

Faszination Forschung

Auf dem Weg in die Nach-Silizium-Ära Moving into the post-silicon era

Wettlauf mit einer Epidemie: Maßgeschneiderte Therapieansätze für Diabetes

Race against an epidemic: Tailored therapy approaches for diabetes

Gefährliches Ungleichgewicht: Signalverarbeitung im Immunsystem

Dangerous imbalance: Signal processing in the immune system

ISSN 18653022



9 771865 302004

Schutzgebühr
9,- Euro

Wovon Sie früher auch träumten: Jetzt ist die Zeit, es wahr zu machen.

Sie wollten schon immer an wegweisenden Projekten mitwirken? Bei uns können Sie das. Vom ersten Tag an. Einer guten Idee ist es schließlich egal, wer sie hat: der Junior oder der Abteilungsleiter. Und gute Ideen – die brauchen wir. Sie haben uns zu dem gemacht, was wir sind: einer der wichtigsten technologischen Schrittmacher. Im Mobilfunk. Im Digital-Fernsehen. In der Funktechnik. Auch bei Flugsicherung, drahtloser Automobiltechnik oder EMV sind wir federführend – und praktisch in allen unseren Geschäftsgebieten einer der drei Top-Player am Weltmarkt. Damit wir das auch bleiben, brauchen wir Sie. Als frischgebackenen Hochschulabsolventen, Praktikanten, Werkstudenten (m/w) oder fertigen Sie Ihre Abschlussarbeit (Bachelor, Master, Diplom) bei uns an. Wir freuen uns auf Sie!

www.careers.rohde-schwarz.com



ROHDE & SCHWARZ



Liebe Leserinnen und Leser,

Faszination Forschung erscheint jetzt auch in englischer Sprache. Somit laden wir unsere internationalen Partner ein zu einem Besuch bei der Spitzenforschung der TUM. Die TUM ist international zu Hause, wir sind auf drei Kontinenten präsent und weltweit vernetzt. Um im Wettbewerb um Forschertalente zu bestehen, wollen wir noch internationaler werden. Unsere besten Botschafter sind unsere ausländischen Forscher, Studierenden und Partner. Nun schicken wir Faszination Forschung auf die Reise, damit unser weltweites Publikum an den Fortschritten „Made at TUM“ teilhaben kann.

Dear readers, *Welcome to the first English edition of Faszination Forschung. We hope that our international partners will enjoy this insight into cutting-edge research at TUM. With its international culture and presence on three continents, TUM is a globally networked university. In order to attract the very best academic talent, we want to extend our international reach even further. TUM's international researchers, students and partners are a testament to our academic success. This new English edition of Faszination Forschung will give our international community a chance to read about the progress "made at TUM".*



In dieser Ausgabe nimmt Sie der Physiker Alexander Holleitner in das Zentrum für Nanotechnologie und Nanomaterialien mit, wo er Technologien für die Computer von übermorgen erforscht. Der Nachrichtentechniker Gerhard Kramer, einer unserer Humboldt-Professoren, will den globalen Datenverkehr sicherer und effizienter machen. Im Labor des Chemikers Michael Groll entstehen einzigartige Eiweißkristalle, mit deren Hilfe er selektiv wirkende Medikamente entwickelt. Der Mediziner und Humboldt-Professor Matthias Tschöp ist auf dem Weg zu maßgeschneiderten Diabetes-Therapien. Am TUM Klinikum rechts der Isar geht der Mediziner Jürgen Ruland zum zielgerichteten Design neuer Krebsmedikamente den Signalwegen unseres Immunsystems nach.

Einen großen, international beachteten Erfolg haben wir als maßgeblicher Partner beim Human Brain Project errungen. Es wurde als eines von zwei mit je einer Milliarde Euro dotierten Europäischen Flaggschiff-Projekten ausgewählt.

Ich wünsche Ihnen spannende Lektüre – die Beiträge sprechen für sich!

Ihr

Prof. Wolfgang A. Herrmann
Präsident

In this edition, physicist Alexander Holleitner will take you on a tour of the Center for Nanoscience and Nanotechnology and explain his research on technology for the computers of tomorrow. Communications engineer Gerhard Kramer, one of our Humboldt professors, is looking at ways to make the global exchange of data more secure and efficient.

Chemist Michael Groll is producing unique protein crystals in his lab, which he will use to develop dedicated drugs. Physician and Humboldt professor Matthias Tschöp is researching tailored treatments for diabetes. And at TUM's Klinikum rechts der Isar hospital, physician Jürgen Ruland is investigating the signal pathways of the human immune system with a view to designing new drugs to treat cancer.

Our participation as a major partner in the "Human Brain Project" is a success story that has achieved widespread international acclaim. This was one of two European flagship projects to receive EUR 1 billion in funding.

I hope you enjoy reading the fascinating articles in this edition!

Yours

Prof. Wolfgang A. Herrmann
President

Seite 28

Einfache Formeln mit enormen Auswirkungen

Simple formulas with a big impact

Seite 6

Wettlauf mit einer Epidemie

Race against an epidemic

Seite 92

Künstlich hergestellte Spinnenseiden-Fasern

First artificial spider silk fibers

Titelgeschichten

Cover stories

Diabetes: Wettlauf mit einer Epidemie
Diabetes: Race against an epidemic 6

Nanotechnologie: Auf dem Weg in die Nach-Silizium-Ära
Nanotechnology: Moving into the post-silicon era 40

Immunologie: Gefährliches Ungleichgewicht
Immunology: Dangerous imbalance 64

Forschung und Technik

Research and technology

Lebensmittelchemie: Olivenöl macht satt
Food chemistry: Olive oil makes you feel full 24

Nachrichtentechnik: Einfache Formeln mit enormen Auswirkungen
Communications engineering: Simple formulas with a big impact 28

Physik: Neue Technologie für Quantencomputer
Physics: A new approach to quantum computing 38

Informatik: Human Brain Project – Das Gehirn im Supercomputer
Informatics: Human Brain Project – Supercomputer simulates our think tank 58

Nanoelektronik: Bildsensoren aus der Sprühdose
Nano electronics: Image sensors out of the spray can 76

Proteasomforschung: Ansichten aus dem Innenleben eines Schredders
Shredding protein: The secret life of proteasomes 80

Seite 40

Titelgeschichte: Auf dem Weg in die Nach-Silizium-Ära

Cover story: Moving into the post-silicon era

Seite 64

Gefährliches Ungleichgewicht

Dangerous imbalance

**Materialforschung: Künstlich hergestellte
Spinnenseiden-Fasern**
Material science: First artificial spider silk fibers **92**

**Astrophysik: Erster biologischer
Nachweis einer Supernova**
Astrophysics: First biological evidence of a supernova . . . **98**

Rubriken Headings

Editorial / Editorial **3**

Autoren / Authors **78**

Impressum / Imprint **78**

Standpunkt: Vorsprung durch kognitive Innovation
Point of view: A step ahead with cognitive innovation
Reimund Neugebauer **96**

**Weise Worte der Wissenschaft / Wise words from leading lights
in science**

Marie Curie (1867–1934)
*Man muss an seine Berufung glauben und alles dransetzen,
sein Ziel zu erreichen / We must believe that we are gifted
for something, and that this thing, at whatever cost, must be
attained*

Karl Raimund Popper (1902–1994)
*Durch unser Wissen unterscheiden wir uns nur wenig, in
unserer grenzenlosen Unwissenheit aber sind wir alle gleich
/ While our knowledge only sets us a little apart from one another,
our infinite ignorance is a shared trait*

Robert Spaemann (*1927)
*Wir sollten uns zwar von der Wissenschaft über fast alles
belehren lassen, aber nicht darüber, wer wir sind / Science can
teach us almost anything – except who we are*

Werner Heisenberg (1901–1976)
*Der erste Schluck aus dem Becher der Wissenschaft führt
zum Atheismus, aber auf dem Grund des Bechers wartet Gott
/ A dip in the pool of science will guide you to atheism; but dive to
the bottom and you'll find God.*

Link

www.helmholtz-muenchen.de/ido

Wettlauf mit einer Epidemie

Der Mediziner Prof. Matthias Tschöp und seine Mitarbeiter erforschen, wie Diabetes und Adipositas entstehen, um maßgeschneiderte Therapieansätze für individuelle Patientengruppen entwickeln zu können

Diabetes: Race against an epidemic Medical scientist Prof. Matthias Tschöp and his team are researching the causes of diabetes and obesity in a bid to develop therapy approaches tailored to individual patient groups



Das geräumige und sehr helle Labor auf dem Business Campus Garching ist mit großen und modernen Messanlagen bestückt. Eine Vielzahl von Proben ist so gleichzeitig testbar. Hier werden gerade Zellen pipettiert, um anschließend unterschiedliche Fragestellungen zu bearbeiten. So können z. B. verschiedene Gene überexprimiert werden, um zu sehen, wie sich dadurch der Phänotyp der Maus ändert / The large and bright lab located in the Business Campus Garching is well-provided with big and modern measuring devices. Therefore a great number of samples can be tested simultaneously. On this picture cells are pipetted and prepared for varying issues. For example it is possible to overexpress different genes to see if this causes any changes in the murine phenotype





Foto /Picture credit: Heddergott/TUM





Humane und Mäusezelllinien müssen mitunter für längere Zeit gelagert werden. Sie werden hierfür in einen mit flüssigem Stickstoff gefüllten Tank eingeführt und befinden sich bei -142 Grad Celsius in einer kompletten Starre / Human and murine cell lines have sometimes to be stored for a longer time before they are used for further experiments. Therefore they are put into a tank filled with liquid nitrogen. At a temperature of - 142 degree C they are completely immobile

Vor allem Überernährung, Bewegungsmangel, Stress und genetische Veranlagung stören den Zucker-, Fett- und Energiestoffwechsel. Das erhöht das Risiko für Diabetes, Krebs, Fettleber, Herzgefäßerkrankungen und Neuropathologien / Especially high calorie diet, lack of exercise, stress and genetics disturb the glucose-, lipid and energy metabolism. The risk for diabetes, cancer, fatty liver, cardiovascular disease and neuropathologies is increased

Inzwischen sitze ich fast so häufig im Flugzeug wie im Labor“, lacht Matthias Tschöp. Ins Labor kommt der gebürtige Münchner Mediziner aber immer noch gerne. Dort anzutreffen ist er vor allem, wenn mal etwas schief läuft oder natürlich Ergebnisse auf einen Durchbruch hoffen lassen. Nach insgesamt rund elf Jahren Forschung in den USA ist er dem „Lockruf“ aus München gefolgt. Der bestand aus einer Humboldt-Professur, dem Lehrstuhl für Stoffwechselerkrankungen an der Technischen Universität München und der Leitung des neu gegründeten Instituts für Diabetes und Adipositas (IDO = Institute for Diabetes and Obesity) am Helmholtz Zentrum München. Seit Mitte 2011 ist der mit zahlreichen Preisen wie dem Scientific Achievement Award der American Diabetes Association ausgezeichnete Neuroendokrinologe und Stoffwechselexperte nun damit beschäftigt, die im Diabetes-Bereich wichtigen Münchner Forscher und Institute deutschlandweit und international zu verknüpfen. Gemeinsam mit den Direktoren und Direktorinnen der anderen Diabetes-Institute möchte er das rasch wachsende Helmholtz Diabetes Center (HDC) zu einem der Top-Center weltweit machen. Mit einem klaren Ziel für ein schwieriges Unterfangen: eine Therapie zu finden, mit der „zumindest bestimmte Subtypen des Diabetes in den nächsten zehn bis 20 Jahren heilbar werden“, so Tschöp.

Adipositas und Diabetes breiten sich aus wie Epidemien

Rund 300 Millionen Menschen leiden weltweit an Typ-2-Diabetes, allein hierzulande sind es etwa acht Millionen. Und jeder fünfte Deutsche ist inzwischen nicht mehr nur übergewichtig, sondern bereits fettleibig. Überschüssige Fettpolster, die zunehmend schon bei Jugendlichen auftreten, sind mit Risiken wie Herzinfarkt, Schlaganfall, Gelenk- ▶

Nowadays, I spend almost as much time in the air as I do in the lab,” jokes Matthias Tschöp. The Munich-born medical scientist still loves lab work, especially if it involves fixing problems or exploring ground-breaking findings. Tschöp returned to his native Munich after spending around eleven years doing research in the US. He was drawn back to his home town by an Alexander von Humboldt Professorship plus the opportunity to lead the Chair of Metabolic Diseases at TUM and the new Institute for Diabetes and Obesity (IDO) at the Helmholtz Zentrum München. Tschöp is an internationally renowned neuroendocrinologist and an expert in metabolism. He has received numerous awards, including the Scientific Achievement Award from the American Diabetes Association. Since mid-2011, he has been focusing on strengthening the national and international standing of Munich's key diabetes institutes and the researchers who work in them. Together, with the directors of other diabetes institutes, he aims to make the rapidly expanding Helmholtz Diabetes Center (HDC) one of the world's leading research hubs. He has set himself a clear goal: to find a therapy, which “will cure at least specific sub-types of diabetes in the next ten to twenty years.”

The epidemic-like spread of obesity and diabetes

Around 300 million people worldwide suffer from type 2 diabetes. In Germany alone, around eight million people have been diagnosed with this disease. Today, one in five Germans is not just overweight, but clinically obese. And people are putting on excess weight at increasingly earlier ages. Excess reserves of fat are linked to a number of health risks, including heart attacks, strokes, joint pain, breast and bowel cancer, Alzheimer's disease, infertility and, increasingly, type 2 diabetes. “We urgently need to develop new therapies to combat obesity and diabetes in the next ten to twenty years,” warns Tschöp. ▶

Belastende Umwelteinflüsse und genetische Veranlagung
Imbalanced Environmental Impact and Genetic Susceptibility



Grafik / Graphics: eclundsepp



Dr. Carola Meyer vor einer Anlage zur Messung des Sauerstoffverbrauchs freibeweglicher Mäuse – z. B. bei der Bewegung im Lauf- rad. Der Sauerstoffverbrauch lässt Rückschlüsse auf den Energieumsatz der Tiere zu. Mit dieser Messanlage kann auch untersucht werden, wie sich Genveränderungen bei speziellen Knock-out-Mäusen auf deren Energieumsatz auswirken. Unten: Matthias Tschöp im Gespräch mit Mitarbeitern / Dr. Carola Meyer, head of the research group “Metabolic Physiology” at IDO standing in front of a 32- channel open circuit calorimetry system which enables high resolution analyses of energy metabolism in freely moving animals over periods of hours to weeks. Below: Prof. Tschöp in discussion with his coworkers



schmerzen, Brust- und Darmkrebs, Alzheimer, Unfruchtbarkeit und eben auch häufig Typ-2-Diabetes verbunden. „Wir brauchen in den nächsten zehn bis 20 Jahren ganz dringend neue Therapien gegen Adipositas und Diabetes“, mahnt Tschöp. Und genau wie auch sein Team ist er mit viel Herzblut und Engagement dabei. „Was er macht, macht er mit einem Anspruch auf Perfektion. Er ist kreativ, risikobereit und setzt Ideen schnell in Resultate um“, beschreibt der US-Chemiker Prof. Richard DiMarchi von der Indiana University seinen Kollegen Tschöp, mit dem er seit Jahren kooperiert. Matthias Tschöp ist davon überzeugt, dass die Forschung neue Wege beschreiten und Grenzbereiche ausloten muss, um eine Lösung zu finden. Er ist auch sicher, dass das bisherige Bild von Typ-2-Diabetes falsch ist. „Typ-2-Diabetes ist nicht nur eine Erkrankung der Betazellen und der Blutzuckerregulation, sondern eine komplexe Systemerkrankung. Das macht es notwendig, interdisziplinär über Institutsgrenzen hinweg zum Beispiel mit Stammzellforschern, Immunologen und Pankreasexperten, aber auch mit Biophysikern, Chemikern und natürlich klinischen Kooperationsgruppen zusammenzuarbeiten.“



Fettleibigkeit entsteht im Kopf und nicht im Körper

Verschiedene Disziplinen arbeiten in den IDO-Räumen im modernen Business Park in Garching unter einem Dach zusammen, um die Teile des komplexen Stoffwechselfuzzles aneinanderzufügen. Ohne Mausmodelle geht das allerdings nicht. Deren Plüschkollegen tauchen sogar in der Institutsküche auf. Eine große, durchsichtige Plastiklampe in Donutform hängt dort von der Decke, in ihrem Bauch beherbergt sie einige weiße Ikea-Mäuse – ein Einzugs Geschenk der Nachbarn. Die einzelnen Arbeitsgruppen verfolgen auf den ersten Blick recht unterschiedliche Projekte. Doch ▶



Dr. Kerstin Stemmer, Leiterin der Arbeitsgruppe Krebs- und Stoffwechselforschung am IDO, untersucht mit einem In-vivo-imaging-System (kurz IVIS) die Größe von lumineszenzmarkierten Tumoren und Metastasen bei Mäusen. Die Versuche sollen Hinweise auf den Zusammenhang zwischen Krebs und Fettleibigkeit liefern. Unten: Mäusemuskelzellen werden fürs Mikroskopieren präpariert / Dr. Kerstin Stemmer, head of the research group "Metabolism & Cancer" at IDO, studies the size of luminescence-marked tumors and metastasis using mouse models and an in-vivo-imaging system. Their research aims at unraveling the link between cancer and obesity. Below: Murine muscle cells are prepared for microscoping



He and his team are committed to this goal. US chemist Richard DiMarchi at Indiana University has been working with Tschöp for many years: "He's a perfectionist in everything he does. But he's also creative, prepared to take risks and quickly converts his ideas into results." Matthias Tschöp believes that research has to explore uncharted territory and push the boundaries of current knowledge to find new solutions. He is also convinced that the previous model of type 2 diabetes is wrong. "Type 2 diabetes is not just a disease that affects the beta cells and blood glucose regulation. It's also a complex systemic disease, and this means that we have to work across different institutes and disciplines, collaborating, for example, with stem cell researchers, immunologists and pancreas experts as well as with biophysicists, chemists and, of course, the clinical community".

Obesity starts in the mind, not the body

Researchers from a number of disciplines are working under the same roof in the IDO labs at the modern business park in Garching. They are piecing together the different parts of the metabolic system. Mouse models play a crucial role in their research. The furry colleagues are even part of the décor. A large, transparent, doughnut-shaped plastic lamp decorated with IKEA toy mice hangs from the institute's kitchen ceiling – a welcome gift from the institute's neighbors. At first glance, the individual groups seem to be working on completely unrelated projects. On closer inspection, however, it is clear that obesity and diabetes are the common thread linking all projects. "We know that the brain is the higher level organ that regulates the balance between the body's calorie intake and calorie burn. Its role in this relationship has been underestimated in the past," explains Tschöp. What this actually means is that circuits in the brain exchange signals that control our eating habits. ▶



Der Stoffwechselexperte Matthias Tschöp studiert im Labor die neuesten Ergebnisse der Suche nach Proteinen, die die Kalorienverbrennung steuern. Wenn diese Steuerung genau bekannt ist, müsste es möglich sein, die Kalorienverbrennung gezielt zu beeinflussen / The expert in metabolism Prof. Matthias Tschöp in his lab, studying the latest results on proteins controlling the burning of calories. If the control mechanism is known, it should be possible, to influence this process

bei genauem Hinsehen wird deutlich, dass sie alle über Adipositas und Diabetes miteinander verknüpft sind. „Wir wissen, dass das Gehirn als übergeordnetes Organ die Balance zwischen Kalorienaufnahme und Kalorienverbrauch des Körpers kontrolliert. Seine Rolle wurde in diesem Zusammenhang bislang unterschätzt“, ist Tschöp überzeugt. Wie hat man sich das vorzustellen? Regelkreise steuern über den Austausch von Signalen die Nahrungsaufnahme. Wenn die Organe dem Gehirn melden, dass sie „satt“ sind, wird nicht mehr gegessen. Melden sie dagegen Mangel, wird weiter gefuttert. Der Vagusnerv des vegetativen Nervensystems und zahlreiche Botenstoffe wie zum Beispiel Ghrelin, Leptin und Glukagon-like Peptid 1 (GLP-1) übermitteln Nachrichten zum Energiebestand im Körper an bestimmte Nervenzellen im Hypothalamus. Die Botenstoffe stammen vom weißen Fettgewebe und von Organen wie Leber, Magen, Darm und Bauchspeicheldrüse. Besonders wichtige Nervenzellen, die viele der Signale dieser Botenstoffe empfangen, gehören zum sogenannten Melanocortin-System im Hypothalamus, das selbst regulierend in den Zucker- und Fettstoffwechsel eingreift. Eine erhöhte Aktivität des Melanocortin-Systems stimuliert bei Mäusen unter anderem die Fettverbrennung und fördert die Sättigung. Eine zum Beispiel genetisch oder pharmakologisch herbeigeführte verringerte Aktivität führt bei den Nagern zu einer vermehrten Fettspeicherung und mehr Hunger. Das Melanocortin-System ist mit vielen weiteren Steuerzentren des Gehirns wie zum Beispiel mit Stress-, Belohnungs- und Serotoninsystemen assoziiert – Letzteres reguliert auch unsere Stimmung. Das hat Folgen für den Erfolg einer Diät bei Übergewicht. Inzwischen ist nämlich bekannt, dass das Belohnungssystem bei Übergewichtigen eine andere Struktur hat als bei Menschen mit Normalgewicht. Eine reine Ernährungsumstellung kann deshalb nur schwer zum gewünschten Erfolg führen. ▶

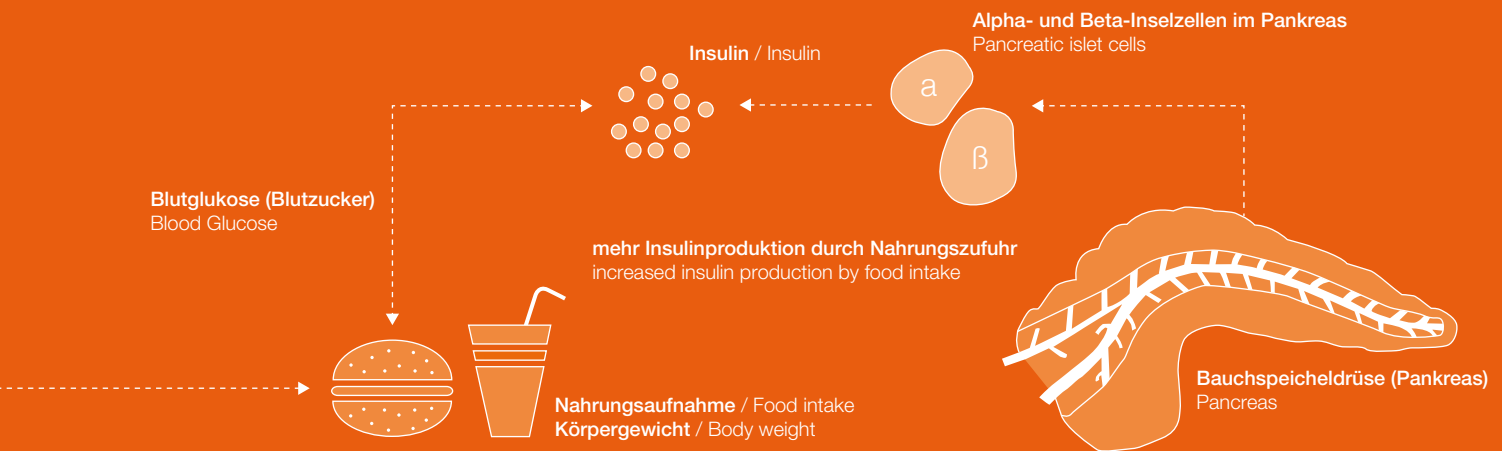
When the organs report to the brain that they are “full”, we no longer have the urge to eat. If they report that they are still “hungry”, we keep eating. The vagus nerve in the autonomic nervous system and various hormones such as ghrelin, leptin and glucagon-like peptide-1 (GLP-1) send messages about the body’s energy balance to specific nerve cells in the hypothalamus. The hormones originate from white adipose (fat) tissue and from organs such as the liver, stomach, bowel and pancreas. A number of key nerve cells that receive many of these signals are located in the central melanocortin system in the hypothalamus. The melanocortin system regulates glucose and lipid metabolism. Studies in mice show that an overactive central melanocortin system stimulates fat burning in mice and results in satiety. Mice with an underactive system – as a result of a genetic disposition or pharmacological trigger – have increased appetites and store more fat. The central melanocortin system is associated with many other neural control centers, including stress, reward and serotonin systems. Serotonin also regulates our mood, and thus has an impact on whether different weight loss diets are successful or not. Today, scientists know that the reward system of overweight individuals has a different structure than the reward systems in people with a normal weight. This means that weight loss is difficult to achieve simply by changing the way we eat.

Fooling the brain into thinking that the stomach is full

“Several important signal pathways have been discovered already, but we now have to find out which of these can be used for specific therapies,” continues Matthias Tschöp. This is also the case for the pathways that become active after bariatric surgery performed on people who are obese. In the case of diabetics who undergo a gastric bypass or band operation, two thirds of the patients show normal insulin levels long before they start losing weight. “This appears to be caused by ▶







Das Gehirn kontrolliert als übergeordnetes Organ die Balance zwischen Kalorienaufnahme und -verbrauch. Verdauungsorgane und Fettgewebe setzen hierfür Hormone frei, die das Gehirn über den Energiebestand des Körpers informieren. Die Betazellen passen ihre Insulinproduktion an den nahrungsbabhängigen Blutzuckerspiegel an / The brain is the higher level organ that regulates the balance between calorie intake and burn. Gut, liver and adipocytes send messages about the body's energy balance to the brain. The beta cells adapt their insulin production to regulate the glucose level

Dem Gehirn vorgaukeln, dass der Magen voll ist

„Mittlerweile sind einige wichtige Signalwege bekannt, aber wir müssen nun herausfinden, welche für eine Therapie nutzbar sind“, so Matthias Tschöp. Das gilt auch für jene, die nach einer sogenannten bariatrischen Operation zur Gewichtsreduktion bei Adipositas aktiv werden. Nach der Schlauch- oder Bypass-Magen-OP normalisieren sich bei zwei Dritteln der Diabetiker kurze Zeit nach dem Eingriff die Blutzuckerwerte, lange bevor es zum Gewichtsverlust kommt. „Nicht der kleinere Magen, sondern neuroendokrine Signale scheinen hierbei eine Rolle zu spielen. Wenn es gelänge, herauszufinden, welche Botenstoffe dabei wesentlich beteiligt sind, in welcher Kombination und wo genau sie ihre Botschaften abliefern, dann könnte man versuchen, dieses Muster in Form einer entsprechend zusammengesetzten ‚Appetit-Verhütungspille‘ zu imitieren. Dem Gehirn würde so vorgegaukelt, dass der Magen voll ist, in der Hoffnung, dass es daraufhin die Stoffwechselwege geeignet reguliert“, sagt Tschöp. Hier kommt dem Mediziner zugute, dass er schon während seiner Zeit an der University of Cincinnati mit dem Peptid-Experten Richard DiMarchi daran forschte, wie zwei oder drei kleine Eiweiße, also Peptide wie die „Stoffwechselboten“ GLP-1, Ghrelin oder Leptin, sich zu einem einzigen Molekül zusammensetzen lassen. Dieses Molekül hat dann die Fähigkeit, an verschiedenen Rezeptoren andocken zu können. Ein Molekül mit der Wirkung zweier Peptide – einem Peptid, das die Nahrungsaufnahme verringert, und einem zweiten, das den Energieumsatz steigert – bezeichnet Tschöp als Dual-Agonist. In ihrer letzten Studie gingen DiMarchi und Tschöp noch einmal einen Schritt weiter, koppelten ein Steroid-Hormon (Östrogen) an GLP-1 und kreierten dabei ein „Fusionshormon“, das nur an bestimmte Zellen und ohne erhöhtes Krebsrisiko Östrogenwirkung

neuroendocrinological signals rather than a smaller stomach. If we could find out which combination of hormones is involved in this process and where exactly they send their messages, we could use this information to create an appetite suppression pill that would hopefully be able to imitate these processes in the body. The brain would be tricked into thinking that the stomach is full and then, hopefully, would regulate the metabolic pathways accordingly,” enthuses Tschöp. His work here builds on his experiences at the University of Cincinnati. During his time in Ohio, Tschöp and peptide expert Richard DiMarchi were working on combining two or three small proteins (peptides such as the “metabolic messengers” GLP, ghrelin or leptin) to create a single molecule. The resulting molecule is able to dock onto different receptors. Tschöp calls a molecule that has the properties of two peptides (a peptide that reduces food intake and a second peptide that increases energy conversion) a dual agonist. In their last study, DiMarchi and Tschöp went a step further and bound a steroid hormone (estrogen) to GLP-1 to create a fusion hormone that only has an estrogen effect on specific cells, without increasing the risk of cancer. Estrogen increases insulin sensitivity in the body's cells and the metabolic rate. The intestinal hormone GLP-1 increases insulin production in synch with food intake and reduces blood glucose. Estrogen maximizes GLP-1's ability to reduce blood glucose and break down body fat. This fusion hormone is a model that shows how other steroids or “small molecules” might be used as cell-specific medicines in the future.

High-calorie diets put a strain on cellular power plants

Although the IDO is still far from complete, its scientists have already released their first publications. Dr. Timo Müller and his molecular pharmacology group, for example, published

vermittelt. Östrogen selbst verstärkt die Insulinempfindlichkeit der Körperzellen und steigert den Energieumsatz. Das Darmhormon GLP-1 erhöht nahrungsabhängig die Insulinproduktion und wirkt blutzuckersenkend. Östrogen maximiert die Wirkung des GLP-1 bei der Blutzuckersenkung und beim Abbau von Körperfett. Dieses Fusionshormon ist ein Modell dafür, wie sich in Zukunft eventuell auch andere Steroide oder „Small Molecules“ als zellspezifische Medikamente einsetzen lassen könnten.

Hochkalorische Diät überfordert Zellkraftwerke

Das IDO besteht noch nicht lange, trotzdem gibt es bereits erste Publikationen, wie jene von Dr. Timo Müller und seiner Arbeitsgruppe für Molekulare Pharmakologie. Die Fettgewebe – das Kalorien verbrennende braune Gewebe und das Fett speichernde weiße Fettgewebe – spielen im Stoffwechselfuzzle eine gewichtige Rolle. Timo Müller hat kürzlich mit dem Protein p62 eine entscheidende Schnittstelle im Fettgewebe entdeckt. Das Protein reguliert die Funktion der Zellkraftwerke – Mitochondrien – im braunen Fettgewebe und steuert so, ob Kalorien gespeichert oder verbrannt werden. Außerdem hat Müller an Fettzellen untersucht, wie sie sich verändern, wenn die Ernährung fett oder ungesund ist. Ab einer bestimmten Nährstoffmenge können Mitochondrien überschüssige Kalorien nicht mehr verbrennen, sie sind scheinbar überfordert. Das schädigt die gesamte Zelle, stört die Stoffwechselprozesse, was eine Gewichtszunahme und scheinbar auch Entzündungsprozesse sowie im weiteren Verlauf beispielsweise Krebs und Herzgefäßkrankheiten fördert.

Dr. Kerstin Stemmer, Leiterin der Arbeitsgruppe für Stoffwechsel und Krebsforschung am IDO, hat im Tiermodell herausgefunden, dass Fettleibigkeit Vorstufen von >

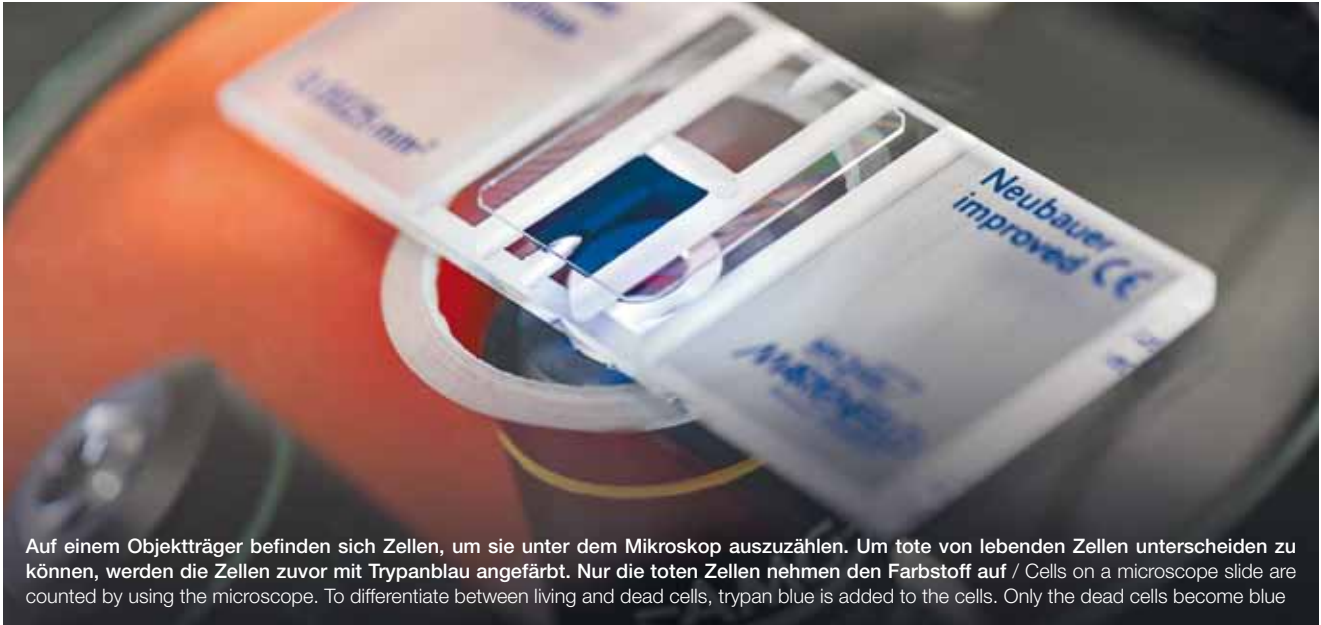




Foto / Picture credit: Heidergott/TUM

Die als „Roboter“ bezeichnete vollautomatische Pipettierhilfe dient zum Durchführen von biochemischen, genetischen und pharmakologischen Tests im Hochdurchsatz (Hochdurchsatz-Screens), d. h. an einer riesigen Probenzahl. So sind neue Wirkstoffe im Zellversuch auf ihre tatsächliche Eignung austestbar. Mittels einer Viren-Bibliothek lassen sich Gene in Zellen gezielt ausschalten. Die Viren werden hierfür in der Pipettenanlage auf die Zellkulturplatten aufgebracht / The fully automatic pipetting aid, called robot, is a big laboratory workstation. It is necessary for high-throughput of biochemical, genetic or pharmacological screenings. A big number of samples can be processed simultaneously. This makes it possible to test for example new agents on their real applicability

a paper on the important role that body fat (calorie-burning brown fat and energy-storing white fat) plays in the metabolic conundrum. Dr. Müller recently discovered the p62 protein, a crucial interface in fatty tissue. The protein regulates the function of the cellular power plants known as mitochondria in brown fat and, thus, controls whether calories are stored or burned. Müller also investigated how fat cells change if a person follows a high-fat or unhealthy diet. He discovered that mitochondria were unable to burn excess calories once a certain amount of nutrients had been consumed. His research shows that mitochondria seem to be overrun by a high level of nutrients, which damages the entire cell and disrupts metabolic processes, resulting in weight gain. It also seems to promote inflammation processes and, if allowed to progress, illnesses such as cancer and cardiovascular diseases. Dr. Kerstin Stemmer, group leader for metabolism and cancer research at the IDO, discovered that obesity in animal models can lead to the preliminary stages of cancer. She is currently investigating the converse argument that weight loss following bariatric surgery can reduce the risk of tumor development. Mitochondria in proopiomelanocortin neurons (POMC neurons) in the hypothalamus can also be damaged. POMC neurons are part of the melanocortin system. Their mitochondria have to function perfectly in order for them to register the glucose that enters the brain via the blood-brain barrier. A fatty, high-calorie diet over a prolonged period of time hampers mitochondria function and, subsequently, glucose sensing. In other words, the POMC neurons become “sick”. The neurophysiology group, headed by Dr. Chun-Xia Yi, is currently investigating the consequences of this decline, which range from pathological vascular responses and changes in key glial and microglia cells to disruptions of signal pathways in nerve cells. Dr. Yi and her colleagues discovered further pathological processes in the ▶



Auf einem Objektträger befinden sich Zellen, um sie unter dem Mikroskop auszuzählen. Um tote von lebenden Zellen unterscheiden zu können, werden die Zellen zuvor mit Trypanblau angefärbt. Nur die toten Zellen nehmen den Farbstoff auf / Cells on a microscope slide are counted by using the microscope. To differentiate between living and dead cells, trypan blue is added to the cells. Only the dead cells become blue

Krebs verursachen kann. Sie untersucht derzeit, inwieweit im Umkehrschluss eine Gewichtsabnahme nach einer bariatrischen Operation das Tumorrisiko verringert. Defekte Mitochondrien können auch in den sogenannten POMC-Neuronen (Proopiomelanocortin-Neuronen) im Hypothalamus auftreten. Die sogenannten POMC-Neuronen gehören zum Melanocortin-System und sind darauf angewiesen, dass ihre Zellkraftwerke einwandfrei arbeiten, um jene Glukose wahrzunehmen, die über die Blut-Hirn-Schranke ins Gehirn gelangt. Eine hochkalorische fettreiche Diät über längere Zeit behindert jedoch die Mitochondrienfunktion und damit die Glukosewahrnehmung. Die POMC-Neuronen „kränkeln“. Welche Folgen das hat, untersucht die Arbeitsgruppe für Neurophysiologie von Dr. Chun-Xia Yi. Es treten u. a. krankhafte Gefäßreaktionen auf, und wichtige Stütz- und Mikrogliazellen verändern sich zusätzlich zu gestörten Signalwegen in Nervenzellen. Zu den von der Wissenschaftlerin Yi und Kollegen entdeckten Krankheitsprozessen im Hypothalamus gehören wichtige interzelluläre Kommunikationsprozesse, die auch Immun- und Regenerationssysteme des Gehirns repräsentieren. Sind „entzündete“ Nährstoffsensoren und Stoffwechselsteuerzentren im Hypothalamus ein wesentlicher Grund für die Therapieresistenzen bestimmter Diabetes-Subtypen? Mehr will Tschöp erst einmal nicht verraten. „Es bleiben noch viele kleine Puzzlesteine zu enträtseln, und es ist unklar, ob wir das Gesamtbild verstehen werden. Wir sind aber zuversichtlich, dass wir in den nächsten Jahren Schlüsselereignisse der Diabetes-Entstehung gut genug verstehen, sodass wir maßgeschneiderte Therapieansätze für individuelle Patientengruppen entwickeln können. Hoffentlich bevor die weltweite Epidemie völlig aus dem Ruder läuft...“, wünscht sich Matthias Tschöp.

