

# highlights

Informationsmagazin der Universität Bremen  
University of Bremen Information Magazine

---

## Raumkognition

Wie sieht und orientiert sich der Mensch?



### Computer architecture

Computer science tool  
for testing  
highly complex systems

### Mechatronik

Von allem das Beste:  
Das Bremer Centrum  
für Mechatronik

### Geochemistry

In search of life  
in the deep  
biosphere

# Die Nr. 1 auf dem Campus.

Studieren. Aber sicher.

- günstige Versicherungen für Studenten.
- persönliche Beratung direkt am Campus.

Wir geben Bremen Sicherheit



Jetzt direkt im Zentralbereich / Glashalle:  
die ÖVB Campus Agentur.



## ÖVB Campus Agentur

Universität Bremen

Zentralbereich / Glashalle

Bibliothekstraße 3

28359 Bremen

Tel. 0421 218-4444

Fax 0421 218-9662

Mobil 0152 22145300

[campus.agentur@oevb.de](mailto:campus.agentur@oevb.de)

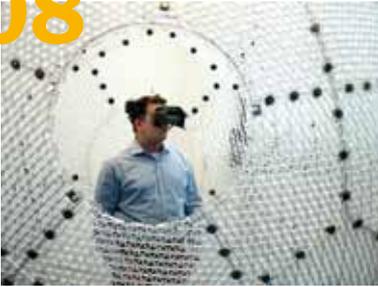
 Finanzgruppe

## 20 forschung research

Auf der Suche nach Leben: Die Arbeitsgruppe Organische Geochemie erforscht die tiefe Biosphäre  
In search of life: The Organic Geochemistry Research Group is investigating the deep biosphere



## 08



## 14



## 18



## 04 news

## 06 interview

Stefan Görres zur Zukunft der Pflege in Deutschland  
Stefan Görres on the future of care provision in Germany

## 08 forschung research

Bremer Neuroinformatiker wollen die Mechanismen der Raumwahrnehmung und Raumorientierung entschlüsseln  
Bremen experts on neuroinformatics are researching the mechanisms of spatial perception and orientation

## 12 portrait

Ingenieurskarriere im Weltdorf: Afshin Mehrsai aus dem Iran  
An engineer's career in the "Global Village":  
Afshin Mehrsai from Iran

## 14 forschung research

Immer komplexer – und trotzdem sicher: Die Arbeitsgruppe Rechnerarchitektur testet komplizierte Systeme  
Increasingly complex – but reliable nevertheless:  
The Group of Computer Architecture conducts test on sophisticated complex systems

## 18 bericht report

IT Assist: Computer helfen Demenzkranken  
IT Assist: Computers help dementia patients

## 24 vorgestellt what's new

Das Bremer Centrum für Mechatronik  
The Bremen Centre of Mechatronics

## 26 kontakte contacts impressum publishing information

Titelbild: Ein Roboterkopf, den die Arbeitsgruppe „Kognitive Neuroinformatik“ unter Leitung von Professorin Kerstin Schill entwickelt hat. Erste Erkenntnisse über die menschliche Raumerkennung und -orientierung haben dieses technische System möglich gemacht, das sich bereits ähnlich wie ein Mensch im Raum orientieren kann (siehe Seite 8 - 11).

Cover picture: The Research Group "Cognitive Neuroinformatics" led by Professor Kerstin Schill developed this robot head. The sophisticated system, which orientates itself in a similar way to humans, would not have been possible without groundbreaking research on how humans orientate and find their way around in their spatial environment (see pages 8 - 11).



*Die Uni Bremen ist stark in Forschung und Lehre. Sie darf sich jetzt erneut um eine Auszeichnung als Exzellenzuniversität bewerben. The University of Bremen is strong in research and teaching. It has once again been invited to compete for the accolade "University of Excellence".*



## **Exzellenzinitiative: Uni reicht Vollantrag ein**

Die Universität Bremen hat gute Chancen, eine der deutschen Exzellenzuniversitäten zu werden. Als einzige nordwestdeutsche Hochschule darf sie einen Vollantrag im 2. Durchgang der Exzellenzinitiative von Bund und Ländern einreichen. Dieser muss am 1. September 2011 vorliegen. Danach wird die Universität von internationalen Gutachtern geprüft. Insgesamt haben sieben Universitäten in einer Vorausscheidung diese Hürde genommen. Sie konkurrieren in der Endrunde mit neun bereits bestehenden Exzellenzuniversitäten um die bis zu zwölf Auszeichnungen, die maximal vergeben werden. Die Entscheidung fällt im Juni 2012.

## **Neues Graduiertenkolleg zur Gravitationsphysik**

Die Geometrie von Raum und Zeit, Schwarze Löcher, Zeitreisen oder Urknall – mit solchen Themen beschäftigt sich die Gravitationsphysik. Doch auch im Alltag ist die Gravitationsforschung wichtig, beispielsweise zum besseren Verständnis von Positionsbestimmungen per Satellit. An den Universitäten Bremen und Oldenburg wird die Nachwuchsförderung in diesem Bereich bald gezielt vorangetrieben: Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat jetzt die Einrichtung eines gemeinsamen Graduiertenkollegs „Models of Gravity“ genehmigt. Ab April 2012 nehmen zunächst elf Doktorandinnen und Doktoranden sowie zwei Post-Docs in dem Kolleg die Arbeit auf. Später sollen einmal 30 Nachwuchswissenschaftler an dieser Thematik forschen.

## **Hohe Auszeichnungen für Uni-Wissenschaftler**

Eine außergewöhnlich hohe Anzahl bedeutender Auszeichnungen haben verdiente Wissenschaftler der Uni Bremen in den vergangenen Monaten bekommen. Professor Wolfgang Eichwede, Gründer der Forschungsstelle Osteuropa, erhielt den Alexandre-Men-Preis für die interkulturelle Vermittlung zwischen Russland und Westeuropa. Der Geowissenschaftler Professor Gerold Wefer wurde mit der Alfred-Wegener-Medaille der Europäischen Geowissenschaftlichen Union ausgezeichnet. Der Produktionstechniker Professor Ekkard Brinksmeier erhielt mit dem Advanced Investigator Grant des Europäischen Forschungsrats eine der höchstdotierten EU-Förderungen. Zudem bekam er unlängst ein hoch dotiertes Reinhart Koselleck-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft zugesprochen. Gleiches gelang auch dem Informatiker Professor Rolf Drechsler.

## **Excellence Initiative: University submits full proposal of its institutional strategy**

The University of Bremen has a good chance of becoming one of Germany's "Universities of Excellence". It is the only university in the North West of Germany to be invited to submit a full proposal in the second round of the Excellence Initiative launched by the German Government and the Länder. The proposal has to be submitted by 1st September 2011. After that it will be evaluated by panels of international experts. Only six other universities made it through the preliminary round. Together with Bremen and the nine already nominated "Universities of Excellence" they are now competing in the final round to be among the final twelve universities to receive the accolade. The results will be made known in June 2012.

## **New Research Training Group in the field of gravitation physics**

The geometry of time and space, black holes, time travel and the Big Bang – this is the type of thing Gravitation Physics deals with. However, gravitation research also occupies an important place in our everyday lives. For example, in order to gain a better understanding of global positioning systems. Very soon, a joint project between the University of Oldenburg and the University of Bremen will start a program for the advancement of young researchers in this field of science: The Deutsche Forschungsgemeinschaft recently granted approval for a jointly run Research Training Group with the title "Models of Gravity". Starting in April 2012, initially the group will comprise eleven doctoral students and two post-docs. Eventually a total of 30 young researchers will be able to join the group and deepen their knowledge of this field.

## **Large number of high awards for scientists and scholars of the University of Bremen**

Over the past few months, Bremen researchers have won an unusually high number of awards and accolades. Professor Wolfgang Eichwede, founder of the Center for Eastern European Studies, received the Alexandre Men Prize for promoting intercultural relations between Russia and Western Europe. The geoscientist, Professor Gerold Wefer, was awarded the Alfred Wegener Medal of the European Geosciences Union. Professor Ekkard Brinksmeier from the Faculty Production Engineering was honoured with an Advanced Investigator Grant of the European Research Council, one of the EU's highest-value research prizes.

In addition to this, he was also recently granted a high-value Reinhart Koselleck Project by the Deutsche Forschungsgemeinschaft; an accomplishment also achieved by computer scientist, Professor Rolf Drechsler.

## EU-Projekt mit Uni-Beteiligung: Forschendes Lernen in biologischen Gärten

Wie interessiert man heutzutage Schülerinnen und Schüler für naturwissenschaftliche Probleme? Bildungsexperten sind überzeugt, dass dies am besten durch forschendes Lernen geht. Idealerweise arbeitet man mit Botanischen Gärten und Museen zusammen, in denen Kinder dann in authentischer Lernumgebung Experimente machen. Dabei erleben sie, wie Wissenschaftler bei ihren Forschungen vorgehen. Das Problem ist, dass dieser Ansatz in den meisten Ländern Europas nicht ausreichend umgesetzt wird. Deshalb hat die Europäische Union kürzlich ein neues Projekt mit dem Titel INQUIRE gestartet – und die Universität Bremen ist daran mit dem Institut für Fachdidaktik der Biologie entscheidend beteiligt.

Die Abkürzung INQUIRE steht für „Inquiry-based teacher training for a sustainable future“. 17 Projektpartner aus elf europäischen Ländern werden dabei einjährige Fortbildungskurse erarbeiten. Diese sollen in 14 Naturkundemuseen und Botanischen Gärten Europas durchgeführt werden – unter anderem im Botanischen Garten und Rhododendronpark Bremen. Die Bremer botanika GmbH zählt deshalb auch zu den Partnern des Vorhabens, mit dem man europaweit mehrere hundert Lehrkräfte und viele tausend Schülerinnen und Schüler erreichen will. Das Institut für Fachdidaktik der Biologie der Uni Bremen ist gemeinsam mit dem Kings College in London für die Qualitätssicherung und Evaluation des mit 2,2 Millionen Euro ausgestatteten Projektes verantwortlich.

Zu den großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zählen der Klimawandel und der weltweite Verlust der biologischen Vielfalt. Um diese Themen im Unterricht möglichst interessant und nachvollziehbar zu behandeln, wird das „forschende Lernen“ direkt in den Botanischen Gärten und Museen als eine der wirkungsvollsten Maßnahmen angesehen.

*Das Schülerinnen und Schüler im Botanischen Garten und Rhododendronpark Bremen forschend lernen können, ist ein Ziel des EU-Projektes INQUIRE. Die Universität Bremen ist daran beteiligt.*

*The aim of the EU project INQUIRE is to enable schoolchildren to participate in inquiry-based learning in Bremen's Botanical Garden and Rhododendron Park. The University of Bremen is doing its part.*



## University Participates in EU Project: Inquiry-Based Learning in Biological Gardens

How to get schoolchildren interested in natural science? Educationalists are convinced that the best way is through research-based learning. Ideally, they say, working together with botanical gardens and museums gives children the chance to conduct experiments in an authentic learning setting. In this way they can observe at first hand how scientists go about their work. The problem is that in most European countries this approach is not receiving the attention it deserves. For this reason the European Union recently started a new project with the illustrative title INQUIRE – and the University of Bremen is making an important contribution through the Institut für Fachdidaktik der Biologie [Institute for Didactics of Biology].

The abbreviation INQUIRE stands for “Inquiry-based teacher training for a sustainable future“. Seventeen project partners in eleven different European countries will each contribute one-year educational modules. These will subsequently be implemented in fourteen natural history museums and botanical gardens around Europe – one of them being the Botanical Garden and Rhododendron Park in Bremen. The company *Bremer botanika GmbH* is one of the project partners. The project is expected to involve several hundred teachers and many thousands of schoolchildren all over Europe. Together with Kings College in London, the Institute for Didactics of Biology at the University of Bremen is responsible for quality assurance and evaluation of the project, which is being funded in an amount of € 2.2 million.

Among the greatest challenges of the 21st century are climate change and the worldwide diminution of biological diversity. Inquiry-based learning located directly in botanical gardens and museums is perceived to be an effective way of making school lessons on this topic more interesting and easier to follow.

## “It’s falling apart at all seams”

Germany is getting old. Demographic change is gathering pace but there is still a shortage of trained nursing staff to care for the elderly – and no strategy is in place for coping with this enormous challenge to our society. We interviewed Professor Stefan Görres on the topic, Managing Director of the Institute of Public Health and Care Research at the University of Bremen.

*Prof. Görres, the number of elderly persons in Germany is increasing at a fast rate. In the area of care for the elderly we can already see huge deficits developing. Who will be there to care for us when we get old – and where?*

We still haven’t got an answer to that question – but there is already an acute shortage of trained nursing staff. Another aspect is that nursing homes no longer present an option for many elderly people. In future old people will want to stay in their own four walls for as long as possible. Then we will need additionally a mixture of ambulatory nursing services and other support services and technologies to take care of the elderly in their own homes. And society will have to adapt and return to a way of life involving more “togetherness” – perhaps in the form of neighbours who provide voluntary care for the elderly person living next door.

*Home care is nothing new. However, most people are under the impression that it is a rushed affair, care workers under time pressure cramming everything into ten-minute lightning visits. You have to have a deep pocket if you want a better service.*

Some 1.5 million people in Germany are cared for in their own homes. This is paid for by the long term care insurance according to the category of care required. These services are invoiced in minutes. Hence, care is oriented to time frames – and these are invariably too tight. An advisory council appointed by the German Government has therefore developed a new concept of the need for care: this is not oriented primarily to the time factor but rather to fostering patients’ autonomy. The aim is to change the present system of “in and out as quickly as possible” to one that takes more consideration of patients’ overall care needs. Another option is for private persons to organise their own nursing care – by recruiting additional help from Eastern European countries, for instance.

