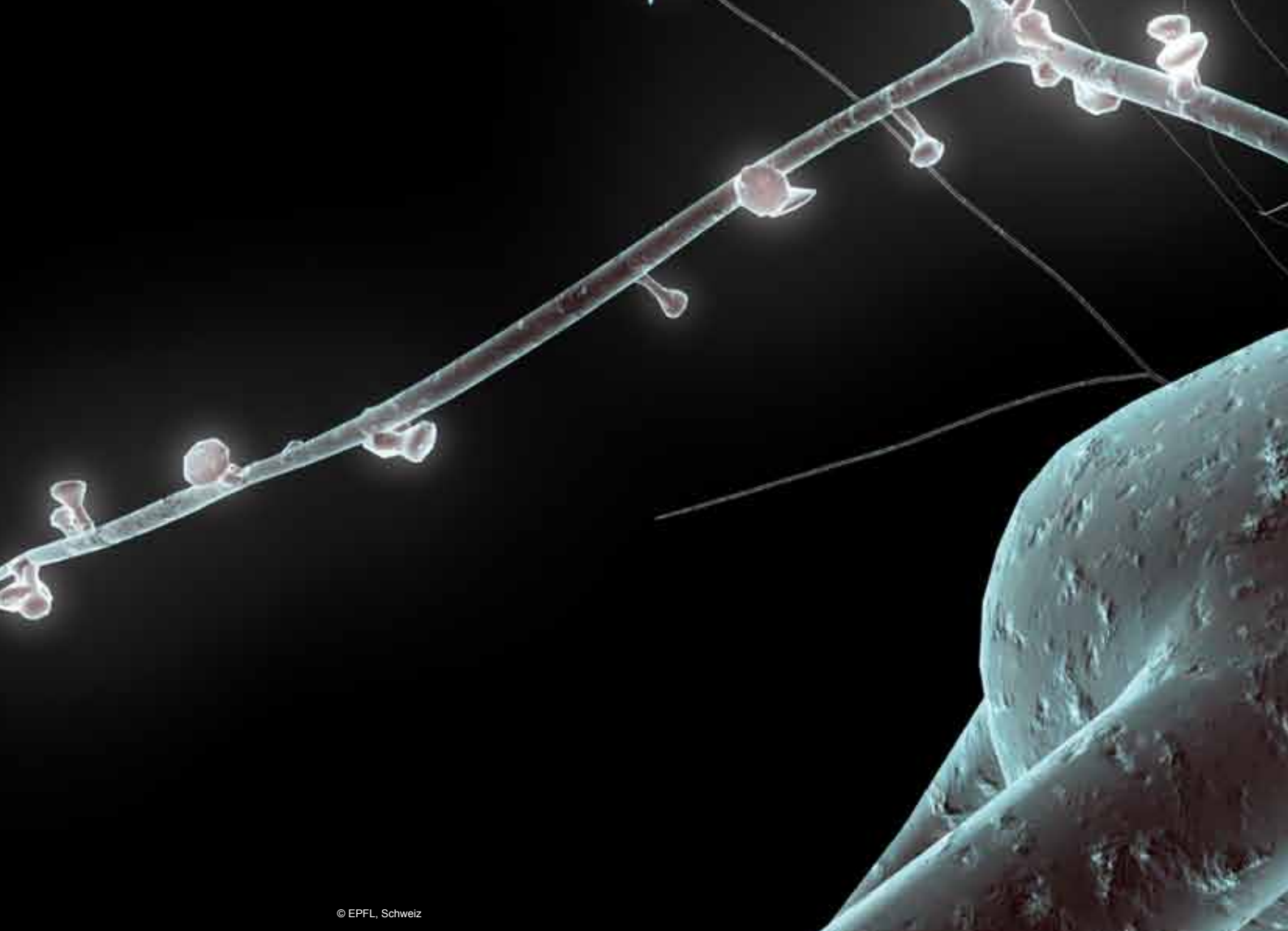
tentative answers and models that have been developed during the last few decades turned out to be somewhat premature in the light of new experimental data. At the same time, the computer industry is looking for methods that enable efficient information processing with very large numbers of unreliable computational units on the nano-scale. In fact, a solution to this problem is becoming urgent since the validity of “Moore’s Law” is expected to end in less than 10 years because the scale of transistors and wires is approaching the molecular scale. The brain demonstrates that it is possible to process information in a reliable manner with noisy components on the nano-scale. In the Human Brain Project we want to understand how it achieves that.