Autorin: Gerlinde Felix

hypothalamus including important intercellular communication processes that represent immune and regeneration systems in the brain. Could these “inflamed” nutrient sensors and metabolic control centers in the hypothalamus be an important reason why certain diabetes sub-types are resistant to therapies? Tschöp is reluctant to say more about this at the moment. “We still have to put together a lot of small pieces to complete this puzzle and then we have to find out whether we understand the big picture. However, we are confident that in the next few years we will understand key events in the development of diabetes well enough to develop therapy approaches tailored to individual patient groups. Hopefully, we’ll be able to do this before this global epidemic gets even worse,” concludes Matthias Tschöp.

Author: Gerlinde Felix



Fotos / Picture credit: Heddergott/TUM

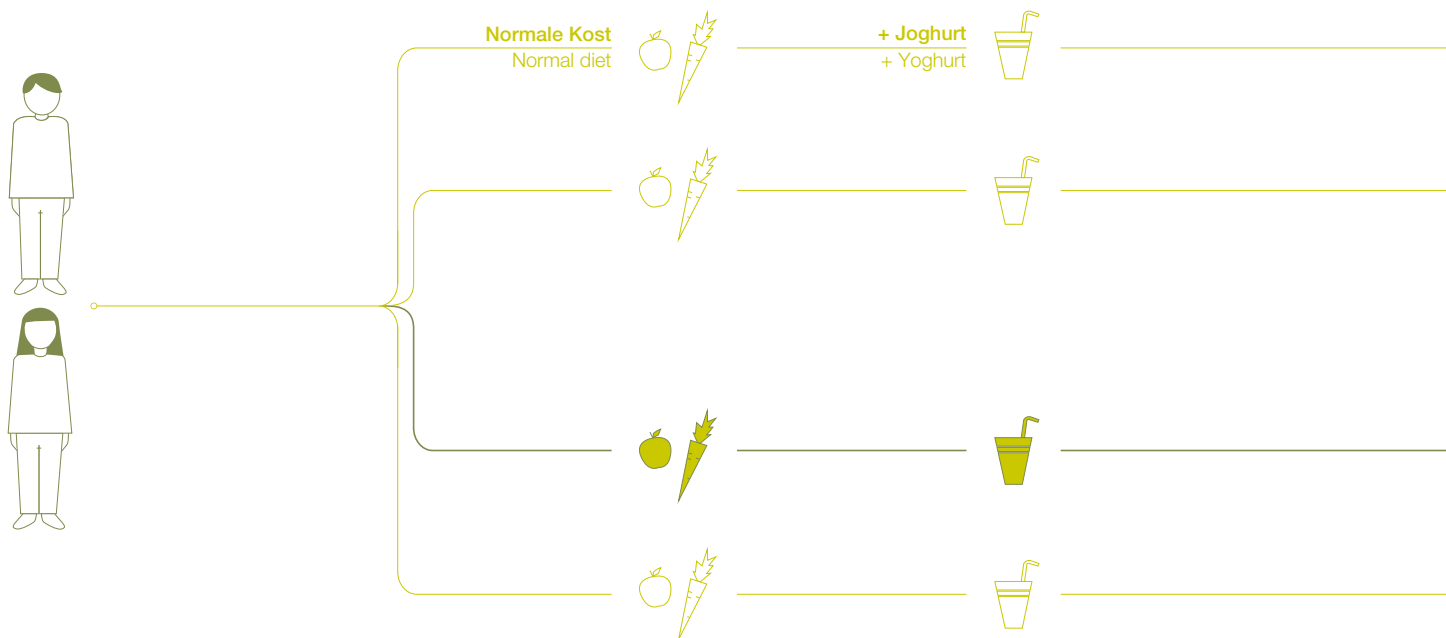
»Stroh kann man
nicht essen.
Deswegen machen wir
Kraftstoff daraus.«

WHAT IS PRECIOUS TO YOU?



DAS IST CLARIANT: SPEZIALCHEMIE, DIE WERTE SCHAFFT

Energie aus nachwachsenden Rohstoffen ist dann wertvoll, wenn dafür keine Nahrungsmittel verwendet werden. Deswegen hat Clariant ein Verfahren entwickelt, das landwirtschaftliche Abfälle in klimaneutrales Bioethanol verwandelt. Das ist uns wichtig. **what is precious to you?**



Olivenöl macht satt

Forscher der TUM und der Universität Wien fanden heraus, dass Fette in der Nahrung die Sättigung über Aromen regulieren **Olive oil makes you feel full** Researchers at TUM and University of Vienna uncovered how the aroma of oils and fats regulates feeling of satiety

Fettreduzierte Lebensmittel sind auf dem Vormarsch: Viele Menschen hoffen, mit „Light“-Produkten ab- oder wenigstens nicht zuzunehmen. Allerdings ist deren Wirkung umstritten: Die Verbraucher nehmen zwar weniger Energie auf, essen dafür aber mehr, wenn sie sich nicht satt fühlen. Eine Studie hat jetzt untersucht, wie Öl und Fett das Sättigungsgefühl regulieren. Am besten sättigt Olivenöl – doch wie? Vier verschiedene Speisefette untersuchten die Arbeitsgruppen von Prof. Peter Schieberle an der Technischen Universität München (TUM) und von Prof. Veronika Somoza an der Universität Wien: Schweineschmalz, Milchfett, Raps- und Olivenöl. Über drei Monate hinweg verzehrten die Studienteilnehmer täglich 500 Gramm Magerjoghurt, der mit einem der vier Fette angereichert war – zusätzlich zu ihrer normalen Kost.

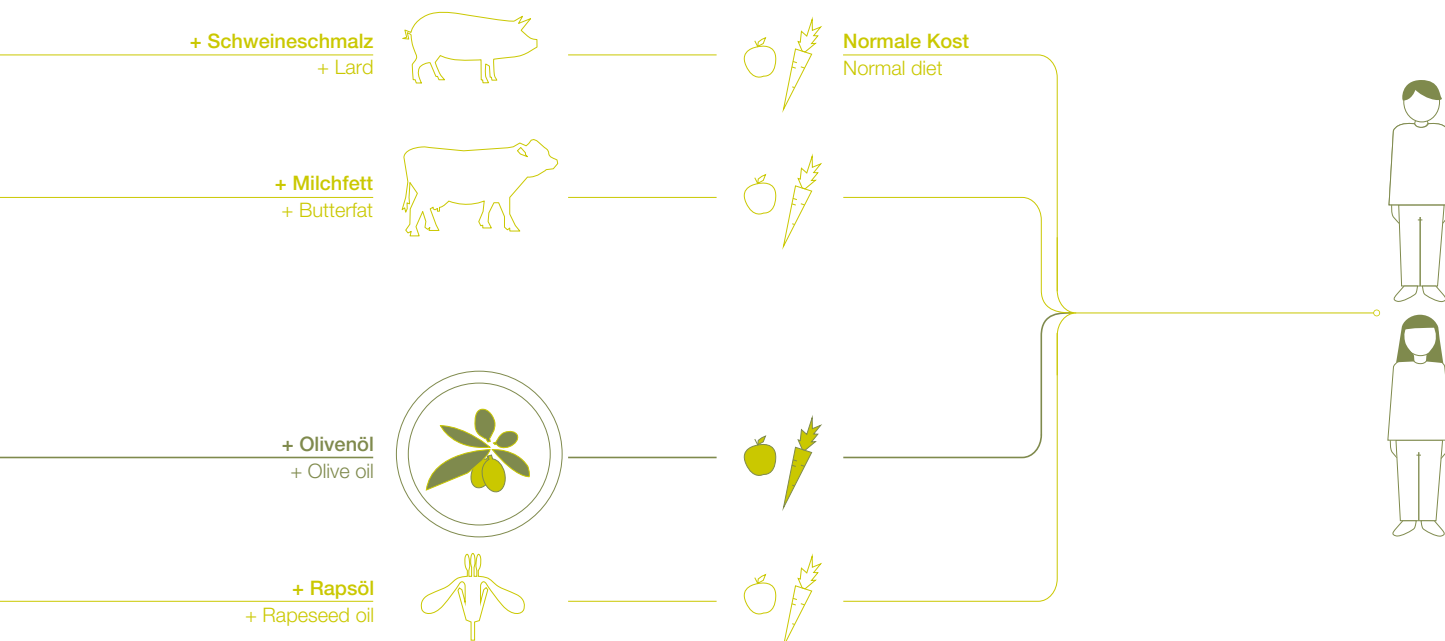
„Den größten Sättigungseffekt hatte das Olivenöl“, erklärt Peter Schieberle, Leiter des TUM Lehrstuhls für Lebensmittelchemie und Direktor der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie. „Bei diesen Probanden stellten wir eine erhöhte Konzentration des Sättigungshormons Sero-

tonin im Blut fest; zudem beurteilten sie den Olivenöl-Joghurt subjektiv als sehr sättigend.“ In der Olivenöl-Gruppe blieben auch der Anteil des Körperfetts und das Körpergewicht konstant.

Satt durch Öl-Aroma

„Das Ergebnis überraschte, da Raps- und Olivenöl ähnliche Fettsäuren enthalten“, sagt Schieberle. Daher nahmen die Wissenschaftler in einem weiteren Versuch eine völlig andere Stoffklasse ins Visier – die Aromen im Olivenöl. Im zweiten Studienteil erhielt eine Gruppe Joghurt mit Aroma-Extrakten aus Olivenöl, eine Kontrollgruppe bekam reinen Joghurt.

Das Ergebnis: Die Olivenöl-Gruppe blieb bei ihrer üblichen Energieaufnahme; dagegen kam die Kontrollgruppe auf ein Plus von 176 Kilokalorien pro Tag. Schieberle: „Die Aroma-Probanden passten ihr Essverhalten an – was der Kontrollgruppe offensichtlich nicht möglich war. Im Vergleich zur Aroma-Gruppe hatten die Kontrollpersonen auch weniger Sättigungshormon Serotonin im Blut.“

**Link**

www.leb.chemie.tu-muenchen.de

Eine Studie zeigt, dass von den vier Speisefetten Schweineschmalz, Milchfett, Olivenöl und Rapsöl das Olivenöl den größten Sättigungseffekt hat / A study, which tested the four natural fats lard, butterfat, olive oil and rapeseed oil, shows that olive oil has the highest regulating effect on the sensation of feeling full after eating

Reduced-fat food products are gaining in popularity. More and more people are choosing “light” products in an attempt to lose weight, or at least in the hope that they will not gain any pounds. But whether these products are effective or not is a matter of dispute: While it is true that they contain fewer calories, people tend to overcompensate by eating more if they do not feel full. Now a study has shown how “natural” oils and fats regulate the sensation of feeling full after eating, with olive oil leading the way. So what makes this oil so effective?

Work groups at Technische Universität München (TUM) under Prof. Peter Schieberle and at the University of Vienna under Prof. Veronika Somoza studied four different edible fats and oils: Lard, butterfat, rapeseed oil and olive oil. Over a period of three months, the study participants ate 500 grams of low-fat yoghurt enriched with one of the four fats or oils every day – as a supplement to their normal diet.

“Olive oil had the biggest satiety effect,” reports Prof. Peter Schieberle, Head of the TUM Chair of Food Chemistry and Director of the German Research Center for Food Chemistry. “The olive oil group showed a higher concentration of the sa-

tiety hormone serotonin in their blood. Subjectively speaking, these participants also reported that they found the olive oil yoghurt very filling.” During the study period, no member of this group recorded an increase in their body fat percentage or their weight.

Aroma is the key

“The findings surprised us,” admits Schieberle, “because rapeseed oil and olive oil contain similar fatty acids.” The researchers decided to turn their attention to a completely different type of substance – the aroma compounds in olive oil. In the second part of the study, one group was given yoghurt with olive oil aroma extracts and a control group was given plain yoghurt. The results were conclusive: The olive oil group’s calorie intake remained the same, but the control group had been consuming an extra 176 kilocalories per day. Schieberle explains: “The aroma group adapted their eating habits – but the control group participants were obviously not able to do likewise. We also found that in comparison to the other group, the control group had less of the satiety hormone serotonin in their blood.” ▶



Aromastoffe im Olivenöl wirken sich auf das Sättigungsgefühl aus / Aroma compounds in olive oil regulate feeling of satiety

Inhaltsstoffe wirken direkt auf Blutzuckerspiegel

Eine mögliche Erklärung für die geringere Energieaufnahme ist das Sättigungsgefühl: Wie lange dieses nach dem Essen anhält, hängt neben anderen Faktoren insbesondere vom Blutzuckerspiegel ab. Je schneller er sinkt, das heißt, je schneller die Körperzellen Zucker aus dem Blut aufnehmen, desto eher fühlt man sich wieder hungrig. Im nächsten Schritt untersuchten die Wissenschaftler, welche Aromastoffe im Öl die Zuckeraufnahme durch die Zellen am effektivsten verzögern. Dafür verwendeten die Forscher Olivenöle aus Spanien, Griechenland, Italien und Australien. Sie identifizierten zwei Inhaltsstoffe, welche die Aufnahme von Glucose aus dem Blut in Leberzellen verringerten: Hexanal und E2-Hexanal – wobei italienisches Olivenöl die größten Mengen der beiden Aromastoffe enthält. „Wir haben nachgewiesen, dass Geschmacksstoffe die Sättigung regulieren können“, resümiert Schieberle die Versuchsreihen. „Wir hoffen, dass die Ergebnisse dazu beitragen, künftig wirkungsvollere fettreduzierte Lebensmittel mit unverändertem Sättigungseffekt zu entwickeln.“ □ Autorin: Barbara Wankel (TUM)

Direct impact on blood sugar level

How long the feeling of satiety lasts after eating depends on a number of factors, but blood sugar level is particularly significant. The faster it falls, that is to say, the faster the somatic cells absorb glucose from the blood, the sooner the person will start to feel hungry again. In the next part of their study, the researchers investigated which of the aroma substances present in the oil are most effective at inhibiting glucose absorption. The researchers from TUM and the University of Vienna used olive oils from Spain, Greece, Italy and Australia for their study. The research team managed to identify two substances that reduce the absorption of glucose from the blood in liver cells: Hexanal and E2-Hexanal. They also discovered that Italian olive oil contained larger amounts of the two aroma compounds.

“Our findings show that aroma is capable of regulating satiety,” concludes Professor Peter Schieberle. “We hope that this work will pave the way for the development of more effective reduced-fat food products that are nonetheless satiating.”

□ Author: Barbara Wankel (TUM)

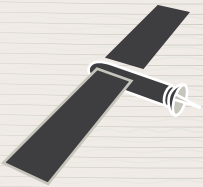
BÜRKLIN ELEKTRONIK WÜNSCHT DEN TEAMS VON TUfast EINE ERFOLG- REICHE RENNSAISON!



Schnelligkeit, Zuverlässigkeit und Qualität.

Dafür steht nicht nur Bürklin Elektronik, sondern auch die Teams von TUfast. Deshalb sind sie für uns die idealen Kooperationspartner, die wir seit drei Jahren gerne mit Produkten aus unserem hochwertigen Sortiment unterstützen. Unsere Kunden aus Industrie, Forschung und Entwicklung sowie Kleinserie vertrauen nunmehr seit fast 60 Jahren darauf. www.buerklin.com

Bürklin
DIE GANZE ELEKTRONIK

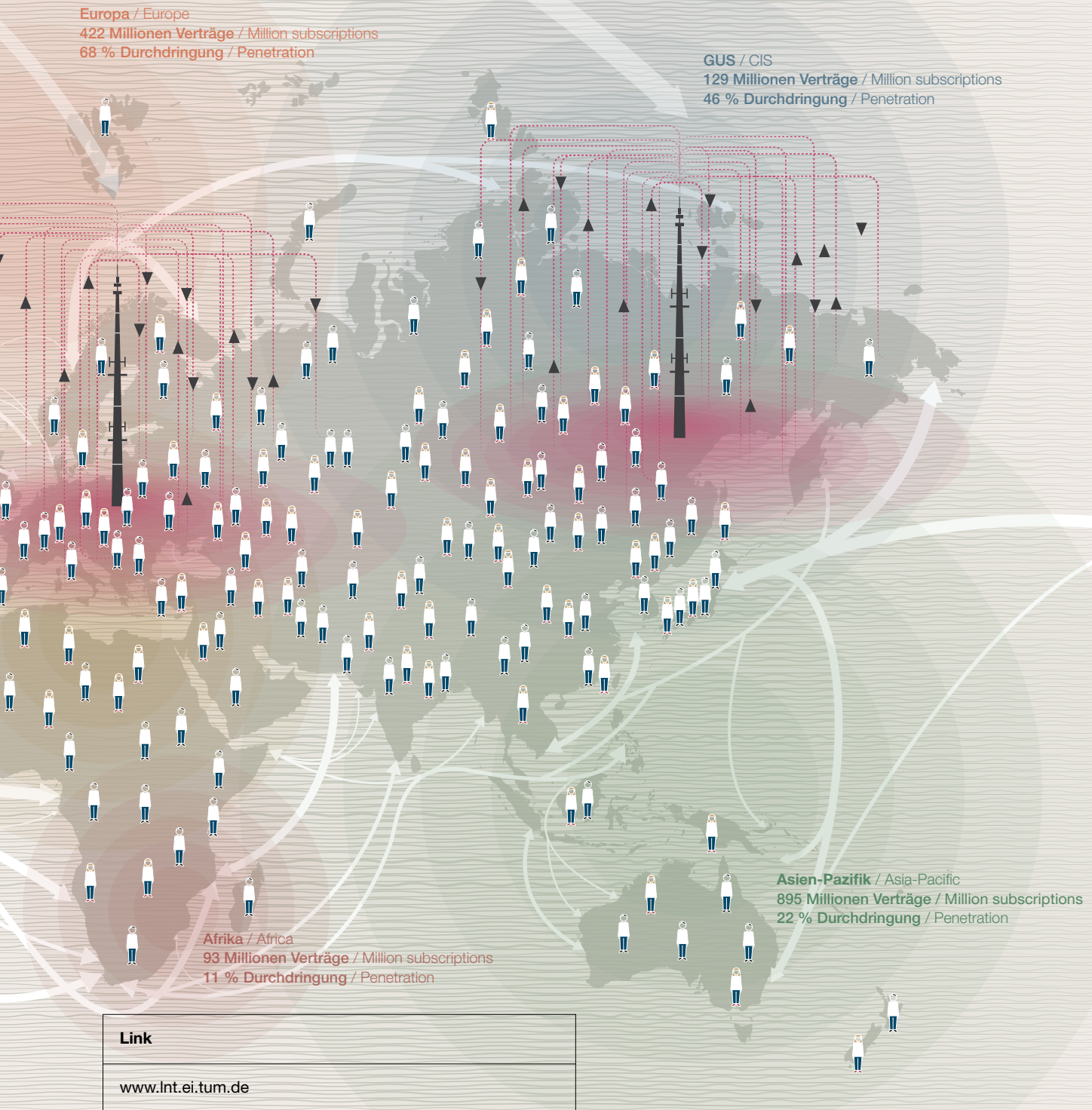


Amerika / America
460 Millionen Verträge / Million subscriptions
48 % Durchdringung / Penetration

Arabische Länder / Arab States
71 Millionen Verträge / Million subscriptions
19 % Durchdringung / Penetration

Einfache Formeln mit enormen Auswirkungen

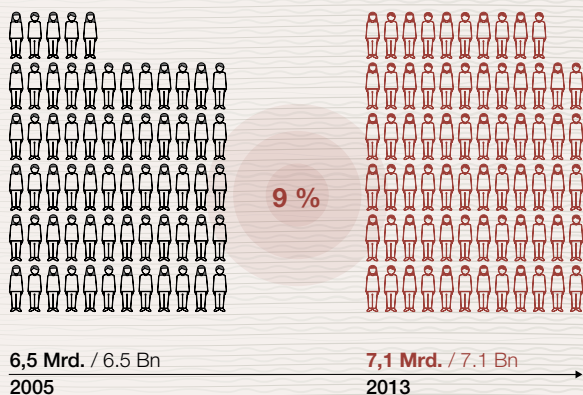
Wie lassen sich Nachrichten noch zuverlässiger übermitteln sowie Übertragungsmedien effizienter nutzen? Und wie können wir die Methoden zur Speicherung von Nachrichten und damit deren Sicherheit verbessern? Mit diesen Kernanliegen der modernen Informationsgesellschaft beschäftigt sich Prof. Gerhard Kramer, Leiter des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik an der TU München **Simple formulas with a big impact**. In today's digital society, researchers are constantly looking for ways to transmit messages more reliably, to use transmission media more efficiently and to store information more securely. Professor Gerhard Kramer, Head of the Institute for Communications Engineering at TUM is an expert in this field



Das Datenaufkommen in Mobilfunknetzen steigt. Weltweit nutzen über zwei Milliarden Menschen mobile Breitbandangebote / Growing data traffic in mobile networks. Over two billion people worldwide subscribe to mobile broadband services

Trends globaler Kommunikation

Weltbevölkerung / World population



Oben: Die Zahl der Mobilfunknutzer hat sich seit 2005 fast verdreifacht. Heute gibt es weltweit 6,8 Milliarden Mobilfunkverträge – fast so viele wie Erdbewohner.

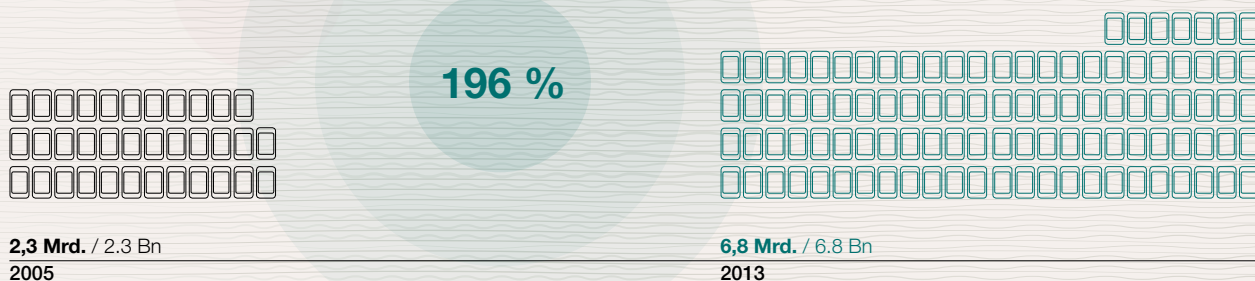
Unten: 2,7 Milliarden Menschen – fast 40 Prozent der Weltbevölkerung – sind online. Am höchsten ist die Internetnutzung in Europa, dicht gefolgt von Nord-, Mittel- und Südamerika. In Entwicklungsländern beträgt die Nutzungsrate 31 Prozent, verglichen mit 77 Prozent in den Industrienationen.

Global communication trends

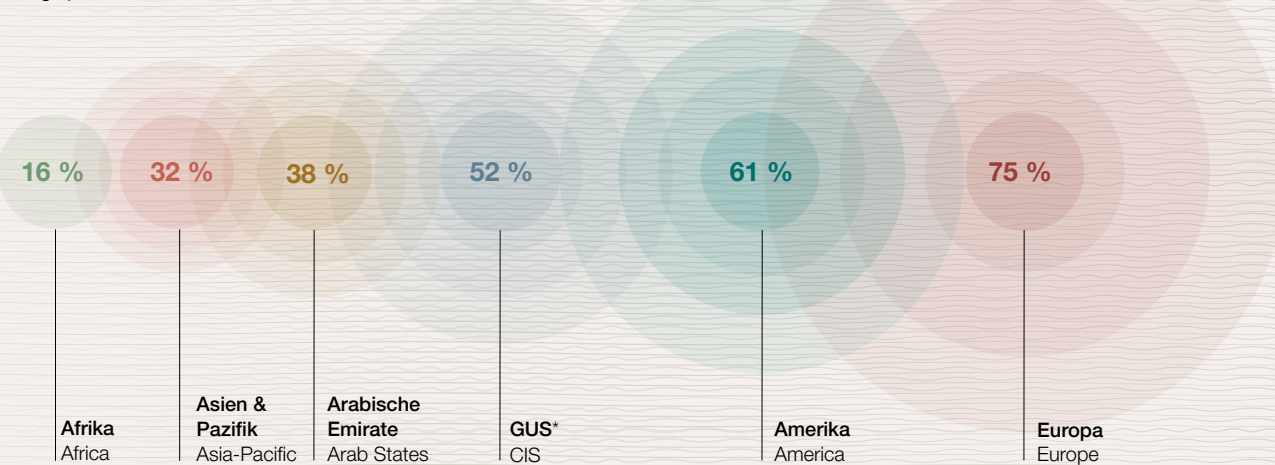
Above: the number of mobile subscribers has nearly tripled since 2005. Today's mobile subscriptions number 6.8 billion – almost as many as there are people on the planet.

Below: 2.7 billion people – almost 40 percent of the world's population – are online. Europe is the region with the highest Internet penetration rate, followed by the Americas. In the developing world, 31 percent of the population is online, compared with 77 percent in the developed world.

Mobilfunkverträge weltweit / Mobile subscriptions world wide



Weltweite Internetnutzung je 100 Einwohner / Global Internet usage per 100 inhabitants



*Gemeinschaft Unabhängiger Staaten / Commonwealth of Independent States

Die Formel für Entropie ist $H(X)$. Und damit sind wir mittendrin in der „Ästhetik der Informationstheorie“, wie es Prof. Gerhard Kramer ausdrückt. Denn zum einen ist $H(X)$ eine ganz einfache Formel, allerdings mit einer enormen Wirkung. Und zum anderen lässt sie trotz ihrer Klarheit Raum für Interpretation – wie ein Gemälde. Denn während ein Physiker unter Entropie ein Maß der Unordnung versteht, ist sie für Informationstheoretiker das Maß für den mittleren Informationsgehalt eines Zeichensystems. Dieses informationstheoretische Verständnis des Begriffes Entropie geht auf den amerikanischen Mathematiker und Elektrotechniker Claude Elwood Shannon zurück, der 1948 seine fundamentale Arbeit „A Mathematical Theory of Communication“ veröffentlichte und damit die moderne Informationstheorie prägte. Im Gespräch mit Kramer, das von der Netzwerkcodierung über die praktischen Anwendungsmöglichkeiten wieder zurück zur Theorie und zur Bedeutung der Forschung und Lehre findet, wird der Name Shannon oft fallen. Denn wer die Informationstheorie verstehen will, kommt an diesem Wissenschaftler nicht vorbei.

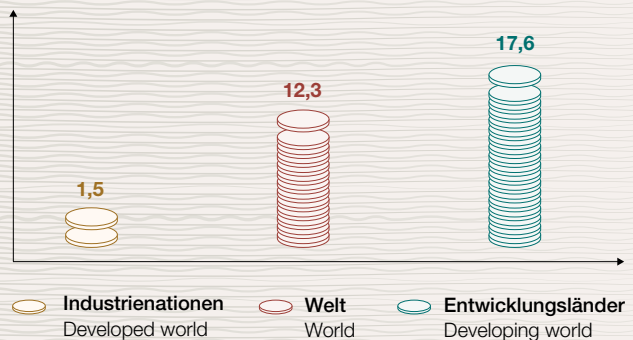
Shannon verwendete also den Begriff der Entropie, um den Informationsgehalt von Nachrichten zu charakterisieren. Warum? In der Informationstheorie geht es darum, wie sich eine Nachricht von einem Sender an einen Empfänger über teilweise sehr unsichere Kanäle mittels eines Codes möglichst unverfälscht übertragen lässt. Möglichst unverfälscht deswegen, weil Kommunikationskanäle immer durch Bitfehler erzeugende Interferenzen gestört werden. Mit mathematischen Methoden beschrieb Shannon, wie sich die theoretische Obergrenze – also die maximale Datenübertragungsrate oder einfach die Kanalkapazität – analytisch bestimmen lässt. Das Mittel der Wahl für diese Berechnung war die Codierungstheorie – die mathematische Theorie der Codes, die Fehler erkennen und korrigieren.

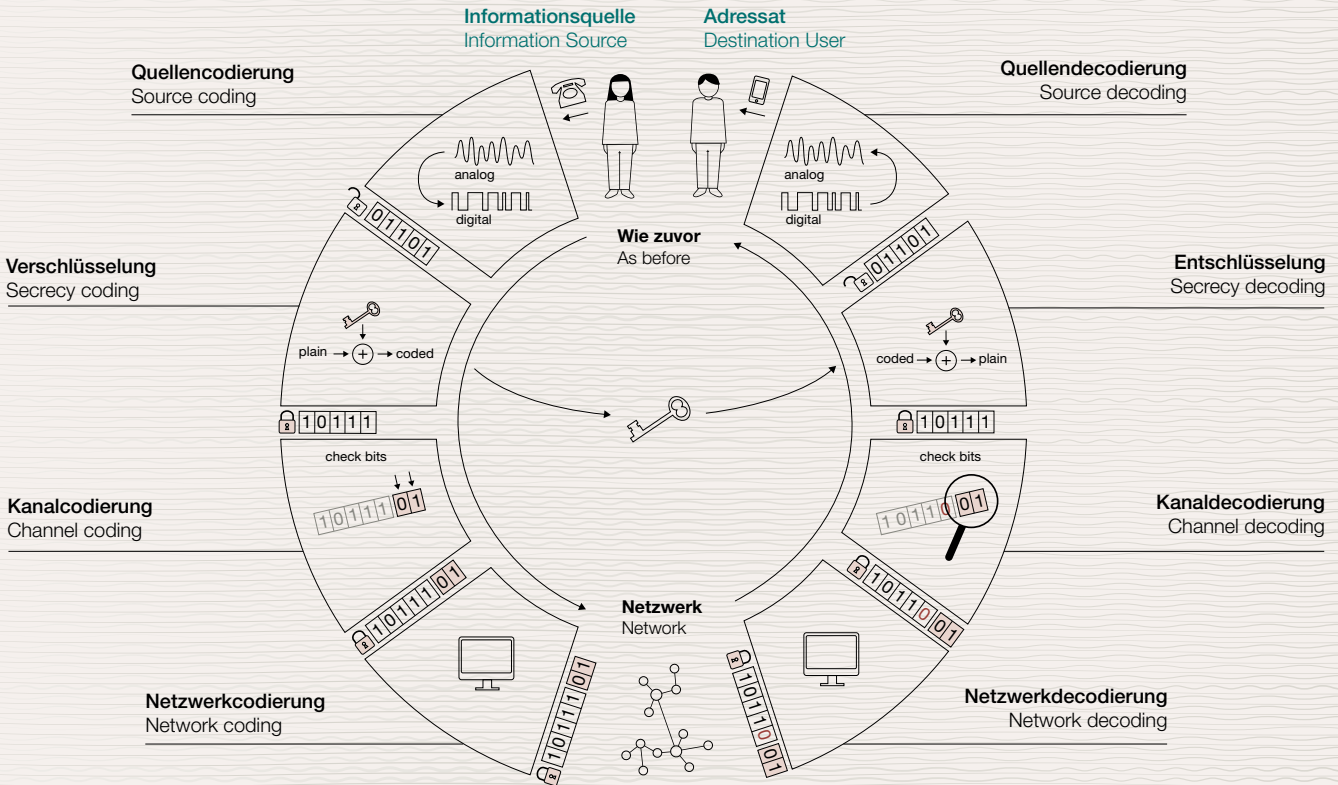
Über Jahrzehnte versuchten Ingenieure, sich der von Shannon definierten Obergrenze durch verschiedene Codierungsmethoden und immer kompliziertere Algorithmen anzunähern. Aber erst mit den von Claude Berrou und Alain Glavieux im Jahr 1993 entwickelten Turbo-Codes >

According to Prof. Gerhard Kramer, $H(X)$ – the formula for entropy – is a “prime example of the aesthetic quality of information theory.” $H(X)$ may be a simple formula but it has a big impact. It is unequivocal but also leaves room for interpretation, just like a painting. A physicist, for example, regards entropy as a way of measuring disorder. But for an information theorist, it is a means of measuring the average information content in a system of symbols. This information-theoretic understanding of entropy was developed by the American mathematician and engineer Claude Elwood Shannon back in 1948 when he published his landmark paper, “A Mathematical Theory of Communication”. His work laid the foundation for modern information theory. His is a name that comes up often in conversation with Kramer, even though we discuss everything from network coding and its practical applications to pure theory and the importance of research and teaching. It seems that to understand the world of information theory, you also must know about its founding father. Shannon used the term entropy to characterize the information content of messages. But why was this necessary? Information theory focuses on how messages can be encoded and transmitted reliably and efficiently from a sender to a receiver over what can be noisy channels. Integrity is an important factor here as communication channels are prone >

Bürger armer Länder zahlen mehr für mobiles Internet / Mobile Internet is more expensive in poor countries

Kosten für mobiles Breitband (in % des Bruttonationaleinkommens pro Einwohner)
Cost of mobile broadband (In % of gross national income per capita)





Digitale Kommunikationssysteme arbeiten mit einer Abfolge verschiedener Codierungen, um sicherzustellen, dass der Empfänger die für ihn bestimmte Nachricht korrekt erhält / Digital communications systems work with a sequence of various coding methods to ensure that the message is transmitted securely and without errors

wurde dank einer neuen Methode der Decodierung ein Durchbruch erzielt. Gleichzeitig stehen heute genügend hohe Rechenleistungen zur Verfügung, sodass die neuen Codiermethoden auf einem Computer implementiert und vergleichend untersucht werden können. „Mit den Turbo-Codes haben wir nun ein Verfahren, mit dem die real erreichbare Kanalausnutzung nahe der theoretisch möglichen Kanalkapazität liegt“, erklärt Kramer.

Von der Punkt-zu-Punkt-Verbindung zum Netzwerk

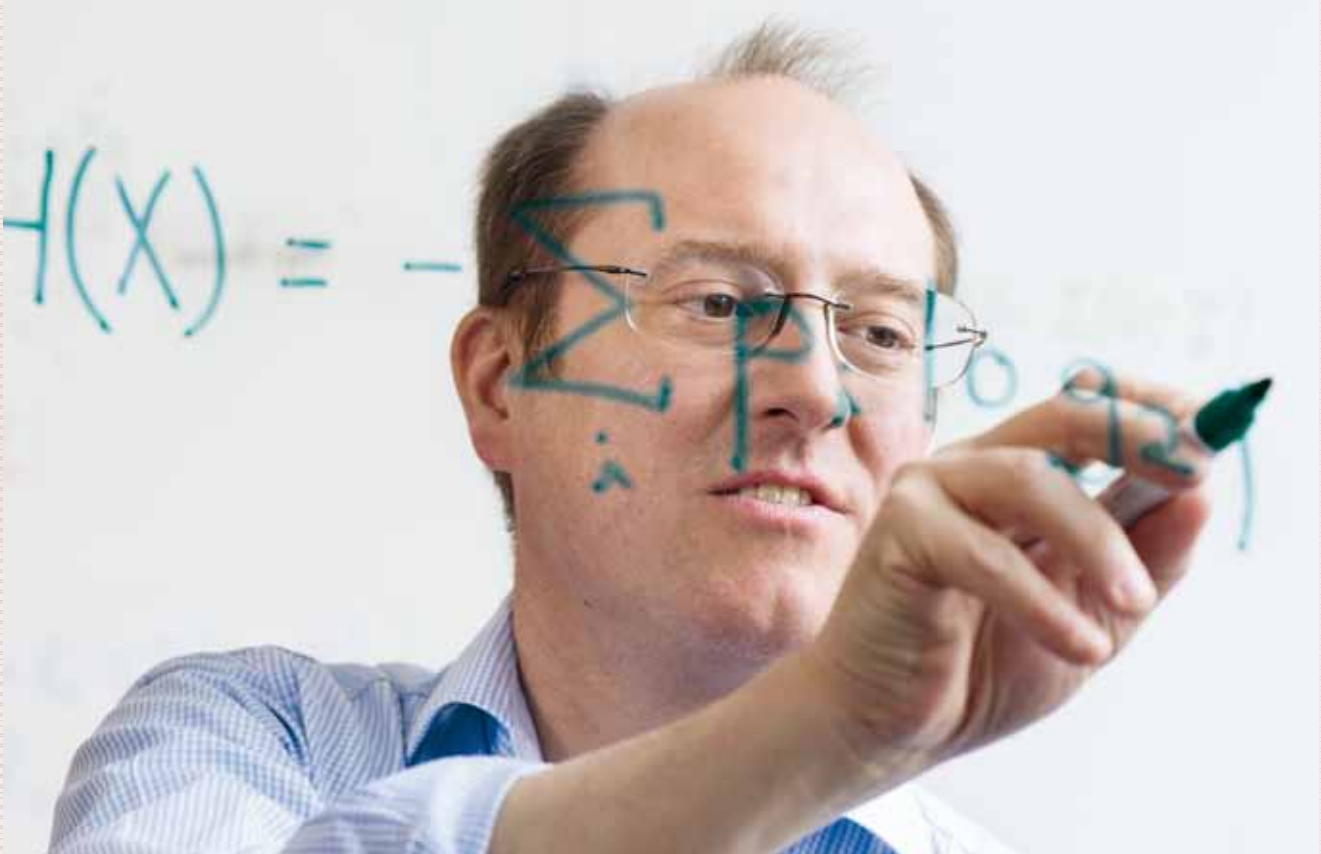
Damit wandten sich die Informationstheoretiker neuen Interessensgebieten zu. Während Shannon noch Punkt-zu-Punkt-Verbindungen erforschte, steht seit der Entdeckung der Turbo-Codes die Kommunikation im Netzwerk im Fokus. Hier haben sich zwei Forschungsgebiete herauskristallisiert: Kommunikation für kleinstmögliche Netzwerke – also mit drei Parteien – sowie für große Netzwerke wie beispielsweise flächendeckende Mobilfunknetze.