*And depending on the level of care required, the costs could be several hundred or even thousands of euros per month. How many senior citizens can afford to pay that? Will we have to get used to a two-class care system? Will there one day be something like last residences, where people go to die?*

... which will probably be outside Germany because there passing away is much cheaper? The fear of an uncertain future in old age really does conjure up horror scenarios. There are indeed grounds to believe that such a two-class system might arise. The long term care insurance only covers the bare necessities. For anything more than that people will have to save up or take up additional insurance. Many people don’t have the means for that.

*Will policy makers be able to get the situation under control?*



*Professor Stefan Görres, Geschäftsführender Direktor des Instituts für Public Health und Pflegeforschung.*

*Professor Stefan Görres, Managing Director of the Institute of Public Health and Care Research.*

Not in the short term. But politicians are becoming more aware of the seriousness of the problem. It seems they are slowly beginning to realize that this has become a central social issue. Because the costs run into billions the politicians tend to shy away from the subject. They won’t be able to do this much longer, though, for the system is already falling apart at all seams.

*Why do care workers enjoy such a low social status that only a few decide to enter the profession?*

“Old“ and “care“ have negative connotations in our society. That is why very few young people want to be trained for the job. A study we carried out revealed that high-school students, parents and teachers have very little or even wrong information about careers in the care sector. On the basis of these results, the five North-German states initiated an advertising campaign in May 2011 which aims at encouraging young people to enter into care professions. But we also need better scales of pay, more career opportunities, and lower workloads.

*That sort of thing takes time before the results are visible. How can we bring about an improvement in the short term?*

By recruiting care workers from the Eastern European countries or even from outside Europe. There has already been a significant increase in the number of legal employment agencies that recruit foreigners to come to work in this field. Without these migrant workers the system would collapse completely.

# „Es brodelt an allen Ecken und Enden“

**Deutschland wird alt. Der demografische Wandel nimmt Fahrt auf. Doch es mangelt an Pflegepersonal – und an Strategien für die große gesellschaftliche Herausforderung, die auf diesem Gebiet entsteht. Ein Gespräch dazu mit Professor Stefan Görres, Geschäftsführender Direktor des Instituts für Public Health und Pflegeforschung (IPP) an der Universität Bremen.**

*Herr Görres, in Deutschland steigt die Zahl alter und sehr alter Menschen. Bei ihrer Versorgung zeichnen sich schon heute Engpässe ab. Wer pflegt uns, wenn wir alt sind – und wo?*

Auf diese Fragen gibt es noch keine Antwort. Das Problem ist ja schon da – es gibt bereits einen Fachkräftemangel beim Pflegepersonal. Gleichzeitig ist ein Pflegeheim, so wie wir es heute kennen, für viele älter werdende Menschen gar keine Lösung mehr. Die Zukunft wird so aussehen, dass alte Menschen so lange wie möglich in der eigenen Wohnung versorgt werden wollen. Dazu müssen sich einerseits die Strukturen in diesem Sektor ändern und andererseits ältere Menschen die nötigen Hilfsmittel bekommen, um zu Hause bleiben zu können. Die Pflegeberufe müssen sich verändern und gleichzeitig Dienstleister entstehen, die um die Wohnung der alten Menschen herum ganz viel organisieren. Es wird eine Mischung aus ambulantem Pflegedienst und weiteren unterstützenden Dienstleistern und Technologien geben, die die Versorgung der alten Menschen in ihren eigenen vier Wänden sicherstellen. Und die Gesellschaft muss wieder mehr zu einem „Miteinander“ finden – etwa in Form von Nachbarn, die sich ehrenamtlich um die Seniorin im Nebenhaus kümmern.

*Pflege zu Hause gibt es schon. Aber bei vielen Menschen ist das Bild entstanden, dass dies im Zehn-Minuten-Schnelldurchgang geschieht. Wer mehr will, muss eine dicke Brieftasche haben.*

Rund 1,5 Millionen Menschen werden in Deutschland zu Hause gepflegt. Sie bekommen je nach Pflegestufe Leistungen aus der Pflegeversicherung. So ist der Begriff „Minutenpflege“ entstanden, weil diese Dienste nach Minuten abgerechnet werden. Die Pflege richtet sich also an Zeitfenstern

aus – und die sind meist zu klein. Viele erleben das als unbefriedigend. Ein von der vorigen Regierung eingesetzter Beirat hat deshalb ein neues Pflegebedürftigkeitsverständnis entwickelt, das sich nicht am Faktor Zeit, sondern an der Selbständigkeit des Menschen orientiert. Ziel ist, dass die Pflegedienste nicht mehr schnell rein und raus gehen, sondern eher die Situation beim zu pflegenden Menschen insgesamt im Blick haben. Zum Spritze setzen und Verband wechseln sollen auch mehr psychosoziale Anteile kommen. Umgesetzt ist das leider noch nicht. Eine andere Möglichkeit ist, in Eigenregie zusätzliche Hilfskräfte, etwa aus Osteuropa, zu engagieren.

*Auch die kosten je nach Leistung mehrere hundert oder tausend Euro im Monat. Unzählige Senioren mit geringer Rente werden*

**„Die Pflege ist eine Art Dauerbaustelle, an der die Arbeit nie fertig wird.“**

*sich das nicht leisten können. Müssen wir uns an eine Zwei-Klassen-Pflege gewöhnen? Wird es irgendwann Sterbehäuser geben?*

... die dann womöglich sogar im Ausland stehen, weil dort das Dahinsiechen billiger ist? Die Angst vor der ungewissen Zukunft im Alter lässt solchen Horrorvorstellungen tatsächlich Raum. Es deutet einiges auf eine solche Zweiteilung hin – denn Pflege ist teuer. Die Pflegeversicherung deckt als „Teilkasko-Versicherung“ nur das Allernötigste ab. Für alles weitere muss man sparen oder sich zusätzlich versichern. Das Geld dafür haben viele nicht.

*Pflegepolitik heute heißt: Die kleinen Feuerchen werden ausgetreten, der große Brand aber nicht gelöscht. Kann die Politik das Problem Pflege überhaupt in den Griff bekommen?*

Kurzfristig sicher nicht. Aber die Politik wird aufmerksamer. Die Diskussionen mit der Politik nehmen zu, und es scheint langsam anzukommen, dass es sich hier um ein zentrales Thema unserer Gesellschaft handelt – mindestens ebenso wichtig wie der Klimawandel. Weil die Kosten in die Milliarden gehen, halten sich Politiker bei dieser Materie aber gerne zurück. Das finde ich unklug, denn eigentlich könnte sich eine Partei damit enorm profilieren. Man wird aber nicht mehr lange ausweichen können, weil es an allen Ecken und Enden brodelt.

Die Pflege ist eine Art Dauerbaustelle, an der die Arbeit nie fertig werden wird.

*Warum hat der an sich ehrenwerte Pflegeberuf in der Gesellschaft einen solchen geringen Stellenwert, dass ihn nur wenige ergreifen wollen?*

„Alter“ und „Pflege“ sind in unserer Gesellschaft negativ besetzt. Schon allein deswegen kommt nur wenigen jungen Menschen der Gedanke, sich hier ausbilden zu lassen. Eine Studie von uns hat ergeben, dass Schüler, Eltern und Lehrer nur wenige oder sogar falsche Informationen über Pflegeberufe haben. Das muss sich ändern, etwa durch Schnupperkurse. Auf der Basis unserer Studie haben die fünf norddeutschen Bundesländer im Mai 2011 eine Werbekampagne gestartet, um junge Menschen für den Pflegeberuf zu begeistern. Notwendig sind zudem eine bessere Bezahlung, mehr Karriereoptionen und eine geringere Arbeitsdichte.

*Solche Aktionen brauchen oft lange, bis ein spürbares Ergebnis vorliegt. Wie kann die Lage kurzfristig verbessert werden?*

Durch Pflegepersonal aus Osteuropa oder sogar außereuropäischen Ländern. Es gibt bereits einen sprunghaften Anstieg von Leihfirmen, die diese Kräfte legal vermitteln. Ohne diese Menschen wird es künftig nicht mehr gehen.



*Pflege im Alter ist zu einem der zentralen Themen unserer Gesellschaft geworden. Care in old age has become a central issue in today's society.*

# Auf dem Weg zur „menschelnden“ Technik

**Der Mensch ist ein fantastisches Geschöpf. Seine Sinneswahrnehmungen beispielsweise sind Leistungen, die ihresgleichen suchen: Kein Farbfoto kann jemals so farbenfroh und plastisch sein wie die menschliche Wahrnehmung der Dinge, die auf der Netzhaut abgebildet werden. Deshalb ist der Mensch auch ein ideales Vorbild für Forscher, die die Fähigkeiten des Homo sapiens auf Maschinen – beispielsweise Roboter – übertragen wollen. Ein hochinteressanter Teilbereich ist dabei die Kognitionswissenschaft: Wie denkt, spricht, lernt oder orientiert sich der Mensch, wie sieht, riecht und fühlt er? Im Transregionalen**

Bei der Erkennung ihrer räumlichen Umgebung sind Menschen unglaublich schnell, präzise und effizient. „Selbst in unbekanntem Umgebungen gelingt es uns in kürzester Zeit, die Sinnesindrücke Sehen, Hören, Fühlen und Riechen zu kombinieren, sie auszuwerten und Schlüsse daraus zu ziehen. Wir orientieren uns sehr schnell und fällen meist umgehend Entscheidungen, wohin wir gehen oder welche Tätigkeit wir verrichten wollen“, verdeutlicht Kerstin Schill. „Diese vernetzten Vorgänge sind extrem komplex. In unserer Arbeit wollen wir die bestimmenden Mechanismen entschlüsseln – um sie auf Systeme übertragen zu können, die dann in gewisser Weise ‚menschennählich‘ funktionieren.“ Dabei setzen die Bremer Wissenschaftler auf theoretische Forschung, auf psychologische Experimente und auf die Modellierung verschiedener Ansätze im Computer.

Erste Ergebnisse sind Systeme, die sowohl die Raumerkennung und -orientierung eines Roboterkopfes in einer realen Umgebung ermöglichen wie auch die Simulation dieser Tätigkeit in virtuellen Umgebungen, die nur in einem Rechner existieren. Die Forschungsgruppe konzentriert sich momentan noch auf das Verständnis der Vorgänge beim Sehen und Hören.

## Neuronen werden mathematisch modelliert

Aus der Zusammenarbeit mit Neuropsychologen wissen die Informatiker, wo sich in der Großhirnrinde die Neuronen für optische und akustische Eindrücke befinden und wie sie auf das Erkennen von Formen und Farben reagieren. „Wir bilden diese Neuronen nun mathematisch ab. Wir schaffen also künstliche Neuronen und modellieren im Rechner ihre Funktion – und zwar komplett vom Erkennen bis zum Verhalten“, sagt Dr. Christoph Zetzsche, der die visuelle und multisensorische Informationsverarbeitung leitet. Man wisse zum Beispiel, dass der Mensch drei Augenbewegungen pro Sekunde macht, wenn er sich etwas anschaut. „Dabei gibt es einige ganz besonders interessante Stellen, die man unterbewusst sucht – beispielsweise Bereiche, an denen sich eine Richtung ändert. Die Information verrät dann, ob etwas rund oder eckig ist.“ Beeinflusst wird die Erkennung davon, was gerade die Aufgabe oder der Hin-

**Sonderforschungsbereich „Raumkognition“ der Universitäten Bremen und Freiburg arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit modernsten Mitteln an der Beantwortung dieser Fragen. Die Bremer Informatik-Professorin Kerstin Schill etwa versucht mit ihrer Arbeitsgruppe „Kognitive Neuroinformatik“ in einem Teilprojekt, hinter die Mechanismen der menschlichen Raumwahrnehmung und Raumorientierung zu kommen – um anschließend ein vom biologischen Vorbild inspiriertes System zu entwickeln, das in technischen Anwendungen zum Einsatz kommt.**

tergrund ist. Bei einer Gesichtserkennung sucht man beispielsweise unbewusst zuerst nach Mund, Nase und Augen. „Es ist wie vor einem Schaufenster mit 100 verschiedenen Dingen“, erläutert Zetzsche. „Wenn ich Hunger habe, sehe ich als erstes die Lebensmittel.“

Deshalb wurden virtuelle Neuronen programmiert, die nur an die Stellen mit den besonders wichtigen Informationen springen. Dennoch ist es sehr schwierig, die visuellen Möglichkeiten des Menschen in der virtuellen Welt auch nur annähernd zu erreichen: „Ob ich ein Telefon im schwachen Dämmerlicht oder auf dem Kopf stehend im gleißenden Sonnenlicht sehe – ich erkenne es immer sofort als Telefon“, sagt Zetzsche. Einem technischen System derartige Leistungen „beizubringen“, sei indes eine große Herausforderung.

Bei ihrer Arbeit haben die Wissenschaftler unter anderem herausgefunden, dass die Eindrücke von Hören und Sehen im Gehirn früher miteinander verknüpft werden als bisher angenommen. Dazu wurde in einem Hörlabor ein halbrunder Kreis mit 25 Lautsprechern vor Testpersonen aufgebaut. „Jeder Lautsprecher gab nun ein Klickgeräusch ab, und zwar immer um ein Sekundenbruchteil versetzt gegenüber seinem Nachbarlautsprecher“, erläutert Kerstin Schill. Für die Zuhörer klingt es so, als würde das Geräusch von links nach rechts wandern. „Dann haben wir jedes zweite Geräusch durch ein Lichtsignal ersetzt. Trotzdem hatten die Testpersonen noch immer den Eindruck, dass das Geräusch in der gleichen Geschwindigkeit vor ihnen wandert.“ Es gebe also eine Verarbeitungsstufe im Gehirn, der es egal sei, ob visuelle oder akustische Informationen ankommen. Kerstin Schill: „Das ist wohl auch durch die Evolution bedingt. Wenn mich im Dschungel ein Tier anfällt und dabei schreit, brauche ich beide Informationen, um auf die Gefahr zu reagieren. Oder noch einfacher: Läuft da etwas, was mich fressen will – oder was ich fressen kann?“

Die Erkenntnisse aus Versuchen dieser Art widerlegen die bislang vorherrschende Lehrmeinung, dass visuelle und akustische Reize in der Großhirnrinde eher spät miteinander „fusionieren“.