Principles of brain computation

Our institute is one of very few computer science institutes in the world that has experience in the application and adaptation of results, methods, and concepts of computer science to brain research. It is for this reason that the head of this institute (and author of this article) has been engaged to lead the work package “Principles of Brain Computation” in the Human Brain Project. The goal of this work package is to apply theoretical tools and computer simulations in order to discover the fundamental principles of information processing in smaller and larger networks of neurons in the human brain, based on huge

Abb. 1: Der Bauplan der weitgehend ähnlichen lokalen Schaltkreise von Neuronen in den verschiedenen Arealen der Gehirnrinde ist auf der statistischen Ebene (Verbindungswahrscheinlichkeiten) schon teilweise entschlüsselt. Er ist aber noch nicht verstanden worden. Gleichzeitig zeigen neuere experimentelle Untersuchungen (insbesondere über „spine motility“), dass sich diese Schaltkreise auch im erwachsenen Gehirn schon im Laufe einiger Stunden ändern: Ein großer Prozentsatz von synaptischen Verbindungen kommt und geht. Das Human Brain Project untersucht, wie zielgerichtete Informationsverarbeitung trotzdem möglich ist.

Fig. 1: The wiring plan of the rather stereotypical microcircuits of neurons in the brain is largely known, at least on the statistical level (connection probabilities), but little understood. New experimental data show that this wiring plan is actually a moving target: it changes itself (especially through spine motility) in a significant manner on a time-scale of hours, even in the adult brain. The Human Brain Project will investigate how reliable information processing is possible in spite of these ongoing changes.



© EPFL, Schweiz

Abb. 2: Neurone und Synapsen (dargestellt als leuchtende Punkte) sind die immer noch ungenügend verstandenen Bausteine der Informationsverarbeitung im Gehirn. Im Human Brain Project wird versucht werden, das Verständnis einer Vielzahl verschiedener Typen von Neuronen und Synapsen im Gehirn mittels Computer-Simulationen ihrer molekularen Bestandteile auf eine neue Basis zu stellen.

Fig. 2: Neurons and synapses (indicated by bright spots) are the information processing elements of the brain which are still incompletely understood. The Human Brain Project aims at building a new platform for understanding the structure and function of different types of neurons and synaptic connections on the basis of their molecular components through large-scale computer simulations.