Wie die Kommunikation in großen Netzwerken abläuft, ist theoretisch noch nicht beantwortet, dennoch kann man für die Praxis effiziente Algorithmen entwickeln. „Kleine Netzwerke lassen sich dagegen relativ gut verstehen und dafür

entwickelte Modelle relativ gut in der Praxis anwenden“, so Kramer, dessen Forschungen sich hierauf konzentrieren.

Kooperative Netzwerke

Datenübertragung im Netzwerk bedeutet, dass zwischen Sender und Empfänger ein weiterer Knotenpunkt – ein sogenanntes Relais – geschaltet wird. Der Datenaustausch wird dadurch nicht zwingend komplizierter. Im Gegenteil: Der Austausch lässt sich sogar verbessern, da sich die Parteien gegenseitig helfen und damit gleichzeitig Energie sparen. Man nennt das kooperative Kommunikation. Das Modell der kooperativen Kommunikation setzten die TUM Wissenschaftler erfolgreich in einem Projekt mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) um. Ziel dieses Projekts war es, die Sendeleistung eines Satelliten zu verbessern. Denn je geringer die Sendeleistung, desto kleiner, leichter und damit auch kostengünstiger lässt sich der Satellit bauen. Um dieses Ziel zu erreichen, entwickelten die Forscher drei neue Verfahren, die in einigen Jahren mit einem GEO-Satelliten erprobt werden sollen. Das erste Verfahren eignet sich insbesondere für Kommunikation zwischen zwei Bodenstationen. Mit einer speziellen ▶



Die Alexander-von-Humboldt-Professur an der TUM gibt dem Nachrichtentechniker Gerhard Kramer Spielraum für Grundlagenforschung. Weil sein Forschungsgebiet sehr abstrakt ist, legt er großen Wert auf eine enge Betreuung der Studenten / An Alexander-von-Humboldt Professorship at TUM gives Gerhard Kramer additional freedom to carry out basic research. Since his research subject is quite abstract, he puts special attention to closely advising his students

to bit errors resulting from interference. Shannon used mathematical formulas to describe how the theoretical upper limit or rate for a communication channel – also known as the maximum data bandwidth or simply channel capacity – could be defined analytically. Shannon turned to coding theory for these calculations, i.e. the mathematical theory of codes that identify and correct errors.

Over the years, engineers have tried to close in on Shannon's upper limit using various coding methods and increasingly complex algorithms. A breakthrough did not come until 1993, however, when Claude Berrou and Alain Glavieux developed turbo codes based on a new decoding method. At the same time, we now have high-performance computing which allows engineers to implement, compare and analyze new coding methods on a computer. "Turbo codes increase efficiency, bringing us close to the theoretical channel capacity".

From point-to-point links to network communication

These developments enabled information theorists to focus on new areas of interest. Back in his day, Shannon researched point-to-point links. Since the discovery of turbo

codes, our focus has shifted onto network communication. Two major areas of research have emerged as a result of this shift: communication in small networks (three parties) and in large networks (such as nationwide cell phone networks). A communication theory for large networks has not yet been established. However, efficient algorithms can be developed for real-world applications. "In contrast, small networks are relatively easy to understand and the models developed for this scale can be applied relatively easily in real life," explains Kramer – and he should know, as that is his specialist area.

Cooperative networks

In networks, data is transmitted from a sender to a receiver via a special node called a relay. This does not necessarily make for more complicated data transmission. In fact, it can improve communication as the send and receive nodes are able to cooperate and thus save energy. This process is known as cooperative communications.

TUM scientists successfully designed a cooperative communication model in collaboration with the German Aerospace Center (DLR). The aim of this project is to improve the transmission performance of a satellite. After all, by ▶

Vorteile der Netzwerkcodierung: A und B kommunizieren über ein Relais, das die einzelnen Datenpakete (A_1, B_1, \dots) codiert. Der Empfänger berechnet aus der Differenz zwischen den von ihm gesendeten und empfangenen Daten die für ihn bestimmte Nachricht. Ohne Netzwerkcodierung verschickt das Relais pro Zeitschlitz genau ein Datenpaket. Mit Netzwerkcodierung 1 verarbeitet es beide Datenpakete gleichzeitig und kann in der gesparten Zeit andere Informationen schicken. Fall 2 benötigt nur die halbe Bandbreite. Variante 3 nutzt die volle Zeit und Bandbreite, verwendet aber dank Netzwerkcodierung einen Kanalcode mit besseren Korrektoreigenschaften und reduziert so die Sendeleistung / Advantages of network coding: A and B communicate via a relay, which encodes individual data packets (A_1, B_1, \dots). The receiver determines the message dedicated to it by subtracting the transmitted data from the received data. Without network coding, the relay sends one data packet per time slot. With network coding 1 it processes two data packets in the same slot and can send additional information in the remaining time. The second scenario requires only half the bandwidth. The third scenario uses the full bandwidth and time and, thanks to network coding, the relay employs a channel code with better corrective properties to reduce transmission power

Netzcodierung werden die Datenströme an Bord des sendenden Satelliten so kombiniert, dass jeder Empfänger sie unter Verwendung seiner eigenen Sendedaten rekonstruieren kann. Dadurch muss der Satellit weniger Sendeleistung aufwenden. Mit dem zweiten Verfahren lassen sich Dateien an eine Vielzahl von Empfängern sicher verteilen, und zwar auch bei schwachen Empfangssignalen, was die Übertragungsdauer reduziert. Das dritte Übertragungsverfahren ist eine Innovation in der sogenannten Mehrteilnehmer-Detektion. Die Herausforderung besteht hier darin, dass die Signale von zwei oder mehreren Sendeterminals stammen und sich überlagern. Mit dem neuen Verfahren lassen sich diese Signale in Echtzeit detektieren und anschließend decodieren, sodass der Satellit gleichzeitig Nachrichten von verschiedenen Sendern annehmen kann.

Theorie und Praxis im Zusammenspiel

Überhaupt ist die Zusammenarbeit mit der Industrie für Kramer ein wichtiges Anliegen: „Die Theorie ist für uns Wissenschaftler natürlich der Fokus – wir sollten aber immer die Praxis im Blick haben.“ Diese Einstellung hat nicht zuletzt seine Arbeit in den Bell Labs von Alcatel-Lucent in Murray Hill in den USA geprägt. In dieser weltweit bedeutenden Forschungseinrichtung, an der übrigens auch Shannon arbeitete, war Kramer acht Jahre lang tätig. „Wir hatten unglaublich große Freiheiten für die Forschung, aber natürlich musste dort, da es sich um ein Unternehmen und keine Universität handelte, auch Geld verdient werden“, sagt Kramer. Ein gutes Beispiel für die Fruchtbarkeit der Symbiose zwischen Theorie und Praxis: Letztes Jahr erhielt Kramer gemeinsam mit einem ehemaligen Kollegen von den Bell Labs den Thomas Edison Patent Award in der Kategorie Telekommunikation für eine mathematische Methode, mit der sich Signalstörungen bei DSL-Leitungen entfernen und somit hohe Datenraten von bis zu 100 Megabit pro Sekunde erreichen lassen. Damit die Erfindung in alle standardkonformen Geräte implementierbar ist, wurde sogar der weltweite DSL-Standard G. vector angepasst. Auf einen weiteren Vorteil setzt Alcatel-Lucent: DSL-Geräte schalten sich bei Nichtnutzung automatisch ab, um Energie zu ►

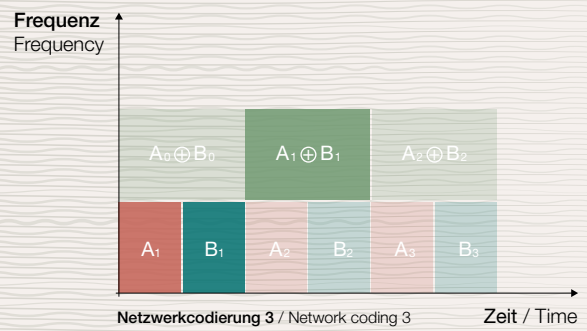
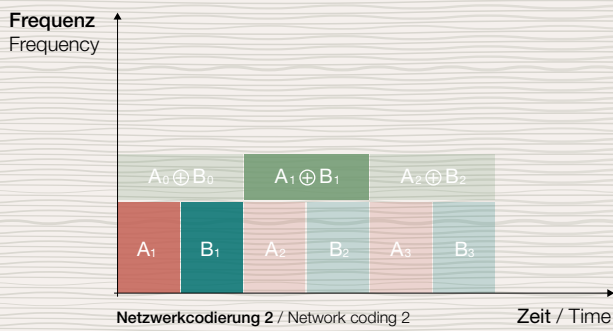
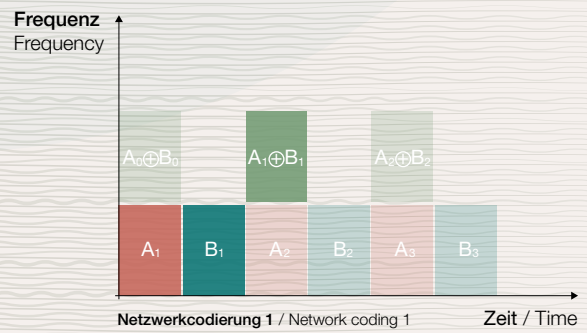
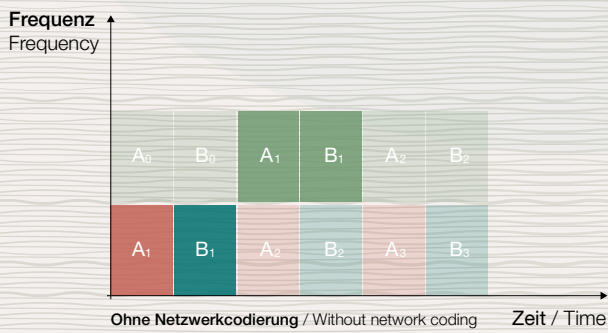
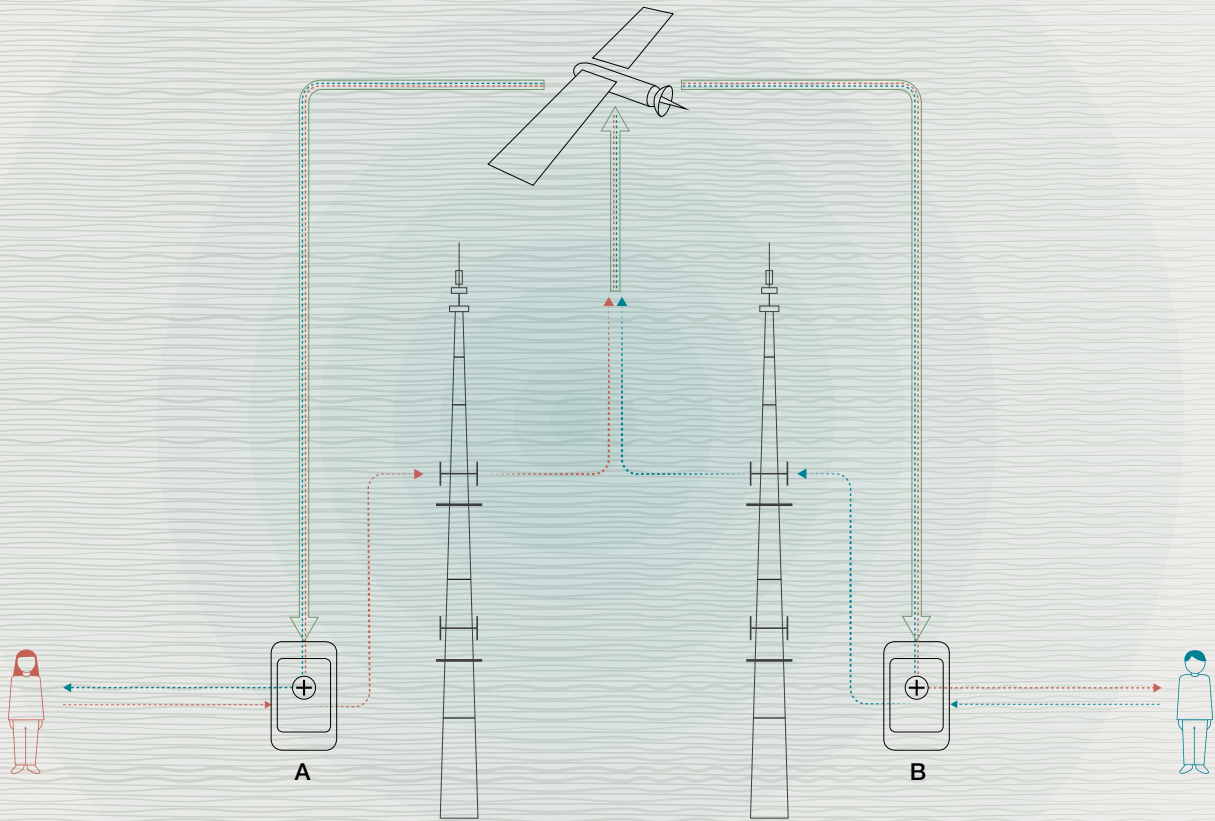
decreasing the transmission power, designers are able to build smaller, lighter and cheaper satellites. To achieve this aim, the researchers developed three new processes which will be tested in a few years using a GEO satellite.

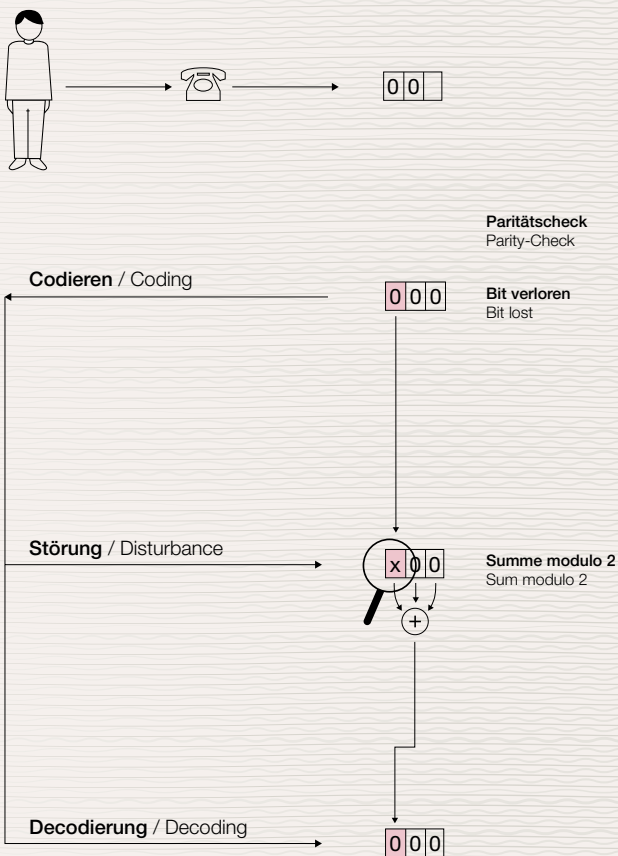
The first process is particularly suited to communication between two ground stations. The special network coding method enables the satellite transmitting the messages to combine the data streams in such a way that each receiver is able to reconstruct the message intended for it using its own transmission data. This approach means that the satellite uses less transmission power. The second process speeds up transmission time by reliably distributing files between a number of recipients, even when reception signals are weak. The third transmission process is an innovation in multi-user detection. The challenge here is to overcome the problem of overlapping signals from two or more transmitting stations. The new process enables a satellite to detect these signals in real time and decode them so that it can accept messages from different transmitters at the same time.

Putting theory into practice

Collaboration with industry is very important for Kramer. “For scientists like us, theory is the driving force. But we also need to keep our sights set on the practical side of things.” His eight years at Alcatel-Lucent’s Bell Labs in Murray Hill (USA) – one of the world’s foremost research institutes and former employer of Claude Shannon – helped strengthen his commitment to real-world challenges. “We had a huge amount of freedom in our research, but at the end of the day it was a company, not a university, and so we also had to make money,” explains Kramer.

In a prime example of how theory and practice are able to complement each other, Kramer and a former colleague from Bell Labs were awarded the Thomas Edison Patent Award in the telecommunications category last year for a mathematical method that eliminates signal interference on DSL lines, thus enabling high transmission rates of up to 100 megabits per second. In the wake of this development, the global DSL standard G. vector was adapted to ensure that the innovation could be implemented in all standard devices. The new ►





Fehlerresistente Übertragung durch Kanalcodierung: An die Nachricht 00 wird eine 0 (der sogenannte Paritätscheck) angehängt. Geht durch eine Störung das erste Bit verloren, kann es anhand der Summe der zweiten Nachricht und des Paritätscheck-Bits wiederhergestellt werden / Error-free transmission by means of coding: The message 00 is extended by one 0 (the so-called parity check). In case the first bit is lost in a disturbance, it can be restored using the sum of the second message bit and the parity check bit

sparen; wenn sie „aufwachen“, müssen ihre Kanäle möglichst schnell geschätzt werden, um sicherzustellen, dass ihre Signale keine anderen Geräte stören. Dank der von Kramer und seinem ehemaligen Kollegen entwickelten Methode lassen sich diese Initialisierungszeiten der DSL-Geräte erheblich minimieren.

In der Praxis bieten Kramers Forschungsergebnisse die Grundlage, um die Übertragungsraten in Kommunikationsnetzen deutlich zu erhöhen – und sie somit in Zukunft noch leistungsfähiger zu machen. Insbesondere seine Publikation “Cooperative Strategies and Capacity Theorems for Relay Networks” liefert bahnbrechende Erkenntnisse für die Weiterentwicklung der Netzwerkinformationstheorie. Die zukünftigen Entwicklungen sind nicht vorhersehbar – „deswegen sind die Grundlagen so wichtig“, weiß Kramer. Spielraum für Grundlagenforschung hat der Wissenschaftler auch dank seiner Alexander-von-Humboldt-Professur, mit der er im Oktober 2010 an die TUM berufen wurde.

Sicherheit und Wertschätzung in der Lehre

Und damit sind wir zurück bei der Theorie – und der Lehre. Die praktische Anwendung ist Kramer wichtig, als Professor ist sein vorrangiges Anliegen aber die Lehre. In seinem Fachgebiet ist eine enge Betreuung der Studierenden und Doktoranden wesentlich, da die Informationstheorie so abstrakt ist. „Die Studenten und Doktoranden brauchen Wertschätzung und die Sicherheit, dass sie auf dem richtigen Weg sind. Ich möchte ihnen Vertrauen in die eigenen Ansätze vermitteln“, so Kramer. Derzeit betreut er 15 wissenschaftliche Mitarbeiter – aus aller Herren Länder. Die Internationalität in der Forschung ist für den gebürtigen Kanadier, der wegen seiner deutschen Wurzeln fließend Deutsch spricht, einer der schönsten Aspekte der Wissenschaft. Auf die letzte Frage in diesem Gespräch, welches seine Ziele für den Lehrstuhl in den nächsten Jahren seien, antwortet er: „Auf eine einfache Formel gebracht: Ich möchte mein Forschungsdenken weitergeben, den Doktoranden zum Erfolg verhelfen und eine erfolgreiche Gruppe von Wissenschaftlern aufbauen, die die Forschungen in Theorie und Praxis ein gutes Stück voranbringen.“ *Autorin: Gitta Rohling*

method also provides Alcatel-Lucent with another benefit: To save energy, DSL devices automatically switch themselves off when they are not in use. When they “wake up”, they have to assess their channels as quickly as possible to make sure that their signals do not interfere with other devices. The new method developed by Gerhard Kramer and his former colleague significantly speeds up this initialization process for DSL devices.

Kramer’s research findings provide the foundation to significantly increase transmission rates in communication networks. This in turn will lead to more powerful networks in the future. His publication entitled “Cooperative Strategies and Capacity Theorems for Relay Networks” provides groundbreaking results that will help further the development of network information theory. Future developments are unpredictable which is why Kramer believes that “foundational theoretical knowledge is so important”. His Alexander-von-Humboldt professorship, which he was awarded in 2010, gives him additional freedom to carry out basic research.

Supporting students

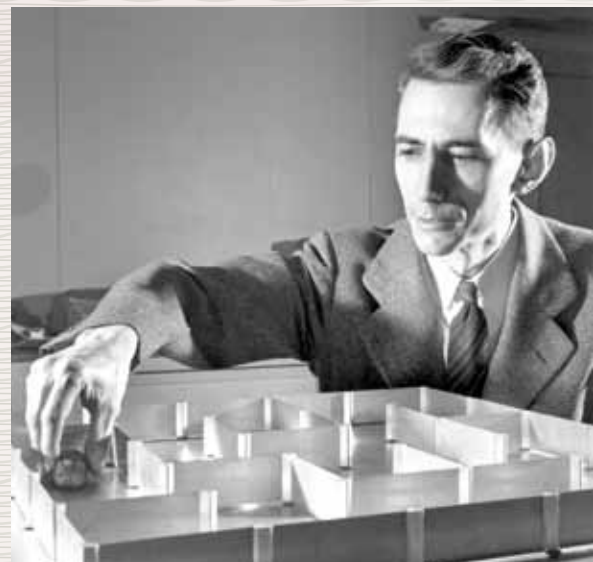
All of which brings us back to theory, and teaching. Practical applications are important to Kramer. As a professor, however, teaching is his top priority. Due to the abstract nature of information theory, it is especially important that undergraduates and Ph.D. students are advised closely. “Undergraduates and Ph.D. students need feedback and encouragement to be sure that they are on the right track. I want them to learn to trust their own approaches,” explains Kramer. He is currently supervising fifteen research associates from across the globe. The broad mix of nationalities is one of the aspects he loves most about research. Kramer was born in Canada but thanks to his German roots, he also speaks fluent German. For my last question, I ask him about his goals for the Institute for Communications Engineering in the coming years. “In a nutshell, I want to pass on my passion for research, help my Ph.D. students achieve their goals and establish a group of scientists capable of taking research to the next level on both a theoretical and practical plane.”

Author: Gitta Rohling

Der Begründer der Informationstheorie

Der amerikanische Mathematiker und Ingenieur Claude Elwood Shannon (1916 – 2001) arbeitete von 1941 bis 1972 an den Bell Labs und war Professor am Massachusetts Institute of Technology (MIT). 1948 erschien seine Arbeit “A Mathematical Theory of Communication”, die als Grundsteinlegung der Informationstheorie gilt. Hier definierte Shannon erstmals das Bit – die binäre Stelle 0 oder 1 – als kleinste Einheit für Information. Shannons Arbeit behandelt zum einen die effizienteste Methode, eine Nachricht in einer störungsfreien Umgebung zu codieren, und zum anderen die Frage, welche zusätzlichen Maßnahmen bei vorhandenen Störungen nötig sind. Dazu führt er unter anderem das Konzept der Entropie ein, das Nachrichtentechniker bis heute nutzen.

The founder of information theory The American mathematician and engineer Claude Elwood Shannon (1916 – 2001) worked at Bell Labs between 1941 and 1972 and was Professor at the Massachusetts Institute of Technology (MIT). In 1948 he published “A Mathematical Theory of Communication”, in which he laid the foundation of information theory. Here, Shannon also defines for the first time the bit – the single binary digit 0 or 1 – as the smallest unit of information. Shannon’s work concentrates on two key questions: To determine the most efficient encoding of a message in a noiseless environment and to understand what additional steps need to be taken in the presence of noise. For this he introduced the concept of entropy, which communications engineers still use today.



Neue Technologie für Quantencomputer

Kohlenstoff-Nanoröhrchen eignen sich als Bausteine für Quantencomputer. Dies belegt eine Studie von Physikern der TU München **A new approach to quantum computing** Carbon nanotubes can be used as quantum bits for quantum computers. This has been shown in a study by physicists at TU München

Computer, die quantenmechanische Phänomene geschickt nutzen, könnten wesentlich leistungsfähiger sein als klassische, digital arbeitende Rechner. Ein häufig genutztes System sind elektrisch geladene Teilchen, die in einer „elektromagnetischen Falle“ festgehalten werden. Ein Nachteil dieser Systeme ist, dass sie sehr empfindlich auf elektromagnetische Störungen reagieren und daher aufwendig abgeschirmt werden müssen. Physiker der TU München haben nun einen Weg gefunden, wie Information auch in mechanischen Schwingungen gespeichert und quantenmechanisch verarbeitet werden kann.

Eine Nanogitarre

Wird ein Kohlenstoff-Nanoröhrchen an beiden Enden fest eingespannt und zu Schwingungen angeregt wie eine Gitarrensaiten, schwingt es erstaunlich lange. „Man würde erwarten, dass ein solches System sehr stark gedämpft ist und die Schwingung schnell abklingt“, sagt Forscher Simon Rips. „Tatsächlich aber schwingt die Saite über eine Million Mal. Die Information bleibt damit bis zu einer Sekunde erhalten. Das ist lange genug, um damit arbeiten zu können.“ Da eine solche Saite zwischen vielen physikalisch gleichwertigen Zuständen hin und her schwingt, griffen die Physiker zu einem Trick: Ein elektrisches Feld in der Nähe des Nanoröhrchens sorgt dafür, dass nur zwei dieser Zustände angesteuert werden. Die Informationen können dann optoelektronisch geschrieben und gelesen werden. „Unser Konzept basiert auf verfügbarer Technik“, sagt Dr. Michael Hartmann, Leiter der Emmy Noether-Forschungsgruppe Quantenoptik und Quantendynamik an der TU München. „Es könnte uns der Realisierung eines Quantencomputers wieder ein Stück näher bringen.“

□ Autor: Andreas Battenberg (TUM)

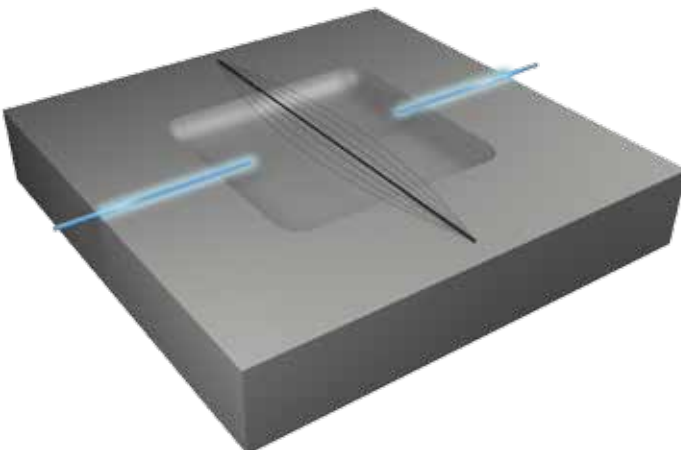
| |
|---|
| Link |
| http://einrichtungen.physik.tu-muenchen.de/quantumdynamics |

Using quantum mechanical phenomena, computers could be much more powerful than their classical digital predecessors. To date most systems are based on electrically charged particles that are held in an “electromagnetic trap”. A disadvantage of these systems is that they are very sensitive to electromagnetic interference and therefore need extensive shielding. Physicists at TU München have now found a way for information to be stored and quantum mechanically processed in mechanical vibrations.

Playing a nano-guitar

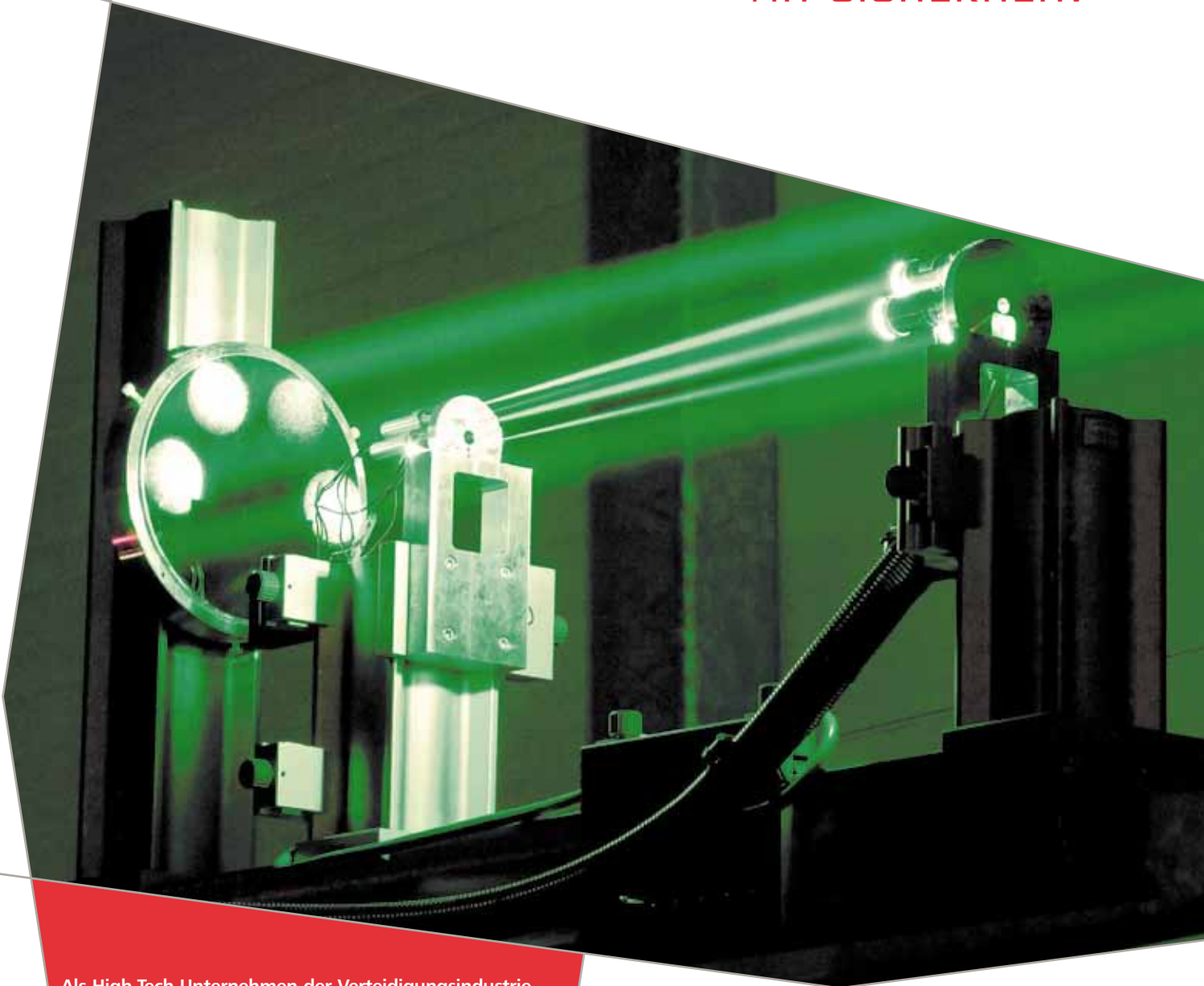
A carbon nanotube that is clamped at both ends can be excited to oscillate. Like a guitar string, it vibrates for an amazingly long time. “One would expect that such a system would be strongly damped, and that the vibration would subside quickly,” says scientist Simon Rips. “In fact, the string vibrates more than a million times. The information is thus retained up to one second. That is long enough to work with.” Since such a string oscillates among many physically equivalent states, the physicists resorted to a trick: an electric field in the vicinity of the nanotube ensures that two of these states can be selectively addressed. The information can then be written and read optoelectronically. “Our concept is based on available technology,” says Michael Hartmann, head of the Emmy Noether research group Quantum Optics and Quantum Dynamics at TU München. “It could take us a step closer to the realization of a quantum computer.”

□ Autor: Andreas Battenberg (TUM)



Nanoröhrchen (schwarz) können wie eine Gitarrensaiten eingespannt und zu Schwingungen angeregt werden. Ein elektrisches Feld (Elektroden: blau) regelt, welche Zustände angesteuert werden / Like a guitar string, nanotubes (black) can be clamped and excited to vibrate. An electric field (electrodes: blue) controls which states are addressed

WISSEN SCHAFFT ZUKUNFT.
MIT SICHERHEIT.



Als High-Tech-Unternehmen der Verteidigungsindustrie entwickeln, produzieren und warten wir Lenkflugkörpersysteme, Komponenten und Subsysteme für Luftwaffe, Marine und Heer. Wir suchen engagierte, motivierte und erfahrene Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die mit uns an der Sicherheit der Zukunft arbeiten.

Wir sind Teil der europäischen und global agierenden MBDA mit einer Konzernzugehörigkeit zur EADS und bieten Ihnen ein innovatives Umfeld, langfristige Perspektiven sowie nationale und internationale Entwicklungsmöglichkeiten.

Bei uns erwarten Sie herausfordernde Aufgaben, ein modernes Arbeitsumfeld, ein ausgezeichnetes Betriebsklima, umfangreiche Sozialleistungen, flexible Arbeitszeitmodelle sowie eine leistungsorientierte Vergütung.