*Hören und Sehen werden im Gehirn früher miteinander verknüpft als bisher angenommen. Das beweisen Testergebnisse der Arbeitsgruppe „Kognitive Neuroinformatik“.*

*Listening and sight are more closely connected in the brain than previously thought. This has been proven in tests run by the research group “Cognitive Neuroinformatics”.*

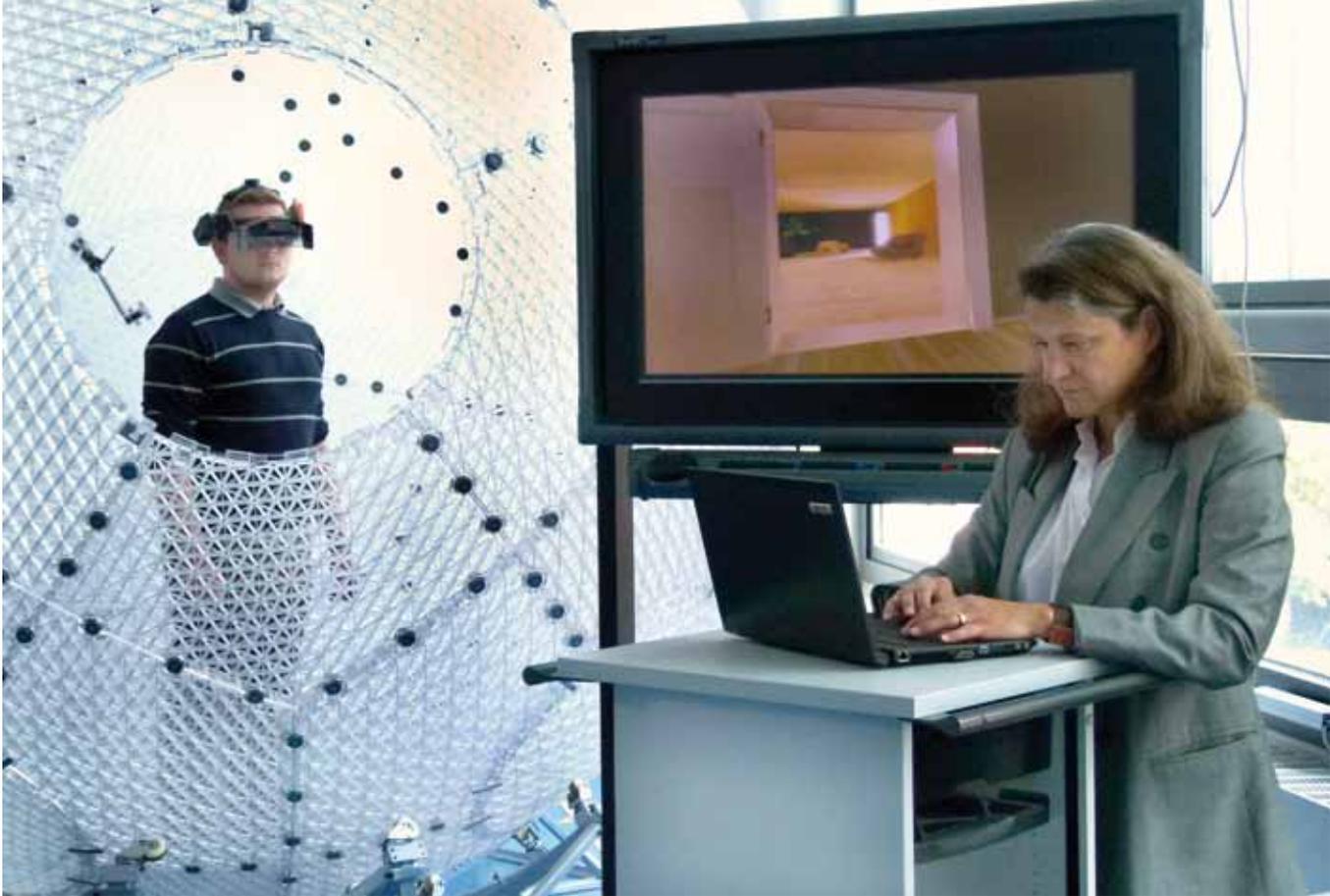
## On the way to “Human-Like” Technology

Humans are amazing creatures. Our power of sensory perception, for instance, is unparalleled: no color photo comes even near to depicting the depth of color and vividness as the images perceived through the human eye. This makes man an ideal subject of research for scientists attempting to transfer the capabilities of human beings onto machines – like robots, for example. A fascinating branch of this

research is cognitive science: How do humans think, speak, learn, and orientate themselves; How do they see, smell, and feel? Scientists working in the Transregional Collaborative Research Center “Spatial Cognition” at the University of Bremen and Freiburg are trying to find the answers to these questions. The Bremen computer scientist, Professor Kerstin Schill, and her team from the “Cognitive Neuroinformatics” group, for instance, are investigating the mechanisms behind human spatial perception and orientation. The goal is to develop a system inspired by the human model which can be used in technical applications.

Humans are incredibly quick at recognizing their spatial surroundings. They also do it very precisely and efficiently. “Even when we find ourselves in unfamiliar surroundings, we manage in a very short time to combine our senses of sight, sound, touch, and smell to evaluate the situation and draw conclusions. We rapidly orientate ourselves and are able to immediately make decisions about which direction to take or what to do next“. Kerstin Schill elucidates further: “These integrated processes are extremely complex. Our research is concerned with unravelling the determining mechanisms behind these processes so that they can be incorporated in systems which then behave in a way more or less similar to humans.“ In the course of their research, the Bremen scientists draw on theoretical research, psychological experiments, and computational modelling.

The first results have produced systems capable of achieving both spatial recognition and spatial orientation of a robot head in real surroundings, as well as simulation in virtual environments which exist only in the computer. Currently, the research team is concentrating on gaining a better understanding of the processes involved in seeing and hearing.



*In der Virtusphere-Kugel wandern Versuchspersonen wie in einem Hamsterrad durch Räume, die es nur auf der Computer-Festplatte gibt. Die Neuroinformatikerin Kerstin Schill (rechts) und ihr Team wollen so herausfinden, wie sich der Mensch orientiert. Inside the Virtusphere, test persons wander through spaces that only exist on the computer hard disk, as though they were walking a treadmill. Neuro-computer-scientist Kerstin Schill (right) and her team are trying to find out how humans orientate.*

„Dieser multisensorische Ansatz, den wir verfolgen, ist eine noch sehr junge Forschungsrichtung. Er basiert auf der Wahrscheinlichkeitstheorie, die besagt, dass Wissen umso sicherer wird, je mehr unsichere Quellen miteinander kombiniert werden“, so die Hochschullehrerin. „Ein Mensch kann also mehrere unsichere Sinneswahrnehmungen haben, die für sich alleine genommen noch nicht für eine ‚richtige‘ Entscheidung ausreichen. In der Gesamtkombination ergeben sie aber ein relativ sicheres Bild, aufgrund dessen man dann handelt.“

Mit einer in Europa einzigartigen Forschungsplattform untersuchen die Wissenschaftler jetzt, wie das menschliche Gehirn Räume konstruiert. Seit einigen Monaten steht dafür eine 2,80 Meter hohe Virtusphere-Kugel zur Verfügung. In ihr wandern Versuchspersonen wie in einem Hamsterrad durch Räume, die es nur auf der Computer-Festplatte gibt. Sie sehen diese virtuelle Umgebung dabei auf den Bildschirmen einer Spezialbrille. Während des Ganges durch die Cyberwelt werden die zurückgelegte Strecke und die Augenbewegungen aufgezeichnet. Die Testpersonen müssen zunächst die virtuelle Umgebung kennenlernen; dann werden

ihnen Aufgaben gestellt. „Dabei schaffen wir gezielt Situationen, die in der realen Welt gar nicht auftauchen könnten. Im Computer können wir das natürlich simulieren“, sagt Kerstin Schill. Beispielsweise lässt man den Probanden durch Gänge gehen, die sich eigentlich irgendwann kreuzen müssten – doch sie tun es nicht. „Dieser Widerspruch fällt vielen Versuchspersonen gar nicht auf. Für uns ist das eine wichtige Erkenntnis. Denn bislang wurde angenommen, dass sich die Menschen beim Erkunden von unbekanntem Terrain im Gehirn eine Art ‚Landkarte‘ zeichnen. Aber das ist offenbar nicht so“, erläutert Schill. Ihre Schlussfolgerung: Es müsse auch noch andere Möglichkeiten für das Gehirn geben, sich zu orientieren – wie, wollen sie und ihr Team nun herausbekommen.

#### Umsetzung in konkrete Anwendungen

Zwar betreiben die Neuroinformatiker im SFB Raumkognition wie auch ihre Kollegen in den anderen Teilprojekten vorwiegend Grundlagenforschung. Doch einige wissenschaftliche Erkenntnisse finden bereits den Weg in konkrete Anwendungen. So wird derzeit in einem Projekt mit der sächsischen

Druckindustrie ein Werkzeug entwickelt, das die Druckergebnisse qualitativ überprüft. „Sehr oft muss da heute noch ein Mensch draufschauen. Es gibt zwar bereits automatische Qualitätsüberwachungen. Aber manchmal akzeptieren diese Systeme Druckqualitäten, die aus technischer Sicht völlig in Ordnung sind, für das menschliche Auge aber dennoch störend wirken“, so Christoph Zetzsche. Die Aufgabe der Bremer Informatiker ist es nun, den „maschinellen Blick“ etwas mehr zu „vermenschlichen“, also die Qualitätsanforderungen der Prüfer auf eine in die Produktion integrierte verbesserte optische Überwachung zu übertragen.

„Biologisch inspirierte Sehsysteme“ entwickelt die Arbeitsgruppe auch im Rahmen eines Modellvorhabens, bei dem es um das längere selbstbestimmte Wohnen im Alter geht. In einem Bremer Stadtteil wird dazu eine altersgerechte Wohneinrichtung für Senioren gebaut. Dazu gehören auch optische Sensorsysteme, die Anomalien erkennen können – etwa einen Körper, der plötzlich hinfällt, oder einen Menschen, der eine Taste oder einen Telefonhörer nicht mehr erreichen kann. „Bei diesen Forschungen geht es vor allem darum, vor dem Hintergrund einer rasant älter werdenden Bevölkerung vielleicht das längere Leben in den eigenen vier Wänden zu ermöglichen. Ohne Assistenzsysteme wird das nicht gehen“, so Kerstin Schill. „Und diese Hilfsmittel sollen sich dann natürlich so ‚menschlich‘ wie möglich verhalten.“



**Prof. Dr. Kerstin Schill**  
**Sonderforschungsbereich SFB/TR 8**  
**Tel. (+49) 0421 / 218-64240**  
**kschill@informatik.uni-bremen.de**  
**www.informatik.uni-bremen.de/cog\_neuroinf.de**

### Neurons are modelled mathematically

Through their interdisciplinary cooperation with neuro-psychologists, the computer scientists know where the neurons for optical and acoustical impressions are located in the cerebral cortex and how they react to recognition of shape and colour. "We then model these neurons mathematically. That means, we create virtual neurons and computer models of how they function – the whole process from identification to behaviour", says Dr. Christoph Zetzsche, who is in charge of the information processing with respect to visual and multisensory analysis. We know, for instance, that humans make three eye movements per second when looking at something. "Doing so, there are some especially interesting things we look for subconsciously – for example, areas in which a direction changes. The information then reveals whether an object is round or square". This influences precisely what a task or background entails. In face recognition, for instance, we first look subconsciously at features like the mouth, nose and eyes. "It's like standing in front of a shop window containing a hundred different things", Zetzsche explains. "When I'm hungry, I'll look at the groceries first".

For this reason, the virtual neurons the scientists create are programmed only to react at the places with especially important information. It is extremely difficult, though, to arrive at even an approximation of the visual performance of humans in the virtual world: "Whether I am looking at a telephone in twilight or standing on my head in blazing sunshine – I can always see immediately that it is a telephone", says Zetzsche. To "train" a system to do the same is quite a challenge.

In the course of their research, the scientists have found out, among other things, that the impressions of hearing and seeing in the brain are combined with each other earlier than previously thought. To prove this, 25 loudspeakers were set up in a semi-circle around a test person in a sound studio. Kerstin Schill explains the experiment: "Each loudspeaker emitted a single click sound just a fraction of a second apart. The listener gained the impression that the sound was moving from left to right. Then we substituted every second sound signal by a light signal. The test person still thought that the sound was moving along the line of speakers at the same speed". Hence, there must be a processing stage in the brain treating visual and acoustical information as if it were one and the same. Kerstin Schill: "This is a result of evolution. When I come across an animal

in the jungle which roars at the same time, I need both types of information in order to react quickly. Or put more simply: Does this animal want to eat me – or can I eat it"?

The results gained from experiments of this kind refute the previously held wisdom that visual and acoustical stimuli tend to "merge" at a later stage. "The multisensory approach pursued in our research is still very young. It bases on probability theory, which states that knowledge becomes more certain the more uncertain sources are combined with one another", the professor explains. "Hence, a human can have a number of uncertain sensory cues which, when considered individually, are not sufficient for reaching the 'right' decision. Considered as a whole, though, they yield a relatively certain picture which indicates how to act".

Using a research platform that is unique in Europe, the scientists are presently investigating how the human brain constructs space. For several months now they have been working with a 2.8-meter-high Virtusphere ball. Inside this ball, test persons wander as if they were in a treadmill through spaces that only exists on the computer hard



**Mit der Spezialbrille durch virtuelle Welten: Die Virtusphere-Kugel in der Bremer Uni ist europaweit einzigartig.**  
*Special spectacles take you on journeys into virtual worlds: The Virtusphere ball at the University of Bremen is the only one of its kind in Europe.*

disk. They see this virtual environment on the displays of special spectacles. During these expeditions in cyber space, the distances covered and eye movements of the test persons are recorded. After being made familiar with their virtual environment, the test persons have to perform tasks. "Here, we are purposely creating situations which cannot occur in the real world. It's no problem to create such simulations on the computer", says Kerstin Schill. For example: the test persons move along pathways which at some point would actually have to cross – but they don't. "This contradiction goes completely unnoticed by many of the

persons taking part. For us it represents an important finding. This is because it was previously assumed that humans create a sort of 'map' in their brain when they enter upon unknown terrain. But that is clearly not the case". Her conclusion: the brain must have other ways of orientating – precisely what these are is what her research team hope to find out.

