

lookKIT

DAS MAGAZIN FÜR FORSCHUNG, LEHRE, INNOVATION
THE MAGAZINE FOR RESEARCH, TEACHING, INNOVATION
AUSGABE/ISSUE #01/2015

ISSN 1869-2311

MATERIAL WISSENSCHAFT

MASSSCHNEIDER DES MATERIALS: INTERVIEW MIT PROFESSOR OLIVER KRAFT

CUSTOM TAILOR OF MATERIALS: INTERVIEW OF PROFESSOR OLIVER KRAFT

PROZESSE DES MATERIALS: INDUKTIONSHÄRTEN VON ZAHNRÄDERN

PROCESSING OF MATERIAL: INDUCTION HARDENING OF GEAR WHEELS

STRUKTUR DES MATERIALS: OPTIMIERUNG DER LITHIUM-IONEN-BATTERIE

STRUCTURE OF MATERIAL: OPTIMIZATION OF THE LITHIUM ION BATTERY



BAUEN SIE MIT UNS DAS NETZ DER ZUKUNFT!

VERANTWORTUNGSBEWUSST. INNOVATIV. INTERNATIONAL.

Das ist die TransnetBW GmbH. Als Übertragungsnetzbetreiber sind wir in Baden-Württemberg zuhause und mit Europa vernetzt. Die Energiewende in Deutschland und Europa prägt unser Handeln. Unsere Herausforderungen meistern wir mit Begeisterung für partnerschaftliche Lösungen im nationalen und internationalen Umfeld.

Sind Sie mit dabei?

Wir bieten Ihnen spannende Aufgaben und vielfältige Entwicklungsmöglichkeiten in einer respektvollen und wertschätzenden Arbeitsatmosphäre.

Sie wollen mehr wissen?

Besuchen Sie uns unter:

www.transnetbw.de/karriere



Holger Hanselka
FOTO/PHOTOGRAPH: ANDREA FABRY

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

als die Geschichte der Materialwissenschaft begann, gab es den entsprechenden Begriff zwar noch lange nicht, aber der Erkenntnisgewinn vollzog sich dennoch unaufhaltsam durch konkrete Anwendung im Alltag. Von der Steinzeit bis zum siebten vorchristlichen Jahrtausend wurden natürliche Materialien wie Felle, Hölzer oder Steine zu technischen Zwecken verwendet, zum Ende der Jungsteinzeit kamen dann chemische und thermische Verfahren, zum Einsatz, um Rohstoffe zu höher entwickelten Werkstoffen zu verfeinern, wie das Schmelzen von Sand zu Glas. Auch heute beschäftigt sich die Materialwissenschaft mit der Herstellung von Materialien und deren Charakterisierung von Struktur und Eigenschaften.

Der Blickpunkt der aktuellen Ausgabe von lookKIT spiegelt die extreme Bandbreite der Forschung rund um die Materialwissenschaft wider, deren Entwicklung von Professor Oliver Kraft, Leiter des Instituts für Angewandte Materialien – Werkstoff- und Biomechanik (IAM-WBM) und Präsident der Materials Research Society, im Interview nachgezeichnet wird. So haben es die Fortschritte bei den mikroskopischen Methoden der Materialwissenschaft erlaubt, in die Nanosphäre vorzudringen. Mechanische, magnetische und elektrische Oberflächeneffekte bei Nanopartikeln ermöglichen Anwendungen sowohl im Bereich der Mikroelektronik als auch bei Leichtbau- und Hochtemperaturwerkstoffen bis hin zu neuen Batterietechniken.

Die Entwicklung von neuen Materialien fasziniert nach wie vor auch Professor Herbert Gleiter, Leibniz-Preisträger, Fellow und Ehrenmitglied von sieben Wissenschaftsorganisationen seines Arbeitsgebiets und aktives Mitglied des Network of Excellent Retired Scientists des KIT. Im lookKIT-Portrait blickt er auf seine herausragende Karriere zurück.

Über den Blickpunkt hinaus stellen wir die neue Finanzierungsplattform KITcrowd vor, auf der wir Menschen für zukunftsweisende und engagierte Ideen von Studierenden, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des KIT begeistern wollen. Schauen Sie doch einfach mal auf www.kitcrowd.de rein.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß und Erkenntnisgewinn beim Lesen!

Ihr



PROF. DR.-ING. HOLGER HANSELKA
PRÄSIDENT DES KIT // PRESIDENT OF KIT

DEAR READER,

When the history of materials science began, the term itself had yet to be coined. Nevertheless, knowledge was gained continuously from concrete applications in everyday life. From the Stone Age to the 7th millennium BC, natural materials, such as furs, woods, or stones were used for technical purposes. In the Late Neolithic Age, chemical and thermal processes were applied to refine resources to higher developed materials, such as melting of sand to glass. And today, materials science continues to deal with the production of materials and characterization of their structure and properties.

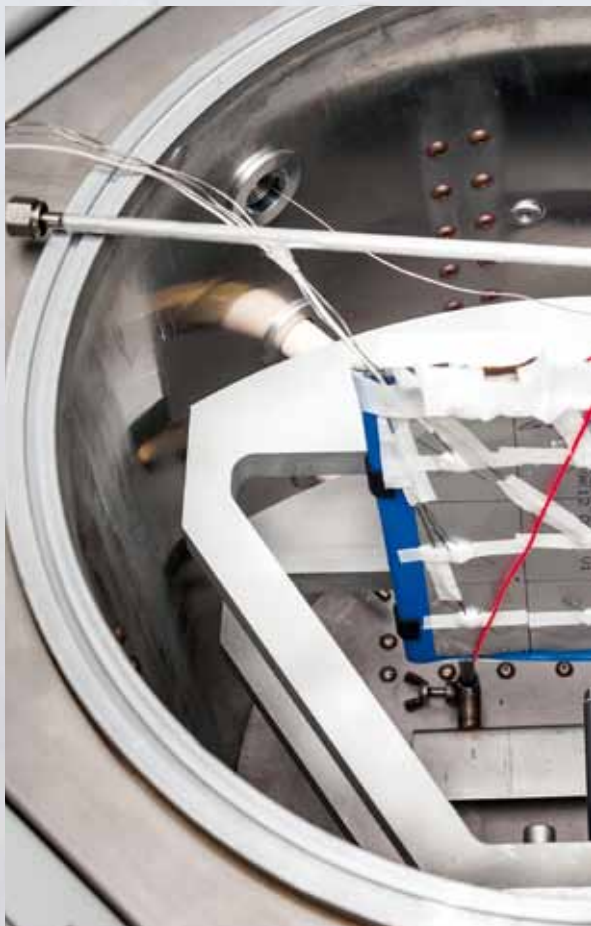
The focus of the current issue of lookKIT reflects the large range of research relating to materials science, the development of which is traced in an interview with Professor Oliver Kraft, Head of the Institute for Applied Materials – Materials and Biomechanics (IAM-WBM) and President of the Materials Research Society. Thanks to progress in microscopic methods, materials science has entered the nanosphere. Mechanical, magnetic, and electric surface effects of nanoparticles are the basis of applications in microelectronics, the development of lightweight and high-temperature materials, and new battery technologies.

The development of new materials also continues to fascinate Professor Herbert Gleiter, winner of the Leibniz Prize, fellow and honorary member of seven science organizations in his field of work, and active member of the Network of Excellent Retired Scientists of KIT. In a lookKIT portrait, he looks back on his outstanding career.

In addition, we present the new funding platform KITcrowd, on which we want to solicit people to fund trend-setting and committed ideas of students and scientists of KIT. Have a look at www.kitcrowd.de.

I wish you an interesting read!

Yours,



INHALT

Ausgabe/Issue #01/2015

Content

BLICKPUNKT / FOCUS

- 10 NATURE AS A TEACHER: REDUCING ENERGY CONSUMPTION BY SMART SURFACES
- 12 LEHRMEISTER NATUR: MIT SMARTEN OBERFLÄCHEN ENERGIE SPAREN
- 14 MASSSCHNEIDER DES MATERIALS: INTERVIEW MIT OLIVER KRAFT
- 18 CUSTOM TAILOR OF MATERIALS: INTERVIEW OF OLIVER KRAFT
- 20 ARCHITECTURE IN THE NANOSPHERE: LIGHTWEIGHT MATERIAL OF THE HIGHEST STRENGTH
- 20 ARCHITEKTUR IN DER NANOSPHERE: LEICHTBAUMATERIAL MIT HÖCHSTER FESTIGKEIT
- 22 NEUARTIGES MODELL: VERFORMUNGEN VERLÄSSLICH VORHERSAGEN
- 24 NOVEL MODEL: RELIABLE PROGNOSIS OF DEFORMATION
- 26 HARTE ARBEITER AM STROMMAST: HOCHSPANNUNGSISOLATOREN AUS PORZELLAN
- 28 HARD WORKERS ON THE TRANSMISSION TOWER: PORCELAIN HIGH-VOLTAGE INSULATORS
- 30 SICHER UND HALTBAR: OPTIMIERUNG DER LITHIUM-IONEN-BATTERIE
- 32 RELIABLE AND DURABLE: OPTIMIZING LITHIUM ION BATTERIES
- 34 SURMOFS: OBERFLÄCHENBESCHICHTUNGEN ÜBERNEHMEN VIelfÄLTIGSTE FUNKTIONEN
- 34 SURMOFS: SMART SURFACE COATINGS WITH A VARIETY OF FUNCTIONS
- 36 PORTRAIT: DER MATERIALWISSENSCHAFTLER PROFESSOR HERBERT GLEITER
- 38 BIOGRAPHY OF PROFESSOR OF MATERIALS SCIENCE HERBERT GLEITER
- 40 HARTE ZÄHNE: EIN NEUES VERFAHREN LÄSST ZAHNRÄDER BELASTUNGEN BESSER AUSHALTEN
- 41 HARD TEETH: NEW TECHNIQUE MAKES GEARS MORE STABLE UNDER ENORMOUS LOADS
- 44 INS INNERSTE GEBLICHT: IN DER METALLOGRAFIE WERDEN WERKSTOFFE GEPRÜFT UND BETRACHTET
- 46 PROBING DEEP: MATERIALS ARE EXAMINED AND VIEWED IN METALLOGRAPHY
- 48 DIE ATOMSONDE: MACHT EINZELNE ATOME IN FESTKÖRPERN SICHTBAR
- 46 THE ATOMIC PROBE: MAKES INDIVIDUAL ATOMS VISIBLE

- 50 AUGENBLICKKIT: MIKROSKOP-NOSTALGIE
- 50 AUGENBLICKKIT: MIKROSCOPE NOSTALGIA
- 52 SPUR DER STEINE: WARUM WINZIGE GESTEINSKLÜFTE
IM ERDINNEREN ZUWACHSEN
- 54 THE TRACE OF ROCKS: WHY TINY ROCK FISSURES INSIDE
THE EARTH FILL UP
- 56 NACHRICHTEN
- 56 NEWS

ORTE / PLACES

- 58 ENERGIEWENDE: THE BIOLIQ® PLANT IS IN OPERATION
- 60 ENERGIEWENDE: DIE BIOLIQ®-ANLAGE IST IN BETRIEB

WEGE / WAYS

- 62 MECHATRONIK: THEMENBEZOGENES LEHRZENTRUM AUF
DEM NUSSELT-HÖRSAALGELÄNDE
- 63 MECHATRONICS: MODERN EDUCATION CENTER ON THE
AREA OF THE NUSSELT LECTURE HALL
- 64 ARCHITEKTUR-BIENNALE 2016: DER KARLSRUHER HISTORIKER
ULRICH GEHMANN WURDE EINGELADEN
- 65 THE 2016 BIENNALE OF ARCHITECTURE: THE KARLSRUHE
HISTORIAN ULRICH GEHMANN WAS INVITED

GESICHTER / FACES

- 66 NACHRUF: PROFESSOR DR. HORST BÖHM
- 68 AUF EINE FRAGE: RIECHT METALL?
- 68 JUST ONE QUESTION: DO METALS SMELL?

HORIZONTE / HORIZONS

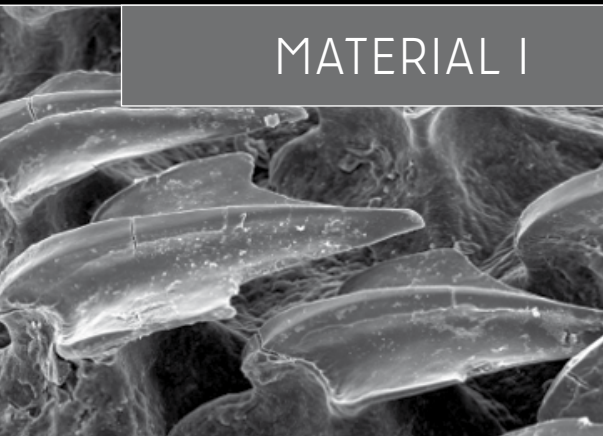
- 70 KITCROWD: INNOVATIVE, SOZIALE UND GRÜNDUNGS-
ORIENTIERTE FINANZIERUNGSPLATTFORM
- 73 KITCROWD: AN INNOVATIVE, SOCIAL, FOUNDER-ORIENTED
FUNDING PLATFORM
- 74 FUNKTION DER VIELFALT: GROSSPROJEKT ZU DEN FOLGEN
DES WELTWEITEN ARTENSTERBENS
- 76 THE FUNCTION OF DIVERSITY: LARGE-SCALE PROJECT ON
THE CONSEQUENCES OF WORLDWIDE SPECIES EXTINCTION
- 78 UND SONST? GROSSE UNTERSTÜTZUNG FÜR FLÜCHTLINGE
- 78 WHAT ELSE? STRONG SUPPORT OF REFUGEES





MATERIAL I

MATERIAL I



Haie verfügen über Placoidschuppen, die im Gebiss als Zähne beginnen und sich vom Maul über den ganzen Körper ausbreiten. Die Zähne verkleinern sich und werden als Hautzähnen fortgesetzt und bilden eine fast vollständige Körperumhüllung. Die Schuppen sind so ausgerichtet, dass sich die Haut glatt anfühlt, wenn man dem Hai vom Kopf zum Schwanz über den Rücken streicht. Umgekehrt fühlt sich die Haut rau an. Des Weiteren verfügen die einzelnen Schuppen über eine Rillenstruktur, die sich nahtlos über den gesamten Haikörper erstreckt. Die Rillenstruktur (Riblets) verringert den Oberflächenwiderstand. Durch die Rillen entstehen viele kleine Wasserwirbel. Diese verringern die seitlich gerichteten Kräfte der turbulenten Strömung und setzen die Reibungswirkung herab. Der Haihaut-Effekt zählt neben dem Lotus-Effekt zu den bekanntesten Erkenntnissen der Bionik und wird zur Verringerung des Reibungswiderstands genutzt.



Sharks have placoid scales starting as teeth and spreading from the mouth over the entire body. The teeth become smaller and form denticles that enclose the body nearly completely. The denticles are arranged such that the skin appears to be smooth if you run your hand from the head of the shark to its tail. In the opposite direction, the skin appears to be rough. Moreover, the individual scales have a riblet structure that extends over the entire body of the shark. These riblets reduce surface resistance. They cause many small water vortexes that reduce the lateral forces of turbulent flow and decrease friction. Apart from the lotus effect, the sharkskin effect is one of the best-known findings in bionics and has been applied to reduce friction resistance.



MATERIAL II

MATERIAL II

Momentaufnahme einer Materialschlacht im Becken, die mit einem Verbot endete: US-Schwimmer Michael Phelps probiert den Schwimmanzug Speedo FASTSKIN FSII nach dem Vorbild von Haifischhaut. Die Oberfläche der Anzüge ist nicht glatt, sondern mit Mini-Huckeln überzogen. Der Swimwear-Hersteller Speedo stattete die von ihm gesponserten Athleten Olympia 2008 in Peking mit dem Nachfolgemodell LZR Racer aus, insgesamt wurden in den neuen Rennanzügen mehr als 120 Weltrekorde geschwommen. Ab 2010 wurden Schwimmzüge dieser Form verboten: Unter anderem liegt die Materialdicke nun bei max. 0,8 mm. Auftrieb wird bis zu 0,5 Newton (50 g) erlaubt. Das Material muss wasserdurchlässig sein und mindestens 80 Liter pro Quadratmeter in der Sekunde passieren lassen.



Snapshot of a battle of material in the swimming pool, which ended with a prohibition: US swimmer Michael Phelps wears the Speedo FASTSKIN FSII swimsuit inspired by sharkskin. The surface of the swimsuit is not smooth, but covered by very small denticles. For the 2008 Olympic Games in Beijing, swimwear manufacturer Speedo equipped the athletes it sponsored with the successor model LZR Racer. With the new swimsuits, more than 120 world records were set. As of 2010, swimsuits of that type were prohibited. Among the newly established requirements is a maximum material thickness of 0.8 mm. A buoyancy of up to 0.5 Newtons (50 g) is permissible. The material has to have a water permeability of 80 l/m²/s at least.

 Nature as a Teacher

Reducing Energy Consumption by Smart Surfaces

BY MATTHIAS KEHLE // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Ships, to the hulls of which no alga, no shell, and no dirt particles can adhere, ships that slide through the seas as if they had a type of molecular hover cushion? In a few years, such phenomena could be part of the daily routine, based on today's fundamental research conducted by scientists, such as the mechanical engineer Bastian Rapp or Dr. Pavel Levkin of KIT.

Together with several young researchers, Bastian Rapp works on a new type of material, called "fluoropore". This plastic material is based on fluorine polymers. "We imitate the properties of lotus plants," Rapp says, "but contrary to such

plants, fluoropore also repels oil and dirt particles." The new material is related to Teflon, the difference being that a Teflon pan loses its oil- and water-repellent effect when it is scratched. Hence, such a coating of a ship's hull that is permanently exposed to very high loads would lose the oil- and water-repellent effect rather quickly.

According to Rapp, fluoropores have a structure similar to a sponge filled with air: When scratching its surface, the same structures are repeated below. Fluoropores can be applied with any thickness. The new material that stores air in the nanorange similar to a sponge

does not only repel water, oil, and dirt particles. Algae or shells cannot adhere ("they simply slide off"). Moreover, even bacteria that adhere to any other material cannot hold on to fluoropore surfaces.

Similar to a lotus leaf, the fluoropore surface is porous on the molecular level. The material's microstructure is characterized by countless "stings". The water or oil droplet, hence, lands on a nanoscaled type of bed of nails.

Bastian Rapp works at the KIT Institute of Microstructure Technology and during his time there



FOTO: RALF GOSCH – FOTOLIA

has produced “laboratory-stable prototypes”. At the moment, he and his colleagues are testing various methods of plastic curing for maturity. “We still have to optimize some parameters,” but he is optimistic. About 2000 experiments remain to be performed by the end of this year. These tests will yield a group of “fluoropore” materials that are optimized for various applications. The scientist’s visions for the near future are not only “smart ship coatings” that will considerably reduce energy consumption, but also functional clothing, car windows on which water will not condense and freeze in the winter, and graffiti-repellent paints. This universal type of protective coating has attracted the interest of industry. Because fluorine is an element that is difficult to extract, fluoropore is relatively expensive. Rapp thinks that coating an oil tanker would cost about EUR 100,000. “Thanks to the reduced fuel consumption, however, this will pay off very quickly. “Fluoropore – Chemically Inert Micro- to Nanoporous ‘Teflon’ with an Adjustable Wetting Behavior” is the title of the project, for which Bastian Rapp was



FOTO: WIKIPEDIA COMMONS

granted EUR 2.85 million in a competition for young scientists launched by the Federal Ministry of Education and Research.

Dr. Pavel Levkin of the Institute of Toxicology and Genetics and the Institute of Organic Chemistry and his group also work on smart and functional surfaces. Several novel superhydrophobic, extremely water-repellent coatings were developed by Levkin's group over the last few years. Recently, the group succeeded in fabricating an extremely slippery surface, with a highly porous polymer film filled with a "liquid Teflon"-like lubricant instead of air. Contrary to "normal" superhydrophobic surfaces, which degrade quickly under water, a highly stable anti-biofouling coating was produced. "We combine water-repellent with highly slippery properties," Levkin says. Algae, plant spores, and other microorganisms are simply washed away by seawater before they can attach to surfaces. This effect resembles the strategy of some carnivorous plants: Their surfaces are so slippery that prey cannot avoid sliding in.

In cooperation with colleagues in the UK, the group of scientists already has tested their highly effective slippery surface in seawater. Immersion tests revealed that the biophobic effect of the material lasted one month. In the case of conventional coatings, this effect can be maintained for a few days at the maximum. The next step will be industrial application. Pavel Levkin thinks that slippery "anti-fouling paints" will save a lot of money that is usually spent on cleaning ship hulls. Demand for these quasi-self-cleaning coatings exists wherever water flows, for instance, in any type of water pipeline. These substances are much less toxic than the ship paints used in the past, which contained heavy metals.