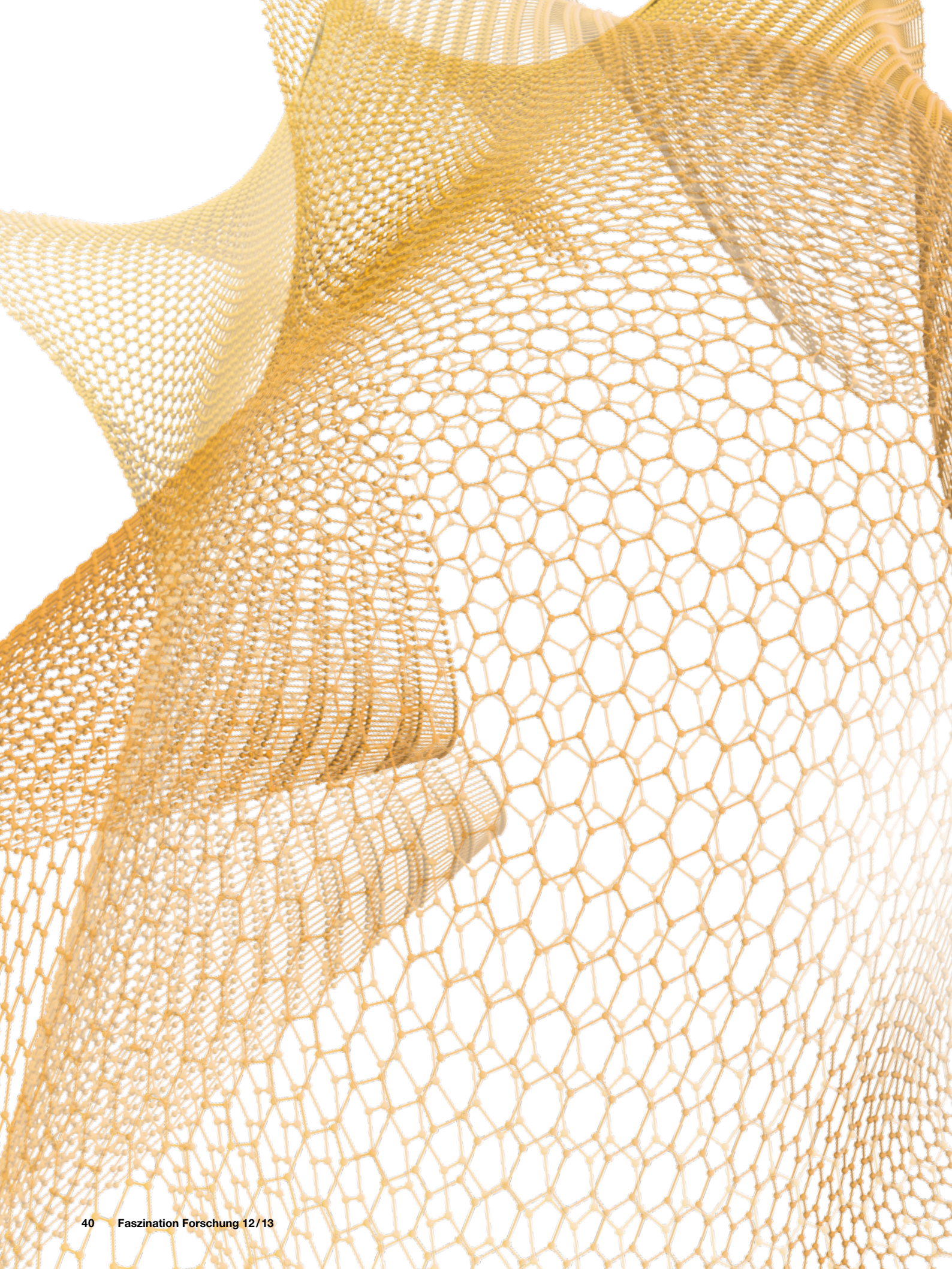
Unsere aktuellen Stellenangebote finden Sie unter www.mbda-careers.de

MBDA Deutschland
Recruiting
Hagenauer Forst 27
86529 Schrobenhausen

bewerbung@mbda-careers.de
www.mbda-careers.de

GREAT PLACE TO WORK®
DEUTSCHLANDS BESTE ARBEITGEBER
2012

MBDA
MISSILE SYSTEMS



Link

www.wsi.tum.de

Auf dem Weg in die Nach-Silizium-Ära

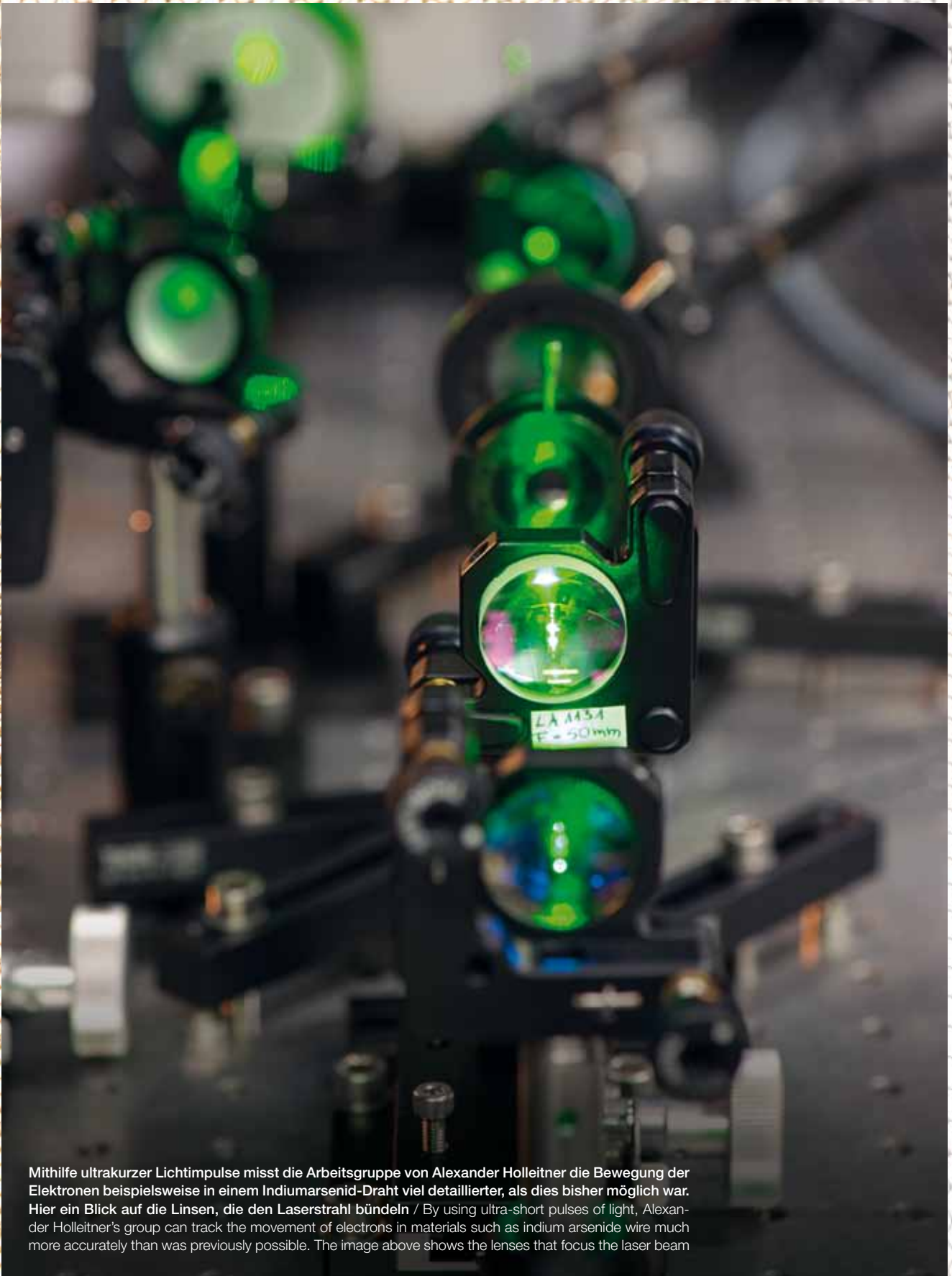
Computerchips von übermorgen werden voraussichtlich mit Strukturen arbeiten, die nur noch wenige Atome umfassen. Das erfordert einerseits neue Materialien und Herstellungsmethoden, andererseits aber auch einen neuen Blick auf die Vorgänge, die im Halbleiter ablaufen. Prof. Alexander Holleitner und sein Team untersuchen diese Prozesse schon heute **Moving into the post-silicon era** Atom-scale chips may sound like science fiction today, but it seems more than likely that the computer chips of the future will be working with structures comprising just a few atoms. To make this leap forward, however, physicists need to develop new materials and production methods, and gain a new understanding of the processes that take place in semiconductors. And this is exactly what Prof. Alexander Holleitner and his team are doing

Alexander Holleitner (ganz links) und sein Team im Seminarraum des Zentrums für Nanotechnologie und Nanomaterialien (ZNN). Im Neubau des Walter Schottky Instituts dominieren klare Sachlichkeit und architektonischer Minimalismus. Konzentrierte Arbeit und Kommunikation finden hier gute Bedingungen / Alexander Holleitner (far left) and his team in the seminar room at the Institute for Nanoscience and Nanotechnology (ZNN). The functional, minimalist design of this new addition to the Walter Schottky Institute provides the ideal environment for concentrated work and productive communication



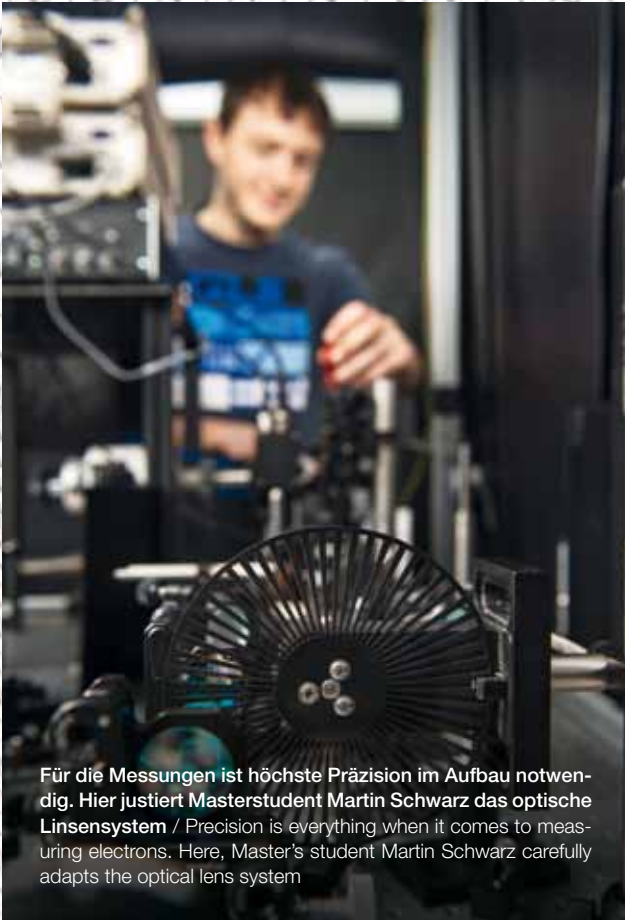


Foto / Picture credit: Eckert/TUM



Mithilfe ultrakurzer Lichtimpulse misst die Arbeitsgruppe von Alexander Holleitner die Bewegung der Elektronen beispielsweise in einem Indiumarsenid-Draht viel detaillierter, als dies bisher möglich war. Hier ein Blick auf die Linsen, die den Laserstrahl bündeln / By using ultra-short pulses of light, Alexander Holleitner's group can track the movement of electrons in materials such as indium arsenide wire much more accurately than was previously possible. The image above shows the lenses that focus the laser beam

Foto / Picture credit: Heddergott/TUM



Für die Messungen ist höchste Präzision im Aufbau notwendig. Hier justiert Masterstudent Martin Schwarz das optische Linsensystem / Precision is everything when it comes to measuring electrons. Here, Master's student Martin Schwarz carefully adapts the optical lens system



Im Reinraum des Instituts fertigen Mitglieder des Teams die filigranen Strukturen selbst an, die sie dann im Experiment untersuchen / Team members first create the delicate structures themselves in the institute's clean room before putting them to the test in various experiments



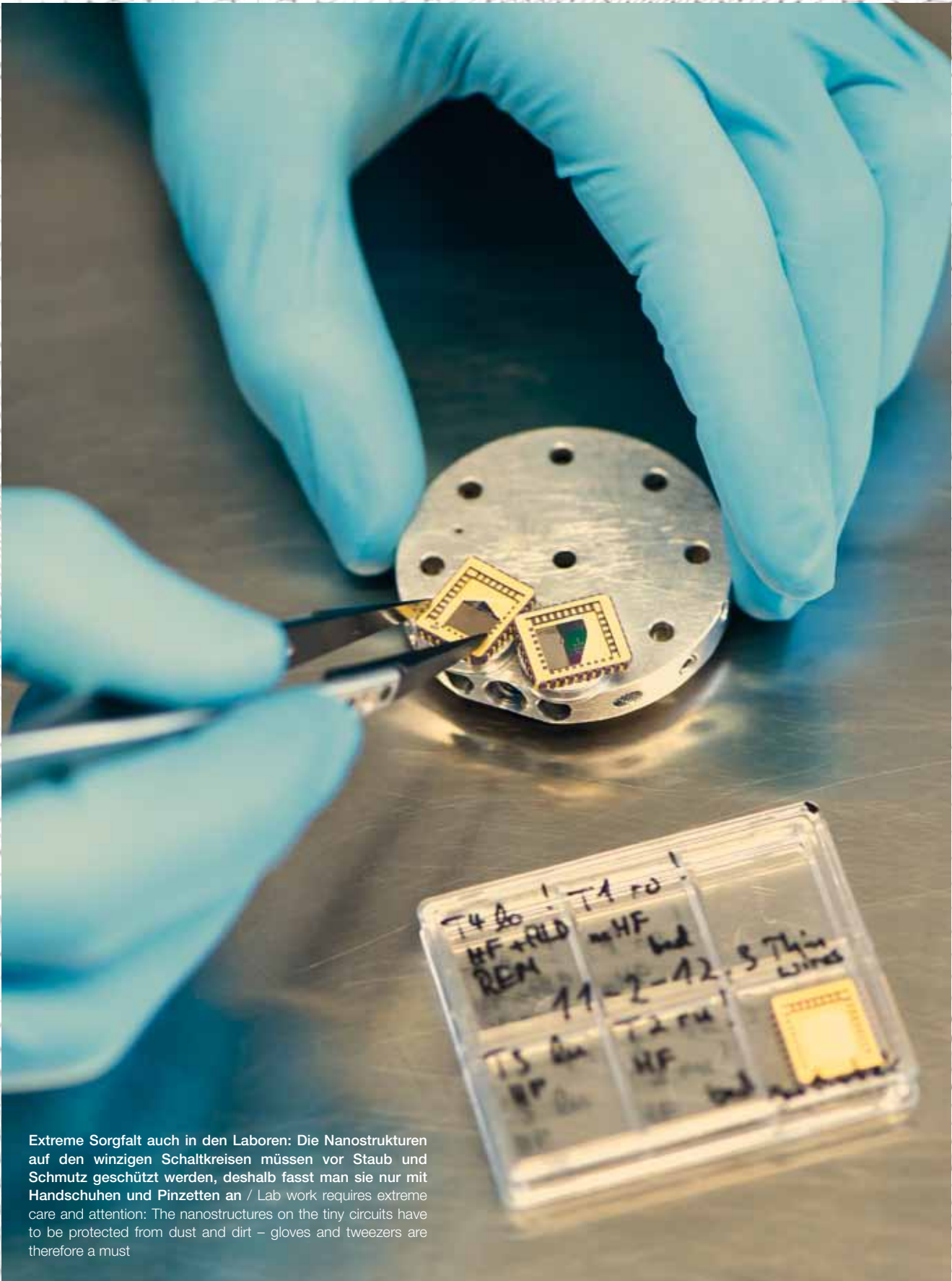
Die im Reinraum hergestellten Chips werden für Messungen mit Femtosekundenlasern genutzt / The chips that have been manufactured in the clean room are used for measurements with a femtosecond laser



Diese sogenannten Terahertz-Streifenleiter sind das Herzstück der Experimente / Terahertz strip conductors are at the heart of these experiments

Fotos oben links, rechts unten, below right: Heidegott/TUM
Sonstige Bilder/Other pictures: Eckert/TUM

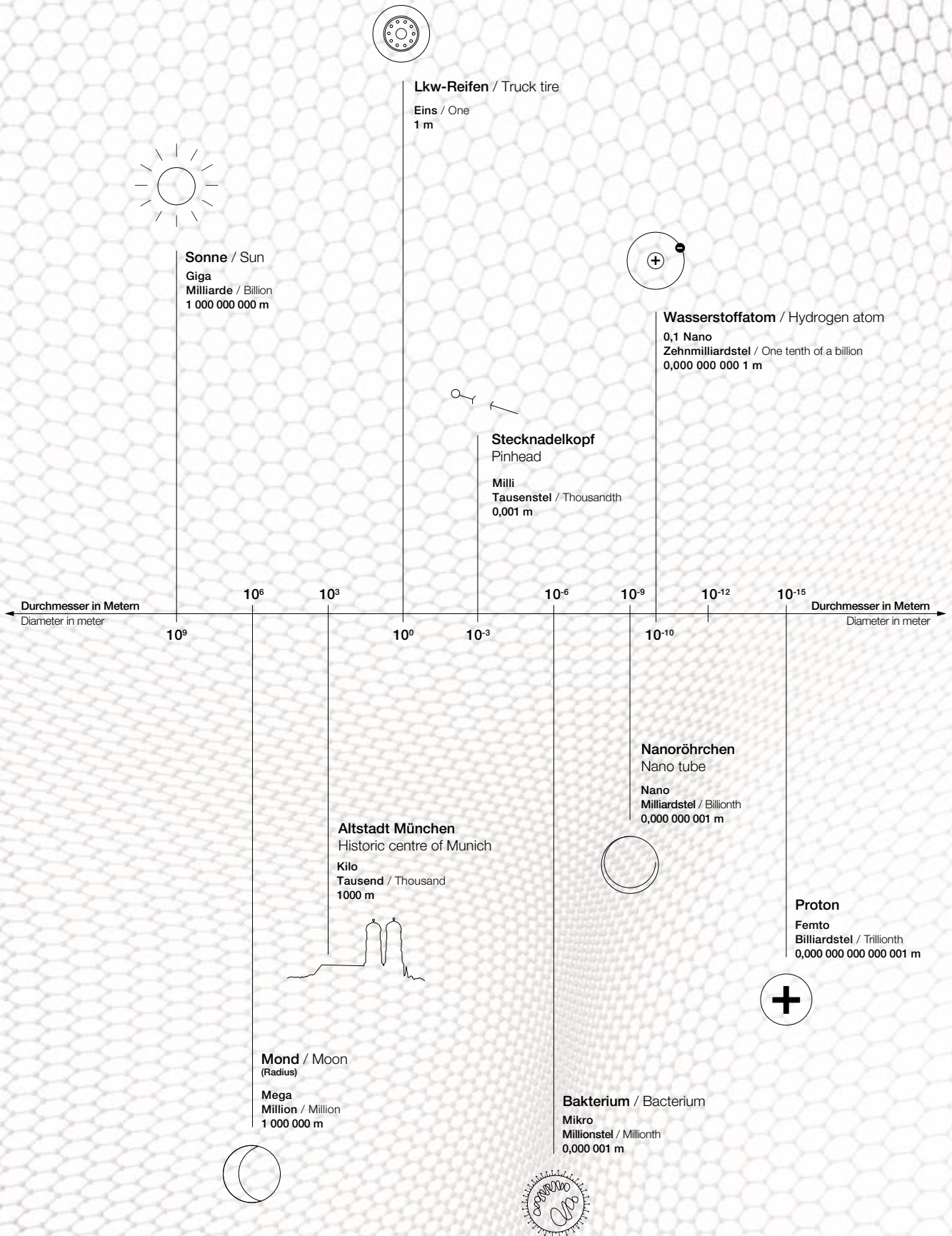




Fotos / Picture credits: Eckert/TUM

Extreme Sorgfalt auch in den Laboren: Die Nanostrukturen auf den winzigen Schaltkreisen müssen vor Staub und Schmutz geschützt werden, deshalb fasst man sie nur mit Handschuhen und Pinzetten an / Lab work requires extreme care and attention: The nanostructures on the tiny circuits have to be protected from dust and dirt – gloves and tweezers are therefore a must

Größenordnungen / Orders of magnitude



Von Giga bis Femto: Während die Sonne einen Durchmesser von rund 1.392.700.000 Metern, also 1,3 Gigametern, hat, ist der Mond nur 3476 Kilometer, also 3,4 Megameter, dick. Die Münchner Altstadt bemisst sich im Kilometermaßstab, ein Lkw-Reifen hat einen Durchmesser von etwa einem Meter. In der Welt des Kleinen und Kleinsten dominieren Begriffe wie Milli-, Mikro-, Nano-, Piko- (10^{-12}) und Femto-. Die jeweilige Bezeichnung ist in der Grafik eingetragen / From giga to femto: The sun's diameter is around 1,392,700,000 kilometers, or 1.3 gigameters. The moon, however, is approximately 3,476 kilometers, or 3.4 megameters, thick. Munich's historic center can be measured in kilometers, while the wheel of a truck has a diameter of around one meter. When things start to get small, however, terms such as milli, micro, nano, pico (10^{-12}) and femto start to appear. These prefixes are shown in the figure opposite

Man glaubt kaum, dass hier ein physikalisches Institut heimisch ist, eher würde man ein Museum für moderne Kunst vermuten. Der Eingangsbereich, die Flure, das Treppenhaus – alles ist in leicht gedämpftem Weiß gehalten, minimalistisch und lichtdurchflutet. Lediglich ein Kickertisch stört die Bilderbuchästhetik, an dem in der Mittagspause Studenten lautstark gegeneinander spielen. Hier, im Neubau des Walter Schottky Instituts, dem Zentrum für Nanotechnologie und Nanomaterialien (ZNN), ganz im Norden des Garching Forschungsgeländes, dient das edle Ambiente als zweckmäßige Hülle für eine ganze Reihe von TUM Laboren, die mechanisch, thermisch und elektrisch extrem von der Außenwelt abgeschirmt sind. Denn in ihrem Inneren arbeiten Forscher an Halbleiterstrukturen im Nanobereich. Es ist intensive Grundlagenforschung, die hier vor sich geht, gleichzeitig hat sie aber Bezug zur Praxis: Sie beschäftigt sich letztlich mit der Zukunft der Computer.

Winzige Chipstrukturen

Die Bauelemente der Rechner sind in den letzten 50 Jahren stetig kleiner geworden. Immer bessere und feinere Produktionsmethoden für die Chips haben es möglich gemacht, winzige Strukturen im industriellen Maßstab fehlerfrei und zuverlässig herzustellen. War im Jahr 1970 ein Transistor noch etwa ein hundertstel Millimeter „groß“, schrumpfte er 15 Jahre später schon auf ein Zehntel davon, und heute sind seine Abmessungen erneut hundertmal winziger. Der Preis für ein Bit gespeicherter Information fiel von rund zehn Pfennigen in den 1960er-Jahren auf ein Milliardstel Eurocent heute. Gordon Moore, einer der Gründer der Firma Intel, hat diese Entwicklung 1965 in eine Prognose gefasst, die bis heute Gültigkeit hat: Moores Gesetz sagt aus, dass sich die Anzahl der elektronischen Schaltelemente auf einem Chip alle 18 Monate verdoppelt.

Heute kann man mit kurzwelligem UV-Licht bereits Schaltelemente – man spricht meist von „Knoten“ – herstellen, die nur noch 16 Nanometer groß sind, und der Trend ▶

With its minimalist, bright interior in muted white, TUM's Center for Nanotechnology and Nanomaterials (ZNN) does not really look like a scientific institute. In fact, visitors could well be forgiven for thinking that they had stumbled into a modern art museum rather than the newest of the Walter-Schottky Institute's buildings. A table football game is the only incongruous object in these stylish surroundings. The noise of students playing on it during lunch breaks also shatters the museum-like atmosphere. This new physics center is located in the north of the Garching research campus. Behind the sophisticated ambience lie a number of TUM labs, each one mechanically, thermally and electrically insulated from the outside world. They are insulated for good reason – the scientists inside are working with nano-scale semiconductor structures. It is intensive, basic research with a practical twist – after all, their work here will help define the computers of tomorrow.

Tiny chip structures

Over the past 50 years, computer components have been getting smaller and smaller. Thanks to improved, more sophisticated chip fabrication methods, manufacturers can reliably produce tiny, error-free structures on an industrial scale. A transistor that measured one-hundredth of a millimeter in size in 1970 had shrunk to one tenth of this size within just 15 years. Today's transistors are one hundred times smaller again. The price of one bit of stored information has fallen from around ten pfennigs in the 1960s to one billionth of a euro cent today. Back in 1965, Gordon Moore, one of the founders of the company Intel, predicted this trend in an observation that still holds true today: Moore's Law states that the number of electronic switches integrated on a chip will double every eighteen months.

Today, short-wave UV light can be used to create structural nodes that are just sixteen nanometers in size. And engineers are moving increasingly closer to ten nanometers – about twenty atoms across. "It's incredible that we are approaching atom-scale structures in electronics," enthuses Profes- ▶

geht zu zehn Nanometern. Dies entspricht dann etwa 20 Atomen nebeneinander. „Ich finde das unglaublich“, sagt Prof. Alexander Holleitner. „Man nähert sich in der Elektronik nun Strukturen im atomaren Maßstab.“ Bald wird man nicht mehr mithilfe von optischer Lithografie Schaltkreise auf den Chips definieren, sondern nach neuen Lösungen suchen, wie man die Knoten aufbauen kann. Halbleiter-Nanodrähte, z. B. aus Indiumarsenid, oder Kohlenstoff-Nanoröhrchen – sogenannte nanotubes – sind dabei im Gespräch, aber auch der Wunderwerkstoff Graphen. Diese Modifikation von Kohlenstoff, die erst 2004 entdeckt wurde, wird mittlerweile intensiv erforscht und weckt enorme Hoffnungen. „Bei den großen Chipherstellern existieren bereits Prototypen von Schaltelementen aus Nanomaterialien“, sagt Holleitner. „Eines Tages werden sie hoffentlich auf Chips integriert sein und die Schaltelemente aus Silizium ergänzen oder sogar ersetzen.“

Licht als Informationsträger

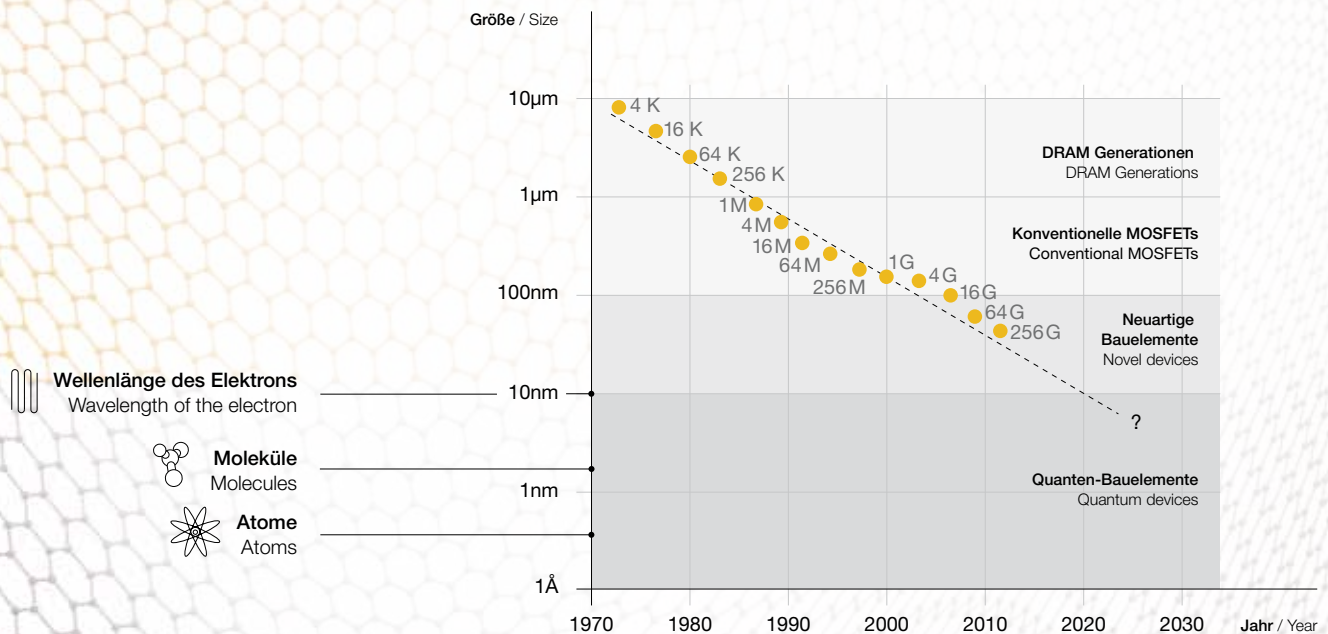
Dabei werden neben Elektronen als klassische Ladungsträger auch Photonen, also Lichtteilchen, als Informationsträger eine immer größere Rolle spielen. Schon heute kann man mit Photonen Chips ein- und ausschalten. In der Glasfaser-Kommunikation sind sie unentbehrlich, und in einem optischen Computer werden sie die Verbindung herstel- ➤

sor Alexander Holleitner. Soon, manufacturers will no longer be using optical lithography to define circuits onto chips. Today, the search is already underway for new ways of building nodes. Semiconductor nanowires comprising indium arsenide and carbon nanotubes are two promising candidates. As is the revolutionary material graphene, a modification of carbon that was only discovered in 2004. Graphene is a subject of intense research and is generating a huge amount of excitement. “The major chip manufacturers have already created prototypes of circuits made of nanomaterials,” says Holleitner. “Hopefully, they’ll be integrated on chips one day, working alongside silicon elements and replacing them eventually.”

Light as information carrier

These new designs will still use electrons as conventional charge carriers. In time, however, photons (light particles) will play an increasingly important role as information carriers. In fact, photons can already be used to activate and deactivate chips today. They are already an indispensable ingredient in fiber-optic communications. In optical computers, they will be used to connect optical and conventional components. In light of these trends, scientists need to develop advanced fabrication processes and also understand the physical inner workings of nano-scale components. This is exactly what Alexander Holleitner and his team are doing. “We focus ➤

Elektronische Bauelemente sind in den letzten 43 Jahren stetig kleiner geworden. Bald ist die Größe eines Moleküls oder gar Atoms nicht mehr weit entfernt. Gordon Moore, einer der Gründer der Firma Intel, hat diese Entwicklung in eine Prognose gefasst, die bis heute Gültigkeit hat: Moores Gesetz sagt aus, dass sich die Anzahl der elektronischen Schaltelemente auf einem Chip alle 18 Monate verdoppelt / Electronic components have been gradually shrinking over the last 43 years. Scientists are already moving toward molecule- and even atom-scale components. Gordon Moore, one of the founders of Intel, predicted this trend in an observation that still holds true today: Moore’s Law states that the number of electronic switches integrated on a chip will double every eighteen months



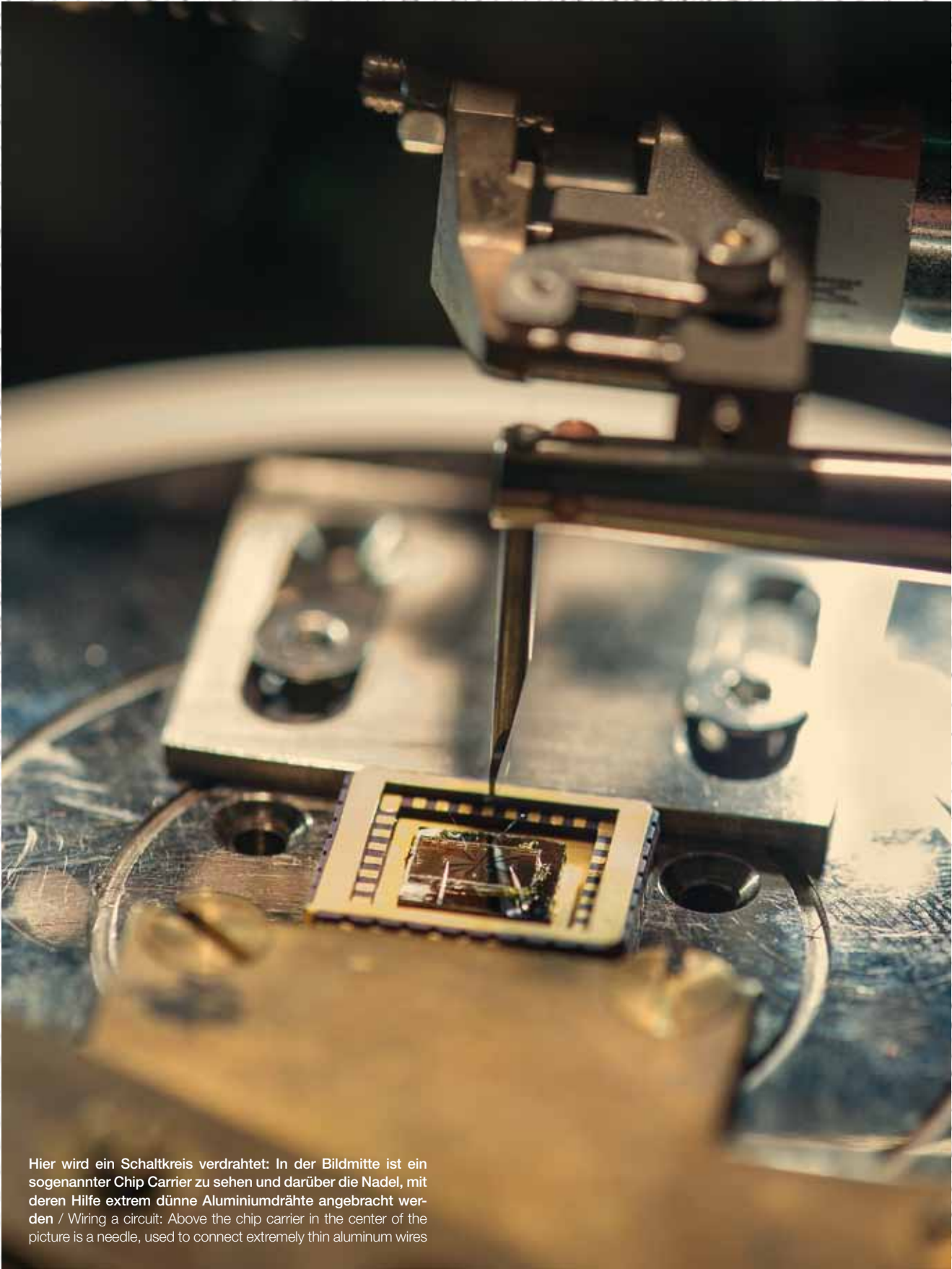
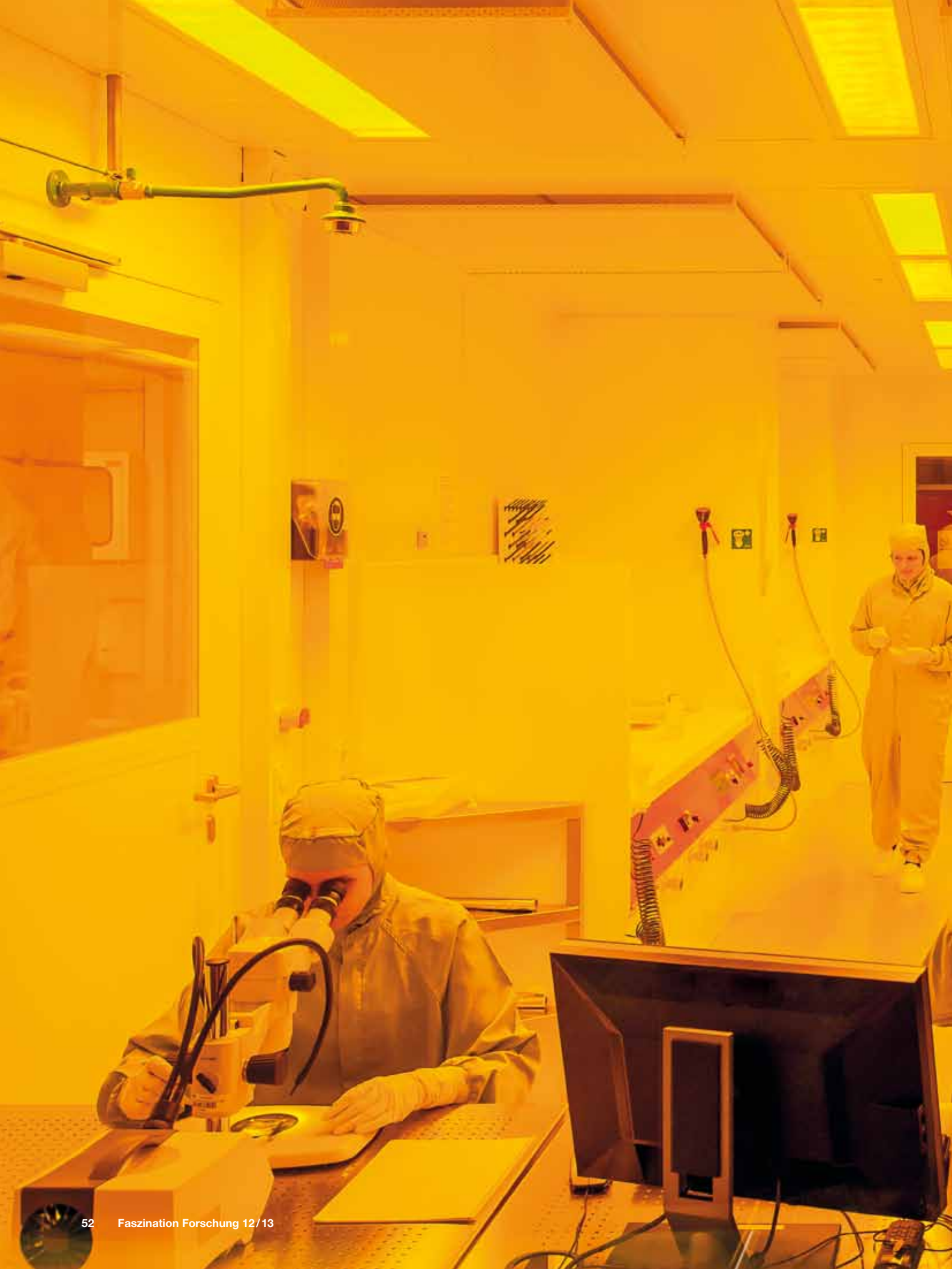


Foto / Picture credit: Eckert/TUM

Hier wird ein Schaltkreis verdrahtet: In der Bildmitte ist ein sogenannter Chip Carrier zu sehen und darüber die Nadel, mit deren Hilfe extrem dünne Aluminiumdrähte angebracht werden / Wiring a circuit: Above the chip carrier in the center of the picture is a needle, used to connect extremely thin aluminum wires



Dieser Reinraum ist eines der Gemeinschaftslabore des ZNN. Dort arbeiten Studenten und Wissenschaftler daran, Materialien und Strukturen im Nanomaßstab herzustellen. Sie produzieren Chips mithilfe optischer Verfahren, wie sie auch in der Chipindustrie üblich sind. So bietet das Institut gleichzeitig eine fundierte praktische Ausbildung für die Studenten an, die auf diese Weise die industriellen Prozesse kennenlernen. Da einzelne Lithografieschritte durch bestimmte optische Wellenlängen gestört werden könnten, müssen alle Prozesse im Gelblicht durchgeführt werden / This clean room is one of the Institute's shared labs. Students and scientists use it to build nanoscale materials and circuits. The chips are manufactured using optical processes deployed in the semiconductor industry. This gives students hands-on insights into real-world industrial processes as part of their practical training. All work is carried out under yellow light as certain optical wavelengths can disrupt the individual steps in lithography



len zwischen optischen und konventionellen Bauteilen. Angesichts dieser Entwicklungen ist es nicht nur wichtig, fortgeschrittene Herstellungsverfahren zu entwickeln, sondern man muss auch verstehen, was im Inneren der Nanobauteile physikalisch vor sich geht. Alexander Holleitner und sein Team haben sich dieser Fragestellung verschrieben. „Wir beschäftigen uns mit dem Grenzgebiet zwischen Optik und Elektronik“, sagt der 40-jährige Physiker. „Wir untersuchen mit optoelektronischen Methoden, wie schnell sich die Elektronen bewegen, was bei den Schaltprozessen abläuft und wohin die Wärme in den Schaltkreisen abfließt.“

Angeregter Nanodraht

Alexander Holleitner hat eine Apparatur entwickelt, die rund 100-mal so schnell ist wie andere Messmethoden. Er macht sich dabei die Schnelligkeit heutiger Femto-(oder 10^{-15} -)Sekunden-Laser zunutze, denn „mit rein elektrischen Verfahren kann man die Vorgänge, die hier ablaufen, gar nicht mehr messen, sie sind viel zu langsam.“ Er befestigt beispielsweise einen Nanodraht aus Indiumarsenid zwischen zwei streifenförmigen Leitern aus Gold auf einem Saphirsubstrat und regt ihn mit einem kurzen Laserimpuls an. Dadurch entsteht für einen Augenblick ein winzig kleiner Photostrom, der in den beiden metallischen Streifen ein elektromagnetisches Feld induziert. Dieses rast die Leiter entlang zu einem Photodetektor aus Silizium. Sobald es dort angekommen ist, werden Ladungsträger in dem Siliziumdetektor mit einem zweiten kurzen Laserimpuls angeregt.

Man nennt dies die Anrege-Abfrage-Methode oder englisch kurz on-chip pump-probe: Mit einem Laserimpuls regt man erst einen Prozess an, und mit einem weiteren fragt man ab, was passiert ist. Aus der Größe des Abtaststroms im Siliziumdetektor können die Physiker die zeitliche Dynamik der Ladungsträger in den Nanoschaltkreisen auf weniger als eine Pikosekunde, also 10^{-12} Sekunde, genau messen und ihre Schlüsse daraus ziehen.