### Implementation into concrete applications

Indeed, most of the work carried out by the neuro-computer-scientists in the Collaborative Research Center "Spatial Cognition" and their colleagues in the various subprojects is first and foremost fundamental research. But some of their findings have already found their way into practical applications. For instance, currently they are engaged in a project together with enterprises in the printing industry in Saxony to develop a tool that examines the quality of printing results. "Very often today, people have to perform this function. Although automatic quality control systems do exist, these sometimes accept printing of a quality that is perfectly in order from a technical point of view but still somewhat irritating to the human eye", says Christoph Zetzsche. The task of the Bremen computer scientists is to lend the "mechanical eye" a more "humanized" view of things, i.e., to integrate an improved optical control in the production process.

The research group is also developing a "biologically inspired vision system" for accommodation being built for the elderly in a suburb of Bremen. This is within the context of a model project which is focused on prolonging self-determined living for the elderly. Among other things, optical sensor systems that recognize anomalies – a falling body, for instance, or a person who is unable to reach a button or a telephone – may enable old people to look after themselves longer on their own. "In front of the backdrop of a rapidly aging population, this aspect of research is concerned above all with enabling old people to live for a longer time within their own four walls. This will not be possible without assistance systems", says Kerstin Schill. "And these tools should naturally behave as 'humanly' as possible".



*Afshin Mehrsai im BIBA, dem Bremer Institut für Produktion und Logistik an der Universität Bremen – einem seiner Arbeitsplätze im Rahmen seines Aufenthaltes an der Internationalen Graduiertenschule für Dynamik in der Logistik.*

*Afshin Mehrsai in BIBA, an engineering research institute dealing with the issues of production and logistics systems at the University of Bremen – just one of the workstations during his stay at the Graduate School for Dynamics in Logistics.*

## Engineer's Career in a World which Has Become a Village

His father knew it long ago: "You will grow up to be an engineer or a pilot". For already as a small boy, Afshin Mehrsai was fascinated by everything to do with technology – and his father, a Professor of Medicine at the University of Tehran, did his best to foster this fascination. And today he really is an engineer. Currently he is researching at the University of Bremen, working on his doctoral dissertation at the International Graduate School for Dynamics in Logistics. Spurred on by his passion for technology after leaving school he enrolled as an undergraduate student of Industrial Engineering at University in Tehran. Then the young Iranian ventured farther afield – because, as he believes, via modern communication technology and ease of travel, the world has meanwhile become a village. "Nowadays you have to gather experience in different countries if you want to build a career", says the 29-year-old. "Especially in the field of engineering it is essential to have international contacts".

Consequently, immediately after taking his Bachelor exams he went about finding a way to advance his studies abroad. He was attracted to Canada and the USA but eventually his choice fell on Germany. He had been here once during his childhood in 1990, when his father spent three months as a visiting professor at the Hanover Medical School, taking little Afshin and his sister with him. "That was pretty difficult. Although we couldn't speak any German we had to attend a regular German school. After three months, though, we could get by quite well".

### Masters Studies in Berlin

His next visit to Germany took him first of all to Berlin, where he wrote his Masters thesis in the field of "Global Production Engineering" at the Technical University there. On this program he was in company with many fellow international students of like minds, aspiring engineers from several different countries. Some of the lecturers came from all over the world. It was not even absolutely necessary to speak German: "The courses were delivered in English, and everyday German was not so much a problem". He pursued his Masters with vigour: "I always like to get things done as early as possible. I actually finished the two-year Masters Program in just twelve months. This made it possible for me to extend the mandatory internship from two to nine months".

He spent about two months gaining work experience at the Fraunhofer Institute in Berlin, another seven months in Hanover at Contitech AG, a subsidiary of the tyre manufacturer Continental. After having only learnt basic German in Tehran before coming to Germany, he then got down to learning German seriously. His command of German was boosted enormously during the internship months and then in Bremen, where the University offers its international students excellent conditions to improve their German-language skills.

### International Graduate School as Ideal Continuation

He decided to continue his academic career at the University of Bremen because of the excellent offer here – it fitted perfectly in his career plans. He had researched many different doctoral programs on the Internet. Beside the multitude of offers at universities in other countries he came across the International Graduate School for Dynamics in Logistics, which was set up a few years ago by the Bremen Research Cluster for Dynamics in Logistics (LogDynamics). Part of the mission pursued by this structured doctoral program is to make doctoral studies in engineering more international – and they accomplish this via an offer of interdisciplinary research topics that is probably unique in the field of logistics. LogDynamics has taken several themes and bundled them together in an innovative program“, Afshin Mehrsai explains. His application was successful. He was also fortunate to be awarded a three-year scholarship from the Bremen Kieserling Foundation, which funds the scientific community and research focused on the transport economy and logistics.

Afshin Mehrsai's doctoral thesis deals with the feasibility of autonomous logistics processes, which is also the main focus in the LogDynamics research cluster. The concept behind this is to optimize and facilitate logistics processes. Experts believe it will eventually be possible that objects within logistics processes will be capable of autonomously reaching decisions about the best course to take – without any external interference whatsoever. “Whether this can be achieved in conventional logistics operations is quite another question – and that is what I am investigating“, says Mehrsai. His primary research method is simulation, in which “learning pallets“ play an important role.

At the end of 2011 when he has completed his doctorate, Afshin Mehrsai, who is also a keen sportsman, will probably leave Bremen again – even though he has come to appreciate its charm vis-à-vis large cities like Teheran or Berlin. Thanks to his excellent academic education, he will be able to find many opportunities on his journeys through the “global village“. “I still haven't quite made up my mind whether I will remain in academia or move to industry“. Wherever his career as an engineer may take him – his stay in Bremen will always occupy an important place in his memories and he will continue his cooperation with LogDynamics.



*Selbststeuernde Prozesse in der Logistik sind sein Forschungsthema: Afshin Mehrsai arbeitet unter anderem mit „lernenden Paletten“. His research revolves around autonomous logistics processes: Among other things, Afshin Mehrsai is working with “learning pallets“.*

## Ingenieurskarriere im Weltdorf

Sein Vater war schon früh überzeugt: „Du wirst Ingenieur oder Pilot“. Denn bereits von Kindesbeinen an interessierte sich Afshin Mehrsai für alles, was mit Technik zu tun hatte. Heute ist der Iraner tatsächlich Ingenieur. Derzeit forscht er an der Universität Bremen: In der Internationalen Graduiertenschule für Dynamik in der Logistik schreibt er an seiner Doktorarbeit.

Nach der Schulausbildung in Teheran und dem anschließenden Bachelor in „Industrial Engineering“ an der dortigen Universität zog es Afshin Mehrsai in die Welt hinaus, die zunehmend zu einem Dorf geworden ist. „Wenn man sich beruflich entwickeln möchte, braucht man heutzutage Auslandserfahrungen“, sagt der 29-Jährige. „Gerade in der Ingenieursbranche sind internationale Kontakte äußerst wichtig.“

Zunächst ging Afshin Mehrsai nach Berlin. Dort erwarb er an der Technischen Universität der Hauptstadt einen Mastertitel im Themengebiet „Global Production Engineering“. Zielstrebig zog er das Masterstudium durch: „Ich will immer alles sehr schnell schaffen. Die Kurse aus zwei Jahren hatte ich bereits nach zwölf Monaten absolviert. Dadurch konnte ich dann statt der vorgeschriebenen zwei Monate gleich neun Monate Praktikum machen.“ Rund zwei Monate davon absolvierte er in einem Berliner Fraunhofer-Institut, weitere sieben in Hannover bei der Contitech AG, einer Tochterfirma des Reifenherstellers Continental.

Dass er nun in der Bremer Uni seine wissenschaftliche Karriere fortsetzte, lag an dem guten Angebot der International Graduate School for Dynamics in Logistics, die der Bremer Forschungsverbund LogDynamics vor einigen Jahren eingerichtet hat. Ansatz dieses strukturierten Doktorandenprogramms ist es, die Ingenieurspromotion zu internationalisieren – und dies auf einem interdisziplinären Themengebiet, das vielleicht wie kein zweites dazu geeignet ist: der Logistik. Finanziell unterstützt wird er mit einem Stipendium für drei Jahre von der Bremer Kieserling-Stiftung, die Wissenschaft und Forschung mit dem inhaltlichen Schwerpunkt Verkehrswirtschaft und Logistik fördert.

In seiner Dissertation beschäftigt sich Afshin Mehrsai mit der Machbarkeit von autonomen logistischen Prozessen, an denen im Forschungsverbund LogDynamics gearbeitet wird. Die Idee dahinter ist, logistische Abläufe zu optimieren und erleichtern: Objekte innerhalb des Prozesses sollen eines Tages ohne Einflussnahme von außen selbst entscheiden, welches Verhalten das beste und sinnvollste ist. „Ob das tatsächlich in ganz normalen Betrieben umsetzbar ist, ist eine andere Frage – und der gehe ich nach“, sagt Mehrsai. Er arbeitet dazu sehr viel mit Simulationen im PC, bei denen unter anderem „lernende Paletten“ eine wichtige Rolle spielen.

# Immer komplexer – und trotzdem sicher

Moderne technische Systeme bestimmen heute unser Leben. Ob es um MP3-Player, Smartphones und tragbare Computer geht oder um leistungsfähige rechnergestützte Anwendungen in der Medizintechnik, in Automobilen oder bei der Lageregelung von Satelliten: „Innendrin“ verrichten hochkomplexe Computerchips und elektronische Schaltkreise rasend schnell ihre Arbeit. Diese Systeme, die noch vor wenigen Jahrzehnten große Räume ausfüllten, bestehen heute aus mehreren hundert Millionen Komponenten auf nur wenigen Quadratzentimetern. Sie sind so klein, dass man sie nur unter dem Mikroskop sehen kann. Analog zur Hardware verhält es sich auf der Software-Ebene: Millionen von Programmzeilen werden dort abgearbeitet, um das reibungslose Funktionieren von Produkten zu garantieren. Wie stellt man sicher, dass diese unglaublich vielschichtigen, komplizierten und in ihren „Einzelteilen“ unübersichtlichen Systeme tatsächlich fehlerfrei arbeiten? Wie testet man Produkte, die so viele Funktionen haben, dass die Wechselwirkungen untereinander eine unvorstellbare große Zahl ergeben? Mit Fragen dieser Art beschäftigen sich die Informatiker der Arbeitsgruppe Rechnerarchitektur an der Universität Bremen – und sie entwickeln auch die richtigen Antworten dazu.

Mit einem Handy konnte man früher nur telefonieren. Mit den weiterentwickelten Smartphones kann man mittlerweile auch ins Internet gehen, E-Mails schreiben, fotografieren, Kalenderfunktionen nutzen, es als Diktiergerät einsetzen, Spiele spielen und vieles mehr. Im Auto wartet heute ein System vor zu geringem Abstand zum Vordermann, andere schalten bei den ersten Regentropfen automatisch den Scheibenwischer an, funken den Luftdruck des Reifens in den Innenraum und helfen beim Einparken. „Diese ‚eingebetteten Systeme‘, die in größeren Anwendungen wie dem Mobiltelefon, dem Auto oder dem Geldautomaten ‚versteckt‘ sind, bestehen aus modernen Mikroprozessoren – und die enthalten bereits bis zu drei Milliarden Komponenten“, sagt Professor Rolf Drechsler, Leiter der Arbeitsgruppe Rechnerarchitektur. „Das Komplexeste, mit dem ein normaler Mensch zu tun hat, ist ein Puzzle mit 1.000 Teilen. Wir reden hier über das Zusammensetzen von mehr als einer Million dieser Puzzles – gleichzeitig.“

## Sicherheitsanwendungen müssen funktionieren

Schief gehen darf bei diesen Anwendungen nichts, vor allem dann nicht, wenn es um die Sicherheit geht. „Wenn der Geldautomat streikt, ist das ärgerlich. Wenn der Airbag nicht auslöst, ist das lebensgefährlich“, sagt Rolf Drechsler. Doch wie testet man derart komplexe Systeme? „Die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten aller Hard- und Software-Komponenten übersteigt heute das Maß des Vorstellbaren“, erläutert der Informatiker. „Aber nur stichprobenartig zu testen, geht auch nicht – dazu ist die Gefahr zu groß, dass ich mit diesen Stichproben haarscharf danebenliege.“ Mit einem einfachen Beispiel verdeutlicht er, wie die Zahl der Möglichkeiten zunimmt: „Für eine Ampel im Straßenverkehr mit den drei Signalfarben rot, gelb, grün ergeben sich vier mögliche Signalisierungszustände: rot, rot-gelb, gelb, grün. Betrachtet man nun eine Kreuzung mit fünf Ampeln, dann gibt es insgesamt  $4^5 = 1.024$  mögliche Kombinationen, wobei alle Ampeln auf Grün gefährlich sind. In der Digitaltechnik gibt es nur zwei Schaltzustände – Eins und Null. Aber bei mehreren hunderttausend Komponenten, die miteinander agieren, kommen wir auf  $2^{100000}$  Schaltzustände – und damit auf eine Zahl, die größer ist als die Anzahl aller Atome im Universum.“

Alle Kombinationen zu testen, ist also unmöglich. „Und trotzdem müssen die



*Sicherheit von Anfang an: Die Arbeitsgruppe Rechnerarchitektur kann schon erste Entwürfe hochkomplexer Systeme auf ihre spätere Funktionalität überprüfen.  
Safe from the start: The Group Computer Architecture is able to test whether highly complex systems are reliably functional already in their design stage.*

# More and More Complex – But Still Safe

Today, modern technological systems are all around us. This goes for MP3 players, smart phones and portable computers – as well as sophisticated computer-aided applications in medical technology, automobiles, and the attitude control of satellites: “deep inside” you will find highly complex computer chips and electronic circuits performing functions at the speed of light. Nowadays, such systems – which until just a few years ago would have taken up vast amounts of room – comprise several hundred million components condensed onto the space of just a few square centimetres. They are so small that we can only see them under the microscope. The development of software is similar to that of hardware: here, millions of lines of code have to be processed in order to guarantee that products function smoothly. How can we be sure that all parts of these incredibly complex and complicated systems continue to function correctly? How is it possible to test products with such inconceivably large combinations of different interactions? Questions like these occupy the computer scientists working in the Group of Computer Architecture at the University of Bremen – and they are really good at coming up with the right answers.