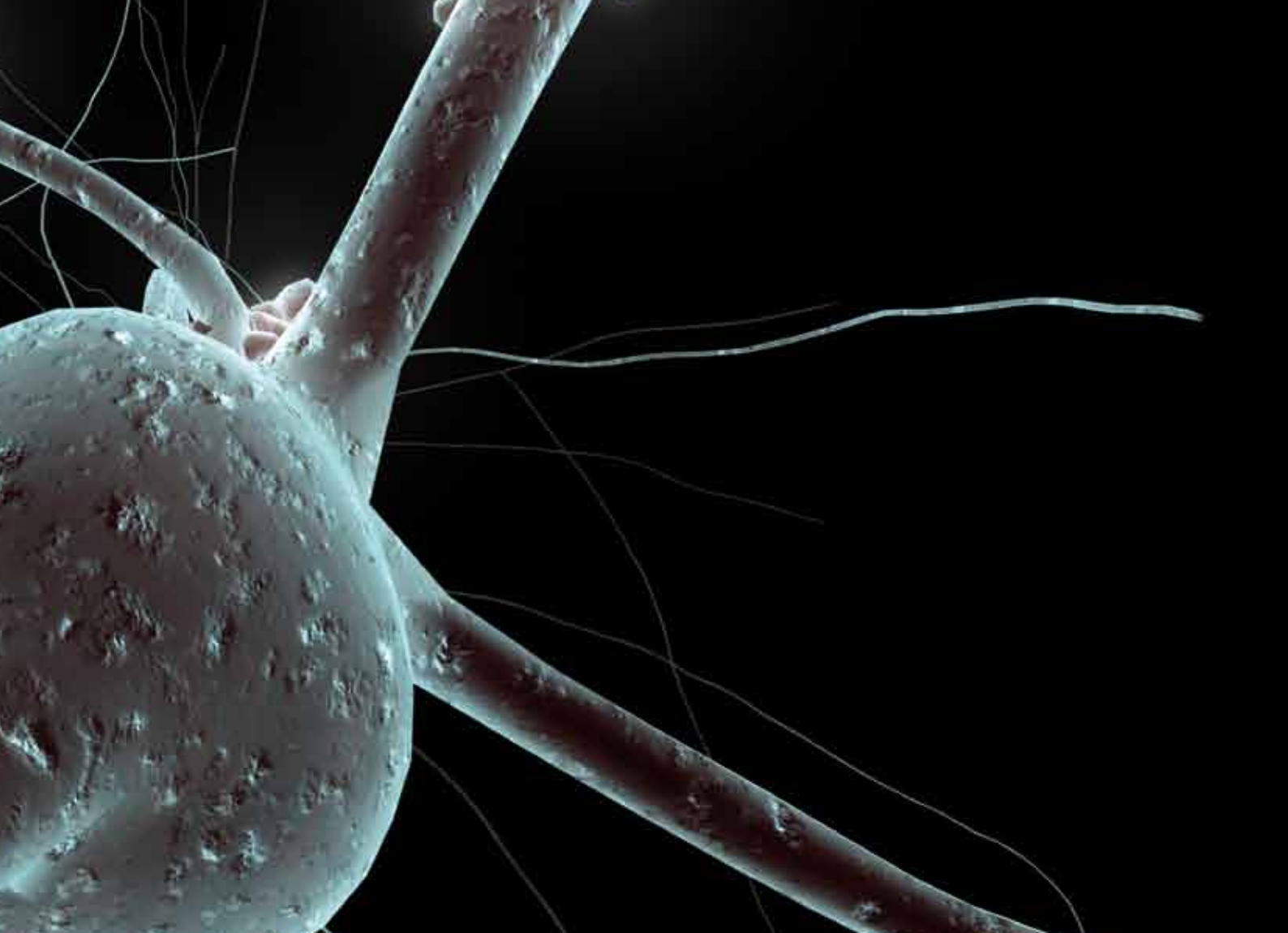
Beitrags) die Aufgabe zugefallen, in diesem Flaggschiff-Projekt das Arbeitspaket „Principles of Brain Computation“ zu leiten. In diesem Arbeitspaket werden theoretische Methoden und Computer-Simulationen eingesetzt, um aus einer Unzahl von experimentellen Ergebnissen der Hirnforschung, Molekularbiologie und Kognitionsforschung die Grundgesetze der Informationsverarbeitung in kleinen und großen Netzwerken von Neuronen – bis hin zum menschlichen Gehirn – zu entschlüsseln. Diese Aufgabe ist offensichtlich recht wichtig für das Human Brain Project, denn nur wenn sie erfolgreich gelöst wird, können die ebenfalls in diesem Projekt entwickelten „brain-like neuromorphic computing systems“ eine „brain-like intelligence“ erhalten. Diese „neuromorphic“ Rechner werden insbesondere die Möglichkeit ausloten, sehr viel energieeffizienter als herkömmliche Rechner zu arbeiten. Das Gehirn beweist, dass dies im Prinzip möglich ist. Während der Stromverbrauch eines großen Supercomputers dem Stromverbrauch eines ganzen Stadtteils nahekommt, begnügt sich das Gehirn – bei einer etwa gleich großen Anzahl von Rechenbausteinen – mit einer Energie von 50 Watt.

numbers of experimental data from neuroscience, molecular biology, and cognitive science. This task is obviously important for the Human Brain Project because the large-scale neuromorphic computing systems developed in this project can only acquire a brain-like intelligence if this task is successfully solved.