Mit dieser Methode gelang es Holleitner und seinem Team, die Bewegung der Elektronen im untersuchten Indiumarsenid-Draht erstmals zeit- und orts aufgelöst zu messen und auch nachzuweisen, dass Terahertz-Strahlung erzeugt wird. Einer der zugrunde liegenden Prozesse wurde von dem deutschen Physiker Harry Dember bereits 1931 beschrieben, konnte aber noch nie mit so hoher Genauigkeit in einzelnen Nanoschaltkreisen gemessen werden. Sobald der Femtosekunden-Laserimpuls auf den Draht trifft, baut sich dort aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten von Elektronen und Löchern – dies sind die positiv gelade-

„Es war mein Traum, die beiden Welten Optik und Elektronik zu verbinden“, sagt Alexander Holleitner. Erst kürzlich erhielt er für sein Projekt NanoREAL vom Europäischen Forschungsrat einen Startzuschuss von 1,3 Millionen Euro / „My dream was to bring the two worlds of optics and electronics together;“ explains Alexander Holleitner. He recently received EUR 1.3 million in funding from the European Research Council for his NanoREAL project





Foto / Picture credit: Eckert/TUM
Grafik / Graphics: edlundsepp

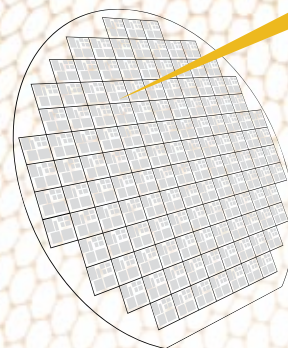
on the interface between optics and electronics,” explains the 40-year-old physicist. “We use optoelectronic methods to investigate how fast electrons move, what happens during switching cycles and how heat dissipates throughout circuits.”

Excited nanowires

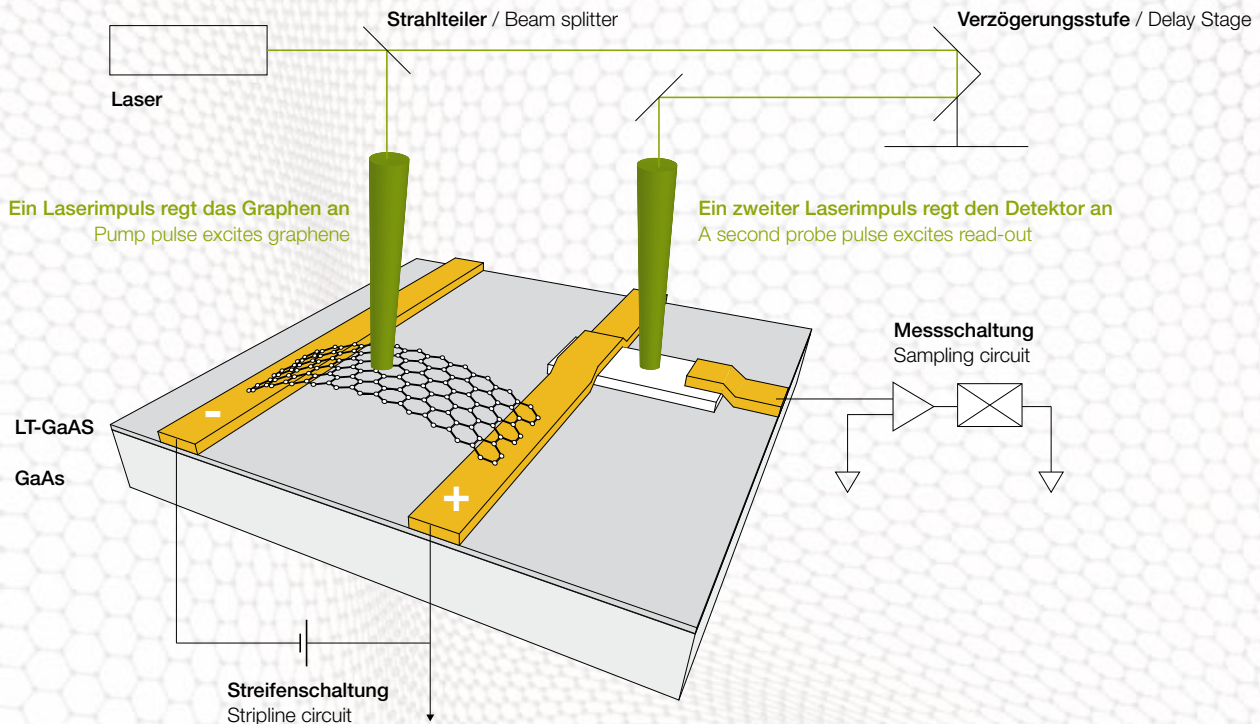
To do this, Holleitner has built a piece of equipment that is around one hundred times faster than other measuring devices. He uses the latest femtosecond (10^{-15} second) lasers for his measurements because, as he puts it, “pure electrical methods are much too slow to measure the processes at work here.” A typical measurement involves fixing a nanowire of indium arsenide between two gold strips (conductors) on a sapphire substrate and exciting the wire using a short laser pulse. This creates a tiny, momentary photocurrent that induces an electromagnetic field in the two metallic strips. This races along the conductors to a silicon photodetector. Once it arrives here, charge carriers in the silicon detector are excited using a second brief laser pulse.

This process is known as the on-chip optoelectronic “pump-probe” method. An initial laser pulse is used to excite a process and a second pulse is used to monitor what happens. Based on the size of the probe current in the silicon detector, physicists can accurately measure the motion of the charge carriers in the nanocircuits with less than picosecond (10^{-12} second) resolution and use their findings in their research.

Holleitner and his team used this method to measure electron movement in the indium arsenide wire with a high degree of time and spatial resolution for the first time. They also proved that terahertz radiation is being generated. One of the underlying processes was reported by German physicist Harry ▶



Die Industrie entwickelt derzeit Lithografieverfahren, die es erlauben, mit einer optischen Wellenlänge im extremen Ultraviolett Schaltkreise in der Größenordnung von etwa 16 Nanometern serienmäßig zu produzieren / Industry is currently developing lithographic processes that will enable series production of circuits measuring around 16 nanometers using an extreme ultraviolet optical wavelength



Der Aufbau der Messapparatur: Ein Laserimpuls (pump pulse) regt das Graphengitter optisch an. Ein zweiter, zeitverzögerter „Probe“-Laserimpuls liest die elektromagnetischen Impulse auf dem Streifenleiter aus / Diagram of measuring apparatus: A laser pulse (pump pulse) optically excites the graphene grid. This is followed by a second, probe laser pulse, which reads the electromagnetic pulses on the conductive strips

nen Ladungsträger im Halbleiter – ein elektrisches Feld auf. Durch diesen Prozess wird elektromagnetische Strahlung im Terahertz-Frequenzbereich abgestrahlt. Außerdem lässt sich mit der Methode Holleitners auch die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Elektronen und Löcher in dem Nanodraht bestimmen. Darüber hinaus gelang es der Gruppe vor Kurzem erstmals, die Erzeugung von Terahertz-Strahlung in einer Graphenschicht nachzuweisen.

Optik und Elektronik

Auf die Idee, die photoelektronischen Eigenschaften einer Probe mit den Schalteigenschaften des Siliziums zu koppeln, kam Holleitner nicht von ungefähr, er entwickelte sie Stück für Stück. Zunächst promovierte er über ein Spezialthema zum Einzel-Elektronentransport und lernte dabei, „sehr genaue elektrische Messungen durchzuführen“. Später als Postdoc im kalifornischen Santa Barbara bekam er es mit den optischen Techniken zu tun. „Es war schon damals mein Traum, die Vorteile der beiden Welten Optik und Elektronik zu verbinden“, erinnert sich Holleitner. Nach seiner Rückkehr nach München – zunächst noch an der LMU – begann er, diese Vision zu realisieren. Und er überzeugte die Fachwelt: Erst kürzlich erhielt er für sein Projekt NanoREAL vom Europäischen Forschungsrat (European Research

Council, ERC) einen Startzuschuss von 1,3 Millionen Euro. Es wird zum Teil in die apparative Ausstattung der Labors und Reinräume fließen, in denen das Team die filigranen Strukturen selbst anfertigt. Um dabei in den Nanobereich vorzustoßen, sind teure Spezialgeräte erforderlich, und „um international wettbewerbsfähig zu sein, benötigen wir die besten Maschinen“, sagt Holleitner. Die Gemeinschaftslabore des Zentrums für Nanotechnologie und Nanomaterialien stehen aber auch anderen Instituten des Forschungsgeländes und des Exzellenzclusters Nanosystems Initiative Munich (NIM) offen; derzeit gibt es rund 150 Nutzer.

Zu wissen, was auf atomarer Ebene im Inneren der winzigen Strukturen abläuft, ist nicht nur wichtig zum Verständnis der Physik, die bei diesen Maßstäben häufig schon von Quanteneffekten bestimmt wird. Es ist auch die Voraussetzung dafür, Prozesse beispielsweise in optischen Schaltelementen zu beschleunigen oder natürliche Phänomene nachzuahmen. So untersuchen Holleitner und seine Leute auch organische Moleküle und Proteine, die bei der Photosynthese eine Rolle spielen. Und sie hoffen, dass aufgrund ihrer Arbeit eines Tages nicht nur noch kleinere und schnellere Computer entstehen, sondern vielleicht auch neuartige Solarzellen, die Licht besser in Strom umwandeln als die heutigen Module.

Autorin: Brigitte Röhlein

Dember back in 1931. However, it had never been measured to such a high level of accuracy in individual nanocircuits until now. Once the pulse from the femtosecond laser hits the wire, it creates an electric field due to the different speeds of the electrons and holes (positively charged charge carriers in the semiconductor). This process generates electromagnetic radiation in the terahertz frequency range. On top, Holleitner's method allows measuring the propagation velocity of the electrons and holes in the nanowires. With the same technique, Holleitner's team recently achieved another milestone by demonstrating terahertz generation in a graphene layer.

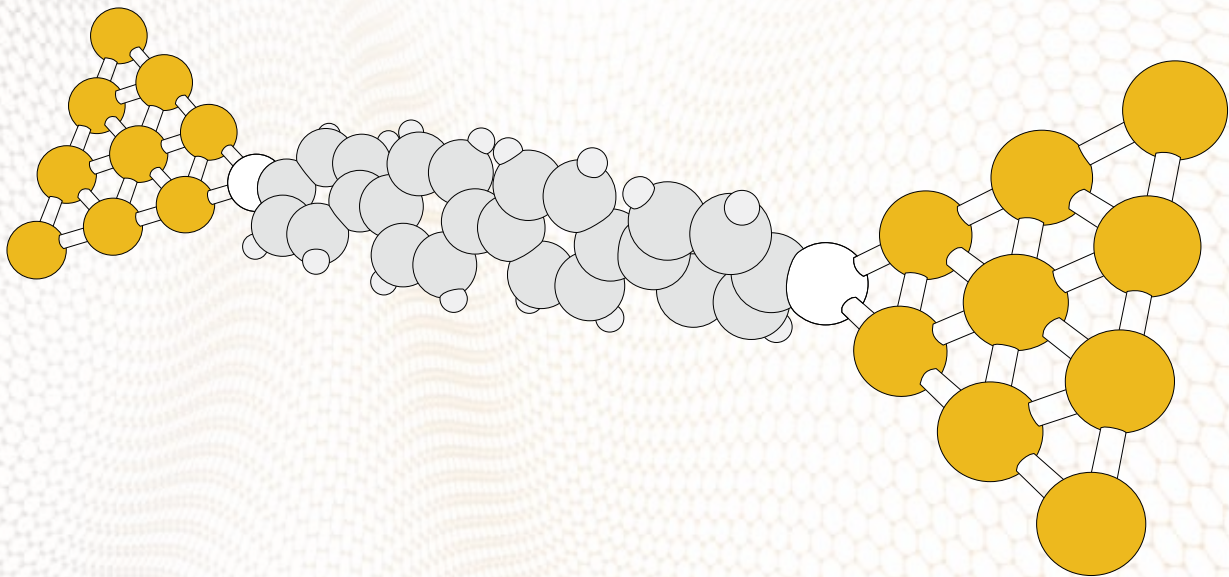
Optics and electronics

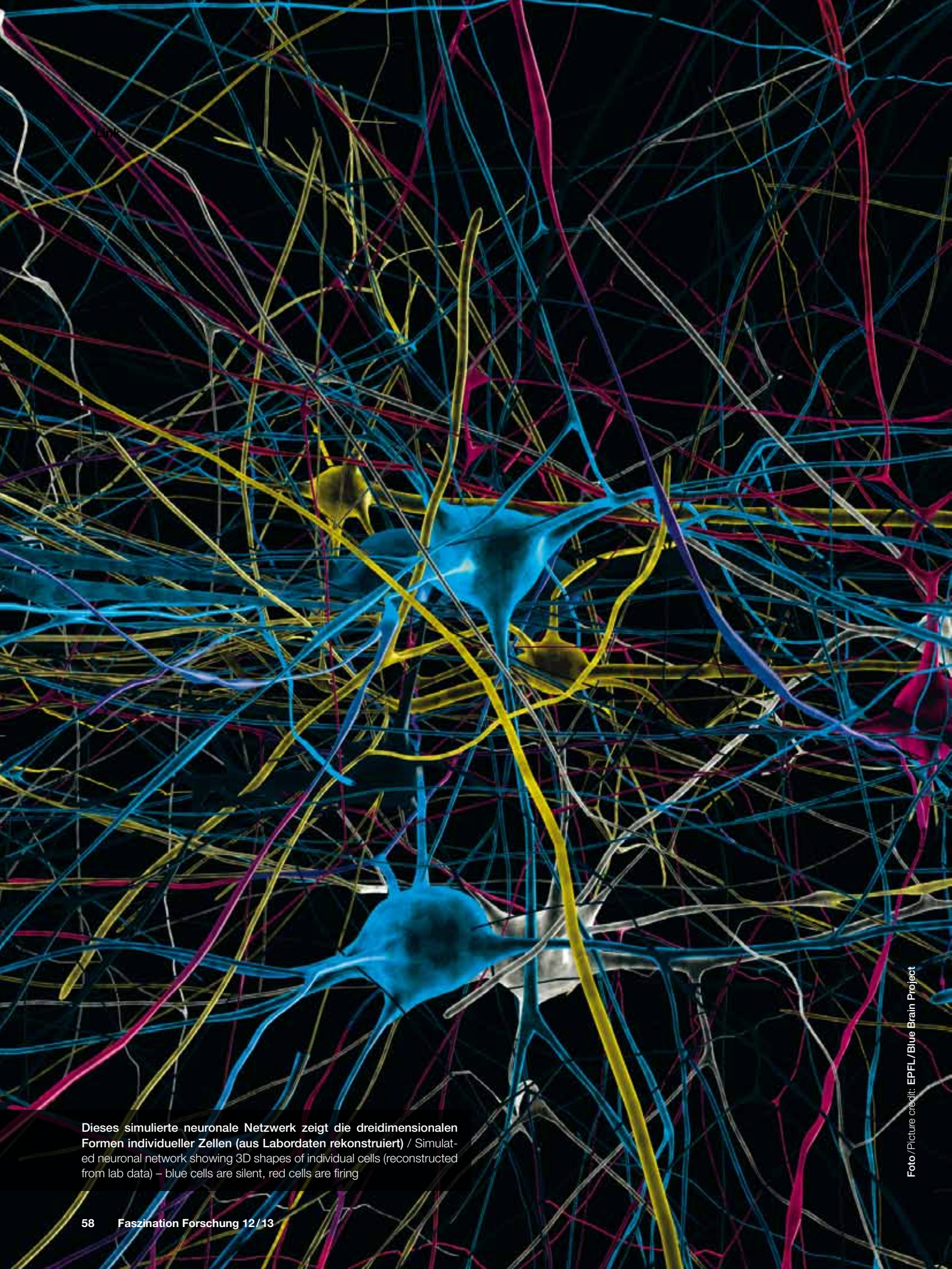
Holleitner's idea to combine the photoelectronic properties of a sample material with the switching properties of silicon was not a spur-of-the-moment decision but the end result of a gradual process that started back when Holleitner was a PhD student studying a specialist field of single electron transport. During this time, he learnt to "make very accurate electric measurements." Later, he moved on to optical techniques, taking a post-doc position in Santa Barbara (California). "Even back then it was a dream of mine to combine the benefits of optics and electronics," recalls Holleitner. On his return to Munich – initially at LMU – he started to realize

this vision. And he soon caught the attention of the scientific community. The European Research Council (ERC) recently awarded Holleitner a grant of EUR 1.3 million to set up his NanoREAL project. Part of the funds will be used to equip the labs and cleanrooms that the team will be using to fabricate the sophisticated structures. Research into nanotechnology requires expensive, specialist equipment and "to be competitive, we need the best equipment available," explains Holleitner. The labs at the Center for Nanotechnology and Nanomaterials are shared facilities that can also be used by other institutes in the research campus and the Nanosystems Initiative Munich (NIM) excellence cluster. There are currently around 150 users.

Finding out what goes on at atomic level inside these tiny structures is important to furthering our understanding of physics, which at this scale is often determined by quantum effects. This information is also a prerequisite for speeding up processes, for example, in optical switches and for emulating natural phenomena. Which is why Holleitner and his team are also investigating organic molecules and proteins, which play a role in photosynthesis. They hope that their work here will lead to even smaller and faster computers and maybe even solar cells capable of converting light into power more efficiently than today's modules. *Author: Brigitte Rötthlein*

Holleitner und sein Team untersuchen auch organische Moleküle und deren elektronisches Verhalten. Sie hoffen, dass aufgrund dieser sogenannten Molekularelektronik eines Tages noch kleinere und schnellere Computer entstehen / Holleitner and his team also investigate organic molecules and their electronic behavior. They hope that molecular electronics will one day lead to even smaller, faster computers





Dieses simulierte neuronale Netzwerk zeigt die dreidimensionalen Formen individueller Zellen (aus Labordaten rekonstruiert) / Simulated neuronal network showing 3D shapes of individual cells (reconstructed from lab data) – blue cells are silent, red cells are firing

Human Brain Project

Das Gehirn im Supercomputer

Ende Januar gab die EU die Gewinner eines harten Rennens um zwei mit jeweils einer Milliarde Euro budgetierte Großforschungsprojekte bekannt. Die TUM koordiniert einen Teilbereich des Human Brain Project (HBP), das neben dem Vorhaben Graphen zum Europäischen Flaggschiff-Projekt gekürt wurde **Human Brain Project: Supercomputer simulates our think tank**. At the end of January, the European Union announced the winners of a fiercely contended research award. The winning European flagship projects, "Graphene" and the "Human Brain Project", will each receive EUR 1 billion in funding. TUM is coordinating part of the Human Brain Project

Das Human Brain Project (HBP) hat sich – plakativ zusammengefasst – vorgenommen, das menschliche Gehirn in einem Computer zu simulieren. Mit von der Partie sind über 80 Forschungseinrichtungen, darunter Neurowissenschaftler, Biologen, Biochemiker, Mathematiker, Informatiker, Ingenieure und Rechenzentren. Die Gesamtkosten für das auf zehn Jahre angelegte Vorhaben betragen 1,19 Milliarden Euro, von denen die EU etwa die Hälfte bereitstellt. HBP verfolgt vier Teilziele. Da ist zunächst die Zusammenführung aller vorhandenen Daten zur Funktionsweise des Gehirns, des Weiteren die theoretische Gehirnforschung sowie die Entwicklung von Anwendungen, beispielsweise in den Bereichen Medizin oder Computertechnik, und außerdem die Entwicklung mehrerer sogenannter Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)-Plattformen. Diese Einrichtungen dienen den Wissenschaftlern allgemein zu Analysen, Entwicklungen und Simulationen. Sie stellen zum Beispiel Hirnatlanten zur Verfügung oder ermöglichen virtuelle Verhaltensexperimente.

Eine Plattform für Neurorobotik

Die Erstellung der IKT-Plattform für Neurorobotik koordiniert die TUM unter der Leitung von Prof. Alois Knoll, Inhaber des TUM Lehrstuhls für Echtzeitsysteme und Robotik, gemeinsam mit ihrem An-Institut fortiss. „Dass wir uns zusammen mit unseren Partnern mit dem Human Brain Project in einem so harten internationalen Wettbewerb durchsetzen konnten, ist eine klare Bestätigung für unsere Strategie der Vernetzung der Wissensgebiete“, freut sich TUM Präsident Wolfgang >

Link

www6.in.tum.de
www.humanbrainproject.eu
<http://eccerobot.org>

Put simply, the Human Brain Project (HBP) aims to simulate the human brain in a computer. Over eighty research institutes are engaged in this initiative, contributing neuroscientists, biologists, biochemists, mathematicians, computer scientists, engineers and computer centers. The overall cost of the ten-year project is set at EUR 1.19 billion, around half of which will be supplied by the EU. The HBP has set itself four concrete goals: consolidate all existing data on brain function; advance theoretical brain research; develop various medical and computer technology applications; and develop several information and communication technology (ICT) platforms. These platforms will be made available to scientists for analysis, development and simulation activities. They will provide brain atlases, for example, and enable virtual behavioral experiments.

A platform for neurorobotics

In collaboration with its associated institute "fortiss", TUM is coordinating the creation of an ICT platform for neurorobotics under the management of Prof. Alois Knoll, Chair of the TUM Institute for Robotics and Embedded Systems. "Despite stiff international competition, we and our partners won >

ECCEROBOT ist der erste Roboter der Welt, der physisch so ähnlich funktioniert wie ein Mensch. Hydraulik, Motoren und elastische Verbindungen fungieren als Muskeln, Gelenke und Sehnen des Torsos / ECCEROBOT is the first robot in the world to function physically almost like a human. The torso's muscles, joints and tendons were recreated using hydraulics, motors and elastic connections

A. Herrmann. Ausschlaggebend für die Beteiligung der TUM war unter anderem ihre international anerkannte Erfahrung auf dem Gebiet der Robotik und die Tatsache, dass der Lehrstuhl bereits ECHORD, das derzeit größte europäische Robotikprojekt, koordiniert.

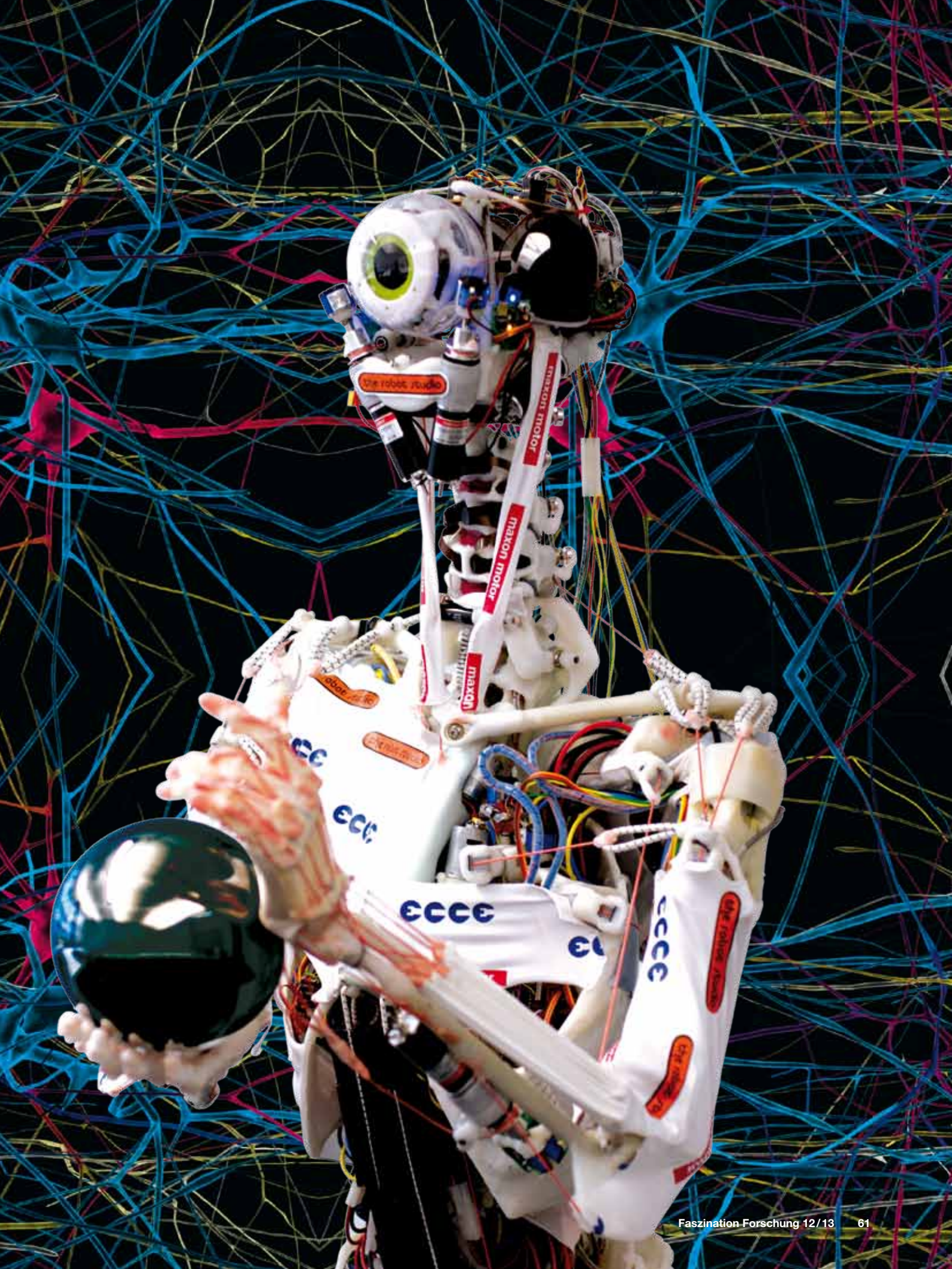
Ein Gehirn für Roboter

Für den Robotik-Experten Alois Knoll bietet das Human Brain Project die Chance, die Wahrnehmungsfähigkeit von Robotern zu verbessern. „In Zukunft sollen Roboter enger mit Menschen zusammenarbeiten, etwa in der Fabrik oder in der Pflege. Damit das funktioniert, müssen Roboter ihre Umwelt ähnlich wahrnehmen wie Menschen. Dazu müssen wir wissen, wie Wahrnehmung im Gehirn funktioniert. Mit dem HBP werden wir in Computersimulationen Roboter mit verschiedenen Gehirnmodellen ausstatten und deren Verhalten testen.“ Das Ziel der zu schaffenden IKT-Plattform für Neurorobotik besteht deshalb darin, Robotersimulationen bereitzustellen, die mit den Gehirnmodellen, die im Rahmen von HBP entstehen, verknüpft werden. Außerdem werden virtuelle Umgebungen entworfen, in denen das Verhalten dieser Roboter untersucht wird. Die Gehirnmodelle werden in diesen Lebensräumen trainiert und auf ihre Tauglichkeit hin geprüft. „Wir suchen auch nach bisher unbekanntem Gehirnfunktionen“, erklärt Dr. Florian Röhrbein, Forschungsassistent am Lehrstuhl Knoll. „Das Gehirn verbindet zum Beispiel unser Erfahrungswissen mit den Informationen, die es aus der Umwelt empfängt.“ So erkennen Menschen etwa auch un- ▶

through on the Human Brain Project. This is a clear endorsement of our multidisciplinary strategy,” enthuses TUM President Wolfgang A. Herrmann. Key success factors in favor of TUM included its outstanding international reputation in robotics and the fact that the Chair already coordinates ECHORD, currently Europe's largest robotics project.

A brain for robots

For robotics expert Alois Knoll, the Human Brain Project is an opportunity to improve the cognitive abilities of robots. “Robots could be working more closely with humans in the future, for example in factories or in care centers. For this to happen, however, they must experience their surroundings in a similar way to humans. And so we have to know how perception functions in the brain. In the HBP, we will be using computer simulations to equip robots with different brain models and testing their behavior.” The neurorobotics ICT platform will therefore provide robot simulations that can be connected to the brain models created by HBP scientists. It will also provide virtual environments to explore robot behavior. The brain models will be trained and their viability assessed in these environments. “We are also looking for previously unknown brain functions,” explains Dr. Florian Röhrbein, research assistant in Knoll's department. “The brain complements experience-based knowledge with information from our surroundings.” If an object is in its familiar surroundings, for example, we can still immediately recognize it even if we cannot see it properly. This ability to recognize images ▶



Human Brain Project (HBP)

Das Human Brain Project ist eines der ersten beiden europäischen Großforschungsprojekte, die unter dem neuen Format "European Future and Emerging Technologies (FET) Flagship" erfolgreich waren. Das Projekt ist auf zehn Jahre angelegt (2013–2023) und mit 1,19 Milliarden Euro budgetiert. Unter Führung der Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) sind rund 80 europäische Forschungsinstitutionen sowie Partner aus den USA und Japan zusammengeschlossen. Deutsche Projektpartner sind die TU München, die Universität Heidelberg und das Helmholtz Zentrum Jülich.

Human Brain Project (HBP) The Human Brain Project is one of the first two large-scale research projects approved under the new framework "European Future and Emerging Technologies (FET) Flagship". It is planned to last ten years (2013–2023). The cost is estimated at 1.19 billion euros. Under the leadership of the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), around 80 European research institutions, as well as partners from the United States and Japan, are united in the Project. The German platform coordinators are the TU München, the University of Heidelberg, and the Helmholtz Center Jülich.

deutlich sichtbare Gegenstände auf einen Blick, wenn sie in der gewohnten Umgebung dargestellt werden. Diese Art der schnellen Bilderkennung macht man sich zum Teil in intelligenten Kamerasystemen zunutze. „Die spannende Frage ist nun, welche Techniken das Gehirn noch auf Lager hat und wie wir sie für die Robotik verwenden können“, so Röhrbein.

Ein Roboter, der erlebt wie ein Mensch

Die Idee dahinter ist, dass Roboter am besten mit Menschen zusammenarbeiten, wenn sie ihre Umwelt ähnlich „erfahren“. Ein Schritt in diese Richtung war das EU-Projekt ECCEROBOT, an dem Knolls Lehrstuhl ebenfalls beteiligt war. ECCEROBOT ist der erste Roboter der Welt, der physisch so ähnlich funktioniert wie ein Mensch. Seine Muskeln, Gelenke und Sehnen werden mit Hydraulik, Motoren und elastischen Verbindungen nachgebildet, Sensoren stellen die Sinnesorgane dar. Der Roboter besteht aus einem Torso und wurde Ende 2012 fertiggestellt. Er bewegt sich ähnlich wie ein menschlicher Oberkörper. Am Ende des HBP könnte analog zu ECCEROBOT ein Neuroroboter stehen. Dessen zentrale Steuerung ist ein Gehirnmodell, das auf neuromorphen, also dem Gehirn nachempfundenen Computersystemen basiert. Eine solche Architektur bietet viel Rechenleistung, braucht aber wenig Platz und Energie. In Ansätzen existieren solche Computer bereits; sie sollen im Rahmen des Human Brain Projects weiterentwickelt werden. Auf diesem Weg wird HBP zukunftsweisende Computertechnologien auch jenseits der Hirnforschung bereitstellen.

□ Autorin: Christine Rüth (Red.)

fast is already being used in intelligent camera systems. "The exciting challenge now lies in working out what other capabilities the brain has and how we can harness these in robotics," continues Röhrbein.

Human experiences

The underlying idea here is that robots will be able to work much more easily with humans if they "experience" the world like a human. This was also the inspiration behind the EU's ECCEROBOT project, which the TUM Institute for Robotics and Embedded Systems was also involved in. The ECCEROBOT robot torso is the first robot in the world to function physically almost like a human. Its muscles, joints and tendons were recreated using hydraulics, motors and elastic connections, and sensors were used to recreate the sensory organs. ECCEROBOT moves in the same way as a human torso and was completed at the end of 2012. In analogy to ECCEROBOT, the Human Brain Project could result in the creation of a neurobot. This machine would be controlled by a brain model that would function technically like a brain thanks to computer systems that mimic brain architectures (neuromorphs). An architecture like this would deliver a lot of computing power on a small footprint. Development work on computers of this type is already underway and these efforts will be further advanced in the Human Brain Project. As a result, the HBP will inspire ground-breaking computer technologies with exciting applications even beyond the world of brain research.

□ Author: Christine Rüth (ed.)

Der Moment, in dem Sie sicheren Boden betreten. Und begreifen,
warum man bei uns immer wieder zu Höhenflügen starten kann.
Für diesen Moment arbeiten wir.



// PIONIERGEIST UND
BODENHAFTUNG
MADE BY ZEISS

Carl Zeiss ist ein weltweit führendes Unternehmen der Optik und Optoelektronik mit rund 24.000 Mitarbeitern. Zusammen mit den Besten ihres Fachs arbeiten Sie hier in einem kollegialen Klima für technologisch bahnbrechende Produkte. Mitarbeiter von Carl Zeiss stehen leidenschaftlich dafür ein, immer wieder etwas zu schaffen, das die Welt ein bisschen besser macht.

Starten Sie Ihre Karriere bei uns: www.zeiss.de/karriere



We make it visible.



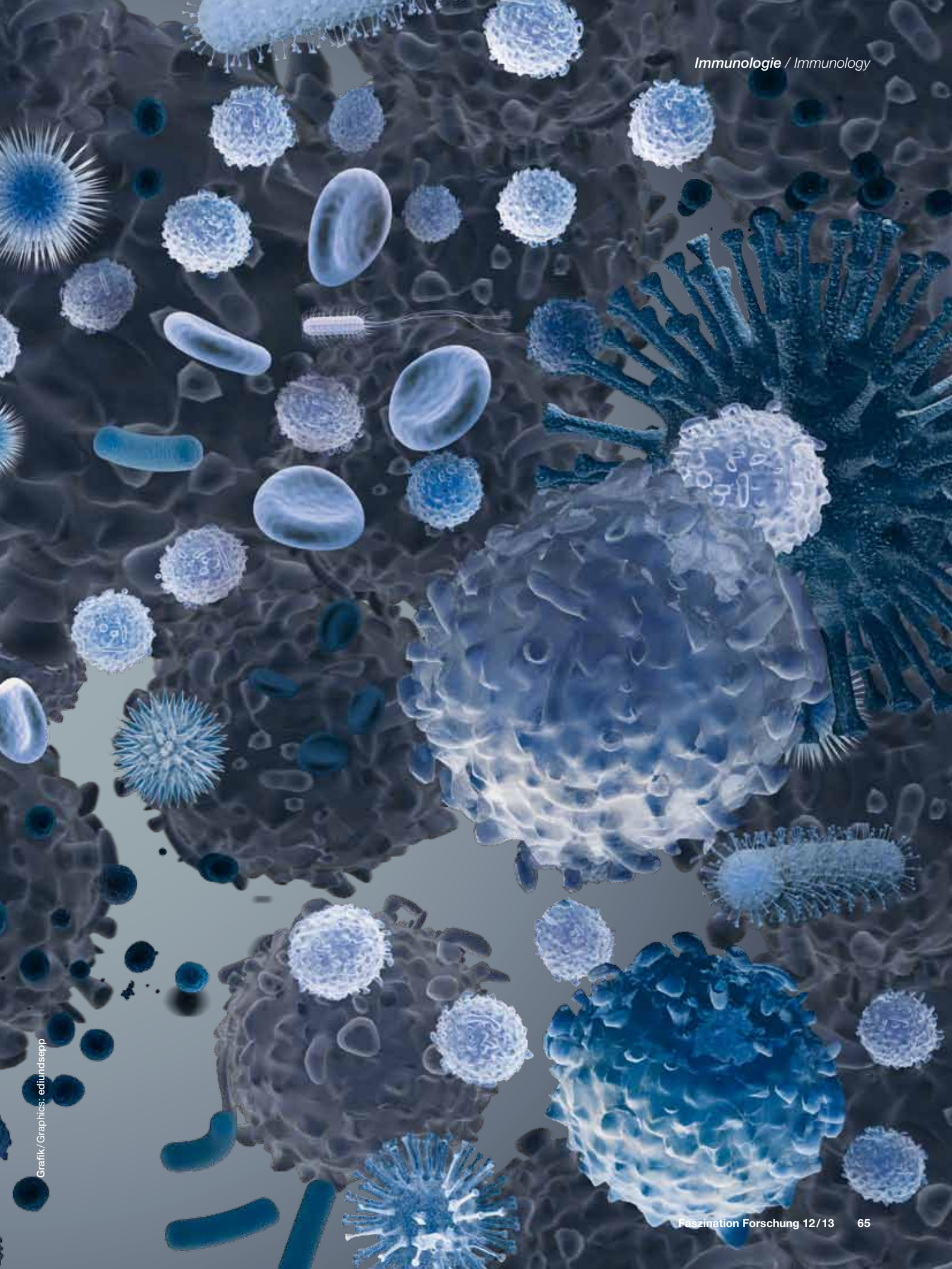
Gefährliches Ungleichgewicht

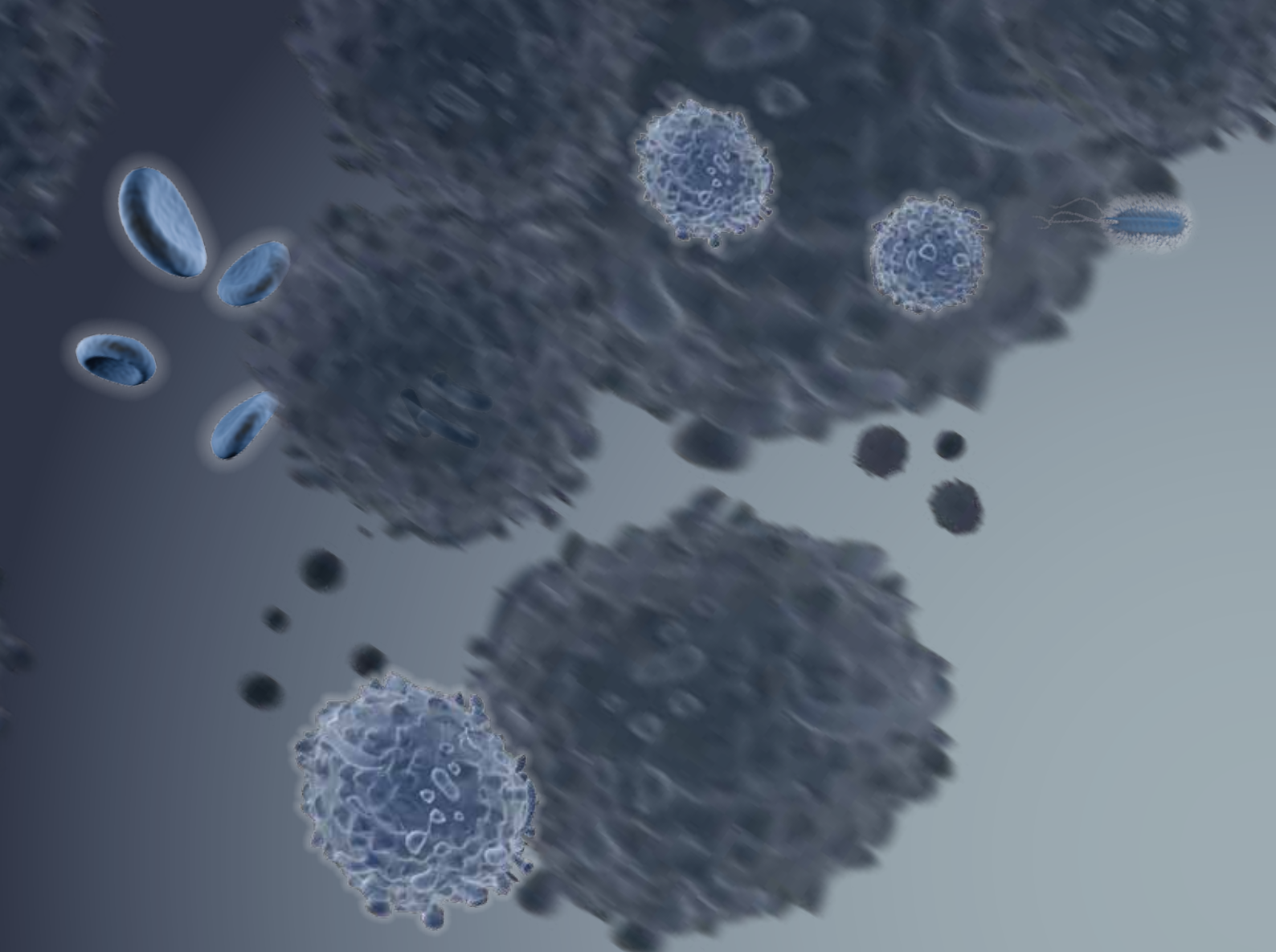
Wenn das Immunsystem aus dem Gleichgewicht gerät, kann es nicht nur Autoimmunerkrankungen, sondern auch die Entstehung verschiedener Krebsarten fördern. TUM Forscher wollen die Mechanismen verstehen und so die Entwicklung individueller Therapieansätze für unterschiedliche Tumorunterarten ermöglichen **Dangerous imbalance** A well-balanced immune system keeps us all fighting fit. Once this balance is disturbed, however, our immune systems can turn against us, triggering a range of autoimmune diseases and various types of cancer. Researchers at TUM want to understand the various mechanisms at work here and thus support the development of individual therapies for different types of tumors

Link

www.klinchem.med.tu-muenchen.de

Der menschliche Organismus kommt mit einer Vielzahl an Mikroorganismen in Kontakt. Diese Bakterien, Viren, Pilze oder Parasiten können zu schwerwiegenden Infektionserkrankungen führen. Die Zellen eines intakten Immunsystems sind in der Lage, diese Erreger zu erkennen und zu bekämpfen, um so den Körper zu schützen / The human body is in contact with various microorganisms. These bacteria, viruses, fungi or parasites can cause serious infectious diseases. The cells of an intact immune system are able to recognize and to combat these agents and thus protect the human body





Wenn Prof. Jürgen Ruland redet, dann ist er so auf das Wesentliche fokussiert, dass er am Ende fast vergisst, eine der jüngsten Errungenschaften seines Hauses anzusprechen: das gerade entstehende Forschungszentrum TranslaTUM für Translationale Onkologie, dessen Antrag er koordinierte und in dessen Laborräumen demnächst auch seine Mitarbeiter auf rund 5000 Quadratmetern die Bedeutung des Immunsystems in interdisziplinären Teams genauer untersuchen werden. „Wir wollen die komplexen Signalsysteme des Immunsystems bei der Entstehung von Krankheiten wie Krebs verstehen und darauf aufbauend neue diagnostische Methoden und Therapieansätze entwickeln“, fasst der Direktor des Instituts für Klinische Chemie in seinem Büro am Klinikum rechts der Isar der TU München seine Arbeit zusammen.