Previously, a mobile phone was just for making and receiving telephone calls. Meanwhile, the more advanced smartphones make it possible to surf the Internet, write e-mails, take photographs and play computer games; they can be used as electronic calendars and even as dictaphones, just to name a few of the functions available. Electronic systems in our automobiles warn us when there is too little distance to the vehicle in front; others switch on the windscreen wipers automatically at the first drops of rain, transmit data on tyre pressures to the dashboard and help us when we are parking. “The ‘embedded systems’ which are ‘hidden’ in important everyday applications like mobile phones, cars and cash dispensers depend on modern microprocessors containing up to three billion different components”, says Professor Rolf Drechsler, head of the Group of Computer Architecture. “The most complex thing a normal person has to cope with is perhaps a jigsaw puzzle with a thousand pieces or so. Here, we are talking about combinations comprising more than a million such puzzles – simultaneously”.

## Safety equipment has to function faultlessly

Everything has to function smoothly – especially when safety is at stake. “It can be irritating when a cash dispenser is out of order: but when an airbag fails to function it can be disastrous and even cost life”, says Rolf Drechsler. So how are these complex systems put to the test before going into the products we buy? “Today, the sheer number of interaction possibilities attached to all the hardware and software components transcends all bounds of the imaginable”, the computer scientist explains. “But simply to make tests on a random basis is not an option – the danger is too great that something might be missed.” By use of a simple example he illustrates how the number of possibilities is growing: “A set of traffic lights with three colours – red, amber and green – results in four different signal states: red, red-amber, amber, green. Take a road junction with five sets of lights and you now have a total of  $4^5 = 1,024$  possible combinations: if all lights turn to green you have a dangerous situation. In digital technology there are only two switching states – one and zero. However, now take several hundred thousand components interacting with one another and you get  $2^{100000}$  switching states – and that equates to a number greater than that of all the atoms in the universe.”



*Systeme, die noch vor wenigen Jahrzehnten große Räume ausfüllten, bestehen heute aus mehreren hundert Millionen Komponenten auf nur wenigen Quadratzentimetern. Systems which only a few years ago would have taken up vast amounts of room nowadays comprise several hundred million components condensed onto the space of just a few square centimetres.*



*Auch die Bahnsteuerung ist ein hochkomplexes System – und auch für diesen Bereich entwickelt die Arbeitsgruppe Rechnerarchitektur Sicherheitslösungen. Rail traffic control is an example of a highly complex system for which the Group Computer Architecture has developed safety testing solutions.*

Systeme, die gebaut werden, am Ende wie gewünscht funktionieren. Das sicherzustellen, zählt zu unseren Aufgaben“, verdeutlicht Dr. Daniel Große, einer der 20 Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Rechnerarchitektur. In vielen Drittmittelprojekten – finanziert von Industriefirmen ebenso wie von öffentlichen Auftraggebern – hat die Gruppe in den vergangenen Jahren sowohl bei der Grundlagenforschung als auch mit praktischen Lösungen erheblich dazu beigetragen, das Problem der Sicherheit komplexer Systeme in den Griff zu bekommen. „Wir haben dazu Programme geschrieben, die auf einem abstrakten Niveau das funktionale Verhalten hochkomplexer Systeme modellieren“, erläutert Große. „Auf das einfache Beispiel der Ampelschaltung bezogen hieße das, dass wir die Schaltung der fünf Ampeln simulieren. Mit mathematischen Methoden weisen wir dabei nach, dass die Ampeln nicht alle gleichzeitig grün zeigen können.“ Bei ihrer Arbeit konzentrieren sich die Wissenschaftler auf die für die jeweilige Anwendung wirklich wichtigen Bestandteile des Systems – „wenn mein Fuß schmerzt, untersuche ich ja auch nicht die Augen“, verdeutlicht Daniel Große.

Im Laufe der Zeit hat die Arbeitsgruppe solide mathematische Werkzeuge entwickelt, mit denen sehr viele für die Praxis relevante Probleme gelöst werden können. Dazu müs-

sen die Mitarbeiter einerseits sehr sicher mit Formeln umgehen können, andererseits aber auch das Implementieren dieser mathematischen Lösungen in konkrete Anwendungen exzellent beherrschen. Nach der Einbindung der Programme erbringen diese auf der elektrotechnisch-physikalischen Ebene die Beweise für die Sicherheit der Anwendung. Bei der zunehmenden Komplexität dieser Anwendungen stellt sich darüber hinaus auch die Frage der Wiederverwendung erfolgreich getesteter Schaltkreise und Systeme. „Was einmal als hundertprozentig sicher funktionierend nachgewiesen wurde, muss nicht wieder und wieder getestet werden“, sagt Rolf Drechsler. „Dieser sogenannte ‚verification re-use‘ könnte die Entwicklung zukünftiger noch komplexerer Systeme etwas vereinfachen.“

#### **Fehler schon im Systementwurf finden**

Damit spricht der Arbeitsgruppen-Leiter einen weiteren Schwerpunkt seiner Gruppe an. Neben dem Testen existierender Systeme widmet man sich zusätzlich bereits in der Entwurfsphase der Überprüfung des korrekten Funktionierens. „Jede neue Idee einer technologischen Entwicklung wird zunächst in menschlicher Sprache niedergeschrieben und dann in eine Programmiersprache ‚übersetzt‘“, erläutert Drechsler. „Diese technischen Spezifikationen können schnell

mehrere hundert Seiten haben – und niemand merkt zunächst, dass sich die Zielsetzungen von Seite 114 und Seite 219 widersprechen.“ Die Fehler bereits im Entwurf zu finden – bevor es zum konkreten Bau eines neuen Systems kommt – ist ebenfalls ein Ansatz der Arbeitsgruppe, mit dem man sehr erfolgreich agiert. Besonders bei Hardware-Entwicklungen ist dies wichtig: „Software kann man noch durch ein Update reparieren. Bei Hardware-Versagen hingegen drohen teure Rückrufaktionen“, so Drechsler.

Mittlerweile wird die Arbeitsgruppe Rechnerarchitektur über die Grenzen Deutschlands hinaus wahrgenommen. Weltweit zählt sie zu einer der führenden Forschungsgruppen in ihrem Bereich. Vom hart erarbeiteten Renommee zeugt auch eine ganze Reihe von Preisen und Anerkennungen, die die Gruppe zuletzt bekommen hat. So wurde dem AG-„Chef“ Rolf Drechsler ein mit 1,25 Millionen Euro dotiertes Reinhart-Koselleck-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zugesprochen. In diesem kann er fünf Jahre lang die Methoden verfeinern, die die Korrektheit von Schaltkreis- und Systementwürfen in eingebetteten Systemen nachweisen. Dr. Görschwin Fey wiederum wird mit der Aufnahme in das Emmy-Noether-Programm der DFG der Aufbau einer eigenen Nachwuchsgruppe ermöglicht. Fey beschäftigt sich bei seinen Forschungen mit der Automatisierung der Fehlersuche bei modernen Computerchips. Die Doktorarbeit von Stephan Eggersgluß wurde auf der International Test Conference in Austin, Texas (USA) als weltbeste Arbeit auf diesem Gebiet ausgezeichnet; mit seiner Dissertation hat er das Testen von Computerchips während der Fertigung deutlich verbessert. Matthias Soeken wiederum entwickelte in seiner Doktorarbeit ein vollautomatisches Verfahren, das „auf Knopfdruck“ die Widersprüche in bestimmten Systementwürfen aufzeigt. Dafür wurde er im japanischen Yokohama mit einem Nachwuchspreis geehrt.



**Universität Bremen**  
**Arbeitsgruppe Rechnerarchitektur**  
**Prof. Dr. Rolf Drechsler**  
**Tel. (+49) 0421 / 218-63932**  
**E-Mail: drechsler@informatik.uni-bremen.de**  
**www.informatik.uni-bremen.de/agra**

It is therefore clearly not possible to test all possible combinations. "And yet, all embedded systems must perform the function they are built for. Part of our job is to ensure that this is the case", says Dr. Daniel Große, one of the 20 members of the Group of Computer Architecture. Over the past few years and the course of several externally funded projects – financed by private enterprises as well as public contractors – the group has made important contributions to improving the safety and reliability of complex systems. "We have written programmes which model the functional behaviour of highly complex systems", Große explains. "Returning to the simple example of the traffic lights, this means that we simulate the changing of the lights. We then use mathematical methods to make sure that the lights do not all change to green at the same time". In the course of their work the researchers try to concentrate on those parts of a system which are most important for the respective application. As Daniel Große puts it: "when my foot hurts I don't need to have my eyes examined".

Meanwhile, the research group has developed robust mathematical tools by means of which a large number of problems encountered in practice can be resolved. In order to accomplish this, the researchers must be competent in dealing with formulas; on the other hand, they must also be capable of implementing mathematical solutions in concrete applications. Once the programmes have been integrated they ensure the safety of the application on the electronic-physical level. In view of the increasing complexity of such applications it seems logical to consider the reuse of successfully tested electronic circuits and systems. "Something

which has proven to function one hundred percent correct doesn't have to be tested over and over again", says Rolf Drechsler. "Verification reuse", as it is called, could possibly simplify the development of even more complex systems in the future".

#### Early discovery of errors during the system design phase

Here, the head of the research group addresses another focal point of his group's research. Besides the testing of existing systems, the team also pays a lot of attention to checking for correct functioning during the design phase. "Every new technological development is first written down in the human language before being 'translated' into a programme language", explains Drechsler. "These technical specifications can easily run to several hundred pages – and nobody notices at first that the aims described on page 114 and page 219 might be contradictory". Already discovering errors during the design phase – before it comes to the manufacture of a new system – is another area in which the research group is highly successful. This is especially important in the case of hardware development. As Drechsler points out: "Software can always be repaired via an update. An error in hardware, though, can lead to costly recalls".

In the meantime the Group of Computer Architecture has achieved international acclaim and it counts as one of the leading research groups in its field. A number of prizes and awards provide ample illustration of its well-deserved

renew. For example, the research group's head, Rolf Drechsler, was recently granted a Reinhart-Koselleck project funded by the German Research Society [Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)] in an amount of € 1.25 million. This project will enable him to refine methods for testing the correctness of electronic circuits and system designs in embedded systems for a period of five years. Other examples: within the context of the DFG's Emmy Noether Programme, Dr. Görschwin Fey is being funded to set up his own junior research group. Fey is researching ways of automatic debugging in modern computer chips. At the International Test Conference in Austin, Texas (USA) the doctoral dissertation submitted by Stephan Eggersgluß was acclaimed a world best in the field; his dissertation has enabled a significant improvement in the testing of computer chips during manufacture. In another doctoral dissertation, Matthias Soeken developed a fully automatic process that reveals contradictions in certain system designs "at the push of a button", for which he was awarded a junior researcher prize in Yokohama, Japan.

*Moderne tragbare Geräte können heute fast alles. Damit die vielfältigen Anwendungen sowohl miteinander als auch systemübergreifend funktionieren, sind umfassende Test erforderlich. Wissenschaftler der Uni Bremen entwickeln die Werkzeuge dafür. Today's modern mobile devices are capable of almost everything.*

*Comprehensive testing is necessary in order to ensure that their manifold applications function smoothly, both internally as well as across system boundaries. Researchers at the University of Bremen are developing the requisite tools.*



# IT-Assist

## Computer helfen Demenzkranken

**Ein zukunftsweisendes Pilotprojekt mit dem Namen IT-Assist hat die Bremer Heimstiftung jetzt gemeinsam mit dem Technologie-Zentrum Informatik und Informationstechnik (TZI) der Universität Bremen in der Stiftungsresidenz St. Ilsabeen umgesetzt. Erstmals wurden dabei gemeinsam mit Bewohnerinnen und Bewohnern Computer und Programme ausprobiert, die speziell für ältere und an Demenz erkrankte Menschen entwickelt wurden.**

Noch ist es ungewöhnlich, doch vielleicht gehören diese Bilder schon bald zum Alltag: In der Wohnküche der Stiftungsresidenz St. Ilsabeen steht ein Laptop. Auf dem Bildschirm ist das Gesicht einer Frau zu sehen. Vor dem Laptop sitzt Luise Otte, Bewohnerin des Hauses. Sie plaudert angeregt mit ihrer Betreuerin am anderen Ende der Leitung. „Es ist schön, den anderen zu sehen – als säßen wir hier zusammen“, sagt Luise Otte. Einige Zimmer weiter dient der tragbare Computer dazu, sich Fotos anzusehen. Der 102-jährige Johann Dohrmann nutzt die Technik, um in seinem virtuellen Familienalbum zu blättern. Enkel, Kinder, die Ehefrau und Familienfeiern wechseln sich auf dem Bildschirm ab. Per Knopfdruck

verschwindet das eine, dafür erscheint das nächste Motiv.