These novel neuromorphic computing systems will explore in particular new ways of energy-efficient computing. The brain demonstrates that energy-efficient computation is possible. Whereas a large supercomputer consumes almost as much energy as a whole town, the brain – which has a comparable number of processing elements – consumes less than 50 Watts of energy.

New opportunities for junior researchers

The Human Brain Project offers new perspectives for PhD students and postdocs. With a project duration of 10 years, we can offer attractive research possibilities in an international and multi-disciplinary project. In this new context, we also hope to attract more women junior researchers to a career in computer science. This appears to be



Chance für den Nachwuchs

Das Human Brain Project eröffnet auch für den wissenschaftlichen Nachwuchs interessante Perspektiven. Mit einer Projektlaufzeit von zehn Jahren haben wir die Möglichkeit, neue Talente einzubinden und attraktive Doktoratsstellen in einem internationalen und multidisziplinären Projekt anzubieten. Erklärtes Ziel ist es, vermehrt Frauen für die Informatik zu begeistern. Da wir in diesem Projekt die Informatik mit anderen, bislang von Frauen bevorzugten Disziplinen wie Biologie und Psychologie verbinden, hoffen wir, über diese „Brücke“ talentierte Jungforscherinnen für die Informatik zu begeistern.

Neue Partnerinnen und Partner im Human Brain Project

Ungefähr 20 Prozent des Budgets des Human Brain Project sind für Ausschreibungen reserviert, die weitere Partnerinnen und Partner in das Projekt integrieren können. Diese Open Calls, die in den nächsten Monaten veröffentlicht werden, geben weiteren Instituten der TU Graz eine Chance zur Mitarbeit. ■

possible since this project creates bridges between computer science and disciplines which have long been preferred by women, such as biology and psychology.

New partners in the human brain project

About 20% of the budget of the Human Brain Project is reserved for open calls, which will integrate further partners into the project. These open calls, which are expected to be published within the next months, will offer other institutes of Graz University of Technology an opportunity to participate in this project. ■

Kreativitätswerkzeug für Kinder: österreichischer Innovationspreis für TU Graz A Creative Programming Tool for Children: Austrian Innovation Prize for Graz University of Technology

Wolfgang Slany



Kein Programmiercode, sondern Lego-ähnliche Blöcke bilden die Basis für das Programmierwerkzeug „Catrobat“: Kinder gestalten Spiele und mobile Anwendungen selbst und erlangen so spielerisch Programmierkompetenzen. Für den erbrachten Beweis, dass Technik nicht nur innovativ, sondern auch kreativ ist, erhielten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Studierende des Instituts für Softwaretechnologie den österreichischen Innovationspreis, einen Sonderpreis des Staatspreises Multimedia und e-Business 2013.

Instead of a textual programming code, Lego-like blocks form the basis for the programming language “Catrobat”. Catrobat allows children to make their own games and mobile applications, and thereby gain valuable programming skills in a playful way. For showing that technology is not only innovative but also creative, scientists and students of the Institute for Software Technology received the Austrian Innovation Award, a special prize of the State Prize for Multimedia and e-Business 2013.

Der Bedarf an Softwareentwicklung ist zweifellos ungebremsbar im Steigen. Darüber hinaus stehen wir einer Informationstechnologie gegenüber, die sich mit wachsender Geschwindigkeit weiterentwickelt. So besitzen viele Volksschulkinder bereits ein eigenes Smartphone und haben somit Zugang zu einer unglaublichen Menge an Information, Unterhaltung, Wissen, aber auch an Werkzeugen und Kommunikationsmitteln, die es vor sehr wenigen Jahren in dieser Form noch nicht gab. Genau an dieser Stelle setzt das Projekt Catrobat am Institut für Softwaretechnologie an. Es weckt, individuell und ergänzend zum Angebot an Schulen, auf spielerische Art und Weise das Interesse am Programmieren bei Kindern und Teenagern.