Signalverarbeitung im Immunsystem

Im Kern dreht sich bei Ruland alles um das balancierte Zusammenspiel von Hunderten von verschiedenen Molekülen und Zellen des Immunsystems. Etwa wenn nach einem Schnitt in den Finger Bakterien, Pilze oder Viren in den Körper gelangen und die Zellen des Immunsystems durch eine

koordinierte Aktion eine Entzündungsreaktion entfachen, in deren Verlauf die Krankheitserreger abgetötet werden und der Heilungsprozess beginnt. Der Mediziner will nicht nur verstehen, wie das Immunsystem Gefahren durch Erreger erkennt, sondern auch wie es die Information über solche Eindringlinge weiterleitet und verarbeitet, sodass eine fein abgestimmte Abwehrreaktion des gesamten Systems möglich ist. Vor allem aber interessiert ihn, was passiert, wenn einer der Mitwirkenden dabei aus dem Takt gerät. Schon seit einigen Jahren gehen Forscher davon aus, dass Fehlsteuerungen des Immunsystems für den menschlichen Organismus gefährlich sind. Und zwar nicht nur wenn das Immunsystem als Folge zu schwach, sondern auch wenn es dabei zu stark reagiert. Wenn also die Immunreaktion nicht abklingen will, obwohl der Erreger längst verschwunden ist oder gar kein mikrobieller Erreger vorhanden war, und so aus einer akuten Entzündung eine chronische wird.

Tatsächlich vermuten Forscher, dass chronische Entzündungen den Ausgangspunkt für eine ganze Palette von Erkrankungen darstellen. Dazu gehören nicht nur Autoimmunerkrankungen wie Rheumatoide Arthritis, Morbus Crohn oder Multiple Sklerose, sondern auch bösartige Lymphome – ▷

bestimmte Krebsarten des Lymphsystems. „Bei der Entstehung von Tumoren stellt das Immunsystem ein zweischneidiges Schwert dar“, erklärt Ruland. Es kann sie bekämpfen, aber auch fördern. Krebs beginnt meist mit einer Reihe genetischer Veränderungen, als deren Folge sich die betroffenen Zellen übermäßig vermehren und in das umliegende Gewebe einwandern. Bestimmte Immunzellen des angeborenen und des adaptiven Immunsystems wie natürliche Killerzellen und T-Lymphozyten können Tumorzellen vernichten. In einem chronisch entzündeten Umfeld haben manche Immunzellen aber einen gegenteiligen Effekt: So können Makrophagen dort zum Beispiel entartete Zellen zum Wachstum anregen oder bewirken, dass Blutgefäße in neu entstehende Tumoren hineinwachsen und so deren Versorgung mit Sauerstoff sicherstellen.

Entdeckung einer zentralen Schaltstelle

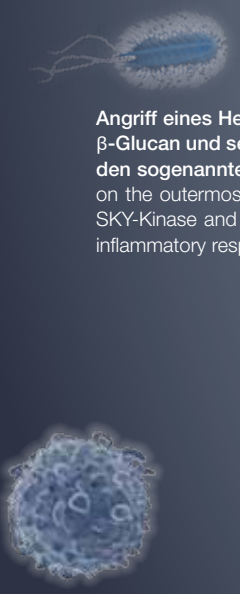
Auf der Suche nach den Ursachen für diese unerwünschte Aktivität von Abwehrzellen hat Ruland bereits einen wichtigen Meilenstein erreicht. Schon vor einigen Jahren entdeckte der 46-Jährige eine der zentralen Schaltstellen des angeborenen Immunsystems – den sogenannten CBM-Komplex. Er besteht aus drei Proteinen mit den nüchternen Bezeichnungen CARD9, BCL10 und MALT1. Um seine Wichtigkeit zu begreifen, muss man zunächst verstehen, was innerhalb einer Immunzelle passiert, wenn sie auf einen Krank- ▶

lymphatic system. “When tumors develop, the immune system becomes a double-edged sword,” explains Ruland. It can both fight and promote cancer development. Cancer usually starts with a range of genetic changes which cause the affected cells to multiply excessively and to migrate to surrounding tissues. Certain immune cells in the innate and adaptive immune systems – such as resident killer cells and T lymphocytes – are capable of destroying tumor cells. At the site of a chronic inflammation, however, some immune cells can have the opposite effect. Macrophages, for example, may stimulate the growth of abnormal cells or cause blood vessels to enter new tumors, thus ensuring them an oxygen supply.

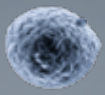
Discovery of a control center

Ruland has already made an important discovery in his search for the causes of undesirable immune cell activity. Several years ago, the 46-year-old uncovered the CBM complex, one of the control centers of the innate immune system. The CBM complex comprises three proteins known as CARD9, BCL10 and MALT1. To grasp the importance of this discovery, we first have to understand what happens inside an immune cell when it encounters a pathogen such as a fungus. The two elements first make contact at the cell's surface. This is because cells in the innate immune system, such as macrophages or dendritic cells, have various receptor molecules, including Dectin-1, a type of receptor that reacts with pathogen structures in a ▶

Angriff eines Hefekeims auf die äußerste Zellschicht der Haut: Der Rezeptor Dectin-1 an der Zelloberfläche erkennt das am Hefekeim sitzende β -Glucan und sendet diese Information unter anderem über die Syk-Kinase und das Protein CARD9. Das bildet daraufhin mit BCL10 und MALT1 den sogenannten CBM-Komplex. Nur dann kann der Hauptagent für Entzündungsreaktionen, NF-kappaB, aktiv werden / Attack of a yeast germ on the outermost cells of the skin; On the cell's surface, the receptor Dectin-1 identifies the β -Glucan of the yeast germ and sends this information to SKY-Kinase and to the protein CARD9. Subsequently, CARD9, BCL10 and MALT1 form the CBM-complex to activate NF-kappaB, the main agent for inflammatory responses



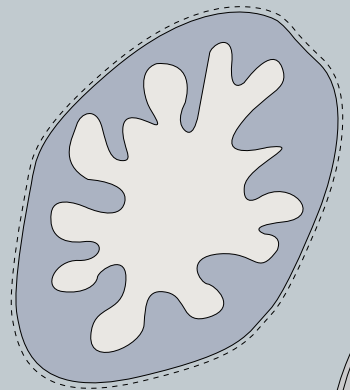
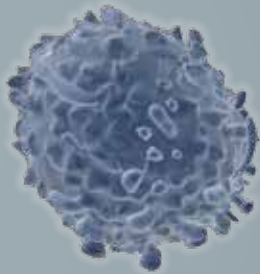
Zellmembran
Cell membrane



β -Glucan Hefekeim / Yeast germ

Dectin-1

Zellkern / Cell nucleus



NF-KB

Inhibitor-KB

Inflammatorische Zytokine
Inflammatory cytokines

MALT1 BCL10

CARD9

SYK

Dentritische Zelle
Dentritic cell

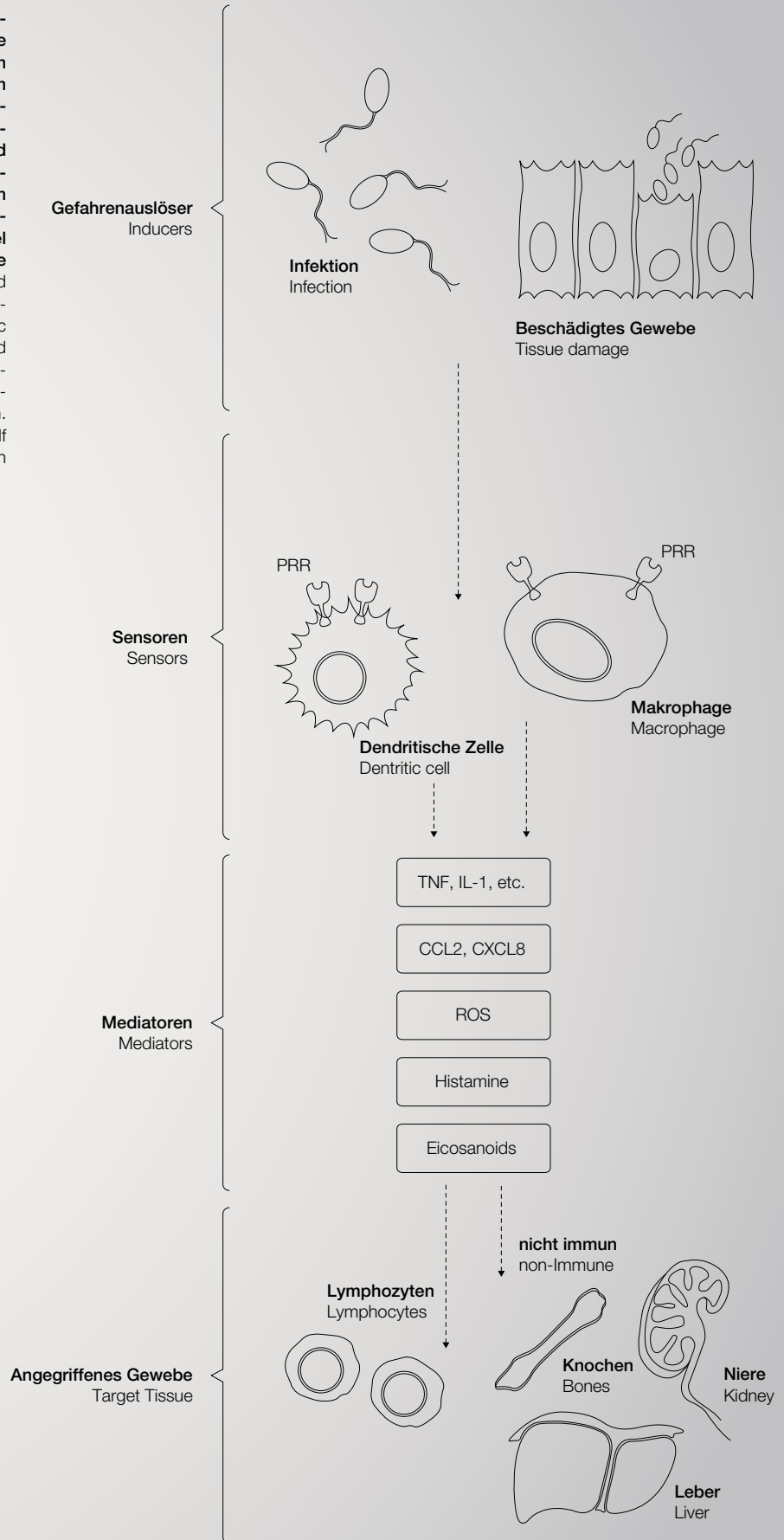
Grafik/ Graphics: edlundsepp
nach/ New England Journal of Medicine

heitserreger – etwa einen Pilz – trifft: Der erste Kontakt findet an ihrer Oberfläche statt. Zellen des angeborenen Immunsystems wie etwa Makrophagen oder dendritische Zellen tragen dort verschiedene Rezeptormoleküle – unter anderem die sogenannten Dectin-1-Rezeptoren, die bestimmte Erregerstrukturen erkennen, weil sie wie Schlüssel und Schloss zueinanderpassen. Wenn diese Strukturen an den Rezeptoren andocken, wird im Inneren der Abwehrzelle eine Kaskade biochemischer Reaktionen in Gang gesetzt. Einige der beteiligten Moleküle sind bereits bekannt – die Syk-Kinase etwa. Kinasen sind Enzyme, die andere Moleküle aktivieren und dadurch Signale zwischen verschiedenen Akteuren übertragen können. Vom Rezeptor gelangt die Nachricht über das Eindringen eines Krankheitserregers so über die Syk-Kinase und eine weitere Kinase (PKCdelta) zum CARD9-Protein, welches dann an die bereits aneinander gekoppelten Proteine BCL10 und MALT1 bindet. Sobald der CBM-Komplex vollständig ist, kann er über eine weitere Kinase den Hauptschalter von Entzündungsreaktionen aktivieren: NF-kappaB – ein Komplex aus mehreren Proteinen. „Für die normale Immunabwehr ist eine Aktivierung von NF-kappaB unbedingt notwendig“, sagt Ruland. Erst in seiner aktivierten Form wandert NF-kappaB in den Zellkern und kurbelt dort die für eine Abwehr notwendige Produktion von Proteinen an, die gleichzeitig den Zelltod verhindern, die Zellteilung anregen und die Entzündungsreaktion verstärken. „Wenn die Arbeit getan und der Erreger >

“lock and key” manner. What this actually means is that Dectin-1 receptors can only be “unlocked” by matching pathogen structures (keys). This contact triggers a cascade of biochemical reactions inside the defense cell. Some molecules involved, for example, the Syk kinase, have already been researched. Kinases are enzymes that activate other molecules and enable signals to be transmitted between different molecules. The Syk kinase and another kinase known as the PKCdelta transmit the information regarding the invading pathogen from the receptor to the CARD9 protein. The CARD9 protein then interacts with the BCL10 and MALT1 proteins that are already coupled with one another. Once the CBM complex is formed, it can use another kinase to activate the central trigger for inflammatory responses. This central trigger is known as NF-kappaB, a complex comprising several proteins. “The activation of NF-kappaB is crucial for a normal immune response,” says Ruland. Once it has been activated, NF-kappaB travels to the nucleus of a cell and triggers the production of proteins required for defense against pathogens. NF-kappaB activation also prevents cells from dying, triggers cell division and thus strengthens the immune response. “However, once the job has been done and the pathogen destroyed, NF-kappaB has to be deactivated,” continues Ruland. Although NF-kappaB is vital for ensuring a correct immune response, it also seems increasingly likely that – when chronically activated – NF-kappaB could be one of the control centers that stimulate the >



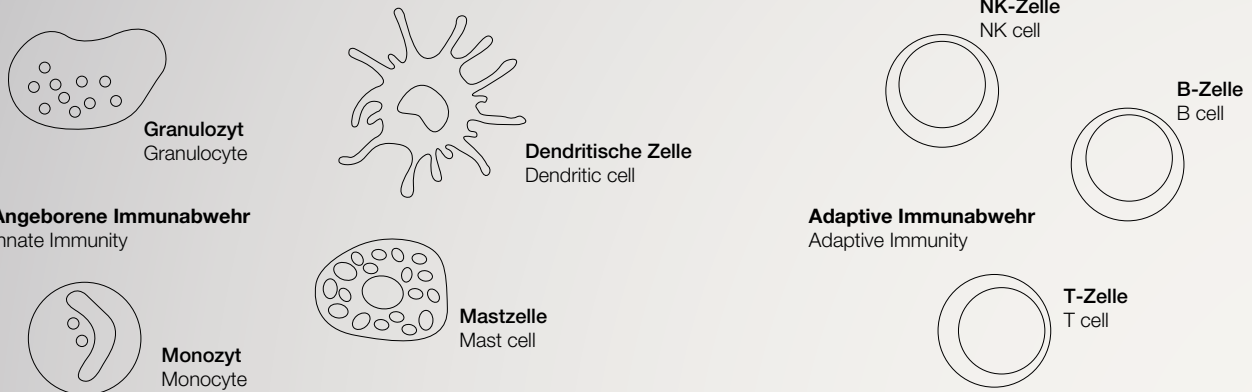
Keime oder auch beschädigtes Gewebe können Entzündungen hervorrufen. Sogenannte Pattern-Recognition-Rezeptoren (PRR) an dendritischen Zellen oder an Makrophagen erkennen diese Gefahren und schicken Signale Richtung Zellkern. Der Zellkern kontrolliert die Produktion von Mediatoren, das sind Stoffe, die eine Entzündungsreaktion auslösen. In der Folge werden die Schwachstellen im Körper, also zum Beispiel verletzte Gewebe, repariert. Produziert der Körper zu viel Mediatoren, können chronisch entzündliche Erkrankungen entstehen / Germs or damaged tissue can cause inflammations. Pattern recognition receptors (PRR) on the surface of dendritic cells or macrophages recognize the threat and send signals towards the cell nucleus. The nucleus controls the production of mediators or substances which trigger the inflammatory reaction. Subsequently, the damaged tissue is repaired. If the body produces too much mediators it can develop chronically inflammatory diseases



Angeborene und spezifische Immunabwehr

Die angeborene Immunabwehr entwickelte sich in der Stammesgeschichte der Lebewesen schon sehr früh. Ihre Makrophagen, Mastzellen, Granulozyten, dendritische Zellen und natürliche Killerzellen reagieren schnell und unspezifisch auf Krankheitserreger und bilden eine erste Abwehrfront. Die adaptive bzw. spezifische Immunabwehr kann sich dagegen auf neue und veränderte Krankheitserreger einstellen. Bei Kontakt mit Erregern reagieren T-Zellen und antikörperproduzierende B-Zellen langsam, dafür sehr treffsicher. Gedächtniszellen ermöglichen eine lang währnde Immunität.

An innate immune system developed in animals at a very early stage of evolution. Its macrophages, mast cells, granulocytes, dendritic cells and natural killer cells react quickly and non-specifically to pathogens. They form a first line of defense against infection. **An adaptive immune system**, also known as the specific immune system, is able to react to new and modified pathogens. Upon contact with infections, T cells and antibody-producing B cells react slowly, but with great precision. The adaptive immune system develops memory cells to ensure long-lasting immunity.



vernichtet ist, muss NF-kappaB allerdings wieder deaktiviert werden“, erklärt Ruland. Denn NF-kappaB gilt zwar als unabdingbar für den Ablauf von Entzündungsreaktionen, immer mehr deutet aber darauf hin, dass er – chronisch aktiviert – auch eine der Schaltstellen darstellt, welche die Entstehung von Krebs und anderen Erkrankungen fördern. Bisher ist nur wenig darüber bekannt, wie NF-kappaB nach vollbrachter Tat wieder in seinen Ruhezustand zurückkehrt. Ruland hat diesen Abschaltmechanismus deshalb genauer unter die Lupe genommen und gleich mehrere Schaltstellen gefunden. Inzwischen weiß man, dass genetische Veränderungen in den Genen dieser Schaltstellen unterschiedliche Formen bösartiger Lymphome verursachen können.

Fehler in der Signalübertragung

Der CBM-Komplex ist ein zentraler Schalter, über den Immunzellen NF-kappaB aktivieren. Und das nicht nur bei Infektionen mit Pilzen, Bakterien und Viren, sondern vermutlich auch bei sterilen Entzündungen – wenn Zellen ohne offene Verletzung massiv geschädigt wurden. Erst kürzlich wurde Jürgen Ruland vom Europäischen Forschungsrat (European Research Council, kurz: ERC) mit dem höchstdotierten Wis-

senschaftspreis der EU ausgezeichnet. Über fünf Jahre erhält er jetzt Fördergelder in einer Höhe von insgesamt 2,5 Millionen Euro, um die genauen Mechanismen zu analysieren, mit denen der CBM-Komplex die Entstehung entzündlicher Erkrankungen und Krebs beeinflusst. Wie aber findet man einen Komplex, von dessen Existenz niemand etwas ahnt? Die Entdeckung des BCL10-Proteins lässt sich noch auf Rulands Zeit als Postdoktorand am Ontario Cancer Institute in Toronto zurückführen. Damals zeigten Untersuchungen, dass bei Patienten mit B-Zell-Lymphom – einem bösartigen Tumor des Lymphgewebes – ein Teil des Gens des BCL10-Proteins quasi von einem Chromosom auf ein anderes gerutscht war. Die Struktur des Proteins war bekannt, mehr aber nicht. Um seine Funktion und Rolle bei der Krebserkrankung zu verstehen, begann Ruland, seine Gene und die verwandter Proteine systematisch zu verändern. „Vieles in unserer Arbeit lässt sich mithilfe von Zellkulturen analysieren. Sobald wir aber die Komplexität des Immunsystems berücksichtigen müssen, welches von der räumlichen und zeitlichen Interaktion unterschiedlicher Zellsysteme abhängt, sind Mäuse, die ein sehr ähnliches Immunsystem wie der Mensch besitzen, als Modellsysteme nicht zu ersetzen“, erklärt der Mediziner. ▶



Der Immunologe Jürgen Ruland entdeckte mit dem CBM-Komplex einen zentralen Schalter des Immunsystems. Kürzlich erhielt der 46-Jährige 2,5 Millionen Euro vom Europäischen Forschungsrat, um die genaue Funktionsweise des CBM-Komplexes zu analysieren / The immunologist Jürgen Ruland discovered one of the immune system's central triggers, the CBM complex. Recently, the European Research Council granted him EUR 2.5 Million to analyze the precise mechanisms behind the CBM complex

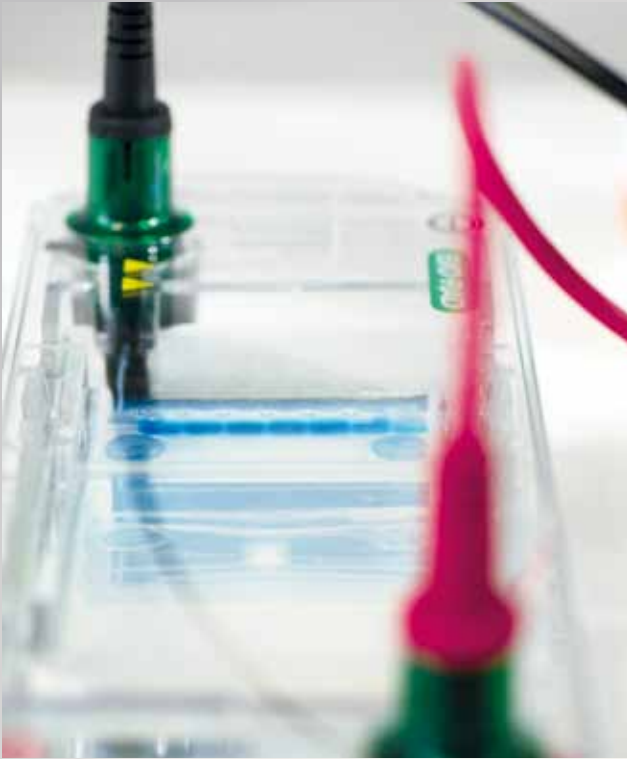
development of cancer and other diseases. Until now we have had only limited insights into how NF-kappaB returns to its dormant state once it has done its job. For this reason, Ruland chose to take a closer look at its deactivation mechanism – and he soon found a number of control centers. We now know that changes to the genes in these control centers are able to cause different kinds of malignant lymphomas.

Errors in signal processing

The CBM complex is a central trigger that enables immune cells to activate NF-kappaB when fungi, bacteria or viruses enter the body. However, it also seems that NF-kappaB can be activated in the event of sterile inflammation, i.e. when cells suffer serious damage even though the individual has not sustained an open wound. Ruland was recently awarded the EU's highest endowed science grant by the European Research Council, receiving a total of EUR 2.5 million in funding. Ruland will be using this grant to analyze the precise mechanisms that the CBM complex employs to influence the development of inflammatory diseases and cancer. But just how do you go about finding a complex that might not even exist? Ruland's discovery goes back to when he was a post-doc researcher

at the Ontario Cancer Institute in Toronto. Investigations at that time revealed that part of the gene of the BCL10 protein in patients with B-cell lymphoma, a malignant tumor in lymphatic tissue, had “slipped” from one chromosome to another. Scientists knew about the structure of the protein, but nothing else. Ruland began to systematically change genes and the related proteins to find out what role they played in this cancer. “In our line of research, we can use cell cultures to analyze ▶





Mithilfe von Elektrophorese werden Proteinmischungen (blau) in einzelne Proteine getrennt / Electrophoresis separates a mixture of proteins (blue) into its individual proteins



Eine Mitarbeiterin in Rulands Labor zählt Zellen unter dem Mikroskop / Counting cells under the microscope in Rulands laboratory

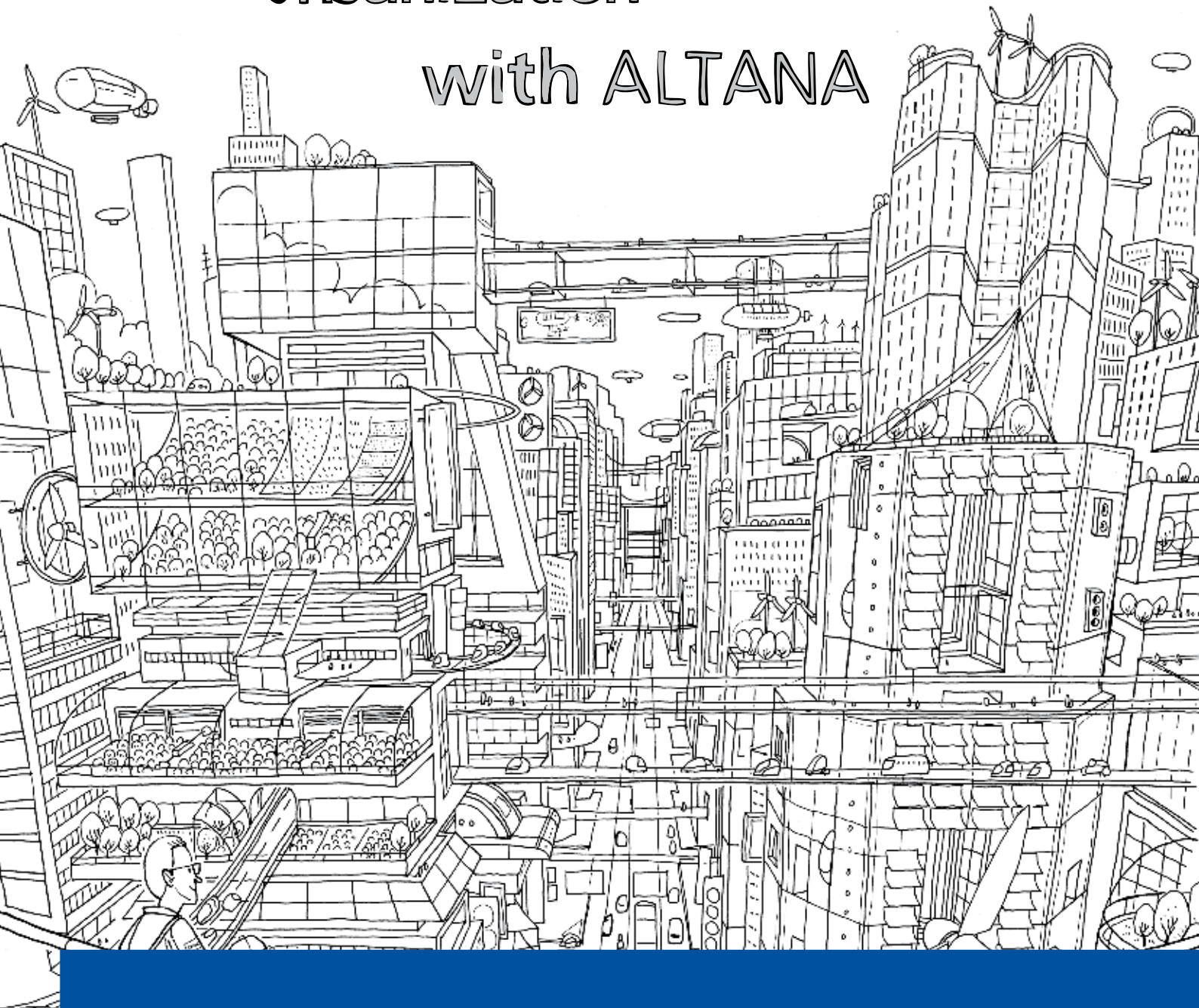
Für seine Studien entfernte er aus dem Erbgut von Mäusen bestimmte Gene (knock out) oder fügte kranke Gene von Patienten ein (knock in). Die Auswirkungen solcher Manipulationen ermöglichen es den Forschern, über Rückschlüsse die Funktion der jeweiligen Gene näher zu bestimmen. Auf diesem Weg entdeckte Ruland, wie bestimmte B-Zell-Lymphome entstehen, aber auch dass BCL10 und seine Bindeproteine CARD9 und MALT1 wichtige Schalter in der Signalübertragung von Immunzellen darstellen. Nicht nur das Ergebnis, auch der Weg dorthin ist exemplarisch für Rulands Forschung: „Unsere Studien basieren auf genetischen Veränderungen von Patienten, die wir analysieren und in experimentelle Systeme übersetzen, um so die Funktion der betroffenen Gene aufzuklären.“ Mit diesem Ansatz konnten bereits verschiedene Unterarten von Lymphomen aufgespürt werden, die auf unterschiedlichen Fehlern in der Signalübertragung beruhen. Wie das Lymphom, das sich auf Fehler in dem BCL10-Gen zurückführen lässt. Der Wissenschaftler hofft, in der Zukunft mit seinem Ansatz die Signalwege noch genauer zu ergründen. Das ganz große Ziel ist aber, irgendwann jede Tumorunterart entsprechend ihrer genauen Ursache klassifizieren und damit behandeln zu können.

Autorin: Karoline Stürmer

many things. The immune system, however, is complex and depends on the spatial and temporal interaction of different cell systems. Once we start working in this environment, we have to use mice as they have an immune system which is very similar to our own,” he explains. During his research, Ruland removed certain genes (knockout) from mice, or added mutated genes from human patients (knock-in). The effects of these manipulations allow the researchers to draw conclusions about the function of the genes in question. Ruland thus discovered how certain B-cell lymphomas develop. He also found out that BCL10 and its binding proteins CARD9 and MALT1 form important triggers for the transfer of signals from immune cells. “Our studies are based on the genetic changes that take place in patients. We analyze these changes and transfer them to experimental models to find out how the genes in question function.” This approach has helped to track down different subcategories of lymphoma caused by various errors in signaling, including the lymphoma caused by defects in the BCL10 gene. The researcher hopes that this approach will enable signal pathways to be examined and understood more clearly in the future. The ultimate aim, however, is to be able to classify every tumor type according to its exact cause and develop targeted treatments.

Author: Karoline Stürmer

Urbanization with ALTANA



The world of tomorrow: Die Weltbevölkerung wächst rapide und es werden rund 80 Prozent der Menschen in Städten leben. Terrassenbauweisen vereinen Landwirtschaft und Wohnbau mit Geschäfts- und Erholungszentren. Mit unseren Lackadditiven und Pigmenten ermöglichen wir unter anderem leichte, witterungsbeständige und schallschützende Fassaden. Entdecken Sie mehr: www.altana.com/tomorrow

Bildsensoren aus der Sprühdose

Organische Sensoren machen Kameras lichtempfindlicher **Image sensors out of a spray can** Organic sensors increase light sensitivity of cameras

Bildsensoren sind das Herzstück jeder Digitalkamera. Bevor ein Schnappschuss auf dem Display erscheint, wandeln sie das Licht aus dem Objektiv in elektrische Signale um. Daraus berechnet der Bildprozessor das fertige Foto. Viele Kompakt- und Handykameras arbeiten mit siliziumbasierten Bildsensoren, die mit CMOS-Technologie (Complementary Metal Oxide Semiconductor) hergestellt sind. Prof. Paolo Lugli und Dr. Daniela Baierl von der TUM haben ein Verfahren entwickelt, um diese CMOS-Sensoren auf günstige Weise leistungsfähiger zu machen. Dazu setzen sie auf einen hauchdünnen Film aus organischen Verbindungen, also aus Kunststoffen. Aufgebracht wird die Kunststoff-Lösung auf die Oberfläche der Bildsensoren. Die Wissenschaftler haben Rotations- und Sprühverfahren getestet, um den Kunststoff in seiner flüssigen, gelösten Form präzise und kostengünstig aufzubringen. Nur wenige Hundert Nanometer dünn und ohne Makel muss der Kunststoff-Film sein. Als beste Lösung hat sich die Sprühbeschichtung erwiesen, ob mithilfe eines einfachen Farbsprühgerätes oder eines Sprühroboters.

Dünne Schicht mit hoher Lichtempfindlichkeit

Im Test haben die organischen Sensoren bereits ihre Überlegenheit bewiesen: Sie sind bis zu dreimal lichtempfindlicher als herkömmliche CMOS-Sensoren, bei denen elektronische Bauteile einen Teil der Pixel und damit der

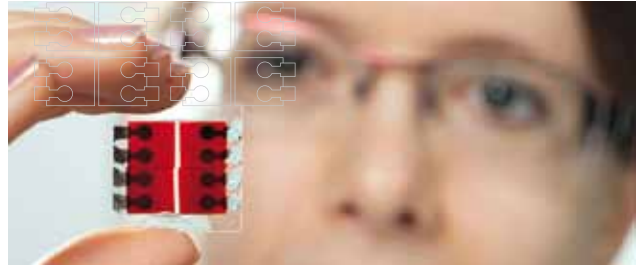
lichtaktiven Siliziumfläche verdecken. Bei der Herstellung der organischen Sensoren entfällt die sonst übliche teure Nachbearbeitung des CMOS-Sensors, z. B. das Aufbringen von Mikrolinsen zur Verstärkung des Lichteinfalls. Jedes Pixel wird vollständig, inklusive seiner Elektronik, mit der flüssigen Kunststoff-Lösung besprüht und erhält so eine zu 100 Prozent lichtempfindliche Oberfläche. Für den Einsatz in Kameras sind die organischen Sensoren auch durch ihr geringes Bildrauschen und die hohe Bildrate gut geeignet.