The team of Pavel Levkin studies various types of functional coatings, not only bio- and hydrophobic, but also strongly hydrophilic materials and their combinations. Such materials are capable of capturing and storing the smallest water droplets from their environment. Potential applications are found in biotechnology, diagnostics, and personalized medicine. ■

Contact: bastian.rapp@kit.edu and pavel.levkin@kit.edu

FOTO: LAILA TKOTZ



Dr. Pavel Levkin vom Institut für Toxikologie und Genetik und Institut für Organische Chemie arbeitet mit seiner Arbeitsgruppe an funktionellen Oberflächen

Dr. Pavel Levkin of the Institute of Toxicology and Genetics and the Institute of Organic Chemistry and his group work on functional surfaces

FOTO: MARKUS BREIG



Dr. Bastian Rapp arbeitet am Institut für Mikrostrukturtechnik an einer Werkstoffgruppe namens „Fluoropor“

At the KIT Institute of Microstructure Technology, Bastian Rapp works on a group of materials, called "fluoropore"

Lehrmeister Natur

Mit smarten Oberflächen Energie sparen

Schiffe, an deren Rumpf keine Alge, keine Muschel, kein Schmutz mehr haften bleibt und die energiesparend geradezu durch die Meere flutschen? Zwei Wissenschaftler des KIT arbeiten daran. „Fluoropor“, so der poröse Kunststoff, an dem Dr. Bastian Rapp vom Institut für Mikrostrukturtechnik arbeitet, ist verwandt mit Teflon. Der Stoff ist wie ein Schwamm aufgebaut und lässt sich beliebig dick auf Schiffsrümpfe auftragen – auch der heftigste Kratzer ändert an der Struktur nichts. In diesem neuen Kunststoff lassen sich Luftpartikel einlagern, was den Vorteil hat, dass er Wasser, Öl und Schmutz abweist und dass sich keine Algen oder Muscheln festsetzen können. Mehr noch: Es finden sogar Bakterien, die sonst überall anhaften, keinen Halt. Wie bei einem Lotusblatt ist die Fluoropor-Oberfläche auf molekularer Ebene porös. In seiner Mikrostruktur besitzt der Stoff zahllose „Stacheln“, der Wasser- oder Öltropfen landet quasi auf einer Art Nagelbrett im Nanobereich.

Auch Dr. Pavel Levkin vom Institut für Toxikologie und Genetik und Institut für Organische Chemie arbeitet an der Zukunft smarter Schiffsoberflächen. Als Grundsubstanz verwendet er ebenfalls einen porösen Kunststoff auf Kohlenstoff-Fluor-Basis, lagert aber statt Luft flüssiges Teflon in die Poren ein, das im Unterschied zu „normalem“ Teflon aus kleineren Molekülketten besteht. Kombiniert werden wasserabweisende und biophobe Eigenschaften. Kleinstorganismen werden vom Meerwasser einfach wieder weggespült, bevor sie sich festsetzen können. Vergleicht man mit dem „Lehrmeister Natur“, ähnelt der Effekt der Strategie so mancher fleischfressender Pflanze: Deren Oberflächen sind so rutschig, dass ihre Beute unweigerlich hineingleitet. ■

Kontakt: bastian.rapp@kit.edu und pavel.levkin@kit.edu



FESTO

Impulse setzen ...

... für Ihre eigene Zukunft und für
die Zukunft intelligenter Automation:
Praktikum, Abschlussarbeit oder
Berufseinstieg beim Innovationsführer.

www.festo.com/studenten

*Professor Oliver Kraft ist
Leiter des Instituts für Angewandte
Materialien – Werkstoff- und
Biomechanik (IAM-WBM) am KIT und
Präsident der Materials Research Society*

*Professor Oliver Kraft heads
the KIT Institute for Applied Materials –
Materials and Biomechanics
(IAM-WBM) and is President of the
Materials Research Society*



Maßschneider des Materials

Der lange Weg von der
Idee bis zum Einsatz

Kaum eine Innovation erobert den Markt, bei deren Entwicklung nicht die Materialwissenschaft eine entscheidende Rolle gespielt hat. Aber bis es so weit ist, gleicht die Arbeit der Wissenschaftler oft einem Stafettenlauf, an dem mehrere Forschergenerationen beteiligt sind. lookKIT-Autor Dr. Stefan Fuchs hat mit Professor Oliver Kraft, Leiter des Instituts für Angewandte Materialien – Werkstoff- und Biomechanik (IAM-WBM) am KIT und Präsident der Materials Research Society über Traditionen, Entwicklungen und Moden in der Materialwissenschaft gesprochen.

lookKIT: Herr Professor Kraft, seit Beginn dieses Jahres sind Sie Präsident der Materials Research Society. Das ist eine wichtige Gesellschaft der Scientific Community der Materialwissenschaften. Wie würden Sie die besondere Wissenskultur dieses interdisziplinären Forschungsgebiets beschreiben?

Professor Oliver Kraft: „Sofern sie überhaupt schon als eigenständige Disziplin wahrgenommen wird, steht die Materialwissenschaft im engen Kontakt mit den Ingenieurwissenschaften, vor allem mit dem Maschinenbau und der Elektrotechnik. Auf der anderen Seite bilden natur-

wissenschaftliche Disziplinen wie die Physik, Chemie und Biologie unsere Grundlage. Der Brückenschlag zwischen diesen beiden Welten hat unser Forschungsgebiet geprägt. Wenn man sich die Mitglieder der ‚Materials Research Society‘ anschaut, so kommt der überwiegende Teil ursprünglich aus einer dieser Disziplinen. Es gibt nur relativ wenige waschechte Materialwissenschaftler, die das auch einmal studiert haben. In Deutschland gibt es das Studienfach ‚Materialwissenschaft und Werkstofftechnik‘ überhaupt erst seit wenigen Jahrzehnten. Es ist möglicherweise die Kehrseite des interdisziplinären Ansatzes, dass es lange gedauert hat, bis sich das Ge-



biet in seiner Eigenständigkeit behaupten konnte. Anhand der Lehre am Standort Karlsruhe kann man das zeigen. Hier gibt es eine lange Tradition der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. In der Lehre aber waren diese immer in den verschiedenen Teildisziplinen versteckt, beispielsweise im Maschinenbau oder in der Festkörperphysik. Es gab dort überall punktuelle Lehrangebote, aber eben nicht allumfassend. Es ist uns gelungen, das zu ändern. Seit drei Jahren haben wir eigenständige Bachelor-Master-Studiengänge. Damit sollte es gelingen, dem Gebiet am KIT einen neuen Schub zu verleihen. Es heißt in Deutschland jetzt einheitlich ‚Materialwissen-

schaft und Werkstofftechnik‘ und wird als solches erstmals auch statistisch als eigenes Gebiet erfasst. Diese neue Sichtbarkeit ist wichtig.“

lookKIT: Richten wir den Blick auf die geschichtlichen Wurzeln der Materialwissenschaft. Kann man sagen, dass die Mineralogie und die Chemie des 18. Jahrhunderts die Keimzelle dessen bildeten, was wir heute als junge eigenständige Disziplin wahrnehmen?

Oliver Kraft: „Die Materialwissenschaft wurde viele Jahrhunderte als eine Art Unterdisziplin innerhalb der Physik oder der Chemie betrieben.

*Mikrozugversuche
an nanostrukturierten
Werkstoffen*

*Micro tensile tests using
nanostructured materials*



FOTO: MARKUS BREIG

Aber sie reicht sicher noch weiter zurück. Die frühesten Epochen der Menschheit, Steinzeit, Bronzezeit sind ja bezeichnenderweise nach Materialien benannt. Wenn man diese vorwissenschaftlichen Ursprünge außen vor lässt, kann



FOTO: FRAMATEC – FOTOLIA

man den eigentlichen Beginn der modernen Materialwissenschaft auf den Eintritt ins Industriezeitalter datieren. Im 19. Jahrhundert begann man sich beispielsweise systematisch mit Stahl zu beschäftigen. Man stellte sich dem Problem einer Verbesserung dieses Werkstoffs, um leistungsfähigere Maschinen zu bauen, wie etwa Lokomotiven, bei denen die Achsen nicht frühzeitig durch Ermüdung brechen. Der Beginn der ingenieurwissenschaftlichen Materialwissenschaft ging also mit der industriellen Revolution einher.“

lookKIT: Da wäre das Stichwort Metallurgie?

Oliver Kraft: „Metallurgie bedeutet Metallherstellung, aber eben auch das Verständnis des Materialverhaltens. Warum beispielsweise die Achse einer Lokomotive nach einer bestimmten Zeit bricht, obwohl sie bis dahin gehalten hat. Das Phänomen der Materialermüdung wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts untersucht, weil es für die damalige Technologieentwicklung entscheidend geworden war. Und auch im 20. Jahrhundert kann man viele Beispiele für die Bedeutung der Me-

tallurgie in der Materialwissenschaft finden. Der für die Luftfahrt so wichtige Leichtbau hat den Werkstoff Aluminium ins Zentrum des Interesses gerückt. Im Bereich der Funktionswerkstoffe waren es die Transistoren, die für die Mikroelektronik unerlässliche Silizium-Halbleitertechnologie, die durch materialwissenschaftliche Erkenntnisse regelrecht beflügelt wurde. Die Funktionsweise des Transistors war schon über 20 Jahre bekannt, seine erfolgreiche technische Umsetzung aber war erst möglich, als es durch die Fortschritte der Materialwissenschaft durchführbar wurde, diese Bauteile auch industriell zu fertigen und sie zuverlässig zu machen.“

lookKIT: Das so genannte „Forensic Engineering“ ist eine weitere Unterdisziplin der Materialwissenschaft. Welche Rolle spielt die Versagensforschung heute?

Oliver Kraft: „Es ist prinzipiell immer wichtig zu verstehen, warum etwas nicht funktioniert hat. Ich habe das Beispiel der Achsbrüche im 19. Jahrhundert angesprochen. Damals hat man gelernt, da gibt es ein Ereignis, das verstehen wir noch nicht, das müssen wir weiter untersuchen. Bei den meisten Versagensfällen heute geht es aber nicht mehr um grundlegend neue Phänomene. Da stellt sich die Frage, ob man vorhandenes Wissen auch richtig angewandt hat. Vor einigen Jahren gab es wieder einen Achsbruch bei der Deutschen Bahn. Gut 150 Jahre nach der Entdeckung des Phänomens der Materialermüdung brach eine Achse beim ICE, zum Glück ohne großen Unfall. Dieses Mal stellte sich heraus, dass die Spezifikation des Stahls nicht eingehalten worden war. Ganz sicher eine wichtige Erkenntnis, aber die Materialforschung bringt das nicht mehr weiter. Wenn wir aber jetzt immer mehr in die Nanosphäre vordringen oder die Mikroelektronik immer weiter herunterskalieren, treten ganz neue Phänomene des Materialversagens auf, die mit den etablierten Methoden eventuell nicht beschrieben werden können. Hier am Institut beschäftigen wir uns mit der Frage, ob das, was unter dem Stichwort Bruchmechanik bei makroskopischen Bauteilen



FOTO: CHUNGKING – FOTOLIA

angewendet wird, auch im Mikrometer- und Nanometerbereich Gültigkeit besitzt, oder was dort eventuell substanziell anders ist.“

lookKIT: Das Eindringen in die Nanosphäre, die Möglichkeit, dort die Dinge wahrzunehmen und auch mit ihnen umzugehen, hat der Materialwissenschaft im vergangenen Jahrzehnt ungeheure Innovationskraft verliehen. Kann man von einer Nano-Revolution in der Disziplin sprechen?

Oliver Kraft: „Der Begriff der Revolution ist zu plakativ. Was sich da in den letzten 20 Jahren abgespielt hat, gleicht sehr viel mehr einer Evolution. Sie hat dazu geführt, dass man mit mikroskopischen Methoden und Handhabungstechniken, wie beispielsweise der Rasterkraftmikroskopie und der hochauflösenden Transmissionselektronenmikroskopie, die Möglichkeit hat, Materialien im atomaren Maßstab abzubilden. Als ich vor 30 Jahren mein Studium begonnen habe, wiesen uns unsere Professoren darauf hin, dass schließlich noch niemand ein Atom wirklich gesehen habe. Kurze Zeit danach, in den 80er-Jahren, hat sich das entscheidend geändert und man konnte die Atome quasi beim Hüpfen beobachten. Diese allmähliche Verbesserung der Darstellungstechnologien ist aber eine evolutionäre Entwicklung gewesen. Schließlich hat sie dazu geführt, dass man auf der Nanometerskala Dinge sehen, handhaben und damit eben auch gestalten kann.“

lookKIT: Würden Sie die Möglichkeit, die Kohäsionskräfte etwa auf der atomaren Ebene tatsächlich beobachten zu können, als den grundlagenorientierten Ansatz der sonst stark anwendungsorientierten Materialwissenschaft beschreiben?

Oliver Kraft: „Es gibt sehr viel mehr grundlagenorientierte Aspekte in unserer Disziplin. Ich würde das nicht allein auf die Mechanik beziehen. Tatsächlich gibt es diesen Effekt, dass man bei Nanostrukturen sehr viel Oberfläche im Vergleich zum Volumen hat. Das ist ein einfacher Skalierungseffekt. Beim Nanopartikel sitzt die Mehrzahl der Atome an der Oberfläche und nur wenige im Kristall. Wenn ich mich dagegen auf der Makroebene bewege, befinden sich fast alle im Kristall. In der Nanowelt führt das dazu, dass beispielsweise Adhäsions- und Kohäsionskräfte eine größere Rolle spielen. Aber auch die magnetischen und elektrischen Eigenschaften ändern sich durch die Skalierung. Wenn ich Nanopartikel in einen Elektrolyt einbringe und die Oberflächenladung verändere, lassen sich die elektrischen Eigenschaften dieses Partikels steuern und ganz neue Effekte auslösen. Prinzipiell tritt das gleiche Phänomen auch in der Makrowelt auf, aber dort spielt es keine Rolle, weil nur sehr wenige Atome an der Oberfläche sitzen. Es ist grundlegend für viele der Anwendungen von Nanostrukturen, dass man dieses Mehr an Oberfläche ausnutzt.“

lookKIT: Die Entwicklung der Halbleiterlaser und LEDs ist eine der großen Erfolgsgeschichten der modernen Materialwissenschaft. Wo würden Sie heute die wichtigsten anwendungsbezogenen Forschungsfronten verorten? Das reicht ja von den Composite-Werkstoffen über die Batterieforschung bis zu den Kohlenstoffnanoröhren.

Oliver Kraft: „Auch in unserer Disziplin gibt es Moden, die kommen und gehen und dann manchmal auch wiederkommen. Insbesondere in Deutschland beschäftigt man sich gegenwärtig intensiv mit Hochtemperaturwerkstoffen. Den Hintergrund bilden die Bemühungen um die Reduktion von CO₂-Emissionen. Damit sind Verbrennungsvorgänge aller Art in den Fokus gerückt. Ende der 90er-Jahre spielte das Thema Energie keine große Rolle, damals drehte sich alles um die Informationstechnologien. Mittlerweile hat alles Priorität, was mit nachhaltiger Energiegewinnung und Energieeinsparung zu tun hat. Damit sind auch mechanisch beanspruchte Bauteile wieder im Zentrum des Interesses. Es gibt Vorhersagen, dass sich der Flugverkehr bis 2030 noch einmal verdoppeln wird. Gleichzeitig sollen weltweit die Emissionen reduziert werden. Das geht nur mit ganz neuen Materialien. Flugzeuge müssen leichter, Turbinen müssen effizienter werden. In erster Linie nicht durch Konstruktionsänderungen, sondern durch neue Werkstoffe, die stärker belastet werden können. Leichtbau- und Hochtemperatur-

Für höchste Ansprüche in der Materialtechnik

In der Entwicklung und Fertigung modernster, technisch ausgereifter Anlagen für die Metallforschung kennen wir uns bestens aus.

Mit unserer Erfahrung und Kompetenz entwickeln wir in enger Zusammenarbeit mit Ihnen individuelle Lösungen für unterschiedlichste Anwendungen.

- Arc Melting
- Glühen
- XRD-Hochtemperaturkammern
- Vakuum-/Druckguss
- Splat Quenching
- Melt Spinning
- Induction Melting



Edmund Bühler GmbH
Am Ettenbach 6
72379 Hechingen

Tel.: 07471 / 98 64-0
Fax: 07471 / 98 64-75

info@edmund-buehler.de
www.edmund-buehler.de



Custom Tailor of Materials

The Long Way from the Idea to Application

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

The Head of the Institute for Applied Materials – Materials and Biomechanics (IAM-WBM) and President of the Materials Research Society, Professor Oliver Kraft, recounts the long history of materials science. From its very beginning, it was closely associated with the development of human civilizations. The industrial revolution marked the start of scientific investigation of materials for use in mechanical engineering. First studies focused on metallurgy and failure research. Current research covers chemical as well as physical aspects and is interdisciplinary in nature. Recently, a separate education program of "materials science and technology" was established. Thanks to the progress in microscopic methods, materials science has entered the nanosphere. Mechanical, magnetic, and electric surface effects of nanoparticles are the basis of applications in microelectronics, the development of lightweight and high-temperature materials, and new battery technologies. In the opinion of Professor Kraft, the success of the transformation of the energy system will directly depend on progress in materials science and technology. Industrial production technologies and economic aspects often play an important role in this highly application-oriented research discipline. Long development cycles therefore are the rule. ■

Contact: oliver.kraft@kit.edu

werkstoffe sind deshalb ein sehr lebendiges Forschungsfeld der Materialwissenschaft. In den Zusammenhang der energetischen Wende gehören auch die Fotovoltaik und die Energieeinsparung durch LEDs. In diesen Feldern gibt es zum Teil schon Materiallösungen. Diese sind aber noch zu teuer. Da sind wir beim ökonomischen Aspekt der Anwendungsproblematik. Wie kann man diese neuen Materialien so kostengünstig und effizient fertigen, dass es sich wirklich lohnt, sie auch einzusetzen."

lookKIT: Sie haben schon auf die Bedeutung der Materialwissenschaft in Bezug auf die Kommunikationstechnologien hingewiesen. Da gab es 2008 diese „International Technology Roadmap“ für Halbleiter. Welche Rolle spielt die Materialwissenschaft im Feld der IT-Technologie heute?

Oliver Kraft: „Die Entwicklung des Flash-Memory-Prinzips beispielsweise, von kompakten völlig neuen Speichermedien, von schnelleren Prozessoren, all das wurde überhaupt erst durch neue Materialien und neue Herstellungsprozesse möglich. Da sind Materialwissenschaftler immer wieder an vorderster Front beteiligt gewe-

sen. Auf der anderen Seite ist man mit einer Reihe von Technologien bereits an die Grenzen des Machbaren gestoßen. Es wird immer schwieriger das Mooresche Gesetz einzuhalten, also immer kleiner, immer effizienter für mehr oder weniger den gleichen Preis. Ich denke, da sind letztlich Lösungen gefragt, die über die material- und fertigungsbezogene Dimension hinausgehen.“

lookKIT: Wie immer man ihre Grenzen im Einzelnen beschreibt, die Materialwissenschaft steht am Anfang der Wertschöpfungskette und ist damit eine Disziplin, die ein erhebliches ökonomisches Potenzial besitzt. Wie steht es mit dem Standort Deutschland? Es gibt Berichte, dass mehr als 60 Prozent der Veröffentlichungen in diesem Bereich inzwischen aus China kommen.

Oliver Kraft: „Diesen Prozentsatz würde ich in Frage stellen. Da müsste man genau wissen, welche Publikationen hinzugerechnet werden. Will man das realistisch einschätzen, müssen die Forschungsanstrengungen der Industrie mitberücksichtigt werden. Nahezu alle großen deutschen Vorzeigeunternehmen betreiben eigene

materialwissenschaftliche Forschung. Nehmen wir beispielsweise den Automobilhersteller BMW. Bei den Modellreihen i3 und i8 ist unglaublich viel von den Materialentwicklungen eingeflossen beziehungsweise aufgegriffen worden, die es in den letzten 20 Jahren gab. Das Ziel war, sehr leichte Autos herzustellen oder die Leistungsfähigkeit der Batterien bei der E-Mobilität zu verbessern. In einer Firma wie Bosch in ihrer Rolle als Automobilzulieferer wird permanent die Frage gestellt, wo können wir für unsere Pro-

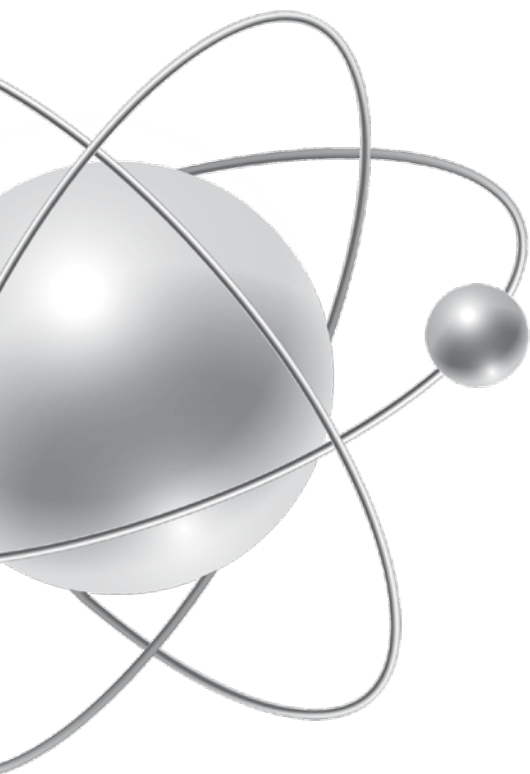


FOTO: MARKUS BREIG

dukte bessere, leistungsfähigere Materialien finden, wie können wir sie entwickeln, was gibt es schon, was ist in der Literatur beschrieben, wie können wir das umsetzen. Beispielsweise Rußpartikelfilter und die Sensorik dafür. Das sind hoch beanspruchte Bauteile im Abgasstrang. Das ist alles andere als trivial, wie man das macht.“

lookKIT: Was fasziniert Sie ganz persönlich an der Disziplin der Materialwissenschaft? Ist es die starke Anwendungsorientierung, ist es die betonte Interdisziplinarität?