Ein elfjähriges Mädchen gestaltet so mithilfe des Programmierwerkzeuges Catrobat auf ihrem Handy Animationen für ein Lady-Gaga-Video. Ein Vierzehnjähriger programmiert sich eine Angry-Birds-App selbst. Damit Kinder und Jugendliche spielerisch programmieren lernen können, hat das Catrobat-Team ein einfach zu benutzendes Kreativitätswerkzeug entwickelt. Die Kinder sind dabei nicht mehr nur passive Konsumenten, sondern gestalten selbst und können eigene kreative Ideen sehr einfach spielerisch umsetzen. Zum

The rise in demand for skilled human resources in this field is unabated. On the other hand, we are facing an information technology that is evolving at increasing speed. Many primary school pupils have a smartphone and thus have access to an incredible amount of information, entertainment, knowledge, and also tools and means of communication that did not exist in this form a few years ago. The Catrobat project developed at the Institute for Software Technology aims at reducing the friction produced by these developments. It awakens, individually and independently of schools, in a playful manner the interest of children and teenagers in developing their own software.

An eleven-year-old girl creates a Lady Gaga video animation on her smartphone with the aid of the programming language Catrobat. A fourteen-year-old programs an Angry Birds app himself. In order to allow children and young people to easily acquire programming skills, the Catrobat team has developed a creativity tool that is very simple to use. Children are no longer only passive consumers but are empowered to develop their creative ideas in a playful way. To do the programming, the children use their Android phone, iPhone, Windows Phone, or other smartphone

Wolfgang Slany ist Universitätsprofessor und Vorstand des Instituts für Softwaretechnologie der Fakultät für Informatik an der TU Graz. Er forscht und lehrt auf dem Gebiet der Softwareentwicklung, insbesondere in den Bereichen agile Softwareentwicklung, Softwarequalität, Softwaretesten, Robotik, Didaktik der Informatik, NFC und Anwendungen für Smartphones.

Wolfgang Slany is full professor of computer science and head of the Institute for Software Technology at Graz University of Technology. He researches and teaches in the fields of software development, particularly in the areas of agile software development, software quality, software testing, robotics, computer science education, and NFC applications for smart phones.



© Matthias Silveri/BMWFJ

Programmieren verwenden die Kinder ihr Android Handy, iPhone, Windows Phone oder ein anderes Smartphone mit HTML5-Browser. Ein Laptop oder PC wird nicht benötigt. Die kinderleichte Technologie kann so überall und jederzeit genutzt werden, auch auf dem Schulweg oder auf dem Rücksitz des elterlichen Autos.

Durch Catrobat werden alle Einstiegshürden vermieden, sodass sich unmittelbar nach der Installation der App sofort positive Erfolgserlebnisse einstellen und mit der Erstellung von eigenen Spielen und anderen Anwendungen begonnen werden kann. Gleichzeitig sind die Möglichkeiten der von den Jugendlichen selbst erstellten Programme nach oben hin unbeschränkt, da Catrobat auch Fortgeschrittenen alle Werkzeuge zur Verfügung stellt, mit denen komplexe Anwendungen realisiert werden können. Ein Anspruch des Projekts ist es, insbesondere auch Mädchen anzusprechen, die sich normalerweise nicht fürs Programmieren interessieren würden, zum Beispiel mit Themen aus den Bereichen Animation oder Musik.

with an HTML5 browser. No laptop or PC is needed. Catrobat can be used anywhere and anytime, for instance, on the way to school or on the back seat of their parents' car.

Catrobat removes all entry barriers so that immediately after installing it on their phone, kids and teens can gain positive experiences and start creating their own games and other applications right away. At the same time, the possibilities of the programs created by the young people themselves are unlimited because Catrobat also provides advanced tools with which complex applications can be pieced together. One particular aim of the project is also to appeal to girls, who may normally not be so interested in programming as boys, with topics ranging, for example, from animations to music.

Globally interconnected

Catrobat can already reach more than half the world's population in their native language, which is especially helpful for younger children. Catrobat is used worldwide, e.g., in Ethiopia and Brazil.

Abb. 1: Verleihung des österreichischen Innovationspreises, eines Sonderpreises des Staatspreises Multimedia und e-Business 2013, durch Henrietta Egerth, Geschäftsführerin der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG).

Fig. 1: Receiving the Austrian Innovation Award, a special prize of the State Prize for Multimedia and e-Business 2013, from Henrietta Egerth, Managing Director of the Austrian Research Promotion Agency (FFG).