Potenzial für günstige Infrarotsensoren

Ein weiterer Vorteil des Kunststoff-Sensors: Je nachdem, welche chemischen Verbindungen verwendet werden, ändert sich das erfassbare Lichtspektrum. Eine Mischung der Polymere PCBM und P3HT ist optimal, um sichtbares Licht aufzufangen. Andere organische Verbindungen, zum Beispiel Squarainfarbstoffe, sind hingegen geeignet bei nahem Infrarotlicht. „Mit passenden organischen Verbindungen können wir neue Anwendungsgebiete erschließen, die bislang mit hohen Kosten verbunden waren“, erklärt Paolo Lugli, der den TUM Lehrstuhl für Nanoelektronik innehat. „Mit organischen Infrarotsensoren lassen sich künftig zum Beispiel Nachtsicht-Fahrassistenten ausstatten, aber auch ganz normale Kompakt- oder Handykameras. Bislang fehlen dafür auf dem Markt aber noch die geeigneten Polymere.“

□ Autorin: Undine Ziller (TUM)

| |
|--|
| Link |
| www.nano.ei.tum.de |



Hauchdünn: Organische Sensoren können klein- und großflächig auf CMOS-Chips aufgebracht werden, aber auch auf biegsame Kunststoff-Folien oder wie hier Glas / Ultra-thin: Organic sensors can be applied to CMOS chips over large and small surfaces, as well as to glass, as here, or flexible plastic films

Image sensors are at the core of every digital camera. They convert the light from the lens to electrical signals. The image processor then uses these to create the final photo. Many compact and cellphone cameras contain silicon-based image sensors produced using CMOS technology. Prof. Paolo Lugli and Dr. Daniela Baierl from TUM have developed a cost-effective process to improve the performance of these CMOS sensors. Their approach revolves around an ultra-thin film made of organic compounds, in other words plastics. These are applied to the surface of the image sensors. The researchers tested spin- and spray-coating methods to apply the plastic in its liquid, solution form as precisely and cost-effectively as possible. They were looking for a smooth plastic film that is no more than a few hundred nanometers thick. Spray-coating was found to be the best method, using either a simple spray gun or a spray robot.

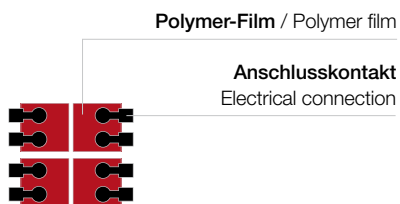
Thin coating with high sensitivity to light

Organic sensors have already proven their worth in tests: They are up to three times more sensitive to light than conventional CMOS sensors, whose electronic components conceal some of the pixels, and therefore the photoactive silicon surface. Organic sensors can be manufactured without the expensive post-processing step typically required for CMOS sensors, which involves for example applying micro-lenses to increase the amount of captured light. Every part of every single pixel,

including the electronics, is sprayed with the liquid polymer solution, giving a surface that is 100 percent light-sensitive. The low noise and high frame rate properties of the organic sensors also make them a good fit for cameras.

Potential for developing low-cost infrared sensors

Another advantage of the plastic sensors is that different chemical compounds can be used to capture different parts of the light spectrum. For example, the PCBM and P3HT polymers are ideal for the detection of visible light. Other organic compounds, like squaraine dyes, are sensitive to light in the near-infrared region. "By choosing the right organic compounds, we are able to develop new applications that were too costly up until now," explains Prof. Paolo Lugli, who holds the Chair of Nanoelectronics at TUM. "The future uses of organic infrared sensors include automotive night vision systems or compact and cellphone cameras. Yet the lack of suitable polymers is the main hurdle." □ Author: Undine Ziller (TUM)



Die Autoren / The authors

Dr. Bernhard Epping ist Biologe und arbeitet freiberuflich als Wissenschaftsjournalist, Buch- und PR-Autor sowie in der Technologietransferstelle der Universität Tübingen. Seine thematischen Schwerpunkte sind Forschung in Medizin und Biologie sowie Gesundheitspolitik / Dr Bernhard Epping is a freelance science journalist and author for public relations and books. He also works at Technology Transfer Office of the University of Tübingen. His focus subjects are medical and biological research as well as health politics.

Dr. Brigitte Röthlein arbeitet seit 1973 als Wissenschaftsautorin für Zeitschriften, Fernsehen, Rundfunk und Zeitungen. Sie ist Diplom-Physikerin und promovierte in Kommunikationswissenschaft, Pädagogik und Geschichte der Naturwissenschaften / Dr. Brigitte Röthlein has been working since 1973 as science author for magazines, TV and radio broadcasting and for newspapers. She holds a diploma in physics and a Ph.D. in communication science, education science and history of natural sciences

Dr. Karoline Stürmer ist Biologin und arbeitet als freiberufliche Wissenschafts- und PR-Autorin, unter anderem für überregionale Tageszeitungen, Kunden- und Mitarbeitermagazine. 2008 erschien ihr Jugendsachbuch „Pole, Packeis, Pinguine“ / Dr. Karoline Stürmer ist a biologist and freelance author for science and public relations. She writes for nationwide newspapers as well as in customer and inhouse magazines. In 2008 she published her non-fiction book for young people “Pole, Packeis, Pinguine”.

Gitta Rohling, M.A., ist mit der Marke Auftrag Wort als Texterin, Redakteurin und PR-Beraterin selbstständig und unterstützt Unternehmen vorwiegend aus dem Technik- und Wissenschaftsumfeld mit PR-Beratung, Pressearbeit und vielfältigen Textleistungen / Gitta Rohling, M.A., works under the brand name Auftrag Wort as writer, editor and PR consultant. She supports mainly companies active in technical and scientific fields in the areas of PR, press work and text

Gerlinde Felix, Dipl. Phys., studierte Physik mit Schwerpunkt Biophysik sowie Humanmedizin. Sie ist freie Medizin- und Wissenschaftsjournalistin und schreibt für Tageszeitungen, Internetpublikationen, Publikumszeitschriften, Magazine und für wissenschaftliche Einrichtungen. 2011 erschien ihr Buch „Die gesunde Leber“ / Gerlinde Felix, Dipl. Phys., studied physics (focus on biophysics) as well as medicine. She works for newspapers, Internet publications, consumer publications, magazines and for scientific organizations. In 2011 her book “The healthy liver” was published.

© 2013 für alle Beiträge Technische Universität München, Corporate Communications Center, 80290 München. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Aufnahme in Onlinedienste und Internet, Vervielfältigung auf Datenträgern nur mit ausdrücklicher Nennung der Quelle: „Faszination Forschung. Das Wissenschaftsmagazin der Technischen Universität München.“ Anmerkungen zu den Bildnachweisen: Wir haben uns bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte zu ermitteln. Sollte der Redaktion gegenüber dennoch nachgewiesen werden, dass eine Rechtsinhaberschaft besteht, entrichten wir das branchenübliche Honorar nachträglich. / © 2013 for all postings Technische Universität München, Corporate Communications Center, 80290 Munich, Germany. All rights reserved. Reprinting, publication in online services and the Internet, and duplication on data carriers only permitted with express reference to the following source: “Faszination Forschung. Technische Universität München’s Scientific Magazine.”



Impressum

Faszination Forschung

Das Wissenschaftsmagazin der Technischen Universität München / Technische Universität München’s Scientific Magazine gefördert durch die Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder / Sponsored by the Excellence Initiative of the German federal and state governments

Herausgeber / Publisher

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang A. Herrmann, Präsident der Technischen Universität München / President of Technische Universität München

Chefredaktion / Editorial Office

Tina Heun-Rattei (Chefredakteurin / Editor-in-chief), Dr. Christine Rüth (Chefin vom Dienst / Managing Editor)

Übersetzungen / Translations

Capella & McGrath GmbH, München

Lektorat / Copy-editing

Angela Obermaier / Carla Rawlinson / Baker & Harrison Gestaltung / Design

ediundsepp Gestaltungsgesellschaft, München

Autoren dieser Ausgabe / Authors in this issue

Dr. Andreas Battenberg, Dr. Bernhard Epping, Gerlinde Felix, Petra Riedel, Dr. Brigitte Röthlein, Gitta Rohling, Dr. Christine Rüth, Dr. Karoline Stürmer, Barbara Wankerl, Undine Ziller

Redaktionsanschrift / Address of the Editorial Office
Technische Universität München, Corporate Communications Center, 80290 München

E-Mail / e-mail

faszination-forschung@zv.tum.de

Druck / Printing

Druckerei Joh. Walch GmbH & Co. KG, Augsburg

Auflage / Circulation

47.000

ISSN: 1865-3022

Erscheinungsweise / Frequency

zweimal jährlich / twice a year

Verantwortlich für redaktionellen Inhalt und Anzeigen

Responsible for the editorial content and advertisements

Tina Heun-Rattei

Titelbild / Cover picture

Astrid Eckert / TUM

Editorialbild / Editorial picture

Heddergott/TUM



Gemeinsam Energie neu entdecken.

Erneuerbare Energien. Energieeffizienz. Innovative Technik. Möchten Sie die Energiewende mitgestalten? Dann sind Sie bei uns richtig! Als eines der größten Energieversorgungsunternehmen in Deutschland und Europa arbeiten wir gemeinsam mit unseren rund 20.000 Mitarbeitern an der Energie der Zukunft. Studierenden mit technischem Hintergrund bieten wir vielfältige Perspektiven und Freiraum für eigene Ideen. Wachsen Sie mit technischen Herausforderungen und innovativen Projekten.

Ob Praktikum, Abschlussarbeit oder Werkstudententätigkeit – seien Sie dabei und arbeiten Sie gemeinsam mit uns an der Energie der Zukunft!

Entdecken Sie Ihre Chancen bei der EnBW unter
www.enbw.com/karriere



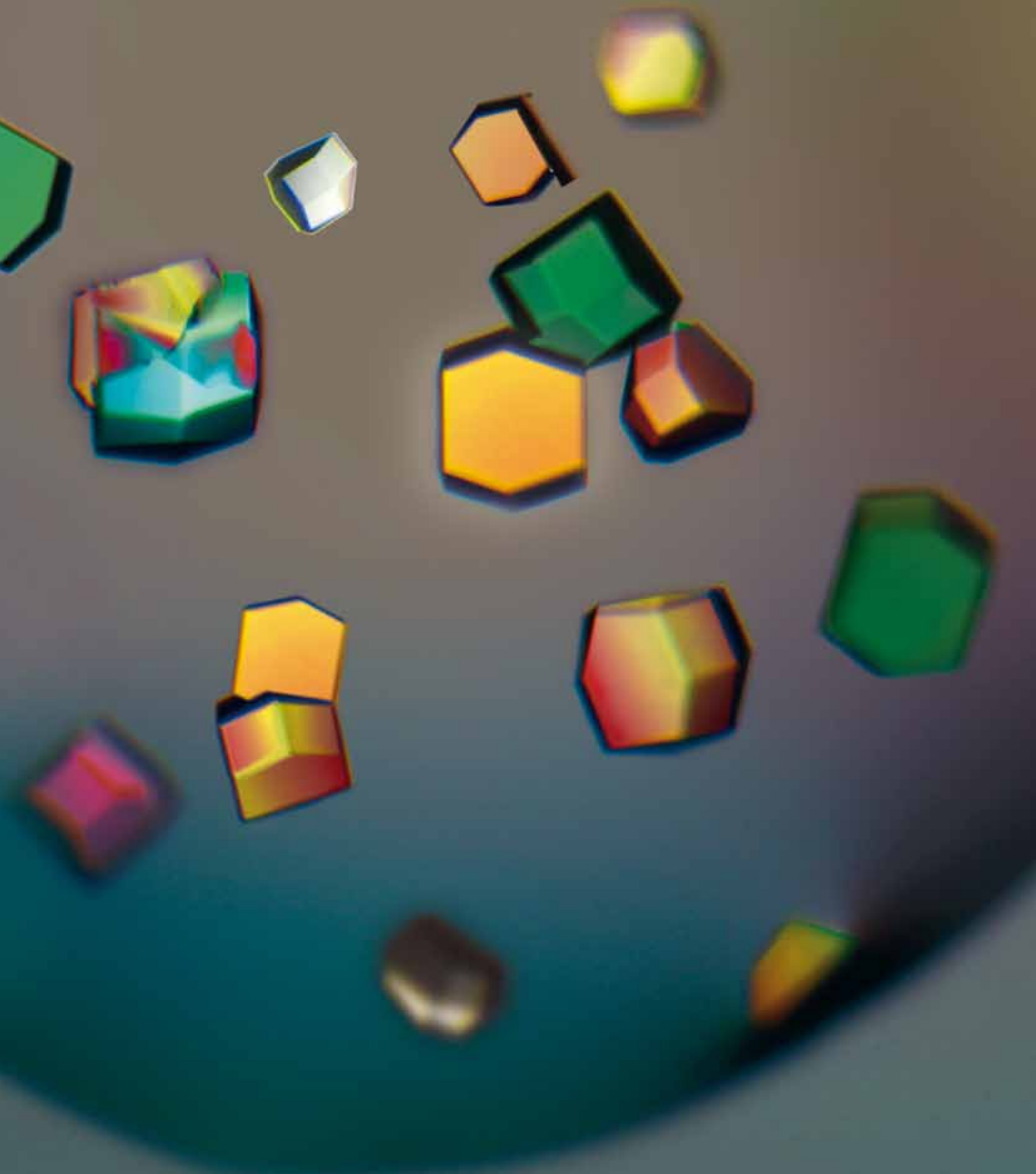
Energie
braucht Impulse

Link

www.biochemie.ch.tum.de

Proteasomforschung: Ansichten aus dem Innenleben eines Schredders

Die Forschungsgruppe um den Biochemiker Prof. Michael Groll von der TUM ist weltweit führend bei der Strukturaufklärung einer mächtigen Abbaumaschinerie für Eiweiße. Die ungeahnten Einblicke in das sogenannte Proteasom beflügeln auch die Suche nach neuen Medikamenten gegen Krebs und Autoimmunerkrankungen **Shredding protein: The secret life of proteasomes** Proteasomes are impressive complexes that are specialized in degrading protein. Biochemist Prof. Michael Groll and his team of researchers at TUM are world experts in exploring the structure of these powerful shredders. Their findings are also fueling research into new drugs to combat cancer and autoimmune diseases



Im Labor von Michael Groll entstehen diese weltweit einzigartigen Kristalle des Eiweißkomplexes Proteasom. Damit können die Wissenschaftler seine Struktur entschlüsseln / Michael Groll's team produces these unique crystals of the protein complex proteasome. This enables scientists to uncover its structure



Michael Groll entschlüsselte 1997 zum ersten Mal die Kristallstruktur der 20S-Kernkomponente des Hefeproteasoms. Seine Arbeitsgruppe ist bisher einzigartig erfahren, wenn es darum geht, Kristalle des Proteasoms für eine Strukturanalyse herzustellen / In 1997, Michael Groll uncovered for the first time the atomic structure of the 20S core component of the yeast proteasome. He and his team are leading experts in creating proteasome crystals for structure analysis

Lehrstuhl für Biochemie, TU München. Inhaber Prof. Michael Groll kommt im grünen Pullover daher. „So, Sie möchten unsere Kristalle sehen – dann kommen Sie mal mit“, erklärt der drahtige 41-Jährige und macht die Tür zu einem der Laborräume seiner Truppe auf: „Martin, könntest du mal ...“ Doktorand Martin Stein holt eine kleine Plastikplatte mit vielen winzigen Vertiefungen aus dem Kühlschrank, schiebt sie unter ein Mikroskop, sucht ein wenig herum und: „Bitte sehr, schauen Sie selbst.“ In der Tat, im polarisierten Licht funkelt ein ganzes Bündel an Kristallen.

Eiweißkristalle

Es sind schon besondere Exemplare. Die Arbeitsgruppe um Michael Groll ist weltweit einzigartig erfahren, wenn es darum geht, Kristalle des Proteasoms herzustellen – eines in zellulären Dimensionen riesigen Eiweißkomplexes, der andere Proteine abbaut. Grolls Team dominiert damit eine Schlüsseltechnologie. Nur in Kristallform lassen sich Proteine per Röntgenstrukturanalyse ihre räumliche Gestalt entlocken. „Auch wenn wir unsere Protokolle alle veröffentlicht haben, bleibt die Sache trickreich“, lächelt Groll. Einfach so

nachzukochen, das schaffe kaum einer. Dabei stand durchaus der Zufall Pate, als er vor Jahren sein Thema fand. Groll schloss 1995 gerade sein Diplomstudium in Chemie ab und wollte eigentlich Naturstoffforscher werden, unbekannte Substanzen aufklären, von denen es noch Millionen auf dem Globus gibt. Dann allerdings hörte er einen Vortrag von Nobelpreisträger Robert Huber, Direktor am Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried. Und Huber, naja, äußerte sich recht despektierlich über die Naturstoffchemiker. Groll: „Der machte klar, dass reine chemische Aufklärung von Substanzen eine langweilige Sache ist.“ Man könne noch so viel Mühe darauf verwenden, unbekannte Stoffe zu reinigen und zu analysieren, solange man nicht wisse, an welchem Ziel im Organismus, neudeutsch Target, so ein Stoff wirkt und damit vielleicht für die Medizin nutzbar wird, bleibe das Kunst für die Kunst. Groll war beeindruckt und fragte bei Huber an, ob er seine Diplomarbeit bei ihm machen könne. Huber fragte zurück, ob er denn wisse, was das Proteasom sei. Groll hatte keine Ahnung. „Dann fangen Sie gleich nächsten Montag an oder Sie müssen nicht wiederkommen“, erwiderte Huber. Groll fing an. ▶



Ein Roboter für Hochdurchsatz-Screening hilft bei der Suche nach Kristallisationsbedingungen von Proteasomkomplexen / High-Throughput-Screening is used to find the conditions under which protein complexes such as the proteasome crystallize

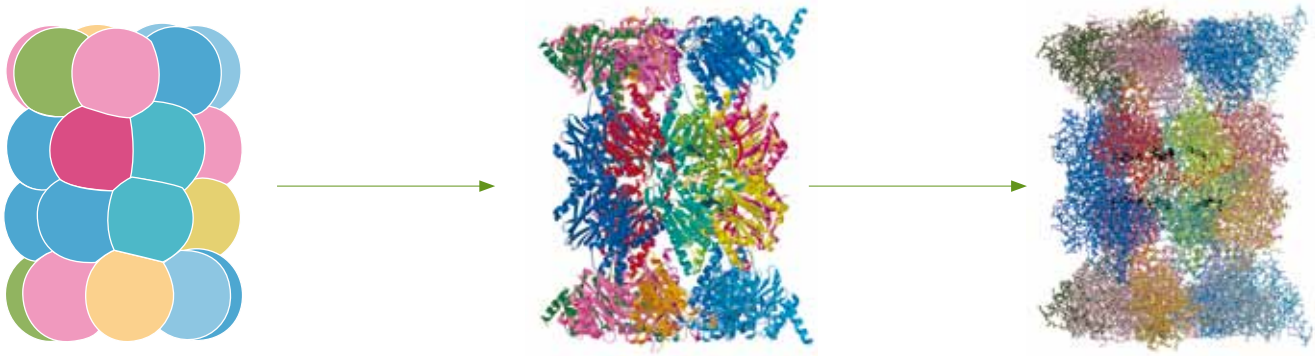
Professor Michael Groll, Chair of Biochemistry at TUM, makes a dynamic impression as he comes over to greet me in his green pullover. “So, you want to see our crystals? Follow me.” The wiry 41-year-old opens the door to one of his group’s labs and calls out to a Ph.D. student: “Martin, could you just...” Before he can finish, Martin Stein takes a small plastic tray with lots of tiny indentations out of the refrigerator, places it under a microscope, makes a few adjustments and invites me to take a look for myself. And yes, under the polarized light, I can clearly see a cluster of sparkling crystals.

Protein crystals

These are not just any crystals, however. Michael Groll and his team are the world’s leading experts in creating proteasome crystals. Proteasomes are huge (in cellular dimensions) protein complexes that degrade other proteins. Their structures can only be analyzed in crystalline form using x-ray crystallography. Groll’s team are streets ahead of the research community in this cutting-edge field. “Even though we have published all of our protocols, it is still a tricky process,” smiles Groll. It’s not just a matter of following a recipe. Although he currently

leads the field, Groll more or less stumbled into this line of research. Back in 1995, Groll was close to finish his degree in chemistry and had his sights set on natural product research. He was keen to investigate some of the millions of unknown substances on our planet. All this changed, however, when he attended a lecture by Nobel Prize winner Robert Huber, Director of the Max Planck Institute for Biochemistry in Martinsried, near Munich. Huber did not have a high opinion of natural product chemistry. “He said that pure chemical research into substances is actually quite boring,” recalls Groll. Huber believed that regardless of how much effort you put into purifying and analyzing unknown substances, it was all ‘art for art’s sake’ if you did not find out what target it acts upon in an organism and whether it could potentially benefit the medical world. Groll was impressed and asked Huber if he would supervise his diploma thesis. Huber immediately asked him if he knew what a proteasome was. Groll did not. And so Huber suggested that he start the following Monday or not at all. Groll decided to take the offer. Proteasomes are important. Without them, we would not be able to live; defective proteins would soon fill up all avail- ▶





Das 20S-Proteasom in drei verschiedenen Darstellungen: als Kugeln (links), etwas detaillierter mit den einzelnen Untereinheiten als Bändermodell (Mitte) und in atomarer Auflösung (rechts) / Three different illustrations of the 20S proteasome: as spheres (left), in more detail with the subunits illustrated as ribbons (middle), and in atomic resolution (right)

Ohne Proteasom wäre Leben nicht möglich: Defekte Eiweiße (Proteine) würden binnen kurzer Zeit alle Winkel einer Zelle verstopfen und zum Zelltod führen. Genau deshalb allerdings sehen hier längst auch Firmen ein Target, die über eine Blockade des Proteasoms Krebs, aber auch Autoimmunkrankheiten behandeln möchten. Denn solche Krankheiten zeichnen sich durch eine Überaktivität des Proteasoms aus.

Das Innere des Proteinschredders

In groben Grundzügen war der wichtigste Abbauweg für Eiweiße bei Hefe, Maus und Mensch 1995 bereits verstanden. Mit dem speziellen Signalmolekül Ubiquitin markieren Zellen Proteine, die abzubauen sind. Den Job selber erledigt dann ein großer Schredder – das Herzstück des Proteasoms, genannt 20S-Kernkomplex. Für mehr Details brauchte Groll allerdings zunächst Kristalle. Proteasome aus Hefe konnte er isolieren. Doch anders als Kochsalz liefert eine Lösung gereinigten Proteasoms noch lange keine Kristalle, wenn man sie eintrocknen lässt. Vielmehr gilt es, pingelig Zusammensetzung und Konzentration eines Fällungsmittels zu ermitteln, das einer Proteasomlösung per Dampfdiffusion genau so viel Wasser entziehen kann, dass tatsächlich Kristalle ausfallen. Dabei hilft heute ein Roboter, der in einer Stunde 3000 verschiedene Konzentrate von Lösungen in winzige Vertiefungen von Mikrotiterplatten gibt und in eine zweite Kammer daneben noch einen Tropfen des isolierten 20S-Proteasoms setzt. Danach muss der Experimentator aber immer noch selber am Mikroskop schauen, in welchem Tropfen Kristalle zu sehen sind. Nach zwei Jahren mühsamen Tüftelns hatte Groll 1997 endlich Kristalle für die Röntgenstrukturanalyse und wenig später seine erste Publikation: die Aufklärung der atomaren Struktur der 20S-Kernkomponente des Hefeproteasoms. Zum ersten Mal war es gelungen, die Zentralstruktur des Proteasoms eines Organismus mit Zellkern, also eines Eukaryoten, darzustellen. ▶

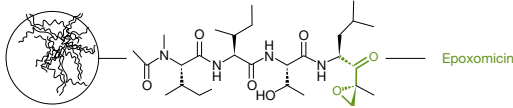
able space in cells and cause them to die. It is their ability to control intracellular protein levels that has made proteasomes a target for medical companies. Overactive proteasomes are a key characteristic of illnesses such as cancer and autoimmune diseases. Companies believe that these diseases can be treated by blocking proteasome function.

Inside the protein shredder

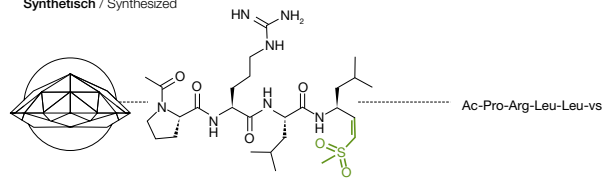
A basic outline of the most important protein degradation pathway in yeast, mice and humans had already been uncovered in 1995. Back then, it was clear that cells were using the signal molecule ubiquitin to mark proteins for degradation and that the actual reaction was carried out by a large shredder at the heart of proteasomes known as the 20S core particle.

To obtain greater insights into this process, though, Groll needed to create crystals. Although he succeeded in isolating yeast proteasomes, he was still a long way off creating crystals. A purified proteasome solution is not like a salt solution, for example, which only has to be left to dry to produce crystals. To create his crystals, Groll had to determine the exact composition and concentration of a clarifying agent that would be able to extract exactly the right amount of water, by steam diffusion, from a proteasome solution for crystals to form. An altogether much trickier task. Today, scientists use a robot capable – within one hour – of depositing 3,000 different concentrated solutions into tiny wells in microtiter plates plus a drop of the isolated 20S proteasome in a tiny adjacent well. It still has to be looked individually through the microscope to find out which drops have produced crystals. In 1997, after two years of meticulous research, Groll finally produced crystals suitable for x-ray crystallography. Shortly after this he published his first paper, entitled “Structure of the 20S proteasome from yeast”. This was the first time that a scientist had managed to represent a core proteasome structure based on an organism with a nucleus (eukary- ▶

α , β Epoxyketone / α , β Epoxyketones
 Actinomyces (Bakterium / Bacterium)



Vinyl Sulfone / Vinyl sulfones
 Synthetisch / Synthesized



Voilà, Groll offeriert eine 3-D-Brille und bittet zum virtuellen Durchflug durch das Molekül am Bildschirm. Das 20S-Proteasom erinnert an ein kleines Fass mit 18 Nanometer (10^{-9} Meter) Höhe und 16 Nanometer Breite. Es besteht aus 14 verschiedenen Untereinheiten, die in vier Ringen als Dimer angeordnet sind. Außen liegen die beiden sogenannten alpha-Ringe, während die beiden zentralen Ringe aus beta-Untereinheiten bestehen. Die Mitte der Abbaumaschinerie durchzieht ein Kanal. Hier, tief im Inneren des Proteasoms, steckt das Sägewerk, das für die Zelle unnötiges Eiweiß zerschreddert. Intakten Proteinen bleibt der Zugang verwehrt, der Kanal öffnet sich erst dann, wenn außen ein ausgetüftelter Regulatorkomplex, die 19S-Kappe, andockt und Ubiquitin-markierte Eiweiße selektiv bindet. „Binnen Mikrosekunden wird dieses Eiweiß in den Häcksler eingefädelt, und schon tauchen nur noch Restfragmente davon auf“, erklärt Groll. Geschnitten, auch das ein Resultat der Strukturanalysen, wird ausschließlich in drei der beta-Untereinheiten, genannt beta1, beta2 und beta5. Hier hinein, in die sogenannten katalytischen Zentren, müssen andererseits auch Hemmstoffe passen, wenn sie die Maschinerie blockieren sollen.

Selektive Medikamente

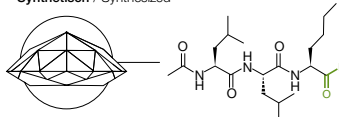
Seit wenigen Jahren fächert sich dieses Bild des Proteasoms weiter auf. Denn Säugetiere – Mensch wie Maus – haben sogar drei 20S-Proteasomtypen, die unterschiedliche Einflüsse auf das Zellverhalten nehmen. Das konstitutive Proteasom sorgt primär für das Schreddern nicht mehr benötigter Eiweiße. Eine noch nicht genauer verstandene Variante kommt nur im Thymus vor, jenem Organ, in dem auch beim Menschen Immunzellen heranreifen. Und ein drittes Immunoproteasom ist wichtig bei der Immunantwort. Wie ein Skalpell filetiert es vor allem in Zellen, die von Viren befallen sind, aus den Fremdeiweißen der Invasoren Bruch- ▶

ote). And Groll is just as thorough during my visit. He even provides me with 3D glasses and gives me a virtual tour of the molecule on screen. The 20S proteasome looks a bit like a small barrel, eighteen nanometers high (10^{-9} meters) and sixteen nanometers across. It comprises fourteen different subunits stacked as dimers in four rings. The two outer rings are known as alpha rings while the two center rings are made up of beta subunits. A channel runs through the middle of the degradation machine. Here, deep inside the proteasome, is the shredding engine that destroys the unwanted protein. Unmarked proteins cannot access the channel. It only opens when the sophisticated 19S regulatory complex docks on and selectively binds proteins that have been marked with ubiquitin. “This protein is fed into the shredder in microseconds. A few fragments are all that remain,” explains Groll. The structure analyses have also shown that degradation only takes place in three of the beta subunits, known as the catalytic cores beta1, beta2 and beta5. Inhibitors also have to translocate into these catalytic cores in order to block this mechanism.

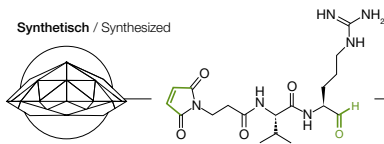
Selective drugs

Our knowledge of proteasome has been expanding rapidly in recent years. All mammals – from humans to mice – have three different types of 20S proteasomes, each of which has a distinct effect on cell behavior. Constitutively expressed proteasomes are primarily responsible for shredding unnecessary proteins. Another, less well understood, variant is expressed exclusively in the thymus, an organ in which immune cells mature. The third type, the immunoproteasome, plays an important role in immune response processes. Immunoproteasomes are like scalpels. They primarily function in infected cells by degrading proteins from invaders and bringing them back to the surface. These samples provide the immune system with a list of properties that it uses to ▶

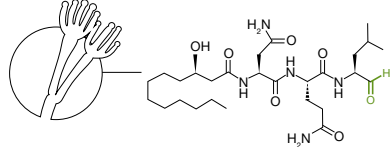
Aldehyde / Aldehydes
Synthetisch / Synthesized



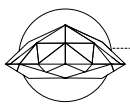
Synthetisch / Synthesized



Penicillium fellutanum (Pilz / Fungus)

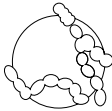


Boronate / Boronates
Synthetisch / Synthesized

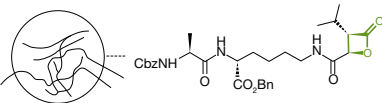


Lactone / Lactones

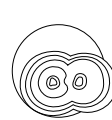
Streptomyces (Bakterium / Bacterium)



Streptomyces spectabilis (Bakterium / Bacterium)

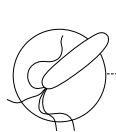


Salinospora tropica (Bakterium / Bacterium)

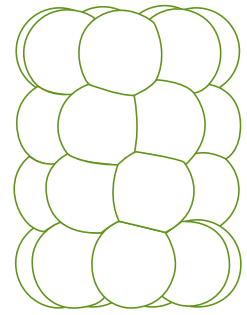
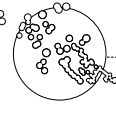


Syrbactine / Syrbactines

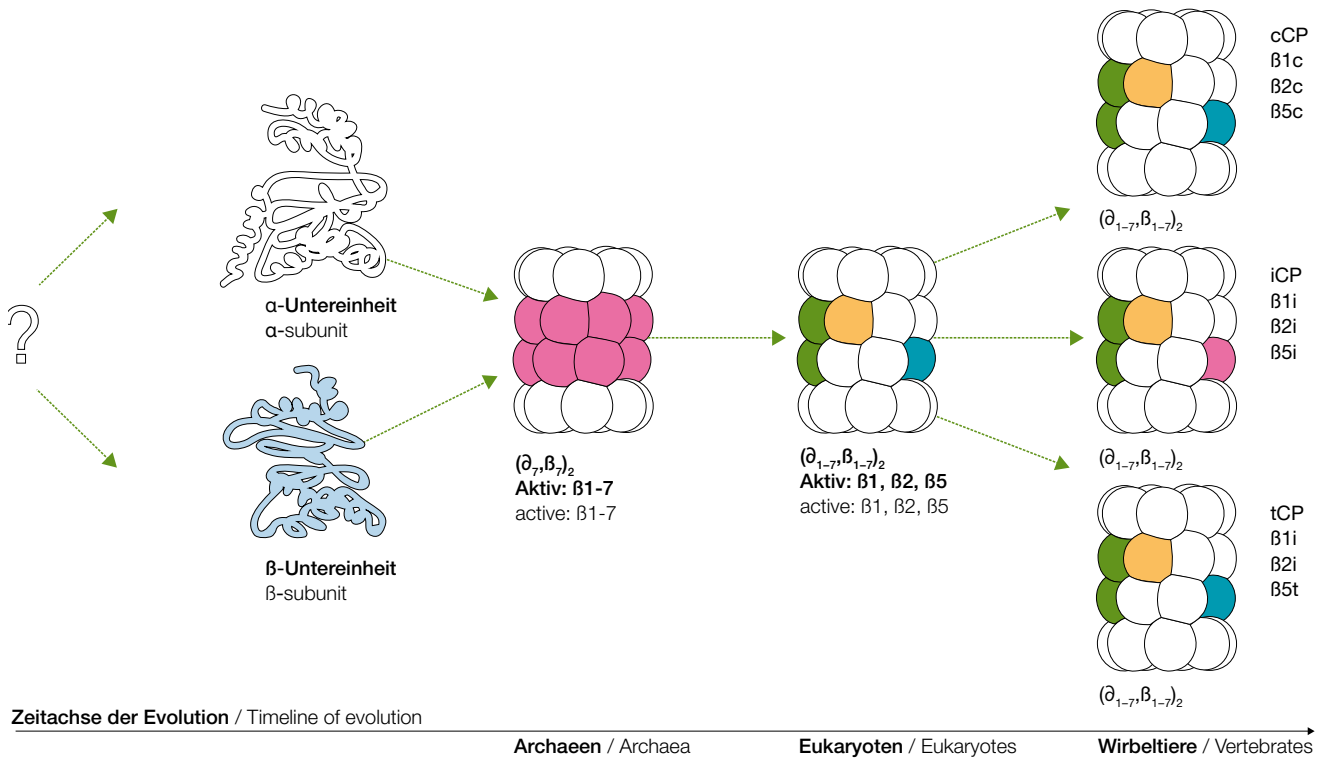
Pseudomonas syringae (Bakterium / Bacterium)



Burkholderiales (Bakterium / Bacterium)



Wirkstoffe aus der Natur und aus der chemischen Synthese: In Schwämmen, Pilzen, Bakterien oder Pflanzen sucht Groll nach hochselektiven Hemmstoffen des proteasoms. Alternativ werden synthetische Varianten hergestellt / Natural and synthetic agents: Groll investigates sponges, fungi, bacteria and plants in search of highly selective inhibitors of the proteasome. Alternatively, he synthesizes variations of these compounds



Im Lauf der Evolution schlossen sich aus Eubakterien und Archaeen die späteren Untereinheiten α und β zusammen. Daraus entwickelte sich das eukaryontische Proteasom, das wiederum die Grundlage der Wirbeltier-Proteasome ist. Die aktiven Zentren des Proteasoms sind farblich hervorgehoben / In the course of evolution, archae and eubacteria formed the later α and β subunits. Subsequently, the eukaryotic proteasome evolved, which is the base for the proteasomes of vertebrates. The active centres of the proteasome are highlighted in specific colours

stücke heraus, die dann an der Zelloberfläche präsentiert werden. Mit diesem Steckbrief wird das Immunsystem informiert und aufgefordert, die infizierten Zellen zu eliminieren. Letztes Jahr konnte eine Gruppe um Groll und seine Doktorandin Eva Huber erstmals auch die Struktur von konstitutivem und Immunoproteasom der Maus aufklären. Ein für Medikamentenentwickler besonders wichtiges Fazit der Arbeit: „Weil die beta5-Untereinheit bei beiden Proteasomvarianten unterschiedlich ist, haben wir die Möglichkeit, hochselektive Wirkstoffe zu entwickeln, die gezielt nur eine der beiden Varianten hemmen“, erklärt Groll. Die bislang zugelassenen Medikamente seien dazu jedoch noch nicht in der Lage. „Selektive Inhibitoren gegen das Immunoproteasom könnten zum Beispiel zu nebenwirkungsarmen Medikamenten gegen Krankheiten wie Diabetes Typ 1, Multiple Sklerose oder Rheumatoide Arthritis führen“, hofft Eva Huber.

Hemmstoffe aus der Natur

Noch ein Fazit hat Groll gezogen: selber Wirkstoffe entwickeln, besser gesagt suchen. Denn quasi nebenbei hat er

längst zur Naturstoffchemie zurückgefunden. Ein Target hat er heute schließlich, das Proteasom. Und rein am Bildschirm Hemmstoffe entwickeln, geht nicht, obwohl alle Strukturdaten vorhanden sind. Die Szene spricht von Rational Drug Design, bei dem Substanzen virtuell so lange am Bildschirm variiert werden, bis sie optimal in ein aktives Zentrum etwa einer beta5-Untereinheit des Immunoproteasoms passen. Danach erst wird der Kandidat im Labor synthetisiert. „Doch können solche Designerwirkstoffe noch so gut passen, wir wissen nicht, ob sie im Körper später überhaupt in Zellen vordringen“, wehrt Groll ab.

Nein, im riesigen Stoffareal der Natur vermutet er selektive und hochwirksame Inhibitoren des Proteasoms und seiner Varianten. Denn das Proteasom sei für Organismen so wichtig, dass es im Laufe der Evolution ein permanentes Angriffsziel für diverse Giftstoffe aus den verschiedensten Parasiten gewesen sei. Groll: „Solche Hemmstoffe sind auch dafür optimiert, zum Proteasom im Körper vorzudringen. Haben wir sie erst mal identifiziert, dann, aber erst dann, können wir durchaus am Bildschirm weitere Optimierungen ▶



Eine Studentin in Grolls Labor prüft die von ihr durchgeführte chemische Synthese eines Proteasominhibitors / A student in Groll's laboratory controls the chemical synthesis of a proteasome inhibitor, which she carries out

eliminate the infected cells. Last year, a team of researchers headed by Groll and his Ph.D. student Eva Huber succeeded in presenting the structure of constitutive and immunoproteasomes in mice for the first time. The discovery has important implications for the development of drugs. "The beta5 subunit is different in the two proteasome variants and this could pave the way for the development of highly selective inhibitors that can target just one of the two variants," explains Groll. Applied drugs cannot do this yet. "Selective inhibitors that target the immunoproteasome, for example, could lead to drugs with reduced side effects for diseases such as type 1 diabetes, multiple sclerosis and rheumatoid arthritis," adds Eva Huber.