Oliver Kraft: „Es ist dieser Brückenschlag von den Naturwissenschaften hin zur Anwendung. Mein Anspruch als Materialwissenschaftler ist, nicht nur zu messen, sondern immer auch zu verstehen, warum bestimmte Materialeigenschaften so sind wie sie sind. Da ist zuerst der naturwissenschaftliche Ansatz. Aber damit begnügt man sich nicht, sondern stellt sich dem Problem, wie man einen Werkstoff in einer Anwendung nutzbar machen kann. Mit der Expertise an unserem Institut haben wir uns mit völlig unterschiedlichen Materialien und Anwendungen beschäftigt: Materialien für hochbeanspruchte Konstruktionen im Kraftwerksbereich, für Komponenten in der Sensorik, für den Leichtbau bis hin zu Dübeln im Betonbau, um nur ein paar zu nennen. Das ist sehr spannend. Wir lernen auf diese Weise auch immer wieder neue Branchen und Industrien kennen.“



lookKIT: In der Bezeichnung Ihres Instituts taucht auch der Verweis auf die Natur als Vorbild für die Entwicklungen neuer Materialien auf. Wie groß ist denn tatsächlich die bionische Dimension?

Oliver Kraft: „Das ist ein Aspekt, der gelegentlich zu sehr gehypt wird. Auf der einen Seite hilft die Bionik, grundlegende Zusammenhänge zu verstehen. Der Bezug zur Natur ist auch geeignet, einer breiteren Öffentlichkeit diese technischen Phänomene besser zu erklären. Aber es kann letztlich nur darum gehen, in der Natur bestimmte Grundprinzipien zu erkennen, um sie dann in einen technologischen Werkstoff übertragen zu können. Aber man baut einen Hubschrauber nicht wie eine Libelle. Das wäre für mich Pseudobionik. Wir haben eine Reihe von Beispielen, die Oberfläche des Lotusblattes oder den Geckofuß, wo man erfolgreich das Grundprinzip der Natur technisch nutzbar gemacht hat. Wir machen das im Bereich der Mechanik. Da gibt es eine lange Tradition hier am Institut und wir versuchen das jetzt auch auf die Mikro-Nano-Ebene zu übertragen. Wir schauen uns den inneren Aufbau von biologischen Strukturen an und überlegen uns, wie man das technologisch nutzbar machen kann.“

lookKIT: Und dann gerade durch den Einsatz der Nanotechnologie dieses Gefühl, die Natur neu zu erfinden, maßgeschneidert Materialien zu erschaffen, die es zuvor noch nicht gab? Das ist ja fast eine Art Schöpfungsakt.

Oliver Kraft: „Allerdings ein Schöpfungsakt, der etwas länger als nur sieben Tage dauert! Das Maßschneiden von Materialeigenschaften war schon immer der Ausgangspunkt der Disziplin, der Heilige Gral. Aber wenn man zurückschaut und eine Reihe gängiger Anwendungen Revue passieren lässt, muss man ernüchtert feststellen, dass das doch eher selten nach diesem Muster gelaufen ist. Als ich beispielsweise vor 25 Jahren mit meiner Promotion angefangen habe, war ein Werkstoff aus Titan und Aluminium in der metallischen Verbindung als Titanaluminid ein heißes Forschungsthema. Da haben sehr viele daran gearbeitet. Aber erst 20 Jahre später konnte dieser Werkstoff tatsächlich in Flugzeugtriebwerken verwendet werden. Das liegt an den notwendigerweise hohen Sicherheitsansprüchen im Bereich der Luftfahrt. Das dauert seine Zeit. Die Konse-

quenz ist, dass es nicht die gleichen Forscher sind, die damit irgendwann einmal angefangen haben und es dann bis zur fertigen Flugzeugturbine weiterentwickeln. Wenn sich ein gewisses Grundverständnis entwickelt hat, wie so ein Werkstoff funktioniert, kommen andere und nehmen das auf, um es umzusetzen. Beides muss zusammenkommen, damit ein Werkstoff tatsächlich zur Anwendung kommt. Das ähnelt einem Stafettenlauf, an dem in der Regel mehrere Generationen von Wissenschaftlern beteiligt sind. Die Leichtbaumaterialien im Fahrzeug- oder im Flugzeugbau sind ein weiteres Beispiel. Daran wird seit vielen Jahren gearbeitet. Erst wenn sich genügend Wissen angesammelt hat, entsteht eine kritische Masse, die das zuverlässige Funktionieren, die Möglichkeit der industriellen Verarbeitung und die ökonomische Machbarkeit ermöglicht. Viele Dinge müssen zusammenkommen. Der Werkstoff ist nur ein Teil. Konstruktion, Design, Fertigung müssen ebenfalls abgestimmt werden. Man kann nicht sagen, ich nehme einen neuen Werkstoff und alles andere bleibt gleich. Das macht den Innovationsprozess natürlich relativ langsam, trotzdem oder gerade deshalb ist die Materialentwicklung für viele Bereiche der Taktgeber des Fortschritts.“ ■

Kontakt: oliver.kraft@kit.edu

Architecture in the Nanosphere

The Institute for Applied Materials Develops the Basis of a Microstructured Lightweight Material of the Highest Strength

BY DR. STEFAN FUCHS // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Jens Bauer, Doktorand im Bereich der Werkstoffmechanik am Institut für Angewandte Materialien – Werkstoff- und Biomechanik (IAM-WBM), experimentiert mit Fachwerk- und Wabenstrukturen

Jens Bauer, doctoral student of materials mechanics of the Institute for Applied Materials – Materials and Biomechanics (IAM-WBM) studies lattice and honeycomb structures

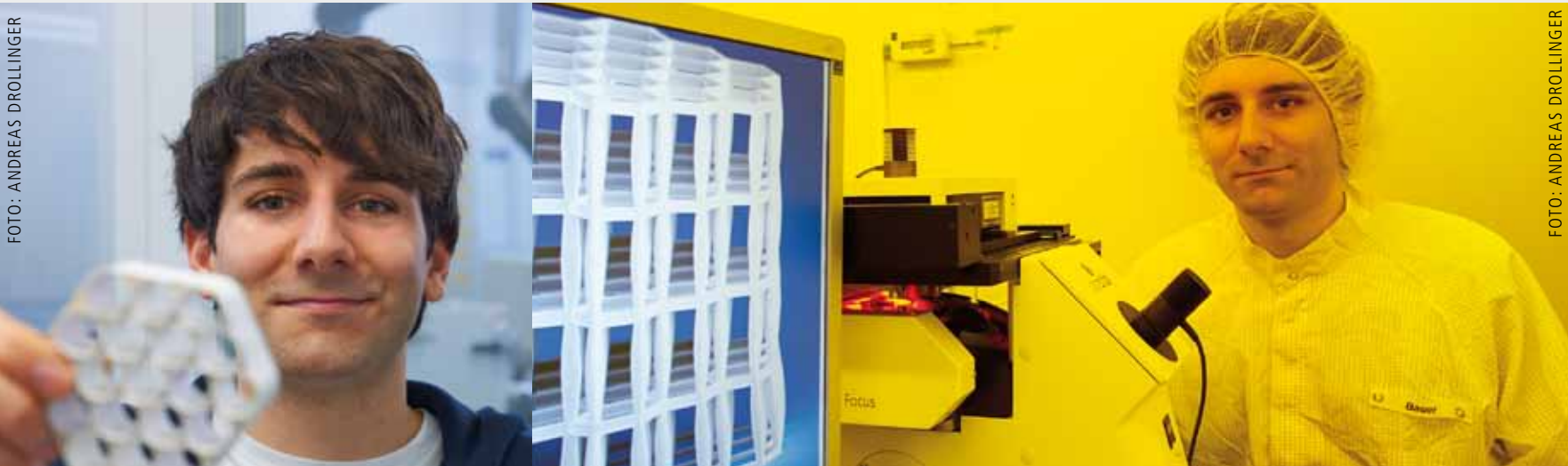


FOTO: ANDREAS DROLLINGER

FOTO: ANDREAS DROLLINGER

Auf die Wabe kommt es an: Jens Bauer imitiert die Natur

It is the honeycomb that matters: Jens Bauer imitates nature

It is the dream of every engineer to develop the perfect material for all conceivable applications, a material of both low weight and high loadability. This appears to be a rather exotic material in a world in which strength has been associated with weight since time immemorial. Jens Bauer, doctoral student of materials mechanics, is determined to overcome this big obstacle in materials science. Water, with a density of 1 kg/l, is the material that defines a type of border. There is no solid which is lighter than water. All lighter materials are of cellular nature, i.e. solids containing pores. A known problem of these cellular materials, such as metal foams or metal fiber structures, is the relative randomness of how the air-filled cavities are formed in the material, the randomness of their geometry.

Jens Bauer first approached this problem from the bionic perspective. When having a closer look at natural cellular materials, they exhibit highly regular structures. Wood or bones, for example, possess a pronounced architecture and a complex hierarchy. By means of modern

Architektur in der Nanosphäre

Materialwissenschaftler am KIT entwickeln Grundlagen für ein mikrostrukturiertes Leichtbaumaterials mit höchster Festigkeit

Das Konzept eines neuartigen Leichtbaumaterial am Institut für Angewandte Materialien beruht auf der Kombination von zwei sich ergänzenden Prinzipien. In Anlehnung an zelluläre Materialien aus der Natur, wie etwa Holz oder Knochen, in denen die eingeschlossenen Hohlräume eine genau definierte Struktur besitzen, überträgt der Wissenschaftler Jens Bauer, Doktorand im Bereich der Werkstoffmechanik am Institut für Angewandte Materialien – Werkstoff- und Biomechanik (IAM-WBM), konstruktive Prinzipien wie Waben oder Fachwerk auf die Partikel, aus denen sich der neue Werkstoff zusammensetzt. Zugleich werden diese bis auf die Nanoebene herunterskaliert. Dadurch setzt die Wirkung des mechanischen Größeneffektes ein, der die Festigkeit eines Werkstoffs fast bis zum Grenzwert seiner theoretischen Festigkeit erhöhen kann, die jeweils durch die Bindungskraft seiner Atome bestimmt wird. Möglich wird das durch die Anwendung der Laser-Technologie des dreidimensionalen Drucks im Nanobereich. Das so entstehende Material ist halb so schwer wie Wasser und besitzt gleichzeitig eine hohe Belastbarkeit. Erste Anwendungen sind im Bereich der Optik und Mikroelektronik vorstellbar. ■

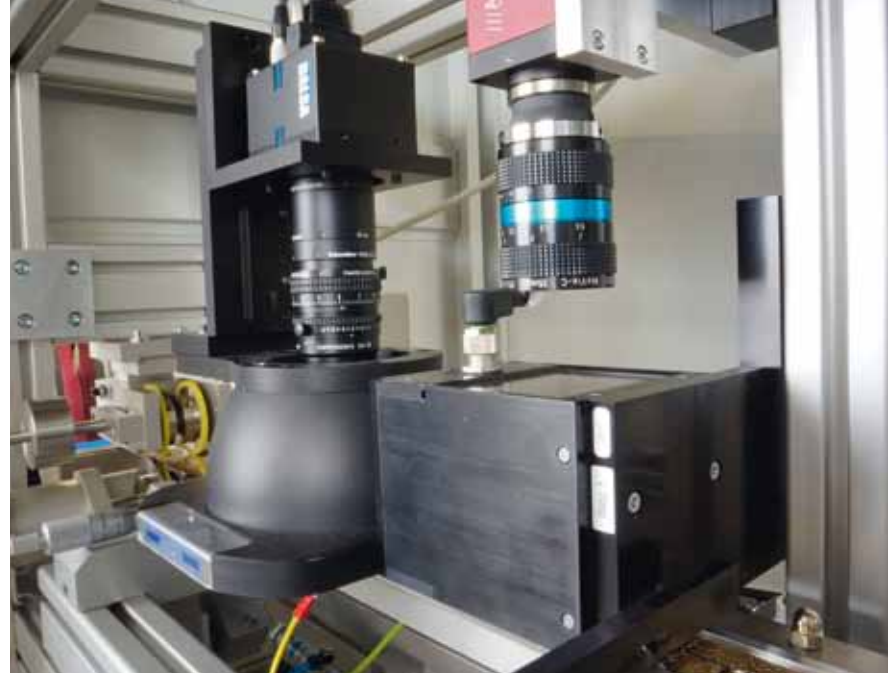
Kontakt: jens.bauer@kit.edu

3D printing, these construction principles of architecture and nature can be applied for structuring the cells of a cellular material. Jens Bauer uses lattice and honeycomb structures depending on whether the future material is to be isotropic – that is, to have the same loadability on all sides – or whether a main stress path prevails and, hence, an anisotropic construction is better suited. With the help of 3D laser lithography, the different structures can be applied to a photopolymer. Then, thin ceramic layers are deposited on the building blocks of the laser-cured polymers.

Only in combination with extreme miniaturization, however, do these regularly constructed ceramic cells become the construction elements of the future material of our dreams. When scaling their microarchitecture down to the nanoscale, it is possible to profit from the mechanical size effect. Every material has small defects, which will act as predetermined breaking points under loading. The sizes of these cracks and pores are always limited by the dimensions of the object in which they are located. In other words, if the object is as small as its molecules, its stability is limited by the binding force of its atoms only. Although this strength is of rather theoretical nature, miniaturization down to the nanometer range may well result in an exponential increase in loadability. Jens Bauer's microarchitecture works with bars of less than 1 μm in diameter. The ceramic coatings that are applied can be 10 to 100 nm thick. The result is amazing. The weight/density ratio of the small cubes is far superior to high-performance steel.

It is still a far way to go from the nanosphere to the macroworld. "When looking at the samples, you can see nothing but dust," Jens Bauer smiles. Within a foreseeable period of time, it might be possible to produce a cube with an edge length of 1 mm from this material of our dreams. Then, optical or microelectronic components might be produced. "It will take several decades until we will be able to manufacture workpieces for vehicle construction," the young researcher says. "If this will happen during my life, all the better. If not, I will be satisfied with working on the basis of such materials." ■

Contact: jens.bauer@kit.edu



VIDEOcheck VVC 610 mit »trevista« Oberflächenprüfung

Die Stanzteilprüfzelle **VIDEOcheck VVC 610** ist ein universelles und autarkes Video-Mess-System zur Prüfung und 100 %-Kontrolle von endlos-produzierten Teilen. Das System findet überwiegend Anwendung in „Endlos“-Produktionslinien wie z. B. in Stanzlinien, Laminatlinien, Spritzgusslinien und bei Umspulvorgängen.

Dem Anwender stehen vielfältige Möglichkeiten für die Prüfung seiner Produkte zur Verfügung – über die klassische Maßkontrolle an relevanten Bereichen bis zur kompletten Konturprüfung. In der aktuellen Version kann die Stanzteilprüfzelle **VVC 610** optional auch mit der patentierten Oberflächeninspektion »trevista« zur schnellen, zuverlässigen und eindeutigen Erkennung von Oberflächendefekten und Verschmutzungen bis in den μm -Bereich bestückt werden.

Damit erweitert **VESTER Elektronik** sein Anwendungsspektrum auf Basis bewährter Systemtechnik.



Vester Elektronik GmbH
Otto-Hahn-Straße 14
75334 Straubenhardt | Germany
Tel. +49 (0) 70 82 / 94 93 - 0
Fax +49 (0) 70 82 / 94 93 - 22
info@vester.de
www.vester.de

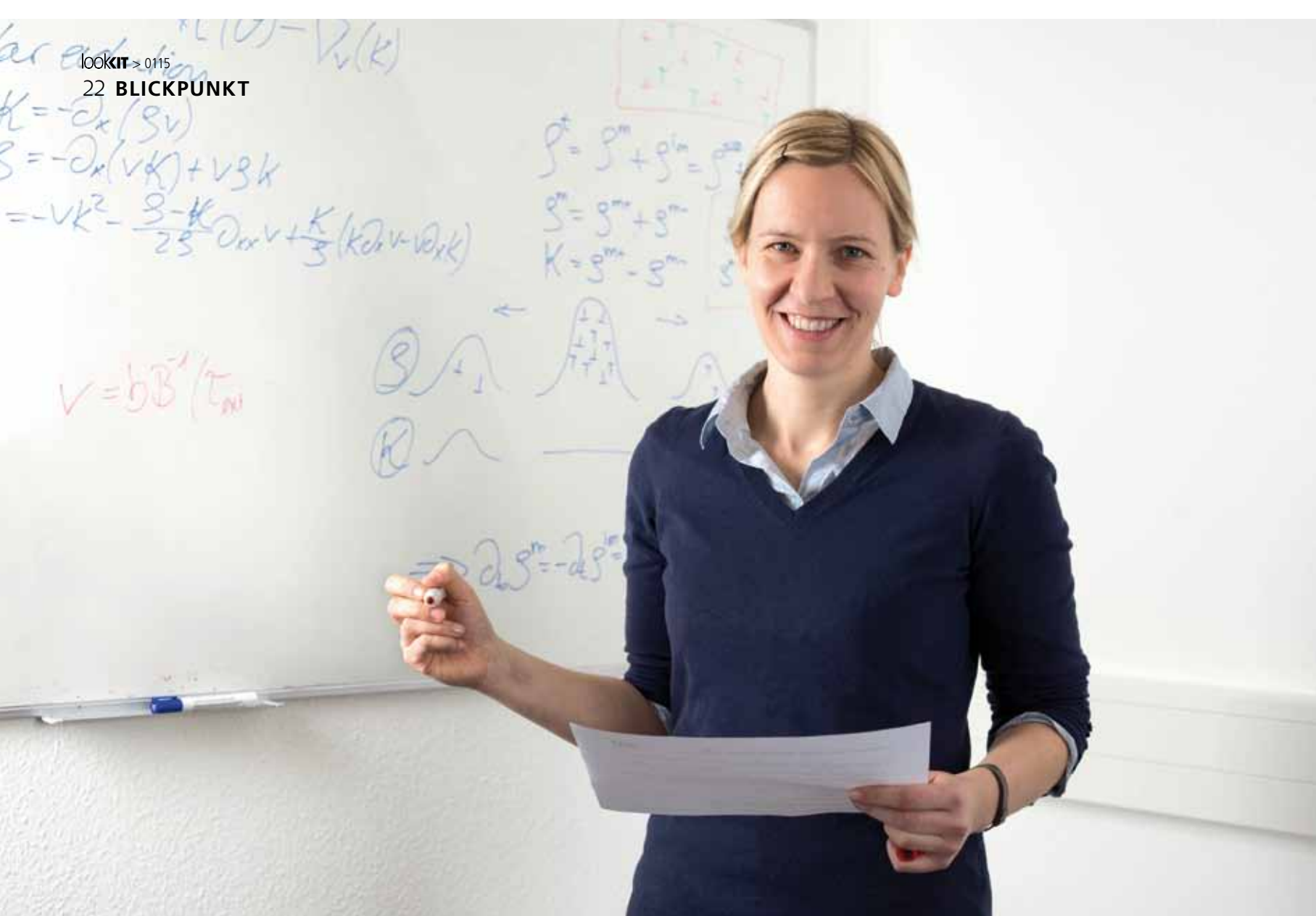


**Sensor-Katalog
gratis anfordern!**



Control Stuttgart
5. – 8. Mai 2015
Halle 1, Stand 1518

■ Sensoren ■ Prüfautomation
■ Stanzwerkzeug- und Prozessüberwachungssysteme



Verformungen

Materialwissenschaftler setzen ein neuartiges Modell ein, um plastisches Verformungsverhalten von metallischen Werkstoffen auf der Mikroskala abzubilden

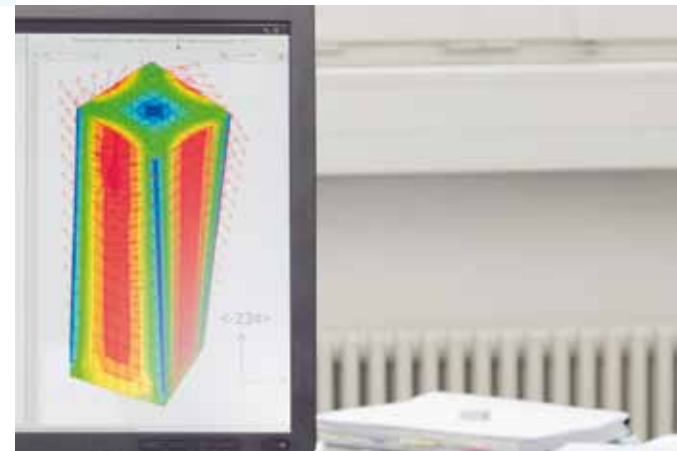
VON DR. SIBYLLE ORGELDINGER // FOTOS: TANJA MEISSNER



verlässlich vorhersagen

Wie und unter welchen Bedingungen sich eine Struktur verformt, ist eines der wichtigsten Kriterien, wenn es darum geht, neue Werkstoffe zu entwickeln oder Bauteile auszulegen. Ein Körper kann sich unter Belastung elastisch oder plastisch verformen. Während die elastische Verformung reversibel ist, das heißt die Struktur nach Entlastung ihre ursprüngliche Form wieder annimmt, bleibt die plastische

Verformung auch nach Entlastung bestehen. KIT-Materialwissenschaftler am Lehrstuhl Werkstoffmechanik von Professor Peter Gumbsch setzen spezielle computergestützte Modelle ein, um das Verformungsverhalten von Werkstoffen und Bauteilen vorherzusagen. „Bei der Auslegung von Bauteilen und der Bewertung von Mikrostrukturen kommt es darauf an, den Spannungszustand im Material genau zu ken-



nen, da dieser zum Versagen der Struktur führen kann“, sagt Dr. Katrin Schulz, Leiterin der KIT Young Investigator Group (YIG) „Kontinuumsformulierung versetzungsbasierter Kristallplastizität“. Die Nachwuchsgruppe befasst sich mit der Modellierung plastischer Vorgänge in metallischen Werkstoffen auf der Mikroskala.