### Informationstechnologien in der Altenhilfe

Hintergrund dieser Szenen ist das Projekt IT-Assist, das die Bremer Heimstiftung gemeinsam mit dem Uni-Institut und der Rehavista GmbH umgesetzt hat. Computer und Programme sind dabei speziell für ältere und demente Menschen entwickelt. Sie haben eine vereinfachte, vergrößerte Bildschirmdarstellung mit bildhaften Symbolen. Ein Klick auf einen breiten, auch von zittrigen Händen zu bedienenden Button ermöglicht es den Benutzern unter anderem, Fotobücher anzuschauen, Spiele zu spielen oder individuell das Gedächtnis zu trainieren.

Damit nicht genug: Über eine Kamera ist es möglich, sich via Bildtelefon mit Angehörigen weltweit auszutauschen. „IT-Assist hat zwei Ziele: Zum einen dem Gehirn von älteren Menschen über Computerangebote neue Aufgaben und Anregungen zu bieten, zum anderen ihre sozialen Kontakte aufrechtzuerhalten. Viele Ältere sind nicht mehr in der Lage, Angehörige und Freunde zu besuchen. Über das sogenannte Skypen haben sie nun die Möglichkeit, das Familienleben weiter zu verfolgen. Der Computer holt die Welt ‚draußen‘ für sie in die Einrichtung“, erklärt Professor Michael Lawo vom TZI.

Lawo hat mit seinem Institut das vorbereitet, was in einem Praxistest durchgeführt

wurde: 20 Schülerinnen und Schüler aus der Schule für Altenpflege der Bremer Heimstiftung standen den Bewohnern auch bei der Auseinandersetzung mit dem Computer zur Seite. Sie hatten sich vorher über die Bewohnerinnen und Bewohner informiert und mit deren Angehörigen gesprochen. So genannte „Schatzkästchen“ halten nun Wissenswertes zu Beruf, Lebenslauf, Familie, Vorlieben oder Abneigungen der Senioren bereit. Mit diesen Informationen wurde das Computerprogramm auf jeden interessierten Bewohner zugeschnitten.

### „Da ist plötzlich wieder Lebensfreude“

Johann Dohrmann nutzt den Laptop mittlerweile fast täglich. „Ich schaue mir am liebsten die Bilder an, die ich Ewigkeiten nicht mehr gesehen habe. So groß auf dem Bildschirm entdecke ich immer wieder Neues auf ihnen, das ist schön“, so der 102-Jährige. Neben ihm sitzt die 21-jährige Pflegeschülerin Melanie Rehberg, die sich von vergangenen Zeiten erzählen lässt: „Die Beschäftigung am Computer tut Herrn Dohrmann gut. Da ist plötzlich wieder Lebensfreude.“

Auf lange Sicht soll die Technik in allen 25 Einrichtungen der Bremer Heimstiftung Einzug halten. Die Institution will so den Mehrwert, den die Technik auch älteren Menschen bieten kann, allen interessierten Bewohnern zur Verfügung stellen.

*Gisela Gerads spielt begeistert mit Pflegeschüler Waldemar Geng am Laptop. Ihre Reaktionen sind bereits schneller geworden.*

*Gisela Gerads enjoying a game on the laptop with rest-home trainee Waldemar Geng. She is already beginning to get faster with her reactions.*





*Johann Dohrmann schaut sich mit Melanie Rehberg sein Fotoalbum an. Dabei erinnert er sich immer wieder gern an früher. Johann Dohrmann and Melanie Rehberg browsing through his photo album. It always awakens fond memories.*

## Computers Help Dementia Patients

**The rest home organization Bremer Heimstiftung has begun a promising pilot project entitled IT-Assist in the St. Ilsabeen rest home. The project is being run in collaboration with the Technology Center for Computational Science (TZI) at the University of Bremen. This unique cooperation has been formed to enlist residents of the home to try out computers and programmes specially designed for older people and dementia patients.**

It is still a novelty; but maybe one day pictures like these will be quite commonplace. In the kitchen-cum-living room in the rest home you can find a laptop – on the screen a woman’s face. Sitting in front of the laptop is Luise Otte, a resident of the home. She is talking excitedly with her carer at the other end of the line. “It’s nice to see the other person – just as if we were sitting here together“, says Luise Otte. A few rooms farther on a portable computer is being used to browse through photos. 102-year-old Johann Dohrmann is scrolling through his family

album. Photos of grandchildren, children, his wife and family get-togethers come and go on the screen, the motifs change at the touch of a button.

### Information technologies in care of the aged

Behind all this a project called IT-Assist that the Bremer Heimstiftung is implementing together with the University institute and the company Rehavista GmbH. Computes and programmes used for the project have been specially developed with old people and dementia patients in mind. One feature is the simplified enlarged screen layout with easy-to-read icons. A click on a large button which can be performed even by a shaky hand enables the user to browse through photo albums, play games, or engage in individual memory training.

But that’s not all: a camera makes it possible to talk via video telephone with relatives, no matter where they may be. “IT-Assist pursues two goals: on the one hand, to train old people’s brain by means of new computer-aided activities, and on the other, to help people stay in touch and maintain social contacts. Many older people are no longer fit enough to travel and visit relatives and friends. Via so-called Skyping they are now able to join in and be part of family life. The computer fetches the world outside into the rest home“, explains Professor Michael Lawo from the TZI.

### Old and young together at the computer

Lawo and his team at the institute based their work on the results of a practical trial: 20 trainees at the school for care workers run by the Bremer Heimstiftung helped the home residents learn how to use the computers. They had already spoken with the residents and their relatives beforehand and compiled what they call “little treasure chests” of information on past careers, life course, family and general tastes and preferences. The computer programmes were adapted to fit in with the information provided by those interested.

Meanwhile, Johann Dohrmann uses the laptop almost every day. “What I like best is looking at photos I haven’t seen for ages. They are so big on the screen and I am constantly finding new things in them; that’s lovely“, says the 102-year-old. Sitting next to him is 21-year-old rest-home trainee Melanie Rehberg, who listens to him talking of the past: “Working with the computer does Mr Dohrmann good. You can see how he brightens up.“

It is planned that these computers will eventually be introduced in all 25 rest homes within the organization of the Bremer Heimstiftung. The institution intends to make the added-value that technology generates for older people available to all those interested.

# Auf der Suche nach Leben



*Sedimente aus dem tiefen Ozeanboden. Lange Zeit wurde angenommen, dass es dort kein Leben gibt – das Gegenteil ist der Fall.*

*Sediment core samples taken from the ocean bed. It was always assumed that life would not be possible in such an environment – but the opposite is true.*

**Es gibt auf der Erde keine unbekannt Gebiete mehr – solange man an Land bleibt. Doch 71 Prozent der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt. Über die Zustände am und im Meeresboden gibt es nur sehr wenige Erkenntnisse. Je tiefer man taucht und anschließend auch noch bohrt, desto lebensfeindlicher wird die Umgebung: Extremer Druck, große Energiearmut und oftmals hohe Temperaturen machten es lange unvorstellbar, dass es auf und im tiefen Meeresboden überhaupt Leben gibt. Doch auch viele tausend Meter unter der Wasseroberfläche tut sich etwas. In Sedimenten des Ozeanbodens finden sich beispielsweise Archaeen: Einzellige Mikroorganismen, die unter besonders extremen Bedingungen existieren können. Am Zentrum für Marine Umweltwissenschaften (MARUM) der Universität Bremen erforscht die Arbeitsgruppe Organische Geochemie unter Leitung von Professor Kai-Uwe Hinrichs, welchen Einfluss die Mikroorganismen in dieser tiefen Biosphäre auf den Kohlenstoffkreislauf der Erde haben.**

Im Ökosystem Erde ist der Kohlenstoffkreislauf eine der grundlegenden Triebkräfte. In diesem Kreislauf tauscht die Natur zwischen ihren Untersystemen Atmosphäre, Landvegetation und Ozean ständig Kohlenstoff in unterschiedlichen Formen aus. Der größte Kohlenstoff-Speicher sind dabei die Sedimente und die Erdkruste. Dort sind mehr als 99 Prozent des gesamten Vorkommens auf unserem Planeten gebunden. Trotz seiner Größe spielte dieser riesige Kohlenstoff-Vorrat für die Lebewelt der Erde nach Ansicht von Forschern lange Zeit nur eine geringe Rolle. Das änderte sich jedoch mit der Entdeckung der tiefen Biosphäre.

Die Wechselwirkungen in dem beschriebenen Kohlenstoffkreislauf sind hochkomplex. Eine unvorstellbar große Zahl von Makro- und Mikroorganismen agieren dabei auf unzähligen Ebenen miteinander. Erforscht und verstanden sind diese Mechanismen noch lange nicht – schon gar nicht, was die Bedeutung der Mikroorganismen im tiefen Meeresboden und ihr Zusammenspiel mit den Vorgängen an der Erdoberfläche angeht. Genau an diesem Punkt setzt die Arbeitsgruppe der Biogeochemiker um Kai-Uwe Hinrichs an.

## **Im Ozeanboden dominieren die Archaeen**

Noch vor 30 Jahren waren sich die meisten Wissenschaftler einig, dass es aufgrund der extremen Bedingungen kein Leben in der tiefen Biosphäre geben kann. Erst Expeditionen des internationalen Ozeanbohrprogramms ODP (Ocean Drilling Programm) wiesen nach, dass auch dort Leben existiert. Mittlerweile sind sogar bis in einer Tiefe von 1,7 Kilometern unter dem Meeresboden Mikroorganismen nachgewiesen worden. „Lange Zeit hat man dann angenommen, dass Bakterien den Lebensraum im Ozeanboden beherrschen“, sagt Kai-Uwe Hinrichs. „Dank unserer Forschungen nehmen wir heute aber an, dass der überwiegende Teil der dort lebenden Zellen Archaeen sind.“ Generell werden alle zellulären Lebewesen auf der Erde in drei Domänen eingeteilt: Archaeen, Bakterien und Eukaryoten.

# The Search for Life

There is nothing left to discover on Earth – provided you stay on land, that is. Seventy-one percent of the Earth’s surface, though, is covered by water. We still only know very little about conditions on the seabed and within the sub-seafloor. The deeper you dive down into the depths – let alone drill into the seabed -- the more hostile to life the environment becomes: Extreme pressure, severe energy poverty and the often high temperatures made it unimaginable that life should be possible on or even in the seabed. Surprisingly, though,

thousands of meters under the surface quite a lot is going on. In the sediments of the ocean floor scientists have, for instance, found archaea: Unicellular micro-organisms capable of existing under the most extreme conditions. At the University of Bremen’s Center for Marine Environmental Sciences (MARUM) the Organic Geochemistry Research Group under the leadership of Professor Kai-Uwe Hinrichs is investigating the impact microorganisms in this deep biosphere have on the Earth’s carbon cycle.

The carbon cycle is one of the driving forces behind the Earth’s ecosystem. As part of this cycle nature is constantly exchanging different forms of carbon between its subsystems, that is, the atmosphere, terrestrial vegetation, and the oceans. In this process the most prominent carbon sinks are the sediments and the Earth’s crust. This is where more than 99 percent of our planet’s total carbon stores are bound. Regardless of its size, researchers for a long time held the belief that this enormous carbon supply was of only little importance to life on Earth. This, however, changed with the discovery of the deep sub-seafloor biosphere.

micro-organisms interact with each other on countless levels. The mechanisms by which these interactions take place have not yet been fully investigated or understood – especially not regarding the importance of those micro-organisms deep within the seabed and their impact on processes at the Earth’s surface. This is where the research group of biogeochemists led by Kai-Uwe Hinrichs comes into the picture.

Interactions within the described carbon cycle are extremely complex. An inconceivably high number of both macro- and

## Archaea rule the ocean’s subsurface

As recently as 30 years ago, most researchers were united in the belief that the prevalent extreme conditions would not allow for life in the deep biosphere. It was only when expeditions by the

*Arbeit auf dem  
Forschungsschiff:  
Kai-Uwe Hinrichs  
(rechts) entnimmt aus  
soeben gezogenen  
Bohrkernen Proben  
für erste Untersu-  
chungen.*

*Work on board the  
research vessel: Kai-  
Uwe Hinrichs (right)  
taking samples from a  
freshly obtained drill  
core.*





Eine wichtige Entdeckung auf diesem Gebiet machte Hinrichs noch an seiner vorherigen Forschungsstätte, der renommierten Woods Hole Oceanographic Institution (Massachusetts, USA), an die er nach seiner Promotion gewechselt war. Dort entdeckte er in Sedimenten, die aus dem Meeresboden vor der kalifornischen Küste stammten, aktive Mikroorganismen – nämlich Archaeen, die in einer sauerstofffreien Umgebung Methan abbauten. „Mikrobiologen hatten immer angenommen, dass es diesen Prozess so gar nicht geben kann. Die Entdeckung von Archaeen, die genau diesen Stoffwechselprozess beherrschen, war damals eine echte Überraschung.“ Methan ist ein wichtiges Treibhausgas. Aber nicht nur deswegen ist der Einfluss der Mikroorganismen aus der tiefen Biosphäre auf das Gesamtklima von Interesse: „Wir wissen noch extrem wenig darüber und wollen nun Licht ins Dunkel bringen. Wir wollen verstehen, was dort unten genau passiert – und welche Rolle Methan im Gesamtzusammenhang spielt. Aber im Prinzip spielt die tiefe Biosphäre auch eine wichtige Rolle für die fossilen Energiereserven im tiefen Untergrund.“

Seit neun Jahren arbeitet Kai-Uwe Hinrichs mittlerweile am Zentrum für Marine Umweltwissenschaften (MARUM). Mit seiner dort aufgebauten Arbeitsgruppe erforscht er seither genau diese Fragestellungen. Wie können die Archaeen unter den extremen Lebensbedingungen existieren? Woher bekommen sie Energie und Nährstoffe? Welchen Einfluss haben Sie auf unser Ökosystem? „Die Prozesse, die dort ablaufen, vollziehen sich wegen der besonderen Bedingungen sehr, sehr langsam“, erläutert Hinrichs. „Die Mikroorganismen ernähren sich wahrscheinlich von schwer zersetzbarem organischen

Material.“ Das Leben kommt in der tiefen Biosphäre trotz ihrer enormen Größe nur in sehr geringer Konzentration vor.