Natural inhibitors

Armed with these new findings, Groll has now decided to develop – or more accurately discover – active components himself. In fact, over the course of time, he has more or less returned to the chemistry of natural products. And today, proteasomes are his target. However, he does not believe

that effective ingredients can be created "virtually" by using computers only, even if all structural data are available. This computer-aided process is known as rational drug design. It enables researchers to vary substances virtually on screen until they have a product that matches the core of a beta5 subunit, for example. Once it has the right properties, the virtual candidate is then synthesized in a lab. "Regardless of how much time you spend getting the perfect fit, you still don't know if the substance you have developed will be able to penetrate cells in the body."

Groll believes that nature's huge palette of substances can provide selective, highly effective inhibitors for proteasomes and proteasome variants. This is because proteasomes are extremely important complexes for organisms. As such, they have always been the target of different poisons from a huge range of parasites throughout the course of evolution. "These inhibitors are already primed to penetrate through to the body's proteasomes. First of all we have to identify these substances. Then, and only then, we can start to optimize them on screen," adds Groll. ▶



Die Doktorandin Eva Huber am Röntgendiffraktometer, einem Gerät für die Strukturanalyse von Kristallen. Für viele Analysen nutzt Groll's Arbeitsgruppe auch den Teilchenbeschleuniger am Paul Scherrer Institut in der Schweiz / The PhD student Eva Huber adjusts the x-ray-diffractometer, a device which allows analyzing the structure of crystals. Groll's team also uses the synchrotron facilities at the Swiss Paul Scherrer Institute for crystal structure analysis

vornehmen.“ An die 16.000 Extrakte aus Pilzen, Bakterien, Schwämmen, Pflanzen – jeweils voll mit Tausenden von Naturstoffen – sollen jetzt am Lehrstuhl im Rahmen einer Zusammenarbeit mit der Chimiothèque Nationale in Paris untersucht werden. Beim Screenen aber hilft das Proteasom. Martin Stein hat es mit neuer Technik in Dienst genommen. Man nehme dafür eine klar definierte Menge an Proteasom, des Weiteren ein mit dem Kohlenstoff ^{13}C markiertes Eiweiß, das normalerweise vom Proteasom abgebaut wird. In einer sogenannten Kernspinmessung lässt sich aufgrund der Markierung über die Änderungen der Signale exakt verfolgen, wie die geschredderten Einzelfragmente entstehen. Beim eigentlichen Test gibt nun ein Roboter unbekannte Mischungen von Naturstoffen hinzu. Verändert sich das Kernspinsignal dann aber unverhofft einmal nicht, was als Beweis dafür gilt, dass das markierte Eiweiß intakt geblieben ist, so schwimmt ein Hemmstoff für das Proteasom in der Lösung. Der Rest ist Fleißarbeit, den Inhibitor aus den Extrakten zu isolieren und zu analysieren. Keine Frage, die Münchener haben ihr Objekt gut im Griff, das Proteasom ist bereits Haustier der Forschung. *Autor: Bernhard Epping*

He and his team are collaborating with the Chimiothèque Nationale in Paris to investigate around 16,000 extracts of fungi, bacteria, sponges and plants – each one packed with thousands of natural products. The proteasomes help with screening, however, and Martin Stein has started working with the new technology.

The process begins with a clearly defined amount of proteasomes and a protein labeled with the C^{13} carbon – the label used to mark protein for degradation. The scientists then use a nuclear magnetic resonance spectroscopy to track exactly how the individual shredded fragments are created. They do this by tracing the label and any changes in signals. For the actual test, a robot then adds unknown mixtures of natural products. If the nuclear spin signal doesn't change, the labeled protein is intact and the solution eventually contains a proteasome inhibitor. Then the real work starts as researchers have to isolate the inhibitor from the extracts and analyze it.

Without any doubt, the Munich team certainly know their stuff inside out, since not many research groups have their own pet proteasomes. *Autor: Bernhard Epping*



Professionals, Absolventen, Praktikanten, Verfasser von Abschlussarbeiten (m/w)

in den Fachrichtungen Elektro-/Informationstechnik, Mechatronik, Maschinenbau, Kunststoff-/Verfahrenstechnik, Produktionstechnik

WIR BIETEN

- Abwechslungsreiche Aufgaben
- Gute Sozialleistungen
- Leistungsgerechte Bezahlung
- Entwicklungsmöglichkeiten
- Internationales Umfeld

WIR ERWARTEN

- Fundierte Ausbildung
- Bereitschaft zu längeren Auslandsreisen
- Gute Englischkenntnisse

SIND SIE INTERESSIERT?

Dann rufen Sie uns bitte unter
0 86 62 / 63 - 9061 oder
0 86 62 / 63 - 9106 an oder senden
Sie uns Ihre schriftliche Bewerbung
mit Lebenslauf an hr@brueckner.com

Die Brückner-Gruppe im oberbayerischen Siegsdorf ist eine mittelständische Unternehmensgruppe mit 21 Standorten auf vier Kontinenten. Als weltweit führender Partner der Kunststoff- und Verpackungsindustrie entwickeln, projektieren, konstruieren und erstellen die einzelnen Mitglieder der Brückner-Gruppe Sondermaschinen und komplette Produktionsanlagen. Langjährige Erfahrung, umfassendes Know-how, innovative Lösungen und die Anwendung modernster Technologien sind die Voraussetzungen des seit Jahren andauernden Erfolgs.

**BRÜCKNER
MASCHINENBAU**



**BRÜCKNER
SERVTEC**



**KIEFEL
TECHNOLOGIES**



**PACKSYS
GLOBAL**



Brückner Maschinenbau ist Weltmarktführer bei Anlagen zur Herstellung von High-Tech-Folien für hochwertiges Verpackungsmaterial und technische Anwendungsbereiche. Auf der Kundenliste stehen alle großen internationalen Folienproduzenten.

Die breite Palette an Produkten und Dienstleistungen von Brückner Servtec umfasst neben dem Ersatzteil- und „Hands-on-Service“ die von den Kunden verstärkt in Anspruch genommene Kompetenz für die Anlagenmodernisierung.

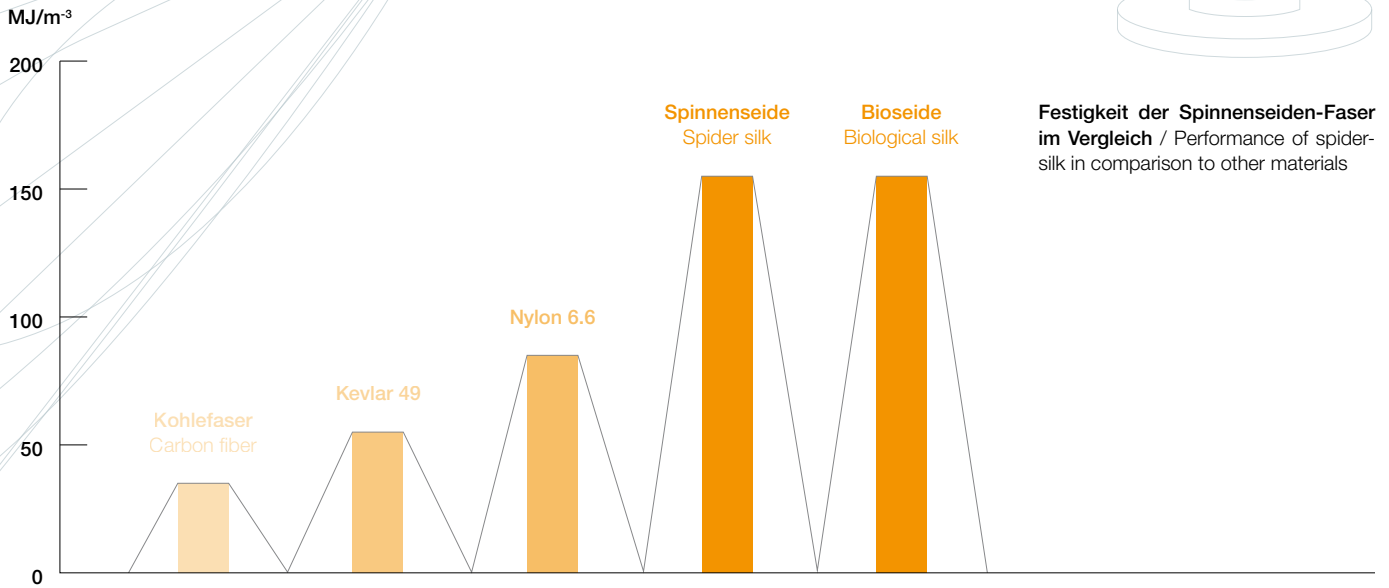
Kiefel ist ein international tätiger Hersteller von Serien- und Sondermaschinen für die Kunststoffverarbeitung. Als Partner namhafter Hersteller liefert das Unternehmen in die Automobil-, Kühlschrank-, Medizintechnik- und Verpackungsindustrie.

PackSys Global ist führend bei Spezialmaschinen für die Verpackungsindustrie: vollständige Produktionslinien zur Herstellung von Kunststoff- und Laminat-Tuben, Metall- und Kunststoffverschlässen sowie Sprühdosen.



Künstlich hergestellte Spinnenseiden-Fasern

Das TUM Spin-off AMSilk hat die weltweit erste künstliche Spinnenseiden-Faser produziert, die vollständig aus biotechnologisch gewonnenem Spinnenseiden-Protein hergestellt wird **First artificial spider silk fibers** AMSilk, a TUM spin-off, has produced the world's first artificial silk fiber that is entirely made of recombinant spider silk proteins



Hinsichtlich ihrer Zugfestigkeit ist die Faser mit natürlicher Spinnenseide vergleichbar, AMSilk nennt sie daher Biosteel. Die vorliegenden Faserprototypen sind glatt und geschmeidig, angenehm auf der Haut und glänzen seidig. Sie sind reinweiß und lassen sich mit Standardfärbetechniken einfärben. Anwendungen für Biosteel sind unter anderem technische Hochleistungstextilien, Sportartikel, medizinische Textilien, chirurgische Fäden, Gewebeträgertextilien und Wundauflagen.

Die AMSilk Biosteel®-Fasern werden mittels eines skalierbaren Spinnverfahrens hergestellt. Grundlage dieses Prozesses sind Erfindungen von Prof. Thomas Scheibel, der die biotechnologische Produktion von Spinnenseiden-Protein an der TU München entwickelte. Inzwischen ist er Inhaber des Lehrstuhls für Biomaterialien an der Universität Bayreuth.

Enorme Festigkeit

Weitere wesentliche Schritte auf dem Weg zu Fasern aus Spinnenseide waren Untersuchungen in Kooperation zwischen Thomas Scheibel und den Arbeitsgruppen von Prof. Andreas Bausch und Prof. Horst Kessler, Carl-von-Linde-Professor am Institute for Advanced Study der TU München (TUM-IAS). 2008 gelang es erstmals, einen künstlichen Spinnkanal zu bauen. 2010 entschlüsselten die Wissenschaftler die molekularen Grundlagen der Fadenproduktion

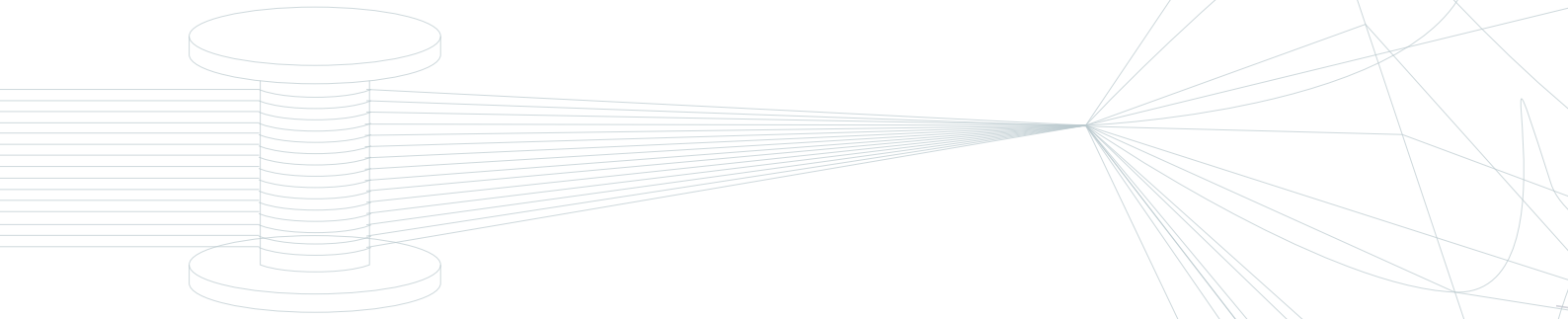
| |
|--|
| Link |
| www.amsilk.com/de.html |

The fiber's tensile strength is comparable to that of natural spider silk, which led to the name Biosteel. The present fiber prototypes are smooth to the touch and pleasant to the skin, and they shine like silk. They are brilliant white and can be dyed with common techniques used in the textile industry. Applications for Biosteel may include high-performance technical textiles, sporting goods, medical textiles and surgical products, such as meshes and other support textiles or wound coverings.

The AMSilk Biosteel® fibers are produced by a scalable spinning process. This process is based on inventions by Thomas Scheibel, who developed the biotechnological production of spider silk protein at TU München. He is now Professor of Biomaterials at the University of Bayreuth.

Enormous strength

Other important steps on the way to spider silk fibers were studied in collaboration between Professor Scheibel and the research group of Professor Horst Kessler, Carl von Linde Senior Fellow at the Institute for Advanced Study at TU ▶



Im Technikum des Forschungszentrums für Weiße Biotechnologie der TUM arbeiten Forscher an effizienten Prozessen zur Produktion des Spinnenseiden-Proteins / In the pilot plant of the Research Center for Industrial Biotechnology at TUM researchers develop efficient processes for the production of spider silk protein

in der Spinndrüse der Spinnen. 2011 konnten sie zeigen, auf welchen Mechanismen die enorme Festigkeit des Spinnenseiden-Fadens beruht. „Von all den vielen möglichen Anwendungen für Spinnenseide war die Herstellung einer kommerziellen Faser immer die technisch größte Herausforderung. Mit dem aktuellen Prozess haben wir gezeigt, dass eine kommerzielle Spinnenseiden-Faser möglich ist“, erklärt Dr. Lin Römer, Forschungsleiter von AMSilk. „Als Nächstes werden wir die Faser weiter optimieren, die Rohstoffproduktion skalieren und die Spinnentechnologie in unsere neue Pilotanlage transferieren.“ Parallel zur Weiterentwicklung der Faser baut AMSilk die Rohstoffproduktion aus. Dazu kooperiert das Unternehmen mit Prof. Dirk Weuster-Botz, Inhaber des Lehrstuhls für Bioverfahrenstechnik der TUM. Im Technikum des Forschungszentrums für Weiße Biotechnologie auf dem Campus Garching arbeiten die Forscher zusammen an neuen, effizienteren Herstellungsprozessen, um Seidenproteine für technische Anwendungen in guter Qualität kostengünstig verfügbar zu machen. „Die Beteiligung an der Ausgründung AMSilk ist ein für Universitäten außergewöhnlicher Schritt“, sagt Dr. Alexandros Papaderos, Leiter des Patent- und Lizenzbüros der TU München. „Vorbilder wie AMSilk helfen, Studierende, Wissenschaftler und Alumni dafür zu begeistern, unternehmerisch zu denken und zu handeln.“

□ Autor: Andreas Battenberg (TUM)

München (TUM-IAS). In 2010 die Forscher entdeckten die molekularen Voraussetzungen für die Assemblierung der Faser in der Spinndrüse der Spinne. In 2011 enthüllten sie die molekularen Mechanismen, die für die enorme Festigkeit der Spinnenseidenfaser verantwortlich sind.

„Of all the many applications for spider silk, the spinning of a viable commercial fiber has always been technically the most challenging. With the current process, we have shown that a commercial spider silk fiber is possible,“ explains Lin Roemer, Head of Research and Development at AMSilk. „Next we will optimize the fiber further and scale up raw material production and spinning in our new pilot plant.“

Parallel zur weiteren Entwicklung der Fasern, intensiviert AMSilk nun die Rohstoffproduktion. Zu diesem Zweck kooperiert das Unternehmen mit Prof. Dirk Weuster-Botz, Professor für Biochemische Verfahrenstechnik an der TUM. In der Pilotanlage des Forschungszentrums für Industrielle Biotechnologie in Garching arbeiten die Forscher an neuen, effizienteren Herstellungsprozessen, um Seidenproteine für industrielle Anwendungen in guter Qualität zu niedrigen Kosten verfügbar zu machen. „Die Beteiligung an der Ausgründung AMSilk ist ein außergewöhnlicher Schritt für Universitäten,“ sagt Dr. Alexandros Papaderos, Leiter des Patent- und Lizenzbüros der TUM. „Vorläufer wie AMSilk helfen, Studenten, Forscher und Alumni zu unternehmerischem Denken und Handeln zu begeistern.“

□ Autor: Andreas Battenberg (TUM)

Carsharing an der TUM



 **DriveNow**

Jetzt
anmelden
für 0 €
statt 29 €

Carsharing für Studierende und Mitarbeiter/innen der TUM

Mit DriveNow erweitert die TUM die Möglichkeiten ihrer Studierenden und Mitarbeiter, flexibel mobil zu sein. Die Autos werden an den Standorten München, Garching und ab Juni Weihenstephan auf öffentlichen Parkplätzen zur Verfügung stehen. Spontan oder auch nach vorheriger Reservierung können die Nutzer losfahren. Abstellen können sie die Fahrzeuge wieder auf den öffentlichen Parkplätzen an der TUM, in weiten Teilen Münchens oder am Flughafen München.

Kostenfreie Registrierung unter: www.tum.de/anfahrt 

Car Sharing von **BMW i.**   **SIXT**


Technische Universität München



Reimund Neugebauer

Vorsprung durch kognitive Innovation Deutschland ist eines der innovativsten Länder Europas. Ein wichtiger Grund liegt in dem intensiven Austausch von Wissenschaft und Wirtschaft. Um sich weltweit zu behaupten, muss sich die deutsche Wirtschaft mit kognitiven Innovationen, die sich durch Originalität und Kreativität auszeichnen, einen Vorsprung erarbeiten, der nicht so einfach aufgeholt werden kann.

A step ahead with cognitive innovation Germany is one of Europe's most innovative countries. One important reason for that lies in the intensive exchange between industry and science. To stay ahead of the field worldwide, the German economy must push cognitive innovation, based on originality and creativity, thus gaining a lead that competitors cannot easily catch up with.

Im Innovationsranking der Europäischen Union erreichte Deutschland den zweiten Platz, hinter Schweden. Die zentrale Erkenntnis dieses Leistungsanzeigers ist, dass Innovationskraft eng mit wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit gekoppelt ist. Innovationsführer unter den Ländern der Europäischen Union sind Schweden, Deutschland, Dänemark und Finnland. Dann folgen die Niederlande, Luxemburg, Belgien, UK, Österreich, Irland, Frankreich, Slowenien, Estland und Zypern, alle noch über dem EU-Durchschnitt. Die restlichen Länder weisen eine unterdurchschnittliche Innovations-tätigkeit auf. Das zeigt das Innovationsranking "Innovation Union Scoreboard 2013", das von der Europäischen Kommission einmal jährlich erstellt wird. Die gute Nachricht für Deutschland ist gleichzeitig mit einer schlechten Perspektive für Europa verknüpft: Während die innovativsten Länder ihre Leistung weiter verbessern, ist es um die Innovationskraft in den wirtschaftsschwachen Ländern schlecht bestellt. Das Gefälle zwischen starkem Norden und schwachem Süden Europas wird größer. Offensichtlich hat die Schuldenkrise die ohnehin schon schwache Innovationstätigkeit der südlichen Länder weitgehend erstickt.

Die innovativsten Länder in der EU zeichnen sich durch starke nationale Forschungssysteme aus. Schlüsselrollen spielen die Innovationstätigkeit des Hochschulsektors und vor allem der Unternehmen. Die deutschen Konzerne, allen voran Volkswagen, Daimler, BMW, Siemens und Bosch, investieren bereits heute mehr in Forschung und Entwicklung als ihre europäischen Wettbewerber. Allein Volkswagen investierte im vergangenen Jahr mehr als 7,2 Milliarden Euro in Forschung und Entwicklung. Dass sich Deutschland auf dem aktuellen Erfolg aber nicht ausruhen kann, zeigt der weltweite Vergleich. Grundsätzlich liegt die EU noch immer ein gutes Stück hinter den weltweit führenden Ländern zurück. Die Europäer haben in den vergangenen Jahren zwar auf die USA und Japan Boden gutmachen können, sind aber gegenüber Südkorea zurückgefallen. Und auch gegenüber China büßt Europa seinen Vorsprung Stück für Stück ein.

The 2013 innovation ranking list published by the European Union has put Germany in second place behind Sweden. The scoreboard points to a strong correlation between innovation performance and economic productivity.

The innovation leaders among EU Member States are Sweden, Germany, Denmark and Finland. After that comes a group of ten countries whose performance exceeds the EU average: the Netherlands, Luxembourg, Belgium, the United Kingdom, Austria, Ireland, France, Slovenia, Estonia and Cyprus. The remaining Member States have below-average innovation scores. These were the latest findings of the European Commission's annual "Innovation Union Scoreboard". This is undoubtedly good news for Germany, but it paints a negative picture for Europe. While the most innovative countries have further improved their performance, innovative drive in the weaker economies has lagged behind. The gap between the stronger northern European countries and the weaker south has widened. It is clear that the debt crisis has severely curbed the innovation capabilities of southern European countries – compounding what was already a weak position.

One thing the most innovative countries in the European Union have in common is a strong national research infrastructure. Innovation performance is primarily driven by industry, but the higher education sector plays an important role, too. German companies, led by Volkswagen, Daimler, BMW, Siemens and Bosch, are already investing more in research and development than their European competitors. Volkswagen alone spent over 7.2 billion euro on research and development last year.

Germany cannot afford to rest on its laurels, however, as a glance at the international leaderboard shows. The fact is that the European Union is still well behind the world's top performers when it comes to innovation. Europe has managed to gain ground on the USA and Japan in recent years, but it has fallen further behind South Korea. The Chinese have also been catching up on Europe in the innovation league table.

Ein europäisches Land, das nicht in der Europäischen Union ist, übertrifft selbst die innovativsten EU-Länder regelmäßig: die Schweiz. Sie ist seit Jahren Spitzenreiter im „Innovationsindikator“ und anderen Untersuchungen. Was können wir von diesem Innovationsführer lernen? Verantwortlich für die Spitzenposition sind nicht eine umfassende Subventions- und Förderpolitik, sondern hohe Investitionen in Bildung und Forschung sowie eine starke und innovationsorientierte Wirtschaft. Wesentlicher Erfolgsfaktor – so die Analyse der Innovationsforscher – ist das Zusammenspiel aller relevanten Faktoren und Akteure. Die hohe Systemproduktivität der Schweiz sei nur möglich, weil die entscheidenden Teilbereiche gut harmonierten. Wichtig für die Innovationsstärke ist das reibungslose Zusammenspiel von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Das ist auch eine Stärke des deutschen Innovationssystems. Nirgendwo sonst gibt es einen so intensiven Austausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Dies gilt es weiter auszubauen – durch regionale und über-regional vernetzte Leistungszentren. Flexible Netzwerke, die Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen eng miteinander verknüpfen und somit ihren Standort sowie ihr Profil stärken, sind die Modelle der Zukunft.

Eine Gesellschaft, deren Zukunft an die Erweiterung des Wissens gekoppelt ist, muss alle Möglichkeiten nutzen, um neues Wissen zu erzeugen und in innovative Produkte und Verfahren umzusetzen. Unser Wohlstand hängt auch in Zukunft ganz wesentlich von einer forschungsintensiven Wertschöpfung ab. Wenn sich die deutsche Wirtschaft im weltweiten Wettbewerb behaupten will, muss sie sich mit kognitiven Innovationen, die sich durch Originalität und Kreativität auszeichnen, einen Vorsprung erarbeiten, der nicht so einfach aufgeholt werden kann. Für Deutschland gilt, über Technologieführerschaft Marktführerschaft zu erreichen.

Staying with the international comparison, there is one European country that regularly outperforms even the most innovative EU Member States: Switzerland. For years it has taken the top spot in the German Innovation Indicator reporting system and a number of other studies. What can we learn from this innovation leader? Switzerland has climbed to the top not by supporting a comprehensive subsidy and funding policy, but by investing heavily in education and research and by promoting a strong and innovation-driven economy. The innovation researchers found that interplay was a key success factor in Switzerland. The country's outstanding productivity overall builds on harmonious and complementary relationships between all stakeholders. Seamless interplay between science, industry and politics is crucial to achieve innovation success.

This dovetailing could also be viewed as a hallmark of the German innovation culture. No other country can boast such an intensive exchange between industry and science. It is important that this ecosystem is further strengthened by networking regional and national centers of excellence. Tomorrow's research model will be built on flexible networks connecting universities, research institutes and industry, thus bolstering their own profile and that of the region.

A knowledge-driven society must take every opportunity to expand its know-how and turn valuable insights into innovative products and processes. Our future wellbeing will also depend largely on how well we can turn research into value. To stay ahead of the field worldwide, the German economy must push cognitive innovation, based on originality and creativity, thus gaining a lead that competitors cannot easily catch up with.

For Germany, the path to market leadership starts with technology leadership.

Prof. Dr.-Ing. Reimund Neugebauer

Reimund Neugebauer ist seit 2012 Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft. Der Ingenieur und Hochschullehrer studierte Maschinenbau an der TU Dresden. Nach dem Diplom war er dort als wissenschaftlicher Assistent tätig und promovierte 1984. Dem folgten eine leitende Tätigkeit in der Maschinenbauindustrie und die Habilitation 1989. Danach wurde er als Hochschullehrer an die TU Dresden berufen, wo er 1990 die Geschäftsführung des Instituts für Werkzeugmaschinen übernahm. 1992 wurde Neugebauer Leiter der neu gegründeten Fraunhofer-Einrichtung für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik in Chemnitz, die schon zwei Jahre später zum Institut ernannt werden konnte. Seit 1993 ist er Ordinarius für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik an der TU Chemnitz. Dort gründete er auch das Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse (IWP), dessen Direktor er seit 2000 ist. Von 2003 bis 2006 war er zudem Dekan der Fakultät für Maschinenbau. Neugebauer ist Mitglied zahlreicher nationaler und internationaler wissenschaftlicher Gesellschaften und Verbände. Für seine wissenschaftlichen Verdienste wurde er vielfach ausgezeichnet.

Professor Reimund Neugebauer was appointed President of the Fraunhofer-Gesellschaft in 2012. The qualified engineer and university lecturer studied mechanical engineering at Dresden University of Technology. After completing his diploma, he remained at the university as a research associate and received his doctorate in 1984. He went on to take up a managerial role in the mechanical engineering industry. After qualifying as a lecturer in 1989, he started teaching at Dresden University of Technology and in 1990 became Executive Director of the Institute of Machine Tools (IWM). In 1992, Neugebauer was appointed Executive Director of the recently established Fraunhofer Institute for Machine Tools and Forming Technology (IWU) in Chemnitz. Since 1993, he has held the position of full professor of Machine Tools and Forming Technology at TU Chemnitz. He founded the Institute for Machine Tools and Production Processes (IWP) at the university in 2000, also holding the position of Managing Director. From 2003 to 2006, he was Dean of the Faculty of Mechanical Engineering. Neugebauer is a member of several national and international academic societies and associations. He has received many awards for his scientific achievements.

Erster biologischer Nachweis einer Supernova

In Überresten fossiler Bakterien fanden Forscher des Exzellenzclusters Universe der TU München ein radioaktives Eisenisotop, das nur in Supernovä gebildet wird **First biological evidence of a supernova** In fossile remnants of fossile bacteria, researchers of the Excellence Cluster Universe at TU München found a radioactive iron isotope that they trace back to a supernova in our cosmic neighborhood

Überreste einer Supernova im Sternbild Kassiopeia / Remnants of a supernova in the constellation Cassiopeia

Der größte Teil der chemischen Elemente in der Natur hat seinen Ursprung im Kernkollaps von Supernovä. Das radioaktive Eisenisotop Fe-60 entsteht fast ausschließlich in solchen Sternexplosionen. Seine Halbwertszeit ist im Vergleich zum Alter unseres Sonnensystems mit 2,62 Millionen Jahren so kurz, dass es auf der Erde nicht vorkommen sollte. Irdische Spuren wären daher ein Hinweis auf eine Sternexplosion in kosmischer Nachbarschaft. In den oberen Sedimentschichten der Ozeane lebt eine Bakterienart, die in ihren Zellen winzige, weniger als 0,1 Mikrometer kleine Magnetit-Kristalle (Fe_3O_4) herstellt. Damit orientiert sich das Bakterium im Erdmagnetfeld. Das aufgenommene Eisen gelangt unter anderem durch Staub aus der Atmosphäre in die Ozeane. Wenn die Erde mit einer Supernova in Kontakt gekommen wäre, so müsste in den fossilen Überresten dieser magnetotaktischen Bakterien Fe-60 zu finden sein, vermutete Prof. Shawn Bishop, Astro-Kernphysiker an der TUM.

Bishop und seine Kollegen untersuchten 1,7 bis 3,3 Millionen Jahre alte Teile eines Tiefseebohrkerns aus dem Pazifischen Ozean. Sie entnahmen Proben in einem Abstand von 100.000 Jahren und lösten aus diesen chemisch die fossilen Bakterienreste heraus. Mithilfe eines hochempfindlichen Beschleuniger-Massenspektrometers fanden sie in 2,2 Millionen Jahre alten Proben tatsächlich Fe-60. „Es liegt nahe, dass es sich dabei um die Überreste von Magnetit-Ketten handelt, die von Bakterien auf dem Meeresboden gebildet wurden, als ein Supernova-Regen auf sie niederging“, sagt Shawn Bishop. Um die vorläufigen Ergebnisse zu bestätigen, analysieren die Forscher nun einen zweiten Bohrkern, der im Vergleich zum ersten mehr als die zehnfache Menge an Magnetofossilien enthält.

□ Autorin: Petra Riedel (TUM)

Most of the chemical elements have their origin in core collapse supernovae. The radioactive iron isotope Fe-60 is produced almost exclusively in such stellar explosions. Because its half-life of 2.62 million years is short compared to the age of our solar system, no supernova iron should be present on Earth. Therefore, any discovery of Fe-60 on Earth would indicate a supernova in our cosmic neighborhood. So-called magnetotactic bacteria live within the upper sediment layers of the Earth's oceans. They make within their cells tiny crystals of magnetite (Fe_3O_4), each less than 0.1 micrometers in size. The bacteria obtain the iron from atmospheric dust that enters the ocean. Nuclear astrophysicist Shawn Bishop from the TUM conjectured, therefore, that Fe-60 should also reside within the fossile remains of such bacteria extant at the time of the supernova interaction with our planet.

Shawn Bishop and his colleagues analyzed parts of a Pacific Ocean sediment core, dating from between about 1.7 million and 3.3 million years ago. They took samples corresponding to intervals of about 100,000 years and dissolved the magnetofossils. Using an ultra sensitive accelerator mass spectrometer, they found a hint of Fe-60 atoms occurring around 2.2 million years ago. "It seems reasonable to suppose that the apparent signal of Fe-60 could be remains of magnetite chains formed by bacteria on the sea floor as a starburst showered on them from the atmosphere," Bishop says. The researchers will now analyze a second drill core, containing upwards of 10 times the amount of material as the first one, to confirm their findings.

□ Author: Petra Riedel (TUM)

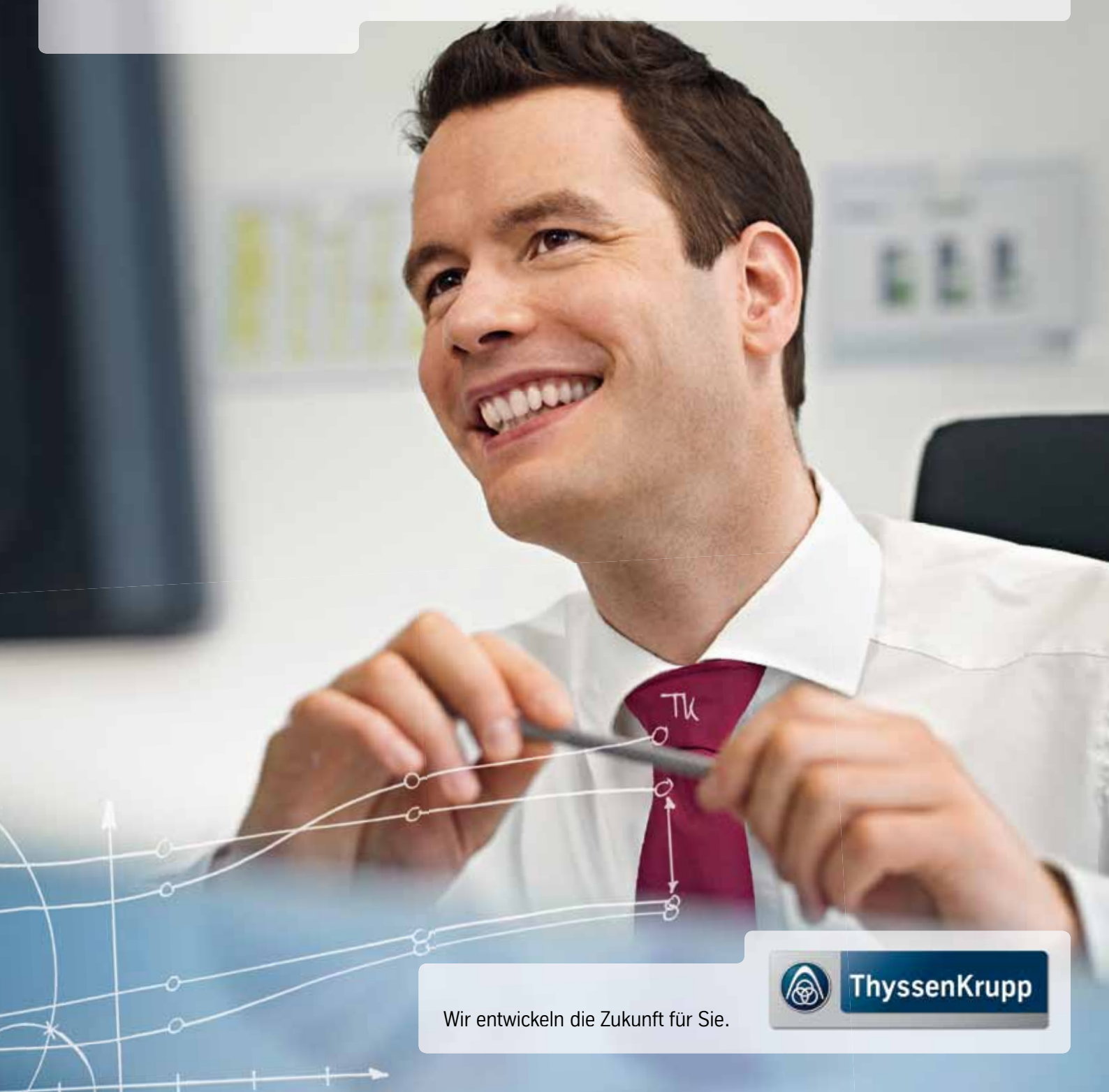
Link

www.nucastro.ph.tum.de

Sie wollen graue Theorie in schwarze Zahlen verwandeln? Werden Sie einer von uns.

Genau wie Sebastian Vogel, Controlling Referent bei der ThyssenKrupp Elevator AG – unserem Segment für Personenbeförderung. Als einer von uns analysiert und optimiert er betriebliche Prozesse und verwandelt graue Theorie in schwarze Zahlen. Wenn auch Sie den nächsten Schritt wagen wollen und Ihr Wissen in der Praxis anwenden möchten, werden Sie einer von uns.

www.thyssenkrupp.com/karriere



Wir entwickeln die Zukunft für Sie.



ThyssenKrupp



www.bmwgroup.jobs

LEIDENSCHAFT SCHAFFT ZUKUNFT.

JETZT BEI DER BMW GROUP EINSTEIGEN UND DIE ZUKUNFT DER MOBILITÄT GESTALTEN.

Man kann viel über die Zukunft der Mobilität reden. Im Team der BMW Group wird sie gemacht. Mit innovativen Technologien für mehr Nachhaltigkeit, Effizienz, Sicherheit, Umweltverträglichkeit und natürlich Fahrspaß. Um diese Innovationen zu entwickeln und auf die Straße zu bringen, brauchen wir Menschen wie Sie. Menschen mit einem eigenen Kopf und einem klaren Ziel: So schnell wie möglich die Theorie mit der Praxis zu verbinden und mit viel Freiheit und Gestaltungsspielraum für große Ideen die Welt der Mobilität zu verändern. Wenn Sie diese Leidenschaft antreibt, sind Sie bei uns genau richtig. Wir suchen

Studenten und Absolventen aus dem Ingenieurbereich sowie anderen Fachbereichen.

Informieren Sie sich jetzt über die vielfältigen Einstiegsmöglichkeiten und Herausforderungen bei der BMW Group für unser Team in München, Leipzig oder einem anderen Standort. Egal ob Sie über ein Praktikum, Ihren Studienabschluss- bzw. Doktorarbeit, als Trainee oder Direkteinsteiger zu uns kommen: Wir planen mit Ihnen zusammen Ihre individuelle Erfolgsgeschichte bei der BMW Group. Wir freuen uns auf Sie. Machen Sie jetzt den ersten Schritt.



Details, konkrete Stellenangebote und die Möglichkeit zur Online-Bewerbung finden Sie auf www.bmwgroup.jobs. Oder direkt über den QR Code.



www.facebook.com/bmwkarriere

**BMW
GROUP**
Recruiting



Rolls-Royce
Motor Cars Limited