© Catrobat Team, Tyster, Google

Abb. 2/ Fig. 2



Video "Flipper"
Programmierung:



Längeres
Demovideo:



Abb. 3/ Fig. 3

© Catrobat Team

Abb. 2: Visuelle Programmierung im
Lego-Stil direkt am Handy, mit
Unterstützung von Google seit 2011.

Fig. 2: Lego-style visual programming
directly on your phone, with support
from Google since 2011.

Abb. 3: Mit Catrobat erstellte
Musikvideoanimation einer
Lady-Gaga-Parodie.

Fig. 3: Animation parody of Lady
Gaga music video, created using
Catrobat.

Weltweit vernetzt

Catrobat steht bereits jetzt über der Hälfte der Weltbevölkerung in ihrer Muttersprache zur Verfügung, was besonders jüngeren Kindern entgegenkommt. Catrobat ist weltweit im Einsatz, unter anderem in Äthiopien und Brasilien, da es auf dem neuen One Laptop per Child (OLPC) Android Tablet als einzige Programmiersprache und -umgebung für Kinder zum Einsatz kommt – Catrobat wurde von der OLPC Foundation offiziell beim Consumer Electronics Summit in Las Vegas im Jänner 2013 vorgestellt. Das Programmierwerkzeug ist inzwischen zu einem großen Projekt angewachsen, mit über 200 aktiven Teammitgliedern, darunter primär Studierende der TU Graz, aber auch unter zahlreicher Beteiligung der FH Joanneum sowie Freiwilliger aus mehr als 20 Nationen. Darüber hinaus gibt es circa 30 Unterprojekte, die das zentrale Produkt ergänzen und erweitern, zum Beispiel eine Musikerstellungs-App, bei der durch Singen oder Pfeifen ins Mikrofon des Handys die entsprechenden Noten automatisch verschriftlicht werden, oder eine Erweiterung der Programmiersprache, die auf einfachste Weise die Programmierung von Lego-Mindstorms-Robotern, von Parrot AR.Drone Quadcopter samt Bilderkennung oder von Bluetooth Arduino Boards ermöglicht. Die Herstellung der Verbindung zwischen zwei Handys wird durch den Einsatz von Grazer NFC/RFID-Technologie erleichtert. Diese Verbindung ist für Mehrspielerinnen- und Mehrspieler-Programme wie zum Beispiel Autorennspiele – die von den Jugendlichen selbst erstellt wurden – nötig. Es existiert kein anderes Projekt weltweit, das auch nur annähernd etwas Ähnliches am Handy bietet.

Topgetestet

Ein Forschungsgebiet des Teams sind agile Methoden, z. B. fortwährende Integration oder testgetriebene Entwicklung. Unsere praktisch

In fact, it is the only programming language and environment for children which runs on the new One Laptop Per Child (OLPC) Android tablet. Catrobat was presented by the OLPC Foundation officially at the Consumer Electronics Summit in Las Vegas in January 2013 and has been in experimental usage in Ethiopia since Summer 2012. Catrobat has grown into a large project with more than 200 active team members, primarily students of Graz University of Technology, but also numerous participants from the Joanneum University of Applied Sciences, Graz, as well as volunteers from more than 20 nations.

There are about 30 sub-projects that complement and extend the core product, for instance, a music creation app in which the corresponding notes are automatically transcribed into musical notation when you sing or whistle into the microphone of the mobile phone, or extensions of the programming language that allow programming of Lego Mindstorm robots, Parrot AR.Drone quadcopters including image recognition, and Bluetooth Arduino boards. Establishing the connection between two phones is made easier by the use of NFC / RFID technology from Graz. These connections are needed for multiplayer programs created by the kids themselves, for example, a car racing game where the cars of all the players can be seen on all the phones of the kids that are playing together. There is no other project in the world that even remotely offers something similar on the phone.