Metalle sind fest und lassen sich gut verformen. Aufgebaut sind sie aus Atomen, die regelmäßig angeordnet sind und somit ein Kristallgitter bilden. Plastisch verformbar werden Metalle allerdings erst durch bestimmte Kristallbaufehler, sogenannte Versetzungen. Diese lassen sich durch den Werkstoff bewegen, bis

Dr. Katrin Schulz ist Teil des Young Investigator Network (YIN) des KIT und beschäftigt sich mit dem Verformungsverhalten von Werkstoffen und Bauteilen

Dr. Katrin Schulz is member of KIT's Young Investigator Network (YIN) and studies the deformation behavior of materials and components



Reliable Prognosis of Deformation

Materials Researchers Use Novel Model to Reproduce Plastic Deformation Behavior of Metallic Materials on the Microscale

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Materials researchers at KIT have created a novel model to reproduce plastic deformation behavior of metallic materials on the microscale. As component size decreases, the properties of metals, including their deformation, change. Metals become plastically deformable because of defects, called dislocations, in their crystal structure. Scientists in the research unit “Dislocation Based Plasticity,” funded by the German Research Foundation (DFG research unit 1650), have developed a novel continuum theory based on dislocation density. Called “Continuum Dislocation Dynamics” (CDD), it integrates important information about discrete dislocations into a continuum theory and, thus, combines high accuracy with efficiency. Professor Peter Gumbsch is the spokesperson of the research unit.

In connection with this research unit, the Young Investigator Group (YIG) “Continuum Formulation of Dislocation-based Crystal Plasticity” headed by Dr. Katrin Schulz focuses on interactions of dislocations, dislocation sources, and annihilation of dislocations, interaction of dislocations with grain boundaries, and reactions of intersecting dislocations. By simulating microstructures with CDD and comparing the results with those of other models and experiments, the researchers hope to obtain new findings about potential mechanisms of plastic deformation. ■

Contact: katrin.schulz@kit.edu

eine bestimmte Form erreicht ist. Treibende Kraft ist dabei der lokale Spannungszustand, der für eine einzelne Versetzung zum einen von der äußeren Belastung, zum anderen von den Spannungsfeldern anderer Versetzungen abhängt. Darüber hinaus können auch Korngrenzen, Einschlüsse und andere Erscheinungen die Bewegung von Versetzungen behindern.

Viele Materialien weisen im Mikrometerbereich unerwartete aber nützliche Eigenschaften auf. Zum Beispiel zeigen Dünnschichtstrukturen besonders hohe Festigkeiten und Dauerhaftigkeit. Seit einigen Jahren ist es möglich, auf spezielle Anwendungen maßgeschneiderte, klar definierte metallische Mikrostrukturen herzustellen. Zudem werden Metalle zunehmend in miniaturisierten Komponenten und Systemen eingesetzt, die sich wiederum anders verhalten als größere Einheiten. „Wir benötigen daher ein Modell, das imstande ist, größenabhängige Deformationseigenschaften abzubilden und das plastische Verformungsverhalten von Materialien auf der Mikroskala vorherzusagen“, erklärt Katrin Schulz.

Traditionell setzen Ingenieure zur Modellierung der Plastizität sogenannte Kontinuums-theorien ein. Diese lassen den mikroskopischen Aufbau eines Materials, etwa die Kristallstruktur eines Metalls, außer Acht und betrachten es als ein Kontinuum. Klassische Kontinuumsmodelle können makroskopisch beob-

achtbare Größen, nicht aber größenabhängige Verformungsaspekte im Mikrometer- und Submikrometerbereich abbilden. Detaillierte Informationen über die Versetzungsbewegung liefern sogenannte diskrete oder atomistische Modelle. Diese hochauflösenden Methoden erfordern allerdings einen sehr hohen Rechen- und Zeitaufwand.

In der Forschergruppe „Dislocation based Plasticity“, gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG-Forschergruppe 1650), der Professor Peter Gumbsch als Sprecher vorsteht, haben Wissenschaftler eine neuartige auf Versetzungsdichte basierende Kontinuums-theorie entwickelt: „Continuum Dislocation Dynamics“ (CDD) integriert wichtige Informationen über diskrete Versetzungen in eine Kontinuums-theorie und verbindet damit hohe Genauigkeit mit Effizienz. In Verbindung mit dieser Forschergruppe befasst sich die YIG von Dr. Katrin Schulz mit Wechselwirkungen zwischen Versetzungen, Versetzungsquellen und Aufhebung von Versetzungen, Interaktion von Versetzungen mit Korngrenzen und Reaktionen sich schneidender Versetzungen. Indem sie Mikrostrukturen mit CDD simulieren und die Ergebnisse mit denen anderer Modelle sowie mit Experimenten vergleichen, hoffen die Forscher, neue Erkenntnisse über mögliche Mechanismen plastischer Verformung zu erhalten. ■

Kontakt: katrin.schulz@kit.edu

Kompetenz | Recht



Kompetenz | Wissenschaft



Kompetenz | Medizin



Kompetenz | IT



* Karlsruhe ist das Zentrum einer der dynamischsten Wirtschafts-, Wissenschafts- und Forschungsregionen Europas. Hier sind große Unternehmen und starke Marken zu Hause wie EnBW, 1&1 und dm-drogerie markt. Hier boomen die Zukunftsbranchen IT, Energie und Mobilität. Hier sind das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), drei Fraunhofer-Institute, das Max Rubner-Institut, das Bundesverfassungsgericht und der Bundesgerichtshof zu Hause. Hier finden Sie die Karlsruher Messe- und Kongress-GmbH. Die richtige Adresse für Ihren Kongress.



IDEEN VERBINDEN.
Karlsruhe –
Messen und Kongresse



Harte Arbeiter am **Strommast**

Wissenschaftler am KIT entlocken dem Porzellan der Hochspannungsisolatoren seine Geheimnisse

VON HEIKE MARBURGER // FOTOS: ANDREA FABRY



*Rafael Mrozek,
Doktorand, arbeitet
an einem Messplatz
zur Bestimmung
weichmagnetischer
Eigenschaften*

*Rafael Mrozek,
doctoral student,
works at a station
to measure soft
magnetic properties*



*Pascal Hettich schreibt
seine Masterarbeit
zum Projekt. Er sortiert
Proben (Bruchstücke)
nach den mecha-
nischen Tests*

*Pascal Hettich writes
his master's thesis
about the project.
He sorts specimens
(fragments) after the
mechanical tests*



*Dr. Günter Schell
beim Einbau einer
Probe zur Festig-
keitsbestimmung*

*Dr. Günter Schell
fixes a specimen
for strength
measurement*



*Dr. Claudia
Bucharsky bei der
fraktographischen
Nachuntersuchung
an den Bruch-
flächen der getes-
teten Proben*

*Dr. Claudia
Bucharsky
post-examines the
fracture surfaces
of the tested
specimens*

Der Name Porzellan kommt von „porcella“ – einer porzellanähnlichen Muschel. Als Seefahrer im 14. Jahrhundert das erste chinesische Porzellan nach Europa brachten, dachte man es sei aus Muscheln gefertigt. Erst 1710 wurde die erste europäische Porzellanmanufaktur im sächsischen Meißen gegründet. Das Rezept für das „Weiße Gold“ bestand hauptsächlich aus weißer Erde, dem Kaolin, und war lange ein Luxus für die Häuser der Reichen. Heutzutage kommt dem alten und edlen Werkstoff eine bodenständigere Anwendung zu. Denn er zeichnet sich nicht nur durch Schönheit, sondern durch hohe mechanische Belastbarkeit und geringe elektrische Leitfähigkeit aus. Porzellan-Hochspannungsisolatoren sind wegen dieser Eigenschaften auf über 145 000 Freileitungstrommasten in Deutschland zu finden. Dort leistet das Porzellan harte Arbeit: Meist über 40 Jahre hängen die Kappen- oder Langstabisolatoren bei Wind und Wetter am Mast, tragen die Leiterseile oder halten sie auf Zug.

Die Frage, wie sich das Material unter diesen Belastungen verhält, ist derzeit Inhalt eines Projekts am KIT. Am Institut für Angewandte Materialien – Keramische Werkstoffe und Technologien (IAM-KWP) untersuchen Wissenschaftler, welche Alterungsmechanismen das Bauteil bestimmen und welche Umstände daran beteiligt sind. Gestartet ist das Projekt LeKI (Lebensdaueranalyse keramischer Isolatoren) im September 2014 mit Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Rahmen der Initiative „Zukunftsfähige Stromnetze“. Beteiligt sind der Isolatorenhersteller LAPP Insulators, der Netztechnologe SAG sowie die Netzbetreiber Amprion, 50Hertz Transmission und TenneT TSO. Gemeinsam möchte man ein Verständnis dafür entwickeln, wie der Bestand der über zwei Millionen Isolatoren optimiert werden kann. Ziel ist es, eine möglichst genaue Vorhersage zur Anpassung der Wartungs- und Austauschintervalle der Isolatoren zu erstellen.

Der Materialwissenschaftler Dr. Günter Schell leitet das Projekt am KIT. Er stellt fest, dass über das Alterungsverhalten des Materials auf wissenschaftlicher Basis bisher wenig bekannt ist – obwohl es sich gerade bei Porzellan um einen sehr alten Werkstoff handelt. „Bisher ging man deshalb beim Austausch der keramischen Isolatoren nach Erfahrung. Wenn die Leiterseile an den Strommasten defekt waren, dann wurde die Keramik ebenso getauscht. Technisch ist das nicht notwendig, diese Bemessung ist eher zu konservativ.“ Die Idee des Projekts bestehe nun darin, ein Lebenszeitmodell zur besseren Bemessung der Einsatzdauer von Langstabisolatoren zu erstellen, erklärt Schell. Dazu analysieren die Wissenschaftler zum einen gebrauchte Isolatoren, die die Projektpartner regelmäßig zur Verfügung stellen und zum anderen messen sie die Kräfte und Bedingungen in der klimatischen Umgebung der Bauteile. „Wir staten Isolatoren, die in



Prüfstände zur Untersuchung des unterkritischen Risswachstums an Porzellan-Proben

Test rigs to study subcritical crack growth of porcelain specimens

ganz Deutschland hängen, mit Kraft- und Temperatursonden aus, um im Zeitraum von einem Jahr zu erfahren, was kommt belastungstechnisch auf die Bauteile zu. Denn da hängt nicht nur ein Seil dran, da weht der Wind, es regnet oder noch schlimmer, im Winter kommt die Eislast hinzu.“

Parallel dazu untersuchen die Wissenschaftler im Labor das unterkritische Risswachstum des Materials. Sie möchten bestimmen, welche Zeiten und Lasten für die Haltbarkeit relevant sind. Als Ausgangslage nutzen die KIT-Forscher dazu modernes Wissen um die Bruchmechanik und ihre Werte aus den Feldversuchen. „Unser Part ist es, mittels bruchmechanischer Methoden die Ausbreitung von Rissen aus unvermeidlichen Anfangsdefekten im Material zu untersuchen. Porzellan bricht ja sehr spontan, innerhalb von Sekunden mit einem Knall. Das ist bei Keramiken anders als bei Metallen, wo man doch meist durch eine plastische Verformung vor dem Bruch gewarnt wird.“ Die prinzipiellen Gesetzmäßigkeiten dieses unterkritischen Risswach-

*Foto unten: Eine Probe wird eingebaut, an der eine Lötverbindung getestet wird
Foto rechts: Darstellung des Verbundprojekts*

*Below: A specimen is installed to test a soldered connection
Right: Joint project scheme*



Hard Workers on the Transmission Tower

KIT Scientists Disclose Secrets of Porcelain High-voltage Insulators

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Porcelain high-voltage insulators can be found on more than 145,000 transmission towers in Germany, where they do hard work. For often more than 40 years, the cap or pin insulators are exposed to sometimes extreme weather conditions while carrying the rope conductors and keeping them tensioned.

The behavior of porcelain under these loads is now the subject of a KIT project. At the Institute for Applied Materials (IAM), scientists study which aging mechanisms influence the component under which conditions. The LeKI (lifetime analysis of ceramic insulators) project started in September 2014. It is funded by the Federal Ministry of Education and Research under the initiative “Viable Power Grids.” Among the project partners are a manufacturer of insulators, Lapp Insulators, the grid technology company SAG, and the grid operators Amprion, 50Hertz Transmission, and TenneT TSO. The collaboration is aimed at understanding how the performance of more than two million existing insulators can be optimized and at adapting the maintenance and exchange intervals of the insulators based on a highly accurate prognosis.

The project is headed by materials researcher Dr. Günter Schell. He emphasizes that little is known scientifically about the aging behavior of porcelain despite the fact that it is a very old material. Hence, the idea for the project is to generate a lifetime model that can provide a better prognosis for the service life of pin insulators. To do this, the scientists analyze used insulators that are supplied by the project partners on a regular basis. In addition, the researchers measure forces and the climatic conditions to which the insulators are exposed. In parallel, they study subcritical crack growth of the material at the laboratory. They want to find out which times and loads are relevant to durability. Together, the results of these studies will allow conclusions, to be drawn with respect to the design of insulators, including glazing. ■

Contact: gunter.schell@kit.edu



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

tums, das verborgen wächst bis der Restquerschnitt versagt, soll ebenfalls bestimmt werden. Aus den Untersuchungen ergeben sich beispielsweise auch Rückschlüsse auf das Design der Isolatoren, bis hin zur Glasur.

Für die Projektpartner bieten sich viele Vorteile aus den anvisierten Zielen: Ganz oben steht die Möglichkeit, die erreichbare Lebensdauer der Isolatoren noch besser auszunutzen. Die auf der Bruchmechanik beruhende Lebensdauerprognose soll eine effizientere und ressourcenschonende Nutzung der Isolatoren gewährleisten. Neue Erkenntnisse könnten auch die Herstellungskosten verringern, denn die gewonnenen Ansatzpunkte könnten auch für eine lebensdauerbestimmte Optimierung der Fertigung der Isolatoren hinzugezogen werden.

Doch Dr. Schell spricht noch weitere, eventuell weitreichende Effekte des Projekts an: „Wenn zum Beispiel die durch die Energiewende bedingte Einspeisung von Windenergie im Norden und der Transport in den Süden anfällt, wird es wichtig sein zu wissen, wie der Ausbau des Netzes reibungslos funktionieren kann. Bisher betreibt man Stromtrassen mit 110 kV, 220 kV und 380 kV. Aber die Tendenz geht zu höheren Spannungen. Da wäre es natürlich auch wichtig zu wissen, ob an bestehende Trassen noch etwas drangehängt werden kann, ob man sie erweitern kann oder wirklich einen Neubau machen muss.“ Die Ergebnisse der KIT-Forscher könnten helfen, die Strommasten in Zukunft schlanker zu bauen und die Materialausnutzung so zu gestalten, dass auch deren Belastungsgrenze optimal ausgenutzt werden könnte. ■

Kontakt: guenter.schell@kit.edu



Bruchstücke nach den mechanischen Tests, an denen die bruchauslösenden Defekte gesucht, deren Größe und Form bestimmt und somit die Bruchverläufe rekonstruiert werden

Fragments after the mechanical tests, which are checked for fracture-initiating defects. Following the determination of their sizes and shapes, fracture processes can be reconstructed

SO WEISS KÖNNEN ZÄHNE SEIN*



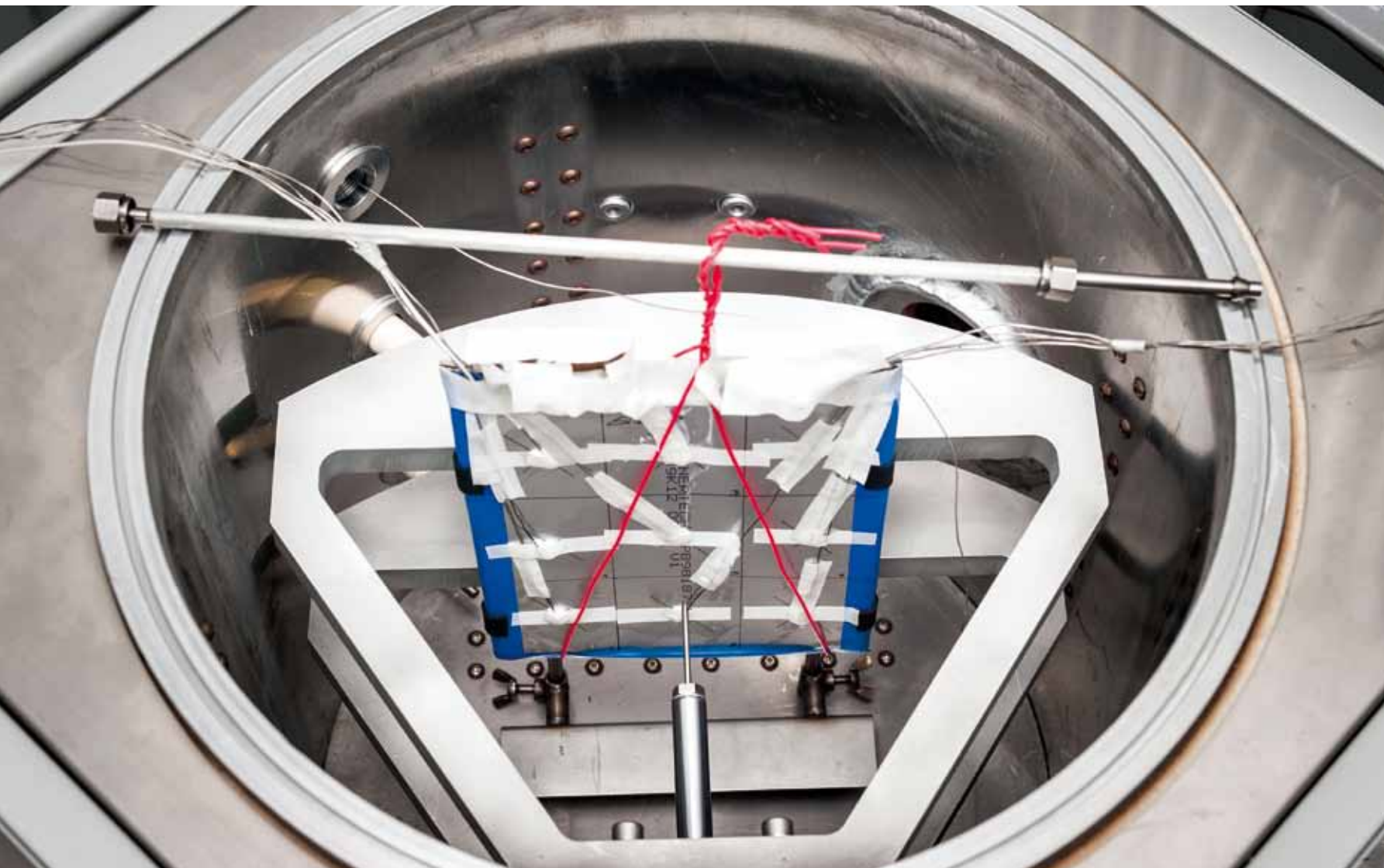
► IHRE SPEZIALISTEN
FÜR MODERNE
ZAHNHEILKUNDE
AM KRONENPLATZ.