Deshalb müssen Hinrichs und sein Team eine Art Detektivarbeit leisten. Weil bewährte geochemische oder mikrobiologische Untersuchungsmethoden bei dieser Arbeit nur bedingt funktionieren, haben die Bremer Wissenschaftler neue chemische Werkzeuge entwickelt. So werden mit Massenspektrometern die Isotopenverhältnisse innerhalb von Molekülen überprüft, die entweder Teile der Organismen sind oder zu ihren Ausscheidungsprodukten zählen: „Damit erfahren wir etwas über die Nahrungskette der Mikroorganismen“, erläutert Kai-Uwe Hinrichs. An anderer Stelle werden sogenannte Membranzymoleküle eingesetzt. Sie können als eine Art „Biomarker“ aktive Mikroorganismen in Sedimenten kennzeichnen. „Unser generelles Ziel ist, die ‚chemischen Fingerabdrücke des Lebens‘ in der tiefen Biosphäre zu finden und dann herauszubekommen, wie diese gebildet wurden und welche Auswirkungen die tiefe Biosphäre auf das Gesamtsystem hat. Immerhin handelt es sich um Ablagerungen, die viele Millionen Jahre alt sind. Die Ablagerungen können uns einiges verraten – wir müssen es nur entschlüsseln.“

Um die Arbeit des Forscherteams anschaulich zu machen, hat Hinrichs ein Beispiel aus einem ganz anderen Bereich parat: „Wenn wir auf dem Mars nach Leben fahnden würden, würden wir auch tief unter der Oberfläche suchen – und dann ebenfalls nach einfachen Mikroben“, so der Hochschullehrer. Viele der in Bremen entwickelten und eingesetzten Methoden wären auch für eine solche Aufgabe ideal: „Wir haben hier eine leistungsfähige Ultraspre-

analytik aufgebaut, die es weltweit so nur sehr selten gibt.“

### **Hohe Auszeichnungen für Forschungstätigkeit**

Mit der Arbeit an der Schnittstelle von Mikrobiologie, analytischer Chemie und Geowissenschaften und den bemerkenswerten Ergebnissen haben Kai-Uwe Hinrichs und seine Arbeitsgruppe zuletzt viel Aufmerksamkeit in der Wissenschaftszene erlangt. Nicht von ungefähr erhielt Hinrichs Anfang 2010 vom Europäischen Forschungsrat (European Research Council, ERC) den „ERC Advanced Grant“ – eine Projektförderung in Höhe von 2,9 Millionen Euro. Mit dieser Zuwendung kann er fünf Jahre lang das Vorhaben DARCLIFE (Deep subsurface archaea: carbon cycle, life strategies, and role in sedimentary ecosystems) vorantreiben, das sich den oben beschriebenen Fragestellungen widmet. Krönung der bisherigen wissenschaftlichen Arbeit war im Frühjahr 2011 die Vergabe des Leibniz-Preises der Deutschen Forschungsgemeinschaft an Kai-Uwe Hinrichs. Die Auszeichnung ist mit 2,5 Millionen Euro verbunden, was den Preis zum international höchstdotierten wissenschaftlichen Förderpreis macht. Das Geld soll Forschern mit besonders bedeutsamen Ansätzen einerseits mehr Freiheit und Flexibilität bei ihrer Arbeit ermöglichen und andererseits der Nachwuchsförderung dienen. Dies gilt sowohl für Hinrichs selbst als auch für seine internationale Arbeitsgruppe. In ihr arbeiten rund 30 Masterstudenten, Doktoranden und Postdocs aus acht Ländern an der Aufgabe, weitere Geheimnisse der Erde zu enträtseln.

Foto links: Kai-Uwe Hinrichs (links) vor dem Tauchroboter QUEST. Das Gerät kann bis zu 4.000 Meter tief tauchen und bis zu 250 Kilogramm Proben vom Meeresboden mitbringen.

Photo left: Kai-Uwe Hinrichs (left) in front of the deep-sea QUEST dive robot. The device can dive to depths of 4,000 metres and collect up to 250 kilograms of samples from the ocean floor.



Prof. Dr. Kai-Uwe Hinrichs  
Arbeitsgruppe Organische Geochemie  
Zentrum für Marine Umweltwissenschaften  
der Universität Bremen (MARUM)  
Tel. (+49) 0421 / 218-65700  
khinrichs@uni-bremen.de  
www.marum.de/HinrichsLab\_Home.html

international Ocean Drilling Program (ODP) took place that it was proven that life could thrive there too. Since then evidence has even been found of micro-organisms living at a depth of up to 1.7 kilometres beneath the surface of the seabed. “For a long time the assumption was that bacteria dominated the ocean’s subsurface habitat”, says Kai-Uwe Hinrichs. “Thanks to our research, we today believe that the great majority of living cells that exist there are archaea.” Generally all the living cellular organisms of the world are divided into three domains: the archaea, bacteria, and eukaryotes.

Hinrichs made an important discovery in this field while he was still working at his previous research centre, the renowned Woods Hole Oceanographic Institution (Massachusetts, USA), to which he had moved after his PhD. Whilst examining sediments taken from the seabed off the Californian coast, he discovered active microorganisms – specifically archaea, which were able to break down methane in an oxygen-free environment. “Microbiologists had always assumed that this process couldn’t possibly exist. The discovery of archaea, which make use of this kind of metabolism, was a real surprise at the time.” Methane is an important greenhouse gas. But that isn’t the only reason why the impact of microorganisms from the deep biosphere affects the global climate: “We still know very little about the matter and want to shed some light onto it. We want to understand what exactly is going on down there – and which role methane plays in the greater picture. However, in theory the deep biosphere also plays an important role for fossil fuel reserves in the deep subsurface.”

Kai-Uwe Hinrichs has been working at MARUM for nine years now. Together with the research team he has assembled here, he has ever since been examining precisely this question. How can archaea survive under such extreme conditions? How do they obtain energy and nutrients? What is their impact on surface habitats? “Due to the exceptional conditions, the processes that occur here can only take place at a very, very slow pace”, Hinrichs explains. “These microorganisms probably subsist on organic materials that are hard to decompose.” Despite its huge expanse, life in the deep biosphere only occurs in very low concentrations.

This means that Hinrichs and his team have to perform some detective work. As traditional geochemical or microbiological research methods are of only restricted use in this investigation, the scientists from Bremen have had to develop new chemical tools. Hence, mass spectrometers are used to examine the isotope compositions of molecules, which are either part of the organisms themselves or belong to their metabolic products: “That tells us something about the microorganisms’ food chain”, Kai-Uwe Hinrichs explains. In other instances so called membrane molecules are employed. They can act as a type of ‘biomarker’, identifying active microorganisms in the sediments. “It is our general aim to find the ‘chemical fingerprints of life’ in the deep biosphere, and how these were formed and how the deep

biosphere affects the system as a whole. After all, the deposits in question are many millions of years old. These fingerprints should be able to tell us a lot – we just have to decode them.”

In order to illustrate the research team’s work more obviously, Hinrichs uses an analogy from another field: “If we were looking to find life on Mars, we would also be looking in the underground – and equally for simple microbes”, says the professor. Many of the techniques developed and applied in Bremen would also be ideally suited to such a task: “We have developed a high-performance ultra-trace analysis here, which is globally very rare in this configuration.”

#### High acclaim for research activities

With their work at the intersection of microbiology, analytical chemistry, and geosciences, in addition to their extraordinary findings, Kai-Uwe Hinrichs and his research group have recently courted a high profile in the scientific community. It was not for no reason that Hinrichs was awarded the ‘ERC Advanced Grant’ by the European Research Council (ERC) at the beginning of 2010 – a project funding package totalling 2.9 million Euro. With this contribution he can press ahead with the DARCLIFE project (Deep subsurface archaea: carbon cycle, life strategies, and role in sedimentary ecosystems), which is dedicated to examining the above mentioned research questions, for a further five years. The recognition of his scientific work has culminated in the awarding of the Leibniz-Prize by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (German Research Foundation) to Kai-Uwe Hinrichs in the spring of 2011. The award is endowed with 2.5 million Euros, making it the highest valued research award in the world. On the one hand the monies are supposed to promote freedom and flexibility for researchers developing especially promising approaches, and on the other they are also meant to serve the advancement of young researchers. This applies to Hinrichs himself, but also to his international research team. This team is comprised of roughly 30 Masters’ students, PhD students, and postdocs from eight countries, all working on the mission to decode more of the Earth’s secrets.



**Gesammelte Erdgeschichte: Im Bohrkernlager der Universität Bremen sind momentan 142 km Bohrkern aus 83 Expeditionen eingelagert.**  
*Concentrated history of the Earth: The core depository at the University of Bremen currently holds 142 km of core drill cores which were collected on no less than 83 expeditions.*

# Mechatronik: Von allem das Beste

Das Beste und Sinnvollste aus Mechanik, Elektronik und Informatik miteinander verschmelzen – das ist Mechatronik. Ziel sind hocheffiziente mechanische Systeme, die durch das intelligente Zusammenspiel mit Elektronik und Informationstechnologien optimale Lösungen für spezielle Anwendungen darstellen – etwa eine automatische Spargelernte-Maschine,

Roboter für die Verpackung von rohen Lebensmitteln oder mit Entwicklungen, die Windenergieanlagen effizienter machen. Im Bremer Centrum für Mechatronik (BCM) – einer Einrichtung von Universität und Hochschule Bremen – arbeiten mehr als 100 Experten aus sieben Fachinstituten gemeinsam an Innovationen für Wirtschaft und Industrie.

Steuerungs- und Regelungstechnik, Mikro- und Leistungselektronik, Spezialelektronik, Bildverarbeitung, Softwareentwicklung, Prozessüberwachung und -diagnose – das sind nur einige von zahlreichen Spezialgebieten, in denen das BCM über ausgewiesenes Expertenwissen verfügt. „Gerade klein- und mittelständische Unternehmen wissen oft nicht, wie sie aktuelles wissenschaftliches Know-how in die Weiterentwicklung von Produkten und Herstellungsprozessen einfließen lassen können. Für diese Zielgruppe sind wir der richtige Partner“, sagt Dr.-Ing. Holger Raffel, Geschäftsführer des Bremer Centrum für Mechatronik.

Entwicklungen wie der automatische Spargelernter sind ein gutes Beispiel für die Tätigkeit des BCM. „Jedes Frühjahr werden in Deutschland mehrere hundert Tonnen Spargel geerntet. Die Spargelbauern klagen jedoch zunehmend über Personalmangel – und maschinelle Lösungen, die wirklich funktionieren, sind bislang noch nicht auf dem Markt. Wir haben jetzt in einem europäischen Projekt zusammen mit Partnern ein Gerät entwickelt, das eine echte Hilfe

ist“, sagt Raffel. AutoSpar heißt die Maschine – ein mechatronisches Spezialfahrzeug mit elektronischem Antrieb, mechanischen Werkzeugen und einer intelligenten Verarbeitung von Bild- und Sensor-Daten. Sie erntet weißen Spargel selektiv und vollautomatisch: Ein intelligentes Kamerasystem erkennt die Spargelspitzen; ein schonendes Erntewerkzeug schneidet und hebt die Spargelstangen sanft aus der Erde und legt sie in einer Schale ab.

Zusammen mit einem Bremer Schokoladenhersteller haben die BCM-Experten eine Abpackanlage entwickelt, die in Hochgeschwindigkeit eine große Zahl feinsten Pralinen von einem Förderband klaubt und in Pralinschalen einsortiert. Gerade das Erkennen der rohen Lebensmittel und ihr spurloses Greifen waren dabei die große Herausforderung. Und im Windkraftbereich geht es in verschiedenen Projekten darum, Windenergieanlagen leichter und wartungsärmer zu gestalten. Insbesondere bei großen Offshore-Windenergieparks vor den Küsten ist jede Art von Wartung besonders schwierig und teuer; mit ihrem mechatro-

nischen Wissen tragen die BCM-Experten in ihrem Rahmen zu widerstandsfähigen Anlagen bei.

## Der Markt für die Mechatronik expandiert

Das Bremer Centrum für Mechatronik wurde 2005 gegründet. Nach vierjähriger Starthilfe mit Wirtschaftsförderungsmitteln des Bremer Senats agiert das BCM nun bereits seit mehr als zwei Jahren als selbsttragende Wissenschaftliche Einheit, finanziert sich also aus den Aufträgen öffentlicher und privater Drittmittelgeber. „Der Markt für die Mechatronik ist da – und er expandiert“, sagt Holger Raffel. „Als fachübergreifender Technologiedienstleister sind wir für Unternehmen da, die mechatronisches Know-how für Produkte und Anlagen benötigen oder die auf Ihrem Sektor Forschung und Entwicklung betreiben wollen, ohne gleich eigenes Fachpersonal anstellen wollen.“ Und den Papierkram, so der Geschäftsführer, übernehme das BCM natürlich auch komplett.

# Mechatronics: The Best of Everything

A combination of the most advanced and most suitable elements of mechanics, electronics and computer science – that is mechatronics. The aim is to develop highly efficient mechanical systems and provide optimal solutions for special applications via an intelligent mix of electronics with computer technology – like automatic machines for harvesting asparagus, for instance, or robots for

packaging raw foodstuffs, or developments which contribute towards making wind parks more efficient. The interdisciplinary team comprising more than 100 experts at the Bremen Center of Mechatronics (BCM) – a joint research unit run in cooperation between the University of Bremen and the Bremen University of Applied Sciences – conducts ground-breaking research for innovative commercial and industrial applications.

*Ein Spargelernter vor Windkraftanlagen – zwei Bereiche, in denen mechatronische Lösungen des Bremer Centrums für Mechatronik deutliche technologische Fortschritte ermöglichen haben.*

*An asparagus harvester with wind turbines in the background – two areas in which mechatronic solutions developed by the BCM have brought about significant technological advances.*

Control technology, micro and power electronics, sensor systems, image processing, software development, process control and diagnosis – to mention just a few examples of the numerous high-end applications which are the focus of research at BCM. “Small and medium-sized enterprises are often at a disadvantage when it comes to incorporating latest technology in the development of their products and production processes. We are just the right partner for this target group“, says Dr.-Ing. Holger Raffel, Managing Director of the Bremen Center of Mechatronics.