Tested to top standards

The team conducts research in the area of agile methods, such as continuous integration and test-driven development. Our virtually 100% test coverage ensures that our program documentation can really be trusted by developers, and that developers actually like to write using it (documentation is also in the form of code that can be



Abb. 4/Fig. 4

100%ige Testabdeckung sichert uns eine Programmdokumentation, der man als Softwareentwicklerin und -entwickler wirklich vertrauen kann und die von den Entwicklerinnen und Entwicklern auch gerne geschrieben wird (es handelt sich dabei auch um Programmcode, den man jederzeit ausführen kann). Darüber sichert die Testabdeckung die Wartbarkeit und Qualität des Codes durch automatisierte Überprüfung der ausgemachten Funktionalität, was angesichts der Teamgröße und Internationalität absolut notwendig ist. Weiters ermöglicht erst eine eindeutig und maschinell überprüfbare Semantik die Sicherstellung, dass Catrobat-Programme sich auf allen unterstützten Plattformen absolut gleich verhalten. Dies ist in dieser Komplexität (Sensorik, Kommunikation mit Robotern, Tonverarbeitung, Bilderkennung, Spracherkennung usw.) weltweit erstmals durch das Catrobat-Team gewagt worden. Ein Alumnus des Teams wurde aufgrund seiner Erfahrung in der testgetriebenen Softwareentwicklung von der Wikimedia Foundation angestellt und arbeitet nun an der Erstellung der ersten Tests für Wikipedia.

Ausgezeichnete Forschung

Das Programmierwerkzeug Catrobat wurde bereits zum dritten Mal in Folge in das prestigeträchtige „Google Summer of Code Program“ des US-Suchriesen aufgenommen, wird durch Microsoft unterstützt und kooperiert eng mit dem Massachusetts Institute of Technology und der Universität Tokio. Im März 2013 wurde das Projekt mit dem österreichischen Innovationspreis im Rahmen des Staatspreises Multimedia und e-Business vom Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend und der FFG ausgezeichnet, wobei die Jury in ihrer Begründung ausdrücklich auf den Wert und die Bedeutung des Projekts für die Zukunft der Jugend und Innovationskraft der Wirtschaft hinwies. ■

executed at any time). The maintainability and quality of code is ensured through the automated verification of functionality, which is absolutely necessary given the team size and its internationality. Furthermore, a clear and mechanically verifiable semantics ensures that Catrobat programs behave absolutely in the same way on all supported platforms. This was realized by the Catrobat team as a worldwide first in this complex form (sensors, communication with robots, sound processing, image recognition, speech recognition, etc.). An alumnus of the team was hired by the Wikimedia Foundation because of his expertise in test-driven development, and is now working on the creation of the first tests for Wikipedia.

Award-winning research

The programming language “Catrobat” was accepted for the third consecutive year into the prestigious Google Summer of Code program of the U.S. search giant, receives support from Microsoft, and has established an intensive cooperation with the Massachusetts Institute of Technology and the University of Tokyo. In March 2013, the project won the Austrian Innovation Award as part of the State Prize for Multimedia and e-Business from the Federal Ministry of Economy, Family and Youth and the Austrian Research Promotion Agency (FFG). The jury explicitly commented on the value and importance of Catrobat for the future of Austrian youth and strengthening of the Austrian economy. ■

Abb. 4: Mädchen beim gemeinsamen Programmieren mit Catrobat.

Fig. 4: Girls acquiring programming skills in a playful way using Catrobat.

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

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



Advanced Materials Science



Human- & Biotechnology



Information, Communication & Computing

FOE

Fields of Expertise

Mobility & Production



Sustainable Systems



Impressum: Eigentümer: TU Graz. Herausgeber: Vizerektor für Forschung. Chefredaktion: Ines Hopper-Pfister, Büro des Rektorates – Kommunikation, Rechbauerstraße 12/I, 8010 Graz. E-Mail: TU-research@tugraz.at. Gestaltung/Layout/Satz: Christina Fraueneder, Thomas Schöberl. Druck: Steiermärkische Landesdruckerei GmbH. Auflage: 4.400 Stück. Wir danken den Autorinnen und Autoren für die Bereitstellung der Texte und Fotos. Geringfügige Änderungen sind der Redaktion vorbehalten. Titelbild: © michelangelus/Fotolia.com. TU Graz research erscheint zweimal jährlich. ► www.tugraz.at/research-journal