*PRAXIS | **DR.HAMMER**
zahnarzt.

ZÄHRINGERSTR. 43 - 76133 KARLSRUHE
TEL 0721/38 85 23 - WEB zahnarzt-ka.de



Sicher und haltbar: **Optimierung** der Lithium-Ionen-Batterie



Möglichst genau sehen, was in einer Batterie abläuft – das ist Ziel der Forschung am Institut für Angewandte Materialien – Energiespeichersysteme (IAM-ESS). Die Batterie wird dazu hunderte von Malen entladen und wieder aufgeladen und dabei beobachtet – „sondiert“ wie es die Forscher nennen. Dabei wird das Batteriegehäuse nicht zerstört, sondern verschiedene Strahlungen dringen ins Innere ein: „Wie Ärzte mit Röntgenstrahlung ein gebrochenes Bein un-

tersuchen, so machen wir es mit Batterien“, erklärt Institutsleiter Professor Helmut Ehrenberg.

Um die Zellen zu durchleuchten, werden Streumethoden mit Röntgen-, Synchrotron-, und Neutronenstrahlung kombiniert. Bei der Neutronentomographie kann wie bei der Radiographie eines gebrochenen Beines gesehen werden, wie viele Strahlen an welcher Stelle durch den Körper hindurchgegangen oder absorbiert worden sind.

Werden sehr viele Bilder gemacht und die Batterie gedreht, so kann daraus eine dreidimensionale Rekonstruktion berechnet werden. „In die laufende Batterie hineinzuschauen, ist etwas ganz Besonderes. Die Möglichkeit der Neutronenstrahlung gibt es nicht überall“, sagt Ehrenberg. Einer seiner Mitarbeiter arbeitet mit der Neutronenquelle im Forschungsreaktor München II in Garching. Die hochenergetische Synchrotronstrahlung wird auch in Karlsruhe ange-



*Joachim Langner beim
Anschließen von Messkabeln
an eine Redox-Flow-Batterie*

*Joachim Langner connecting
measurement cables to a
redox flow battery*

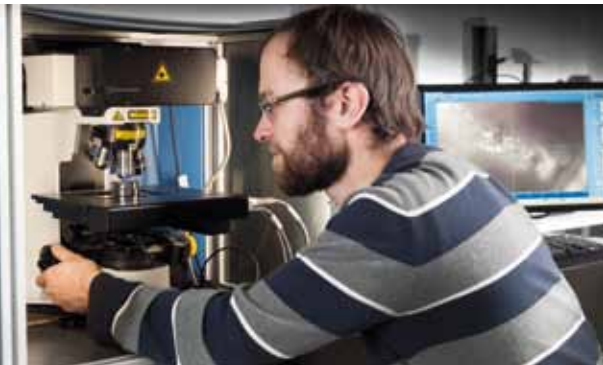
Wie am KIT Energie- speichersysteme durchleuchtet und vermessen werden

VON ALMUT OCHSMANN // FOTOS: MARKUS BREIG

wendet. Während mit den Beugungsmethoden die atomaren Strukturen angeschaut werden, kann mit der Radiographie ein richtiges Bild der örtlichen Gegebenheiten in der Zelle gemacht und der Teilchentransport verfolgt werden. „Wir machen in unterschiedlich kurzen Abständen Messungen für jeden Ladezustand der Zelle. Jede Methode hat ihren eigenen Ergebnisschatz. Die Diffraktogramme, die wir auswerten, sind wie Fingerabdrücke der Zellen“, erläutert Dr. Michael Knapp, wissenschaftlicher Mitarbeiter am IAM-ESS und Verantwortlicher für Streumethoden. Er erklärt, wie die Messdaten interpretiert werden: „Man kann verfolgen, wie die Anode mit Lithium beladen wird. Auch der Elektrolyt-füllzustand ist erkennbar und wie schnell sich die Materialien in einer Lithium-Ionen-Batterie verändern.“ Die Geschwindigkeit des Lithium-Transports entscheidet darüber, wie schnell ein Akkumulator be- und entladen werden kann: Je schneller es geht, desto leistungsfähiger ist er. Von den Akkus in Elektroautos wird erwartet, dass sie sehr leistungsfähig sind, also in kurzer Zeit besonders viel Energie freisetzen können: „Wenn Sie mit dem Elektroauto einen Lastwagen überholen, dann muss die Batterie in kurzer Zeit viel leisten, damit das Überholen nicht zwanzig Minuten dauert“, erklärt Helmut Ehrenberg. Das größere Problem für die Forschung ist allerdings das Laden der Batterie. Das dauert derzeit noch recht lange, und wer will schon eine halbe Stunde an der Tankstelle stehen? Auch die Ge-

samtenergie des Akkus soll möglichst groß sein. Es ist noch nicht vollends geklärt, warum ein Akku nach Tausenden von Lade- und Entladezyklen irgendwann ermüdet, denn das hat auch mit schwer erforschbaren äußeren Umständen zu tun: „Ein Elektroauto kann zeitweise viel gefahren werden und dann wieder wochenlang in einer kalten Garage stehen. Eine unserer Herausforderungen ist es, trotzdem Lebensdauerprognosen zu machen“, so Ehrenberg.

Eine Batterie besteht aus mehreren miteinander verschalteten Zellen. In jeder Zelle sind zwei Elektroden, umgeben von einem Elektrolyt und getrennt von einer Membran, die für die – in diesem Fall – Lithium-Ionen durchlässig sein müssen. Die Materialmixturen können dabei sehr unterschiedlich sein. Am IAM-ESS werden hauptsächlich kommerzielle Zellen untersucht, eigene Knopfzellen werden nur dann hergestellt, wenn Materialänderungen ausprobiert werden sollen. Um die Akkus für Elektroautos zu verbessern, muss vom atomaren Maßstab bis hin zur bestmöglichen Verstauung im Auto vieles bedacht werden. Auch die Form der Zellen spielt eine Rolle: Sind sie zylindrisch, bleiben immer kleine Hohlräume in der Batterie. Prismatische Zellen können zwar lückenlos verbunden werden, haben dann aber keinen Wärmeaustausch mit ihrer Umgebung. Helmut Ehrenberg sagt dazu: „Bei diesen komplexen Systemen muss man aufpassen, dass man nicht, wenn



Joachim Langner justiert das Raman-Mikroskop auf das Elektrodenmaterial einer Batterie

Joachim Langner focuses the Raman microscope on the electrode material of a battery



Dr. Michael Knapp, wissenschaftlicher Mitarbeiter am IAM-ESS und Verantwortlicher für Streumethoden

Dr. Michael Knapp, scientist of IAM-ESS, is responsible for scattering methods



Dr. Carlos Ziebert (vorne) und Dr. Andreas Melcher vom Forschungsprojekt IKEBA am IAM-AWP

Dr. Carlos Ziebert (front) and Dr. Andreas Melcher are involved in the IKEBA project of IAM-AWP

man an einem Rädchen dreht, an anderer Stelle wieder ein Eigentor schießt. Das ist eine Herkulesaufgabe, die uns noch lange beschäftigt.“

Ein nahezu ohrenbetäubendes Rauschen beherrscht das Labor, in dem das Team des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts IKEBA (Integrierte Komponenten und integrierter Entwurf energieeffizienter Batteriesysteme) am Institut für Angewandte Materialien – Angewandte Werkstoffphysik (IAM-AWP) seine Messungen durchführt. Viele große Messgeräte laufen hier, darunter auch mehrere Kalorimeter. Ein Kalorimeter ist ein Stahlkasten im Kühlschrankformat, in dem Lithium-Ionen-Zellen und -Akkupacks unter normalen und extremen Bedingungen auf ihre Wärmeentwicklung hin untersucht werden. Teilprojektleiter Dr. Carlos Ziebert erklärt die Möglichkeiten des Kalorimeters: „Bei isoperibolen Bedingungen bleibt die Temperatur der Umgebung konstant, während die Zelle läuft. Bei adiabatischen Bedingungen hat die Kammer immer die gleiche Temperatur wie die Zelle. Die Zelle kann dann keine Wärme mit der Umgebung austauschen. Das ist so, wie wenn eine Zelle von Nachbarzellen umgeben ist und nicht aktiv gekühlt wird: Sie wird dann immer wärmer und kann im Extremfall zerstört werden; es kommt dann zum sogenannten ‚Thermal Runaway‘, dem ‚Thermischen Durchgehen‘. Die Zellen gehen nacheinander hoch.“ Genau das darf nicht passieren, wenn es sich um die Zellen in der Batterie eines Elektroautos handelt. Und darum geht es hier: die Verbesserung von Batteriemanagementsystemen für Elektroautos. Sie über-

Reliable and Durable: Optimizing Lithium Ion Batteries

Energy Storage Systems Made Transparent and Measured at the KIT

TRANSLATION: RALF FRIESE

Several research groups at the KIT Institute for Applied Materials study methods of characterizing lithium ion batteries. The Institute's Energy Storage Systems Division employs scattering of X-rays, synchrotron and neutron radiation to observe what goes on in a battery in use. Three-dimensional images of the cells are generated and the atomic structures are examined. The data obtained are used to improve batteries in cooperation with partners in industry. One application is in accelerating the charging process of batteries used in electric vehicles.

The BMBF-funded IKEBA (Integrated Components and Integrated Design of Energy-efficient Battery Systems) research project conducted by the Institute for Applied Materials – Applied Materials Physics (IAM-AWP) is engaged in studying heat development in batteries. Together with the project partners (Atmel Automotive GmbH, HELLA KGaA Hueck & Co, Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS/EAS, and Fraunhofer Institute for Reliability and Microintegration IZM) a virtual design environment is created for testing and improving future battery management systems. These systems manage batteries in electric cars and respond to irregularities. To make this happen in real time where possible, simplified model circuits are developed at the KIT, which are parameterized. The setup is used to measure different cells in calorimeters and, in this way, establish a broad database. The thermal management of a battery is of primary importance in determining the safety of an electric vehicle. ■

Contact: IAM-AWP andreas.melcher@kit.edu and carlos.ziebert@kit.edu

Contact: IAM-ESS helmut.ehrenberg@kit.edu and michael.knapp@kit.edu

wachen den Zustand der Batterie und sollen auf Unregelmäßigkeiten reagieren und dem Autofahrer mitteilen, wie lange seine Batterie noch hält. Im Rahmen des IKEBA-Projekts soll unter anderem eine virtuelle Entwurfsumgebung geschaffen werden. Mit ihr sollen künftige Batteriemanagementsysteme (BMS) verbessert und vor der Herstellung der Hardware getestet werden, sodass die Entwicklungszeit und die Kosten sinken.

In den Batterien sind Chips eingebaut, die ständig Spannung, Strom und Temperatur an den einzelnen Zellen messen. Die so gesammelten Daten gibt der Chip an einen Computer weiter. Auf der Basis des Datenfundus ist es dem System möglich, die Batterie zu steuern: Wird sie zu heiß, muss sie gekühlt werden, damit sie nicht beschädigt wird. Die Kalorimeter sind speziell gesicherte Kammern, in denen eine Zelle auch ohne Gefahr zerstört werden kann. Das wird gemacht, um eine Datenbasis für Extremsituationen zu gewinnen, damit das Managementsystem entsprechend ausgelegt werden kann. Mit einer Infrarotkamera kann während der Messung die sich verändernde Temperaturverteilung auf der Zelloberfläche gefilmt werden, um beispielsweise lokale „Hotspots“ zu detektieren. Des Weiteren kann in einem der Kalorimeter auch der sogenannte „Nageltest“ durchgeführt werden: Ein Nagel wird kontrolliert in die Zelle gedrückt bis es zum Kurzschluss kommt. Dabei werden die elektrochemisch-mechanischen Reaktionen beobachtet.

Es ist nicht nur die Temperatur allein, die über Leben und Tod der Zelle entscheidet, sondern es handelt sich um ein komplexes Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren: „Der Ladungsausgleich zwischen den Zellen ist beispielsweise noch ungenügend. Die einzelnen Zellen könnten noch besser Energie austauschen, damit alle auf dem gleichen Level sind. Das würde auch die Alterungsprozesse verlangsamen, denn die schwächste Zelle zieht alles runter“, so Ziebert.

Zu Beginn des Forschungsprojektes wurden verschiedene bereits auf dem Markt befindliche Zellmodelle ausgewählt, die sich etwa in ihrer Geometrie, ihren Materialien und ihrem Energiegehalt unterscheiden. So soll eine möglichst große Datenvielfalt gewährleistet sein. Der komplizierte Herstellungsprozess für Lithium-Ionen-Batterien ist noch nicht vollständig beherrscht: „Zwei Zellen aus der gleichen Produktionscharge verhalten sich nie gleich. Es kann sein, dass mal mehr, mal

weniger Elektrolyt darin enthalten ist. Das hat Auswirkungen darauf, wie leistungsstark die daraus aufgebaute Batterie ist“, erklärt Dr. Andreas Melcher vom IAM-AWP. Für jede Zelle werden dann bei unterschiedlichen Temperaturen Messzyklen in unterschiedlichen Zeitintervallen und bei unterschiedlichen Ladungs- und Entladungsströmen durchgeführt. Die Ergebnisse werden jeweils dem Batteriemanagementsystem zugeführt. Vor und nach den Messungen öffnen die Wissenschaftler am IAM-AWP unter Schutzgasatmosphäre (Argon) einige Zellen. Auch zerstörte Zellen untersuchen sie werkstoffwissenschaftlich, um herauszufinden, was der Grund für ihre Schädigung oder Alterung war.

Für Elektroautos ist die Batteriesteuerung sehr wichtig. Das höchste Ziel ist die sichere Kontrolle der Batterie. Das System macht Vorhersagen darüber, wie das nächste Messergebnis ausfallen müsste, etwaige Abweichungen werden sofort erkannt. Zentral ist dabei das „thermische Management“ der Batterie: „Die Kühlsysteme der Elektroautos sind überdimensioniert. Sie sind unnötig schwer und die Kosten hoch. Das könnte verbessert werden“, sagt Ziebert. Aber auch für die Funktion der Batterie überhaupt ist die Temperatur entscheidend: „Besonders bei großer Kälte im Winter ist die Reichweite von Elektroautos stark eingeschränkt. Das System muss dann dem Fahrer sagen, dass er jetzt nicht so aufs Gas treten darf, weil sonst die Batterie schlapp macht“, erklärt Melcher. Im Forschungsprojekt wird der direkte Austausch mit Industriepartnern gepflegt, die Automobilzulieferer sind. In Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS/EAS entstehen Schaltkreismodelle für die Batteriemanagementsysteme. Bisher können nur diese Schaltkreismodelle unmittelbar in ein BMS integriert werden: „Andere alternative Beschreibungsformen sind zu komplex und brauchen daher viel zu lange“, sagt Melcher und fügt hinzu: „Wenn eine Batterie im Fall des Thermal Runaway mal richtig abrauscht, ist das hoch gefährlich, weil sehr giftige Stoffe wie Flusssäure entstehen können. Ziel ist es deshalb, dass der Computer im Auto die Batterie in Echtzeit steuern kann, um die Sicherheit zu optimieren.“ ■

Kontakt: IAM-AWP andreas.melcher@kit.edu und carlos.ziebert@kit.edu

Kontakt: IAM-ESS helmut.ehrenberg@kit.edu und michael.knapp@kit.edu

Postgraduate MSc Program Renewable Energy in Central & Eastern Europe



Success Story for 10 Years Executive Education for Renewables

CONTENTS

- Comprehensive Technical Knowledge in the area of Alternative Energy Production
- Efficient Use of Energy
- Integration of Renewable Energy Sources into the Energy System
- Legal and Economical Frameworks

MODALITIES

4 semesters, part-time, presented in modules, in English, Lectures and excursions in Austria and selected CEE/SEE countries.

ADMISSION REQUIREMENTS

Academic degree and a minimum of 2 years of professional experience

NEXT PROGRAM START

October 15, 2015

INFO-SESSIONS

May 12, 2015 • 6 p.m. • TU Vienna
June 23, 2015 • 6 p.m. • TU Vienna

APPLICATION DEADLINE

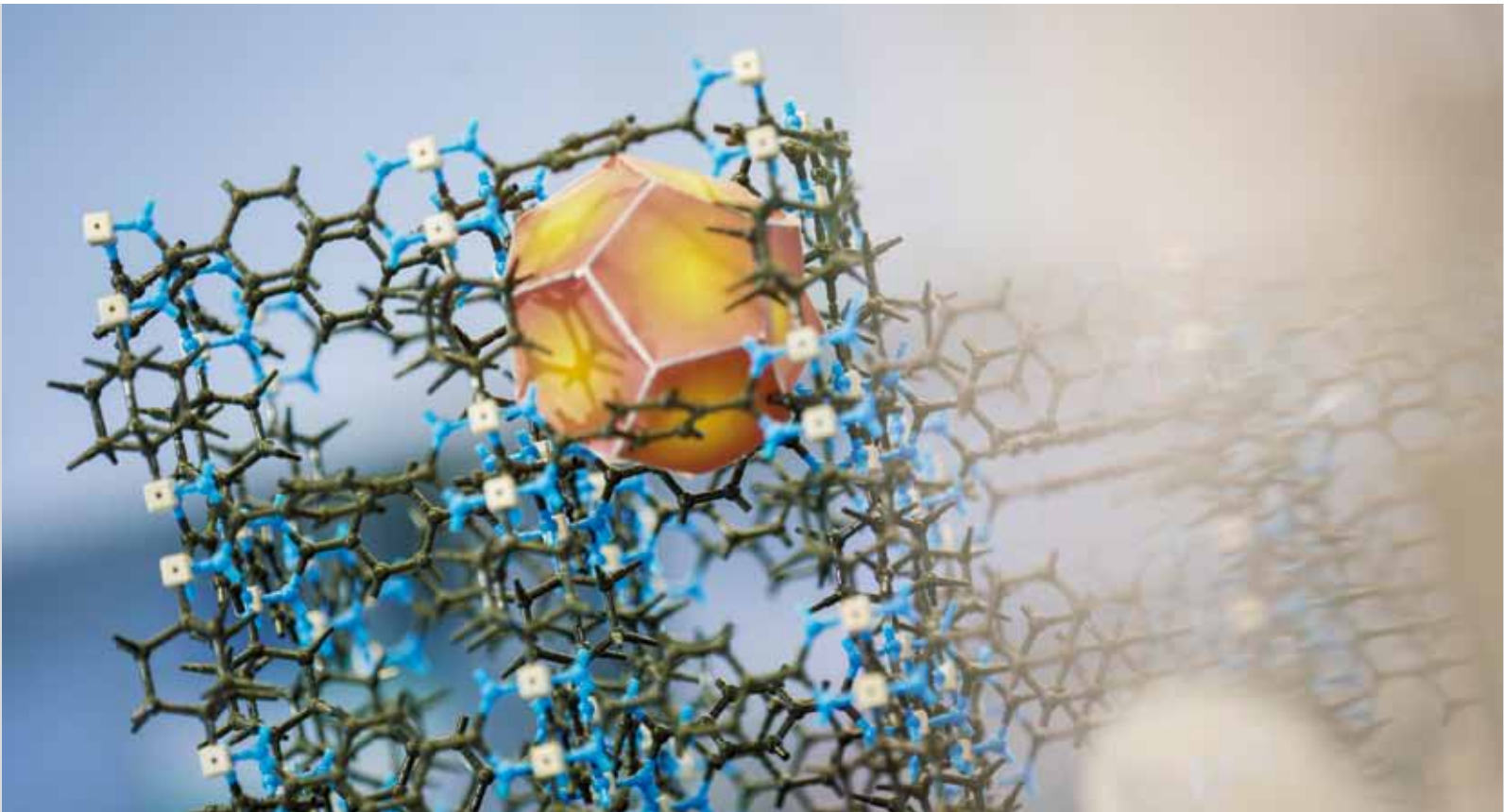
June 26, 2015



*Apply
now!*

Technische Universität Wien
Continuing Education Center
Operngasse 11 • A-1040 Wien
T +43/(0)1/58801-41701
newenergy@tuwien.ac.at
newenergy.tuwien.ac.at