Developments like the automatic asparagus harvesting machine are a good example of the type of research carried out at the BCM. “Several hundred tons of asparagus have to be harvested in Germany, year in year out. Asparagus farmers, though, increasingly bemoan the lack of workers willing to do the job – and up to now there were no truly reliable machine solutions on the market. Within the context of an EU project we have now come up with a piece of equipment that promises to be a real help“, says Raffel. The machine is called AutoSpar – an electrically driven special-purpose vehicle incorporating mechatronics, i.e. mechanical implements controlled via the intelligent processing

of image and sensor data. The equipment is capable of selectively harvesting white asparagus and is completely automatic. First, an intelligent camera system identifies the asparagus tips; then a specially designed harvesting implement gently cuts the asparagus spears, lifts them from the soil and deposits them in a tray.

Other examples: Together with a Bremen chocolate manufacturer, the BCM team have developed a high-speed packaging machine which picks up large batches of filled chocolates from a conveyor and sorts them into chocolate trays. In this case, the challenge laid in identification of the different filled chocolates, and then handling them without leaving any marks. In the area of wind energy, several different projects are working on making wind turbines lighter and developing low-maintenance components. Especially in the case of offshore wind parks, any form of maintenance can be particularly difficult and

cost-intensive; BCM's extensive expertise in the field of mechatronics is being harnessed to develop low-maintenance installations.

## Expanding market for mechatronics

The Bremen Center of Mechatronics was founded in 2005. For the first four years the BCM received start-up funding from the Bremen Government, but for over two years now it has been a self-supporting research unit, completely financed via public and private external funding. “The market for mechatronics not only exists – it is expanding fast“, says Holger Raffel. “We are an interdisciplinary technology service provider for enterprises in need of mechatronics for their products and manufacturing processes or for R&D, but without the means for employing their own specialist staff.“ And last not least, the Managing Director adds: BCM takes care of all the paper work.



**Bremer Centrum für Mechatronik (BCM)**  
**Dr.-Ing. Holger Raffel**  
**Tel.: 0421/218-62690**  
**raffel@mechatronik-bcm.de**  
**www.mechatronik-bcm.de**

## UniTransfer

UniTransfer ist Ihr Ansprechpartner für den Wissens- und Technologietransfer. Wenn Sie wissenschaftliche Leistungen der Universität in Anspruch nehmen wollen, hilft Ihnen UniTransfer bei der Kontaktaufnahme zu Forschern und Einrichtungen. Ob Sie Fachleute zur Lösung Ihrer Probleme suchen, Gutachten erstellen lassen, Labore und Einrichtungen der Universität nutzen wollen oder Referenten für Weiterbildungsveranstaltungen suchen: UniTransfer ist die richtige Adresse.

Telefon (+49) 0421/218-60334

E-Mail: [transfer@uni-bremen.de](mailto:transfer@uni-bremen.de)

[www.uni-bremen.de/forschung/wissens-und-technologietransfer.html](http://www.uni-bremen.de/forschung/wissens-und-technologietransfer.html)

## International Office

Das International Office hilft Studierenden und Wissenschaftlern aus aller Welt bei Ihren Kontakten mit der Universität Bremen und vermittelt deutschen Interessenten Kontakte ins Ausland. Ob Sie einen Studienaufenthalt in Bremen planen, als Gastwissenschaftler mit Kollegen tätig sind oder sich über Austauschprogramme informieren möchten - hier sind Sie richtig.

Telefon (+49) 0421/218-60360

E-Mail: [ponath@uni-bremen.de](mailto:ponath@uni-bremen.de)

[www.uni-bremen.de/international](http://www.uni-bremen.de/international)

## Pressestelle

Die Pressestelle ist für die Informations-, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der Universität Bremen zuständig. Hier bekommen Sie alle Informationen über die Universität - nicht nur dieses Info-Magazin, sondern auch die interne Universitäts-Zeitung, unser Forschungsmagazin „Impulse“, unseren Veranstaltungskalender und mehr. Über das komplette Informationsangebot informiert Sie die WWW-Seite der Pressestelle.

Telefon (+49) 0421/218-60150

E-Mail: [presse@uni-bremen.de](mailto:presse@uni-bremen.de)

[www.uni-bremen.de/presse](http://www.uni-bremen.de/presse)

## Universitätsleitung

Die Universitätsleitung mit dem Rektor, den beiden Konrektoren für Forschung, Lehre und Internationale Angelegenheiten sowie dem Kanzler entscheidet über die wesentlichen Angelegenheiten der Universität, wobei sie an die Beschlüsse des Akademischen Senats gebunden ist.

Telefon (+49) 0421/218-60010

[www.uni-bremen.de](http://www.uni-bremen.de)

## UniTransfer

UniTransfer is the contact office for the transfer of research results. If you wish to take advantage of the science-related services provided by the University, UniTransfer will provide assistance in making contacts with the appropriate research personnel and facilities. No matter whether you require specialists to solve your particular problem, an expert opinion, or the use of the laboratories and facilities belonging to the University or lecturers for vocational training courses, UniTransfer are the people to contact.

## International Office

The International Office provides assistance to students and scholars from all over the world wishing to make contacts with the University. Furthermore, this office is also able to arrange foreign contacts. No matter whether you are planning to study in Bremen, or are a visiting scholars working with other colleagues, or if you simply wish to obtain information about exchange programmes, this is the office to contact.

## Press Office

The Press Office is responsible for the information, press and public relations work of the University of Bremen. All information dealing with the University can be obtained from this office – not only this information brochure, but also the internal University magazine, the research journal “Impulse”, the programme of future events, and lots more. The complete information package can be found under the Press Office WWW-page.

## University Governance

The University Officers include the President, two Deputy Vice Presidents responsible for research, teaching and international affairs, as well as the Head of Administration and Finances. These officers are responsible for all important decision making pertaining to the University and are required to implement resolutions passed by the Akademische Senat – the University's governing body.

### Herausgeber:

*Rektor der Universität Bremen*

### Redaktion, Texte, Layout:

*Kai Uwe Bohn, Universitäts-Pressestelle, Tel. (+49) 0421/218-60160, E-Mail: [kbohn@uni-bremen.de](mailto:kbohn@uni-bremen.de)*

*Text S. 18: Bremer Heimstiftung/TZI*

*Druck: Girzig+Gottschalk GmbH Bremen*

### Übersetzung:

*[www.language-associates.de](http://www.language-associates.de)*

### Anzeigen:

*Marlies Gumpel, Tel. 0421/218-60116*

### Fotos und Bildmaterial:

*Kai Uwe Bohn [Titel, S. 3, 4, 10, 11, 12, 13]; Bremer Heimstiftung [S. 3, 18, 19]; Ulrich Reiß [S. 4], Botanika [S. 5]; IPP [S. 6]; AG Kognitive Neuroinformatik [S. 9]; DFG/David Ausserhofer [S. 20, 22, 23], AG Hinrichs [S. 21]; BCM [S. 24/25]; [de.fotolia.com](http://de.fotolia.com): Fatman73 [S. 3, 14], Gina Sanders [S. 7], Mike Kiev [S. 14]; Nmedia [S. 15]; Matthias Krüttgen [S.16]*

*„highlights“ ist erhältlich bei der Universitäts-Pressestelle, Postfach 330440, D-28334 Bremen, Telefon (+49) 0421/218-60150, E-Mail: [presse@uni-bremen.de](mailto:presse@uni-bremen.de)*

*[www.uni-bremen.de/universitaet/presseinfos/publikationen/highlights.html](http://www.uni-bremen.de/universitaet/presseinfos/publikationen/highlights.html)*



# EUROPÄISCHER HOCHSCHULVERLAG

Der Bremer Fachverlag für wissenschaftliche Literatur

- Wissenschaftliches Programmumfeld
- Bücher, E-Books, Apps, datenbankbasierte Anwendungen
- Flächendeckende Buchhandelsanbindung, auch in englischsprachigen Ländern
- Eigene Satzherstellung und Lektorat
- Keine Kosten für Autoren und Herausgeber

Telefon: 0421 - 22 081 25/26    [www.ehv-online.com](http://www.ehv-online.com)    [office@eh-verlag.de](mailto:office@eh-verlag.de)

Europäischer Hochschulverlag, Technologiepark Universität, Fahrenheitstraße 1, 28359 Bremen



## Von der Idee bis zur Markteinführung ...

Die InnoWi GmbH ist im Auftrag der Hochschulen und Forschungsinstitutionen im Land Bremen und in Nord-West-Niedersachsen zuständig für die wissenschaftlichen Erfindungen.

Wir beraten und unterstützen die Wissenschaftler/-innen und Mitarbeiter/-innen in allen patent- und vermarktungsrelevanten Fragen von der Idee bis zur Markteinführung.



### Leistungsportfolio der InnoWi im Bereich Erfindungen und Patente

#### Beratung

Informationsveranstaltungen, Seminare z.B. zu Schutzrechten, Kreativ- und Rechercheworkshops

#### Vermarktung

Innovationskommunikation, Vermittlung von Lizenzpartnern, Vertragsverhandlungen und -management

#### Schutzrechtsanmeldung

Ideenanalyse und Erfindungsbewertung, Patent- und Marktrecherche, Patentmanagement

#### Schwerpunkte

Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Logistik, Materialwissenschaften, Design, Informationstechnologien, Messtechnik, Elektrotechnik, Chemie, Biotechnologie

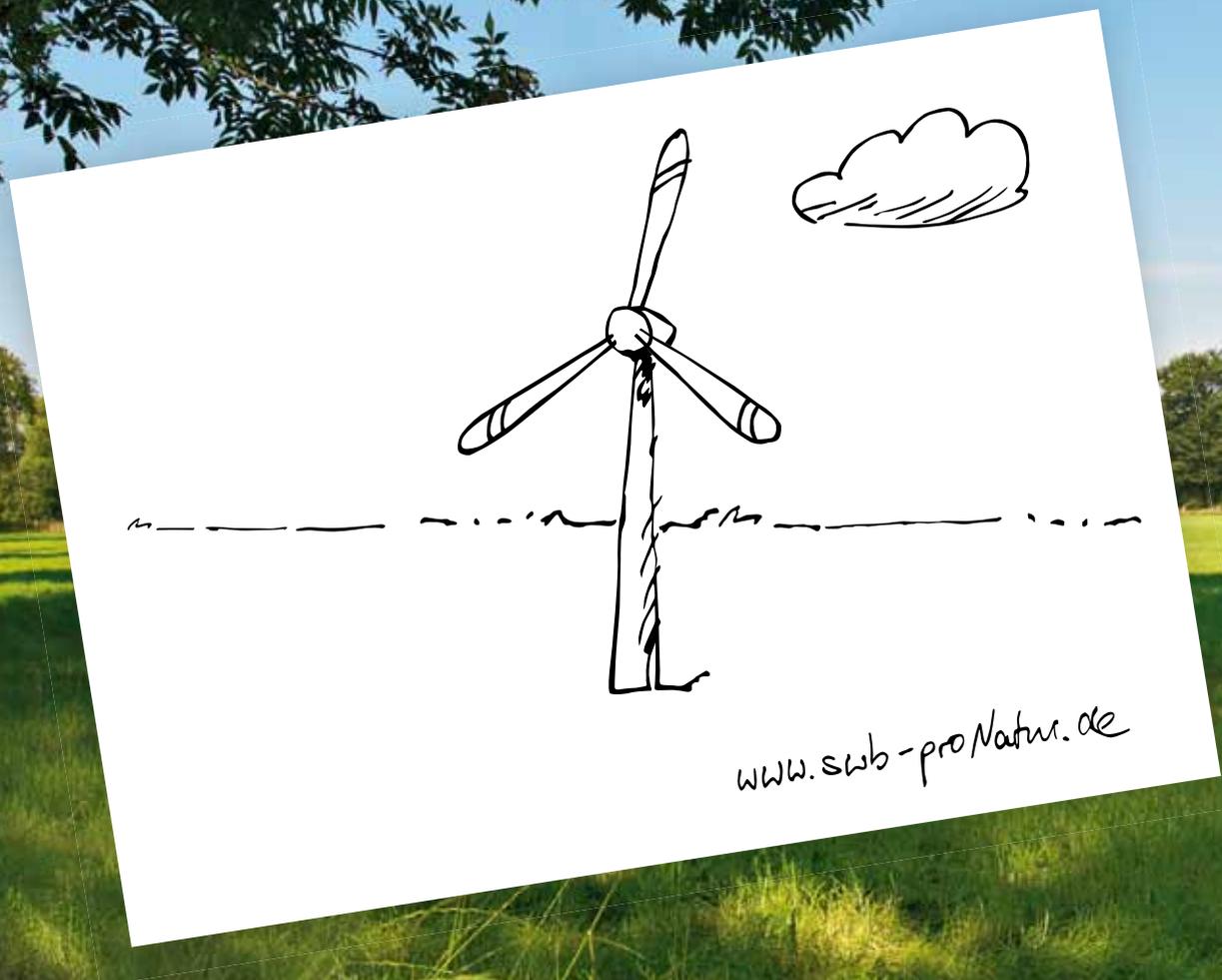


#### Kontakt:

InnoWi GmbH  
Fahrenheitstraße 1  
28359 Bremen  
0421- 96 00 70  
[info@innowi.de](mailto:info@innowi.de)

[www.innowi.de](http://www.innowi.de)

# Unsere gemeinsame Zukunft beginnt mit einer Idee



## swb *Strom proNatur*

**Unsere Energie für die Umwelt.**

Mit swb *Strom proNatur* können wir gemeinsam etwas für das Klima tun. Wechseln Sie jetzt zu 100 % Ökostrom von swb – Energie mit Zukunft aus der *proNatur*-Familie.

**swb**