SURMOFS – HAUCHDÜNNE ALLESKÖNNER BESCHICHTUNGEN ÜBERNEHMEN FUNKTIONEN

SURMOFS – EXTREMELY THIN ALL-ROUNDERS SMART SURFACE COATINGS WITH A VARIETY OF FUNCTIONS

VON DOMENICA RIECKER-SCHWÖRER // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // FOTO: ANDREA FABRY

Die Vorzüge von SURMOFs (surface-anchored metal-organic frameworks) in einem Satz zu beschreiben, ist fast unmöglich, da die Einsatzmöglichkeiten der oberflächen-gebundenen metall-organischen Gerüststrukturen extrem breit gefächert sind: Als neue hochporöse Materialklasse kommen SURMOFs vor allem als Wirtsstrukturen für Moleküle oder Nanopartikel zum Einsatz und können unter anderem als Gasspeicher, optische Sensoren oder als katalytisch aktive Materialien dienen. Es ist möglich, durch externe Trigger wie etwa Licht die geometrischen Poreneigenschaften zu schalten, sodass zum Beispiel Gastmoleküle in den Poren eingefangen und „auf Knopfdruck“ wieder freigesetzt werden können. Das Grundprinzip des SURMOF-Aufbaus bleibt allerdings immer das Gleiche: SURMOFs sind Dünnschichten, die aus zwei Hauptkomponenten – metallischen Knotenpunkten und organischen Linker-Molekülen – einfach und kostengünstig Lage für Lage auf metallische, oxidische oder polymere Oberflächen großflächig oder strukturiert aufgebracht werden. Die Dicke der Schichten wird dabei durch die Zahl der Aufwuchszyklen bestimmt, die Größe und die chemischen Eigenschaften der Poren durch die verwendeten Linker-Moleküle. „Mit diesem extrem flexibel nutzbaren Baukastenprinzip könnten zum Beispiel Implantate mit SURMOFs überzogen werden, die vor dem Einsatz mit entzündungshemmenden Stoffen beladen werden und diese dann im Körper ganz langsam und dosiert wieder abgeben“, erklärt Dr. Hartmut Gliemann vom Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG). „SURMOFs können beispielsweise aber auch sehr selektiv mit bestimmten Gasen wechselwirken und somit einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung leistungsfähiger Gasfiltermembranen oder optischer Gassensoren leisten.“ ■

Kontakt: hartmut.gliemann@kit.edu

Describing the advantages of SURMOFs (surface-anchored metal-organic frameworks) in one sentence is nearly impossible, because applications of these structures are extremely diverse. SURMOFs represent a new class of highly porous materials and may be used as host structures for molecules or nanoparticles in gas storage systems, optical sensors, or catalytically active materials. Their geometrical pore properties can be adjusted by using external triggers, such as light. Gas molecules thus can be captured in the pores and released again “at the push of a button”. The basic principle of the SURMOF structure always is the same: SURMOFs are thin layers consisting of two main components, metallic nodes and organic linker molecules. Layer by layer, they can be applied to metallic, oxidic, or polymer surfaces over large areas or in a structured way. This process is simple and inexpensive. The thickness of the layers is determined by the number of growth cycles. The size and chemical properties of the pores are influenced by the linker molecules used. “This extremely flexible kit allows, for example, coating implants with SURMOFs that were loaded with anti-inflammatory substances prior to use and then releasing these substances in the body in a slow and controlled manner,” Dr. Hartmut Gliemann of the Institute of Functional Interfaces (IFG) explains. “SURMOFs may also interact with certain gases in a highly selective way and, hence, play an important role in the development of high-performance gas filter membranes or optical gas sensors.” ■

Contact: hartmut.gliemann@kit.edu

ICH BEI ZF. KONSTRUKTEUR UND TEAMPLAYER

Ich finde es wichtig, immer am Ball zu bleiben. Das versuche ich nicht nur beim Floorball umzusetzen, meiner privaten Leidenschaft, sondern auch in meinem Job als Entwicklungskonstrukteur von neuen Fahrzeugkomponenten. Denn für mich und mein Team gibt es nichts Besseres als den Moment, wenn wir den neuen Prototypen das erste Mal in der Hand halten. Mein Name ist Radek Branzovsky und ich bin Entwicklungskonstrukteur. Mehr über mich, meinen Job und die besten Kollegen der Welt, gibt es unter www.ich-bei-zf.com.



MOTION AND MOBILITY



RADEK BRANZOVSKY



Entwicklungskonstrukteur
ZF Friedrichshafen AG



twitter.com/zf_konzern
facebook.com/zffriedrichshafen
youtube.com/zffriedrichshafenag



Scan den Code und erfahre mehr
über mich und die Arbeit bei ZF:





„Für mich ist es ein Spiel“

Der Material-
wissenschaftler
Professor Herbert
Gleiter schaut auf
eine brillante
internationale
Karriere

VON DOMENICA RIECKER-SCHWÖRER
FOTOS: MARTIN LOBER

Biografie

Herbert Gleiter (geboren 1938 in Stuttgart) schloss das Studium an der Universität Stuttgart 1966 mit der Promotion in Physik ab. Danach war er an der Universität Göttingen tätig und erhielt verschiedene Professuren und Fellowships, zunächst an der Universität Bochum, der Harvard University und am MIT. Seit 1973 war er an der Universität des Saarlandes Inhaber des Lehrstuhls für Materialwissenschaften. Er forschte in Israel, in den Bell Laboratories (USA), an der University of Wisconsin (USA), der Monash University (Australien), der Universität Tōhoku (Japan), der Beijing University (China) und der University of New South Wales (Australien).

Herbert Gleiter hat für seine Forschung in den Nanowissenschaften über vierzig Auszeichnungen erhalten, darunter den Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (1988), den Max-Planck-Forschungspreis der Alexander von Humboldt-Stiftung und der Max-Planck-Gesellschaft (1993), die Blaise-Pascal-Medal der European Academy of Sciences (2009) sowie sechs Berufungen zum Ehrendoktor an Universitäten in Deutschland, der Schweiz und außerhalb Europas. Er ist gewähltes Mitglied von sieben Nationalen Akademien der Wissenschaften des In- und Auslandes, unter anderem der Leopoldina, der Nationalen Akademie der Wissenschaften Deutschlands, in der er Mitglied des Präsidiums war. 2014 wurde er in die Academia Europaea gewählt. Er ist Fellow und Ehrenmitglied von sieben Wissenschaftsorganisationen seines Arbeitsgebiets, unter anderem der amerikanischen Materials Research Society sowie der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde. Gleiter gehörte ab 1994 dem Vorstand des damaligen Forschungszentrums Karlsruhe (heute KIT) an und gründete vier Jahre später, dort gemeinsam mit Nobelpreisträger Professor Jean-Marie Lehn und Professor Dieter Fenske das Institut für Nanotechnologie (INT), dessen Direktor er auch war. Inzwischen im Ruhestand ist Herbert Gleiter im Network of Excellent Retired Scientists des KIT aktiv und gibt so sein Wissen und seine Erfahrung an die jüngere Generation weiter. ■

*Professor
 Herbert Gleiter*

Rund 40 Auszeichnungen, darunter der Leibniz-Preis und die Blaise-Pascal-Medaille der European Academy of Sciences, Mitgliedschaften in sieben internationalen Akademien, Fellow und Ehrenmitglied von sieben Wissenschaftsorganisationen seines Arbeitsgebietes – die Liste der akademischen Ehrungen Herbert Gleiters ist lang und beeindruckend. Doch noch mehr faszinieren die Erzählungen des drahtigen Wissenschaftlers. Denn wer hat schon als junger Wissenschaftler mit sechs Nobelpreisträgern zum interdisziplinären Austausch in Harvard oder am MIT zusammengenessen? „Das war schon einschüchternd“, sagt Gleiter, „aber eine wunderbare Inspiration.“

Die er genutzt hat. Denn Anregung durch Diskurs ist für Gleiter eine der wichtigsten Voraussetzungen für den Erkenntnisgewinn und letztendlich auch für den wissenschaftlichen Erfolg. „Denkanstoß kann die kleine Randbemerkung eines Kollegen sein, der sich gar nichts dabei gedacht hat. Es ist ein ganz kurzer Moment, da schaltet etwas im Hirn und man verbindet Dinge, von denen man dachte, die sind nicht verbindbar. Warum das gerade in diesem Augenblick passiert, das weiß ich nicht genau, aber es funktioniert.“

So hat ihn auch ein Satz eines Kollegen zu seinem größten Durchbruch geführt. „Ich habe mit einem Mitarbeiter aus einem anderen Bereich über Kristalle diskutiert und der hat gefragt: ‚Wieso sind



die Kristalle eigentlich ein Mikrometer oder größer? Könnte man die nicht auf ein paar Atome reduzieren? Was passiert dann?’ Der fragte das in einer Diskussion und plötzlich schaltete es bei mir.“ So gelang es Gleiter vor allen anderen Wissenschaftlern gemeinsam mit seinen Mitarbeitern die Existenz und das Potenzial einer neuen Art von Materialien zu erkennen. Einer Materialklasse, die heute zu der am schnellsten wachsenden Klasse gehört. Er wurde Wegbereiter der Erforschung von nanokristallinen Materialien, aus denen Werkstoffe mit gänzlich neuen und zum Teil planbaren Eigenschaften hergestellt werden können. Gleiter fand darüber hinaus Wege, die es ihm erlaubten, als Erster Stoffe mit dieser neuen Atomstruktur zu erzeugen und Untersuchungen über die neuartigen Eigenschaften durchzuführen.

Als Anstrengung hat er seine Arbeit als Wissenschaftler aber nie empfunden. „Für mich ist es wie ein Spiel, eine neue Idee zu haben und zu sehen, kriege ich das hin oder nicht.“ Bescheiden fügt er hinzu: „Vieles ging auch in den Teich.“ Und wie ist er damit umgegangen? „Das ist Teil des Spiels. Wenn ein Kind aufhört, weil etwas nicht klappt, dann spielt es was anderes. So ähnlich war es bei mir.“

Schon früh in seiner Karriere – mit 32 Jahren hatte Gleiter zwei Promotionen – war er international aktiv, war drei Jahre in Harvard und ist auch heute ständig auf Reisen. Indien, USA oder China: In kurzen Abständen pflegt er den Austausch in seinen Postdoc-Gruppen rund um den Globus und ist neugierig wie zu eigenen Studienzeiten. Was hat sich geändert in den Universitätssystemen in aller Welt? „Ich komme ja noch aus der Zeit vor 1968, als es noch einen Ordinarius gab. Inzwischen ist natürlich alles ganz anders, es gibt sehr viel auch interdisziplinären Austausch, die Arbeit in den Instituten weltweit ist vergleichbar mit den Gegebenheiten, die ich in Amerika erlebt habe und erlebe. Wenn ich die Diskussion hier am Institut sehe, dann ist die Atmosphäre sehr ähnlich. Die Art der Diskussion, was man diskutiert, wie man sich anspricht.“

Trotzdem würden sich die Länder untereinander sehr genau beobachten, so Gleiter. „Es wird auch in Amerika in der Akademie sehr viel diskutiert, was die Unterschiede zwischen unserer Akademie, der chinesischen, der indischen oder anderen sind. Das ist ein ganz wichtiges Thema für die Amerikaner. Die sehen dann schon ihre Vor- und

Nachteile und versuchen auch, sich weiterzuentwickeln. Die sind sehr nervös geworden, als ich vortrug, dass in China mehrere Institute in der Art von Max-Planck-Instituten geplant sind, in denen großenteils Gehälter wie im Westen gezahlt werden und die den Diskurs fördern.“ Dass einige Regionen der Welt, wie zum Beispiel Afrika, völlig von der wissenschaftlichen Entwicklung abgekoppelt sind, bereitet Gleiter hingegen große Sorge.

Er selber beschäftigt sich aktuell mit der Entwicklung der Klasse von sogenannten „Nanogläsern“, einer



neuen Familie von Materialien mit technisch attraktiven Eigenschaften. „Wenn es gelingen würde, diese neue Stoffklasse ökonomisch günstig herzustellen, dann wäre der Weg frei in eine Entwicklungszeit der Menschheit, die nicht – wie alle bisherigen Entwicklungszeiten – auf kristallinen Stoffen beruhen würde, sondern die die Tür öffnen würde zu einer Glaszeit“, sagt Gleiter. Dieser Aspekt war für ihn eines der Motive, in China nach dem Vorbild des Instituts für Nanotechnologier (INT) in Karlsruhe das „Herbert Gleiter Institute of Nanoscience“ zu gründen.

Von Ruhestand ist bei Herbert Gleiter auch in der Freizeit keine Rede. Eine seiner Leidenschaften ist das Segeln. Zweimal war er in den vergangenen Jahren Richtung Südpol unterwegs. „Das ist eine andere Welt“, erzählt er, „da sind die Prioritäten ganz anders. Wenn Sie Sturm haben, dann nutzt ihnen die Schrödingergleichung nicht viel.“ ■

www.kit.edu/videos/nanoglaser

Biography Herbert Gleiter

TRANSLATION: RALF FRIESE

Herbert Gleiter (born in Stuttgart in 1938) graduated from the University of Stuttgart with a Ph.D. in physics in 1966. He then worked at the University of Göttingen and held various professorships and fellowships, initially at the University of Bochum, Harvard University, and MIT. From 1973, he held the Chair for Materials Sciences at the University of the Saarland. He conducted research in Israel, at Bell Laboratories, USA, the University of Wisconsin, USA, Monash University, Australia, Tohoku University in Japan, Beijing University in China, and the University of New South Wales in Australia.

Herbert Gleiter has been awarded more than 40 distinctions for his research in the nanosciences, among them the Leibniz Prize of the German Research Foundation (1988), the Max Planck Research Prize of the Alexander von Humboldt Foundation and the Max Planck Society (1993), the Blaise Pascal Medal of the European Academy of Sciences (2009), and six honorary doctorates of universities in Germany, Switzerland, and outside of Europe. He is an elected member of seven national academies of science in Germany and abroad, among them Leopoldina, the National Academy of Sciences of Germany, where he was a member of the Presidential Board. In 2014 he was elected member of the Academia Europaea. He is a Fellow and Honorary Member of seven science organizations in his discipline, among them the American Materials Research Society and the Deutsche Gesellschaft für Materialkunde. From 1994, Gleiter was a member of the Executive Board of the then Karlsruhe Research Center (now KIT). Four years later, he founded the Institute of Nanotechnology (INT) together with Nobel Prize winner Professor Jean-Marie Lehn and Professor Dieter Fenske. He was the Director of that institute. Herbert Gleiter has since retired, but he is active in the Network of Excellent Retired Scientists of the KIT, in this way passing on his knowledge and his experience to the younger generation. ■



Als Ingenieur kann ich meine Fähigkeiten beweisen, um die Anforderungen unserer Kunden zu erfüllen.

FELDTEST + SPIELWIESE

Als Mensch habe ich hier die Freiheit, auch mal ungewöhnliche Wege zu gehen. Das ist meine Formel für Zufriedenheit.

People for Process Automation

Endress+Hauser ist ein international führender Anbieter von Messgeräten, Dienstleistungen und Lösungen für die industrielle Verfahrenstechnik. Eine Mitarbeit bei uns verbindet immer zwei Seiten: die technische plus die menschliche. Das Ergebnis: ein Mehr an Zufriedenheit. Jeden Tag. Informieren + Bewerben geht am einfachsten unter www.endress.com/karriere

Endress+Hauser 

Harte Zähne

Ein neues Verfahren lässt Zahnräder enorme Belastungen besser aushalten

VON MORITZ CHELIUS



Ohne Zahnräder läuft (fast) nichts: Schon die alten Ägypter haben sie verwendet, heute fehlen sie weder in der Armbanduhr noch im Flugzeug. Vor allem in der Industrie und in Automobilen werden Zahnräder benötigt, die große Drehzahlen übertragen. Die Zahnrädertypen sind vielfältig, immer ist es jedoch ihre Aufgabe, Momente zu übertragen und umzulenken. Am stärksten beansprucht sind dabei die Zähne. Denn hier greifen nicht nur die größten Momente an, sie werden auch an verschiede-

nen Stellen unterschiedlich stark belastet, sagt Volker Schulze, Professor am Institut für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde (IAM-WK) und am wbk Institut für Produktionstechnik am KIT. „An den Flanken braucht man eine hohe Verschleißfähigkeit, weil die Zähne ständig aneinander reiben. Im Zahngrund dagegen findet eher eine Verbiegung statt. An dieser Stelle sollten die Zähne verformbarer sein, damit sie eine eventuelle Überbelastung gut ertragen können.“



Hard Teeth

New Technique Makes Gears More Stable under Enormous Loads

TRANSLATION: RALF FRIESE

The so-called case hardening technique has so far been applied as the standard process to harden gear wheels. However, this process is very expensive in terms of energy and time. The Institute for Applied Materials and the Institute of Production Science therefore are investigating a new technique, multi-frequency induction hardening. In this process, an induction coil is placed around the gear wheel which heats the component to 800 to 1000°C for fractions of a second and then allows hardening as the wheel subsequently cools. The special feature of this process is this: Not the entire component is heated, but only its edge zone. Two different frequencies are employed for this purpose: One high frequency causes heat to be produced only near the surface, while a medium frequency ensures that the tooth root is reached, despite being further away from the induction coil.

A very powerful facility allowing induction hardening even of large gear components in the field will be available by the end of March. The Institutes investigate and optimize the entire process chain from manufacture of the gear wheel to hardening and finishing. This facility is to develop into a center of gear technology in southern Germany which will be closely associated with the names of Willy Höfler and the Höfler Foundation, founder of one of the most important gear measurement and gear cutting machine companies in Germany. ■

Contact: volker.schulze@kit.edu

Wird ein Zahnrad hergestellt, ist das Ausgangsmaterial noch möglichst weich, damit es gut bearbeitet werden kann. Gehärtet wird es erst hinterher. Dazu wird in der Regel die sogenannte Einsatzhärtung angewendet. Dabei wird das Zahnrad mehrere Stunden lang sehr hoch erhitzt und anschließend in einem Öl-, Gas- oder Wasserbad abgeschreckt. Der Energie- und Zeitaufwand ist jedoch hoch, außerdem ist das Bauteil lange Zeit großer Hitze ausgesetzt. Das Institut für Angewandte Materialien forscht deshalb an einem neuen Verfahren, dem Mehrfrequenz-Induktionshärten. Dabei wird um das Zahnrad eine Induktionsspule gelegt, die das Bauteil für Bruchteile einer Sekunde auf 800 bis 1 000 Grad Celsius erhitzt und bei der anschließenden Abkühlung die Härtung erlaubt. Besonders daran ist, dass nicht das ganze Bauteil, sondern nur dessen Randzone erwärmt wird, sagt Volker Schulze: „Die Eindringtiefe lässt sich über die Frequenz des Wechselstroms regeln. Bei einem vergleichsweise komplizierten Gebilde wie einem Zahnrad ist es eine große Herausforderung, wirklich konturnah zu härten.“ Möglich ist das durch die Verwendung von zwei verschiedenen Frequenzen: Eine hohe Frequenz führt dazu, dass nur nahe der Oberfläche gewärmt wird, eine mittlere, dass auch der Zahngrund, der ja weiter von der Induktionsspule entfernt ist, erreicht wird. Der Induktionshärtevorgang ist auch deshalb so komplex, weil unterschiedliche physikalische Aspekte verkoppelt betrachtet werden müssen, etwa der Stromfluss im Bauteil, die Wärmeverteilung und die Gefügeveränderungen. Außerdem ist es grundsätzlich schwierig, in einem Induktor zwei verschiedene Frequenzen zu kombinieren und hierfür eine genaue Regelung zu finden. Darüber hinaus muss beschrieben werden, wie sich die Temperatur- und Spannungsverteilung während des Abkühlens und der Gefügeumwandlung entwickeln.

Nach dem Abkühlen ist das Bauteil wesentlich härter, es kann aber sein, dass es sich leicht verzogen hat und nachbearbeitet werden muss. Diese sogenannte Hartbearbeitung ist sehr aufwendig. Um sie zu ermöglichen, lässt man bei der Herstellung des Zahnrades bewusst zu viel Material stehen, erklärt Volker Schulze: „Wir versuchen, systematisch herauszufinden, wie



FOTO: PRIVAT

*Volker Schulze, Professor
am Institut für Angewandte
Materialien – Werkstoffkunde
(IAM-WK) und am wbk
Institut für Produktionstechnik*

*Professor Volker Schulze
of the Institute for Applied
Materials – Materials Science
and Engineering (IAM-WK)
and the Institute of Production
Science (wbk)*

sich das Bauteil verziehen wird und an welchen Stellen man wie viel Material vorhalten muss.“ Auch deshalb betrachten die Wissenschaftler am Institut für Angewandte Materialien und am wbk Institut für Produktionstechnik die Methode des Induktionshärtens nicht isoliert, sondern erforschen und optimieren die ganze Prozesskette, von der Herstellung des Zahnrades über den Härtingsprozess bis zur Nachbearbeitung. Anschließend können die Zahnräder einer Materialprüfung unterzogen werden; in einem Prüfstand werden sie großen Lasten ausgesetzt und dabei die Lebensdauer ermittelt. Eine Anlage, die das Induktionshärten in der Praxis ermöglicht, wird dem Institut bis Ende März zur Verfügung stehen. Mit einer Leistung von 650 Kilowatt wird sie in der Lage sein, auch große Verzahnbauteile zu härten, die einerseits grundlagenwissenschaftlichen Untersuchungen dienen und andererseits gemeinsam mit Getriebeherstellern in der Industrie weiterentwickelt werden können. Die Institute sollen sich damit zu einem Zentrum für Verzahntechnik im süddeutschen Raum entwickeln. Das wird eng mit dem Namen Willy Höfler und der Dr.-Ing. Willy Höfler-Stiftung verbunden sein, dem Gründer einer der bedeutendsten deutschen Verzahnmesstechnik- und Verzahnmaschinen-Firmen. ■

Kontakt: volker.schulze@kit.edu

Der Moment, in dem Sie als Forscher oder Entwickler
bei uns ungeahnte Möglichkeiten für sich entdecken.
Für diesen Moment arbeiten wir.



// KARRIERE
MADE BY ZEISS

Als Technologieführer im Bereich der Optik- und Optoelektronik mit über 160-jähriger Tradition bietet ZEISS Talenten spannende Herausforderungen, die so vielfältig sind wie unser Produktportfolio selbst. Gleichzeitig steht ZEISS als Stiftungsunternehmen für Stabilität und übernimmt besondere Verantwortung für seine Mitarbeiter und die Gesellschaft.

Licht ist der Ursprung allen Lebens. Seit seiner Gründung macht ZEISS das Licht für die Menschen nutzbar. Deshalb unterstützt ZEISS das International Year of Light 2015.

Besuchen Sie uns auf:   

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



We make it visible.

In verschiedenen
Laboren werden in
der Metallografie
des KIT Werkstoffe
geprüft und
betrachtet

VON DOMENICA RIECKER-SCHWÖRER
FOTOS: MARKUS BREIG



Ins Innerste **geblickt**

Viele Maschinenbau-Studierende bekommen in der Metallografie im Herzen des Campus Süd ihren ersten unmittelbaren Kontakt mit den verschiedensten Materialien und den Möglichkeiten, deren Struktur zu untersuchen. Die Leiterin der Metallografie Katharina von Klinski-Wetzel hat lookKIT Einblicke in die Arbeit rund um die Welt der Werkstoffe gegeben.

Zunächst stellt Katharina von Klinski-Wetzel klar, dass die Materialwissenschaft eigentlich ein Gebiet ist, das uns allen sehr nahe liegt. „Alles ist aus irgendeinem Werkstoff hergestellt. Jedes Bauteil, das wir verwenden. Autos, die wir fahren. Brücken, über die wir gehen. Flugzeuge, mit denen wir in den Urlaub reisen, werden aus Werkstoffen konstruiert. Und die müssen bestimmte Eigenschaften haben. Sie müssen zum Beispiel eine hohe mechanische Belastung oder Temperatur ertragen können oder sie müssen oxidationsbeständig sein. Andere müssen bei niedrigen Temperaturen noch zäh genug sein, damit sie einer mechanischen Belastung stand-



halten“, erklärt von Klinski-Wetzel. Um diese Fragestellungen in der Werkstoffkunde zu beantworten, werden Proben unterschiedlichster Größe hergestellt, die in mechanischen Prüflabors getestet werden. „Wir arbeiten sehr viel mit Metallen, weil gerade Stahl oder Aluminiumlegierungen wichtige Konstruktionswerkstoffe sind. Wenn wir uns für die mechanischen Eigenschaften interessieren, ist die einfachste Prüfung eine Härteprüfung. Dabei untersuchen wir, wie tief ein Körper bei einer bestimmten Last in den Werkstoff eindringt. In Zug- und Druckversuchen schauen wir, wie der Werkstoff sich verformt und wann er versagt – bei welchen Spannungen oder Drücken. Wir bestimmen mechanische Kennwerte bei bestimmten Temperaturen unter verschiedenen mechanischen Belastungsformen, die Konstrukteure benötigen, um unseren Alltag sicher zu gestalten.“

*Das Festigkeitslabor zur
 Prüfung mechanischer
 Eigenschaften
 Strength laboratory
 for testing mechanical
 properties*



Foto links: Christoph Seemüller, wissenschaftlicher Mitarbeiter, an der Hochtemperatur-Universal-Prüfmaschine
Foto Mitte: Die Leiterin der Metallografie Katharina von Klinski-Wetzel

Left: Christoph Seemüller, research assistant, at the high-temperature universal testing machine
Middle: Katharina von Klinski-Wetzel, Head of the Metallography Unit



Dabei geht es auch oft darum, neue Werkstoffe zu entwickeln. „Zum Beispiel Hochtemperaturwerkstoffe, die heute in Flugzeugturbinen oder in stationären Turbinen eingesetzt werden. Diese Nickelbasissuperlegierungen erweichen ab 1 100 Grad. Man könnte die Effizienz dieser Maschinen steigern, wenn man einen Werkstoff hätte, der höhere Temperaturen erträgt.“

Der Grund für die unterschiedlichen Eigenschaften liegt in der inneren Struktur verborgen. Die Atome sind in einer regelmäßigen Gitterstruktur angeordnet und weisen eine sogenannte Fernordnung auf. Beim Eisen zum Beispiel sind die Atome auf Würfecken positioniert. Bei tiefen Temperaturen ist auch das Würfelzentrum mit einem Atom besetzt. Bei hohen Temperaturen sind aber statt des Zentrums die Würfelflächen von je einem Atom belegt. „Diese Struktur ist nicht perfekt“, erklärt von Klinski-Wetzel, „sie weist Baufehler auf, die das Werkstoffverhalten, zum Beispiel die Festigkeit, bestimmen. Es gibt eine ganze Reihe von Gitterbaufehlern, da kann ein Atom fehlen, das ist dann eine Leerstelle. Oder es kann sein, dass eine ganze Ebene in das Gitter eingeschoben ist, es entsteht eine sogenannte Versetzung. Es ist auch möglich, dass ein ganzer Haufen von Atomen fehlt, das ist dann eine Pore. Diese Gitterfehler können wir beeinflussen, indem wir zum Beispiel eine mechanische oder thermische Behandlung durchführen. Durch die Verformung wird der Werkstoff fester, weil mehr Versetzungen entstehen oder durch eine Wärmebehandlung heilen manche Gitterfehler aus.“

Doch um einen Werkstoff so genau betrachten zu können, ist Vorarbeit, die Präparation, nötig.

Probing Deep

Materials Are Examined and Viewed in Metallography, and the Atomic Probe Makes Individual Atoms Visible

TRANSLATION: RALF FRIESE

Many students of mechanical engineering experience their first direct contact with a variety of materials, and possibilities to examine their structures, in the Metallography Unit in the heart of Campus South. Samples of various sizes are prepared and tested in mechanical laboratories. Often this is a step in the development of new materials, such as high-temperature materials, for use in aircraft turbines or stationary turbines. Viewing a material with this degree of precision, however, takes preparatory work. A section of the sample is removed, ground and polished. This polished surface is inspected closely either with the naked eye or under a microscope.

Metallography requires the use of many different microscopes: An optical microscope at best can resolve objects on the order of 1 μm . However, many objects are much smaller than this. The next step is a scanning electron microscope, which can achieve resolutions of a few nanometers. Some problems, however, can be solved only on the atomic level. This is where scientists use the atomic probe.

The instrument is located on Campus North. It allows single atoms to be viewed and minute distributions of elements to be analyzed. Different areas of a material and their interfaces can be analyzed in this way.

The scientist responsible for 3D atomic probe tomography at the KIT is Dr. Julia Wagner of the Physical Metallography Unit of IAM-WK. In principle, the atomic probe is available roughly half the time to scientists of the KIT and other institutions of the Helmholtz Association, such as the Jülich Research Center, but may be used also by scientists of other institutions within the so-called Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF). The KNMF organizes the allocation of measurement time to external scientists. ■

Contact, Atomic Probe: julia.wagner@kit.edu

Contact, Metallography: katharina.klinski-wetzel@kit.edu

Link: www.kit.edu/videos/metallografie



Marielouise Zaiß studiert Maschinenbau und arbeitet in der Metallografie an ihrer Masterarbeit

Marielouise Zaiß studies mechanical engineering and works on her master's thesis in the Metallography Unit



Im Präparationsbereich des Labors werden die Werkstücke zur Mikroskopie vorbereitet

Workpieces are prepared for microscopy in the preparation area of the laboratory

„Wir nehmen ein Stückchen heraus und betten das in ein Harz. Dann wird es geschliffen und poliert mit rotierenden Schleifscheiben. Diese polierte Oberfläche schauen wir uns an. Manche Dinge kann man schon mit bloßem Auge nach dem Polieren sehen, andere Fehler sind so klein, dass wir sie nur unter dem Mikroskop betrachten können.“ Von denen es in der Metallografie sehr unterschiedliche gibt: „Wir fangen mit einem Lichtmikroskop an, können dort aber höchstens Objekte auflösen, die bei einem Mikrometer Größenordnung liegen. Es gibt aber viele Objekte, die kleiner sind. Der nächste Schritt wäre ein Rasterelektronenmikroskop, welches eine Auflösung von bis zu wenigen Nanometern erlaubt. Manche Fragen lassen sich aber nur auf der atomaren Ebene beantworten. Dazu nutzen wir die Atomsonde.“

Neben kleineren Aufträgen, die von außen an die Metallografie herangetragen werden, liegt

der Hauptauftrag in Forschung und Lehre. „In erster Linie betreuen wir hier von der Bachelorarbeit bis zur Dissertation wissenschaftliche Mitarbeiter und Studierende. Diese präparieren hier, mikroskopieren und analysieren die Werkstoffe.“

Dazu kommt ein Fachpraktikum für die Studierenden des Maschinenbaus. „Nach dem ersten Versuch können die Studierenden einen Stahl für die Untersuchung am Lichtmikroskop präparieren, mikroskopieren und die beobachteten Strukturen interpretieren. Dann untersuchen sie Stähle, die zum Beispiel sehr schnell abgekühlt wurden und dadurch besonders hart sind, was sich auch in der Struktur widerspiegelt. Auch andere metallische Werkstoffe werden betrachtet, ebenso wie Kunststoff, Polymere, Verbundwerkstoffe. Im letzten Versuch gehen wir an das Rasterelektronenmikroskop, um auch das als

Möglichkeit in der Metallografie zu zeigen. Da haben wir unterschiedliche Proben und die Wissenschaftler, die den Versuch betreuen, zeigen ihnen, wie die Maschine funktioniert.“

Die Faszination für den Werkstoff ist bei Katharina von Klinski-Wetzel ungebrochen: „Für mich macht auch den Charme der Metallografie aus, dass am Ende immer ein optisches Ergebnis vorhanden ist. Es entsteht entweder die lichtmikroskopische Aufnahme eines Gefüges, die rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Oberfläche oder die transmissionselektronenmikroskopische Abbildung einer Versetzung. Oder aber, als allerletzter Schritt, zerlegen wir den Werkstoff Atom für Atom an der Atomsonde.“ (Mehr zur Atomsonde auf Seite 48)

Kontakt: katharina.klinski-wetzel@kit.edu

Link: www.kit.edu/videos/metallografie



Groß.Stadt.Jäger

Den neuen Mercedes-Benz CLA Shooting Brake live bei S&G in Karlsruhe erleben.



Mercedes-Benz
Das Beste oder nichts.

Kraftstoffverbrauch kombiniert: 9,1-3,4 l/100 km, CO₂-Emissionen kombiniert: 165-101 g/km, Effizienzklasse: C-A+. Anbieter: S&G Automobil AG, Schoemperlenstr. 14, 76185 Karlsruhe.

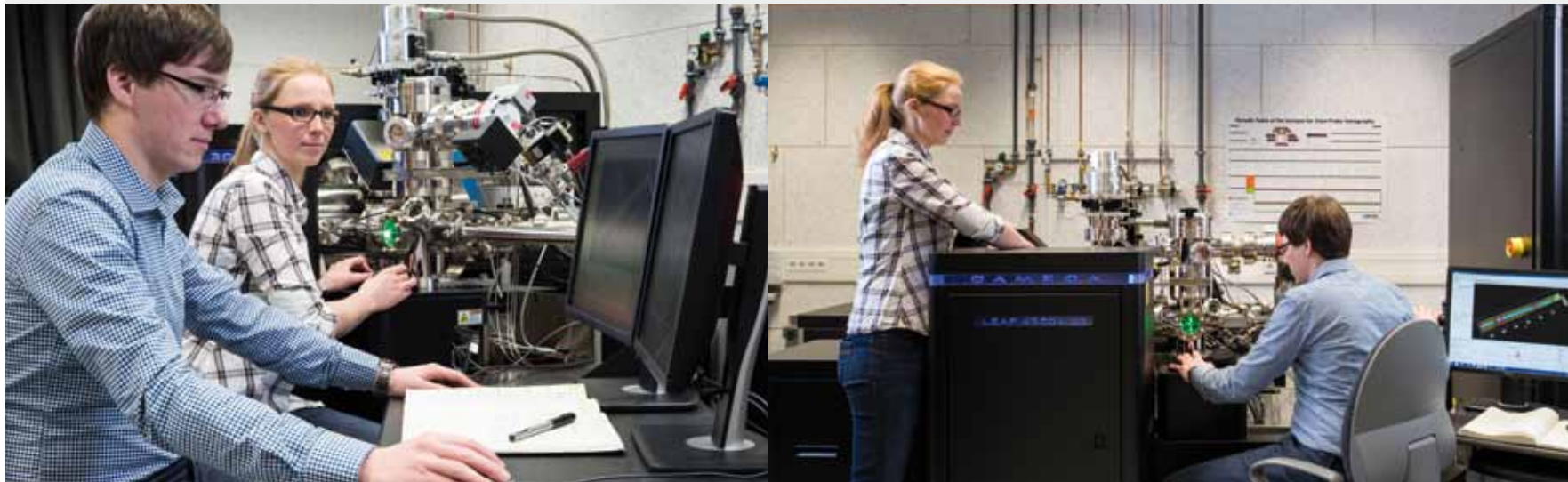
Sie fahren gut mit **S&G** -Weltweit ältester Mercedes-Benz Partner-

S&G Automobil AG, Autorisierter Mercedes-Benz Verkauf und Service, Schoemperlenstr. 14, 76185 Karlsruhe, Telefon 0721 9565-0, www.sug.de

Der letzte Schritt: Dreidimensionale Daten

Die Atomsonde am Campus Nord macht einzelne Atome in Festkörpern sichtbar

FOTOS: MARKUS BREIG



Doktorand Sascha Seils und die verantwortliche Wissenschaftlerin für die 3D Atom Probe Tomography, Dr. Julia Wagner, von der Abteilung Physikalische Metallkunde des Instituts für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde (IAM-WK)

Doctoral student Sascha Seils and the scientist responsible for 3D atomic probe tomography, Dr. Julia Wagner, of the Physical Metallography Unit of IAM-WK

Mit einem Rasterelektronenmikroskop können die Bruchflächen von Metallen in hohem Detailgrad betrachtet werden. Die Atomsonde zoomt nun noch etwas tiefer ins Material hinein. Mit ihr ist es möglich, einzelne Atome zu betrachten und kleinste Elementverteilungen zu analysieren. So können verschiedene Bereiche eines Materials und deren Grenzflächen analysiert werden.

Sascha Seils arbeitet regelmäßig für seine Doktorarbeit an der Atomsonde, die seit 2013 am Campus Nord im Institut für Nanotechnologie (INT) steht und vom Institut für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde (IAM-WK) be-

trieben wird. Er untersucht sogenannte Nano-cluster in ODS-Stählen. „Dieser Stahl besteht hauptsächlich aus den Elementen Eisen, Chrom und Nickel, die normalerweise gleichmäßig verteilt sind. Es gibt aber Bereiche, in dem bestimmte Atomsorten gehäuft vorkommen. Das ist erwünscht, weil es die Eigenschaften bei hohen Temperaturen entsprechend positiv beeinflusst. Wie die Cluster genau entstehen, versuchen wir herauszufinden. Wir wollen wissen, wie diese Cluster aussehen, wenn wir das Material heiß kompaktiert haben. Was passiert mit diesen Clustern, wenn wir das Material lange Zeit hohen Temperaturen aussetzen? Wie verhält sich der Stahl bei diesen Tempera-

turen unter mechanischer Last und wie verändern sich dann die Cluster? Auf die ganz lange Sicht geht es darum, einen Stahl herzustellen, der feine Oxidpartikel hat, um die Hochtemperatureigenschaften, wie beispielsweise seine Festigkeit, zu verbessern.“

Dafür muss Sascha Seils sehr aufwendig Proben des Stahls, den er und seine Kollegen selbst hergestellt haben, vorbereiten. „Wir haben aus dem Material eine Spitze gefertigt, die oben einen Durchmesser von maximal 100 Nanometern hat“, erklärt er. „Diese wird auf einem Probenhalter fixiert und mit diesem in die Atomsonde eingebaut. An die Spitze wird eine sich

langsam erhöhende elektrische Spannung angelegt. Dadurch steigt das elektrische Feld am Ende der Probenspitze immer weiter an. Wenn das Feld hoch genug ist, werden Atome als geladene Teilchen, den Ionen, aus der Probenspitze quasi verdampft und durch die angelegte elektrische Spannung zum Detektor beschleunigt. Über seine Flugbahn kann man genau zurückrechnen, ob das Ion rechts oder links von der Probenspitze verdampft wurde. Damit kann man das Ganze nach und nach dreidimensional rekonstruieren. Gleichzeitig wird im Detektor die Flugzeit der Ionen gemessen. Die Flugzeit ist abhängig von der Masse und der Ladung des Ions. Mithilfe der Flugzeit ist es deshalb möglich, das Ion eindeutig einem Element zuzuordnen. Wir holen quasi ein Atom nach dem anderen aus der Probenspitze heraus, wissen, wo es herkam, analysieren die Atomsorte und setzen die Atome im Computer wieder zusammen. So entsteht ein 3-D-Bild der verdampften Probenspitze.“

Etwas schwieriger wird es, wenn die Probenspitzen aus weniger leitfähigen Materialien als Stahl bestehen. Solche Spitzen, zum Beispiel aus Oxiden oder Keramiken, brechen unter den hohen elektrischen Feldern leicht ab. Für solche Materialien besitzt die Atomsonde zusätzlich einen Laser. Durch sehr kurze Laserpulse wird die Probe kurzzeitig aufgeheizt und die Atome an der Spitze werden bereits bei niedrigeren elektrischen Feldern verdampft. Dank dieser Technik hat sich das Anwendungsgebiet für Messungen mit der

Atomsonde stark vergrößert. Neben den klassischen Untersuchungen an Metallen und deren Legierungen können nun auch schlechte elektrische Leiter wie Keramiken oder Oxide Atom für Atom untersucht werden.

Verantwortliche Wissenschaftlerin für die 3D Atom Probe Tomography am KIT ist Dr. Julia Wagner von der Abteilung Physikalische Metallkunde des IAM-WK. „Grundsätzlich steht die Atomsonde zu etwa 50 Prozent Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des KIT und anderen Einrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft, wie zum Beispiel dem Forschungszentrum Jülich, zur Verfügung“, erklärt sie, „aber auch Forscherinnen und Forscher anderer Einrichtungen können die Atomsonde innerhalb der sogenannten Karlsruher Nano Micro Facility nutzen.“ Die KNMF organisiert die Messzeitvergabe an externe Wissenschaftler. „Von einem internationalen Review-Komitee werden die eingehenden Forschungsanträge begutachtet“, erklärt Julia Wagner, „wenn diese Proposals für wissenschaftlich gut befunden werden, dann bekommen die Antragsteller kostenlose Messzeit bei uns.“ Voraussetzung ist außerdem, dass die Ergebnisse anschließend publiziert werden. Für Industriekunden, die ihre Ergebnisse nicht veröffentlichen wollen, gibt es zudem kostenpflichtige Priority Proposals. „Bisher haben wir davon noch sehr wenige“, so Julia Wagner. In beiden Fällen müssen die Wissenschaftler bzw. Kunden nicht selbst anreisen. „Sie können uns ihre Proben zuschicken und wir kümmern uns



Hinter der grün leuchtenden Scheibe befindet sich der Probenhalter

The sample holder is located behind the green-shining window

um die Probenpräparation, die Messungen selbst und auch um die Datenanalyse“, sagt Julia Wagner. „Wir werden dann in den Publikationen mit Namen und Institution genannt, was unsere Sichtbarkeit innerhalb der wissenschaftlichen Community verbessert“, so Julia Wagner. (jw, ss, drs) ■
Kontakt: julia.wagner@kit.edu

MBA Programme – Neue Perspektiven für Führungskräfte

 Frankfurt School of Finance & Management
Bankakademie | HfB

Stärken Sie Ihre Management-Kompetenzen auf Englisch und werden Sie Teil eines branchenübergreifenden Netzwerks an einer der führenden Business Schools Deutschlands. Unsere teilnehmerorientierte Lernmethoden mit Fallstudien stellen die Studierenden in den Mittelpunkt des Unterrichts.

Full-time MBA:

- 15 Monate Vollzeitstudium
- zwei einwöchige Auslandsaufenthalte
- umfassendes Career Development-Programm

Executive MBA:

- 18 Monate berufsbegleitendes Studium
- internationaler Fokus einschl. Auslandswoche
- individuelles Leadership Coaching

Jetzt informieren und bewerben unter: www.fs.de/mba





MIKROSKOP-NOSTALGIE

MICROSCOPE NOSTALGIA

VON DOMENICA RIECKER-SCHWÖRER // TRANSLATION: RALF FRIESE // FOTO: MARKUS BREIG

Auf den ersten Blick wirkt das Transmissionselektronenmikroskop (TEM) am Institut für Angewandte Materialien – Angewandte Werkstoffphysik (IAM-WP) alles andere alt – das ist es auch nicht – aber dennoch wurde es schon vor 14 Jahren angeschafft. Als es KIT-Fotograf Markus Breig nun vor die Linse bekam, weckte es in ihm nostalgische Gedanken: „Vor kurzem habe ich ähnliche Geräte fotografiert, die im letzten Jahr gekauft wurden. Sie sind viel schlichter, unscheinbarer und unspektakulärer als das Mikroskop damals. Zudem sitzen die Bediener nur noch vor Monitoren und schauen nicht mehr in ein klassisches Okular. Für die Wissenschaftler ist das bestimmt ein Fortschritt, aber die Bandbreite der fotografischen Gestaltungsmöglichkeiten schmälern sich durch diese Entwicklung zusehends.“

So ist es Markus Breig eine künstlerische Freude, durch einen besonderen Trick die „Bullaugen“ des Mikroskopes hervorzuheben: „Eigentlich leuchten sie nicht so hell, wie ein Kenner des TEM weiß. Dank digitaler Fotografie habe ich eine zweite Belichtung erstellt, in der ich von einer Assistentin das Innere beleuchten lies. Danach habe ich aus diesem Bild, in dem Assistentin und Scheinwerfer zu sehen waren, nur die beiden Bullaugenfenster ausgeschnitten und in das Hauptbild eingesetzt.“ ■

At first sight, the transmission electron microscope of the Institute for Applied Materials – Applied Materials Physics (IAM-AW) looks anything but old, which it is not, but still it was purchased fourteen years ago. When KIT photographer Markus Breig now saw it through his viewfinder, it gave rise to nostalgic ideas in his mind. “I recently took pictures of similar equipment purchased last year. The units are much more streamlined, far less spectacular than the old microscope. Moreover, their operators sit in front of monitors and no longer look into a classic eyepiece. This certainly spells progress to scientists, but the development more and more reduces the range of photographic design possibilities.”

As a consequence, Markus Breig takes an artist’s pleasure in emphasizing the “portholes” of the microscope by a special trick: “Actually, they do not shine that bright, as everybody knows who has seen a TEM. I employ digital photography for a second exposure in which I had an assistant illuminate the interior. Then I took the picture, which also showed the assistant and the lamps, cut out only the two porthole windows and inserted them into the main image. ■



Steinbeis-Transferzentrum für
Management-Training

Kontakt: Prof. Rolf Richterich, r.richterich@stz-mgmt.de, Tel. 07451-521 272, www.stz-mgmt.de



University
of Bolton

Integrate career into your life – Now!

Mit dem Global MBA-Programm der University of Bolton entwickeln Sie
MGMT-Führungskompetenz für internationale Märkte

- mit dem Gütesiegel der QAA
- berufsbegleitend
- zeit- und kosteneffizient
- auch als „Quereinsteiger“

Seit 2005 finden MBA-Programme der University of Bolton auch in Deutschland statt. Dazu halten international tätige Professoren Vorlesungen am Campus Horb.

Der MBA-Degree wird von der University of Bolton vergeben. Zugangsvoraussetzung ist der Bachelor oder vergleichbare Leistungen; diese müssen ggf. nachgewiesen werden – wir beraten Sie gerne.

Vorlesungsort: DHBW Stuttgart Campus Horb
Florianstr. 15, D-72160 Horb a.N.

Ettlingen – Ihr Zuhause für Wachstum

Kompetent, flexibel, zukunftsorientiert: Wirtschaftsförderung und Gebäudewirtschaft in Ettlingen

Bedarfsorientiertes Planen und Handeln im Dialog mit Handel, Gewerbe und Wirtschaft ist Voraussetzung für zukunftsichere Wirtschaftspolitik.

Diese konstruktive Partnerschaft zwischen Politik, Verwaltung und Wirtschaft zur Sicherung eines sozial- und ertragsstabilen Leistungsumfeldes wird in Ettlingen schon lange erfolgreich praktiziert.

Flächen- und Gebäudenutzungskonzepte und erfolgreiche Wirtschaftsförderung sind untrennbar verbunden. Deshalb werden in Ettlingen seit Jahren diese Kompetenzen für den städtischen Grundbesitz mit Erfolg auf einen Ansprechpartner zusammengeführt.

Ob Neuansiedlung, Existenzgründung oder Bestandspflege – komplexe Beratung und alle Dienstleistungen

für die Gewerbeflächen leistet die koordinierte Stelle Wirtschaftsförderung und Gebäudewirtschaft.

Sprechen Sie mit uns. Wir sind Ihr Dienstleistungspartner für Unternehmensansiedlung und -entwicklung.

Denn Ihr Erfolg ist auch unser Erfolg und umgekehrt.

Stadt Ettlingen

Amt für Wirtschaftsförderung
und Gebäudewirtschaft
Ottostraße 5, 76275 Ettlingen
Tel. 07243 101-212, Fax 07243 101-854
E-Mail: wifoe@ettlingen.de



Ettlingen

UNSERE PRODUKTE

Der Standard für technische Graphen



Automatische Bildanalyse



Automatische Signalanalyse



Automatische Kurvenanpassung



Mehr Statistik, mehr Graphen,
weniger Aufwand



Comprehensive
Statistical Analysis

Systat Software GmbH
Schimmelbuschstrasse 25
D-40699 Erkrath
Tel. +49-2104-954 20
Fax: +49-2104-954 10
www.systat.de

Automatische Peakseparation
und -Analyse



Automatische Oberflächenanpassung



Automated Surface Fitting Analysis



NEU SigmaPlot® 13
Datenanalyse und Graphen:
Einfach und intuitiv



**Spezielle Preise
für Forschung
und Lehre.**

Informationen über spezielle Lizenzprogramme unter 02104 95420 • Kostenlose Demo-CD anfordern unter: kontakt@systat.de (Bitte FL1504 angeben)

Spur der Steine

KIT-Wissenschaftler untersuchen, warum winzige Gesteinsklüfte im Erdinneren zuwachsen

VON MORITZ CHELIUS



FOTO: BMU/RUPERT OBERHÄUSER

Wer im Großraum Karlsruhe wohnt, kennt das Problem: Nach kurzer Zeit sind die Wasserleitungen verkalkt. Im Haushalt ist das ärgerlich, aber lösbar, tief unter der Erde jedoch kann derselbe Effekt zu einem schwerwiegenden Problem führen. Dort durchziehen unzählige Spalten das Gestein, die der Mensch zur Ölförderung oder für geothermische Kraftwerke nutzt. Diese Spalten sind oft mehrere Kilometer lang, aber nur wenige Millimeter breit, und wenn sie zuwachsen, werden die Quellen unrentabel oder versiegen ganz. Ankit Kumar vom Institut für Angewandte Materialien – Computational Materials Science (IAM-CMS) am KIT befasst sich seit Jahren mit den Mechanismen, die zu einer Versiegelung der Klüfte führen.

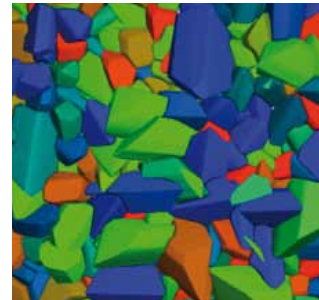
Abhängig von der Temperatur, der Fließgeschwindigkeit und dem Druck, lösen sich aus der durchströmenden Flüssigkeit Mineralien. Die lagern sich an den Rändern der Spalten ab, gehen feste chemische Verbindungen ein und bilden Kristalle. Diese versucht Ankit Kumar grundlegend zu verstehen. „Unter dem Mikroskop sehen die Kristalle oft aus wie schiefe Zähne. Sie wachsen aufeinander zu, blockieren oder überwuchern sich. Meistens setzt sich aber schnell eine bestimmte Wuchsrichtung durch. Da die Kristalle von allen Seiten wachsen, dauert es manchmal nicht lange, bis die Spalten komplett verschlossen sind.“

Dass sich die Wissenschaft mit den Versiegelungsmechanismen solcher Spalten befasst, ist



Ankit Kumar (rechts)
 und Michael Selzer vom
 Institut für Angewandte
 Materialien – Computational
 Materials Science (IAM-CMS)

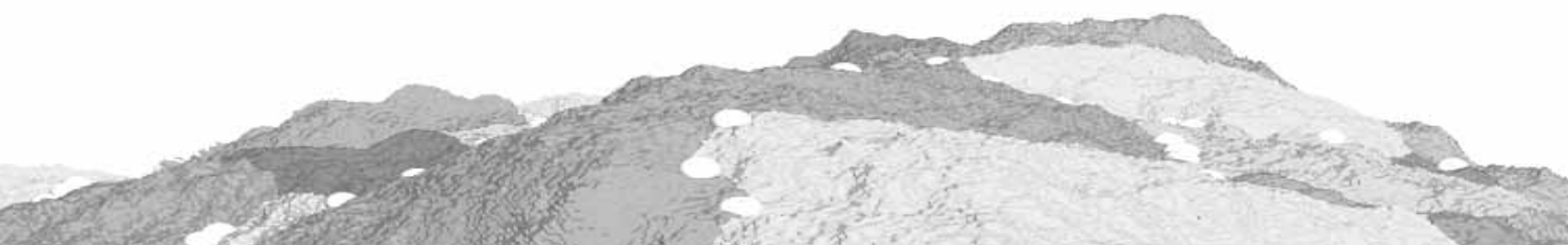
Ankit Kumar (right)
 and Michael Selzer of
 the Institute for
 Applied Materials –
 Computational Materials
 Science (IAM-CMS)



keine Selbstverständlichkeit. In den USA beispielsweise kümmern sich der Staat und die Industrie um solche Feinheiten vergleichsweise wenig. Um dort an schwer zugängliche Öl- und Gasreserven heranzukommen, wird das Gestein künstlich aufgebrochen und offen gehalten. Fracking heißt die Methode, bei der tonnenweise chemische Explosionsstoffe, Schmier- und Stützmittel in den Untergrund gepumpt werden. In Deutschland und in weiten Teilen Europas ist sie stark umstritten, weil deren Auswirkungen nicht erforscht sind – befürchtet werden unter anderem die Verunreinigung des Grundwassers und die Auslösung von Erdbeben. Eine Gesellschaft, die solche Risiken nicht eingehen will, braucht eine Forschung, die versucht die natürlichen Gegeben-

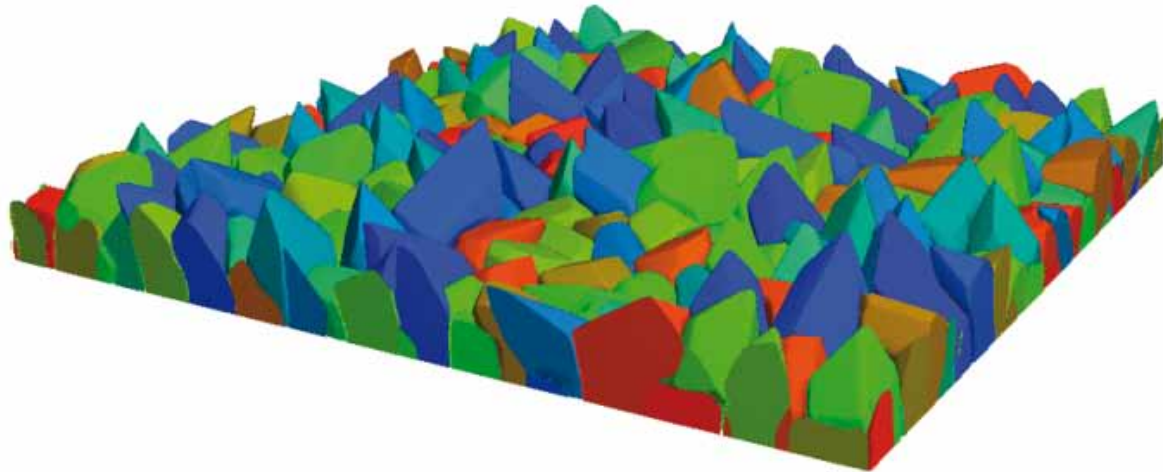
heiten zu verstehen, und herausfindet, wie man sie bestmöglich nutzt.

Daran arbeitet auch Michael Selzer, ebenfalls vom IAM-CMS. Er befasst sich damit, nach welchen Gesetzmäßigkeiten Flüssigkeiten durch die Gesteinsklüfte fließen. Von Interesse sind für ihn die Wechselwirkungen zwischen der Höhe des Wasserdrucks, der Strömungsgeschwindigkeit und der geometrischen Form der Kluft. „Einen dieser Parameter zu untersuchen ist relativ leicht. Nimmt man alle zusammen, ist das eine große Herausforderung.“ Das gilt erst recht, wenn man die beiden Gründe für den Versiegelungsprozess – das Kristallwachstum und das Strömungsverhalten – gemeinsam betrachtet.



Die Phasenfeldsimulation zeigt die biaxiale Versiegelung von geologischen Klüften

Phase-field simulation showing the bitaxial sealing in geological veins



Grundlagenforschung, wie sie am IAM-CMS betrieben wird, geschieht vor allem am Schreibtisch. Die Wissenschaftler kooperieren mit Geologen, wie Professor Thomas Kohl vom Institut für Angewandte Geowissenschaften des KIT, von denen sie kleine Gesteinsproben erhalten, die sie dann exakt vermessen und in ein Computermodell eingeben. Versuchsanordnungen mit wirklichen Proben führen sie hingegen nicht durch. Michael Selzer erklärt, warum: „Im Labor kann man eigentlich nur ermitteln, wie viel Wasser vorne hinein- und hinten wieder herauskommt. In das Gestein selbst und seine vielen kleinen Kanäle kann man nicht schauen. Unser Computermodell ermöglicht einen Einblick ins Innere der Kanäle.“ Auch das Wachstum der Kristalle in den Spalten lässt sich im Labor kaum simulieren, sagt Ankit Kumar: „Das ist nur möglich in einem künstlichen Versuchsaufbau, der dann mit der Realität nicht viel zu tun hat. Denn tatsächlich gibt es viel mehr als nur einen Kristalltyp, und die Zusammensetzung der Flüssigkeit, die durch die Spal-

The Trace of Rocks

KIT Scientists Study Why Tiny Rock Fissures Inside the Earth Fill up

TRANSLATION: RALF FRIESE

Rock inside the earth is permeated by tiny fissures from which, oil or gas and heat can be extracted for geothermal power plants. When these fissures fill up, energy sources become uneconomical or dry up altogether. Scientists of the KIT Institute for Applied Materials – Computational Materials Science (IAM-CMS) study mechanisms which lead to this filling. The liquids permeating the rock dissolve minerals, which are then deposited at the edges of fissures and produce crystals. These crystals can grow until they seal a fissure completely. Other reasons for filling up, which are closely related to crystal growth and are also being studied at the IAM, are hydrostatic pressure, flow rate, and the geometric shape of fissures. Neither crystal growth nor flow characteristics can be studied satisfactorily in test setups or in the laboratory. For this reason, scientists use a computerized model. Unlike the usual empirical geoscientific approaches, it functions on a purely physical basis and is said to be able to replace experiments. The research findings can become important in oil and gas extraction, but also for renewable energies. For instance, the location of an oil field could be predicted much more precisely than before, and the economic viability of geothermal power plants could be enhanced. ■

Contact: michael.selzer@kit.edu

ten fließt, ist äußerst komplex.“ Auch hier soll der Computer helfen. Selzer und Kumar arbeiten mit der sogenannten Phasenfeldmethode. Bislang wird sie vor allem in den Materialwissenschaften eingesetzt, nicht aber in den Geowissenschaften. Sie verfolgt einen grundlegend anderen Ansatz, da sie mit rein physikalischen und nicht, wie andere Modelle, mit empirischen Eigenschaften arbeitet. „Geologen sind es gewohnt, Experimente zu machen und daraus Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Unser Modell hingegen will das Experiment ersetzen“, erklärt Michael Selzer. „Dabei ist entscheidend, die Eigenschaften der verschiedenen Materialien genau zu kennen. Je exakter man sie in das Modell eingibt, umso besser sind die Resultate.“

Die Ergebnisse können unter anderem für die Nutzung der erneuerbaren Energien wichtig werden, beispielsweise für den Bau und Erhalt von geothermischen Kraftwerken. Dabei wird, vereinfacht dargestellt, durch ein mehrere hundert bis mehrere tausend Meter tiefes Bohrloch kaltes Wasser eingeleitet und an einer anderen Stelle wieder hochgepumpt. Im Erdinneren hat sich das Wasser dann erwärmt und kann vielfältig genutzt werden, etwa zum Heizen oder zur Stromgewinnung. Es liegt auf der Hand, dass es für die Rentabilität solcher Anlagen entscheidend ist zu verstehen, wie das Wasser unter der Erde am besten fließt und was es daran hindern könnte. Doch auch die Öl- und Gasförderung kann von der Forschung profitieren, sagt Ankit Kumar: „Wenn sich das Modell weiterentwickelt, werden wir durch ein paar einfache Gesteinsproben die Position eines Öl- oder Gasfeldes sehr viel besser vorhersagen können als bislang.“ ■

Kontakt: michael.selzer@kit.edu



Individuelle Lösungen mit SYStem ... für Boden, Tisch, Wand und 19"-Systeme

- Flammwidrige Kombikabel für alle Fälle
- Individuell konfigurierbare Verteilsysteme für Boden, Tisch und Wand
- Einfache und platzsparende Montagelösungen
- Großes Sortiment an Installationszubehör
- Schnelle Lieferverfügbarkeit



Platzsparende Kombi-Konferenzkabel

Made in Germany

Das komfortable Design-Wandanschluss-System

SYS WALL

19"/4 Conference-Module (Mix, Amp, Control)

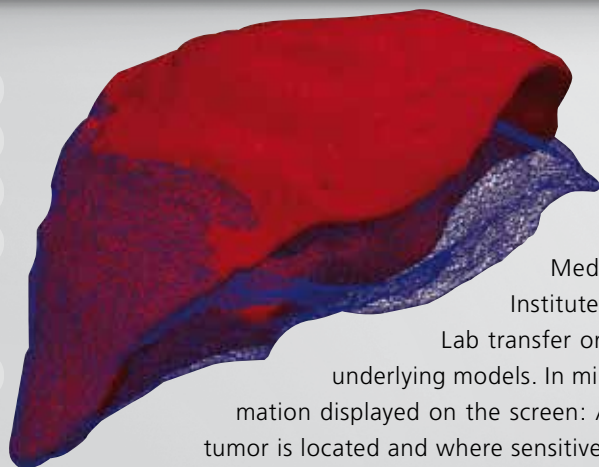


SOMMER CABLE

GRATISKATALOG ANFORDERN!

SOMMER CABLE GmbH

Audio ■ Video ■ Broadcast ■ Medientechnik ■ HiFi
info@sommercable.com ■ www.sommercable.com



Organmodell
Leber

Organ model
of the liver

Virtual Support in the Operating Room

Using a new computation method, young scientists of the Medical Engineering Group of Dr. Stefanie Speidel of the KIT Institute of Anthropomatics – Humanoids and Intelligence Systems Lab transfer organ deformation during computer-aided operations to the underlying models. In minimally invasive operations, a surgeon has to trust the information displayed on the screen: A virtual 3D model of the respective organ shows where a tumor is located and where sensitive vessels can be found. Soft tissue, such as the tissue of the liver, however, deforms during breathing or when the scalpel is applied. Endoscopic cameras record in real time how the surface deforms, but do not show the deformation of the deeper structures, such as tumors. The young scientists of Karlsruhe Institute of Technology (KIT) have now developed a real-time-capable computation method to adapt the virtual organ to the deformed surface profile.

Medical Physics, vol. 41 (2014): [dx.doi.org/10.1118/1.4896021](https://doi.org/10.1118/1.4896021)

Video on the 3D model: www.kit.edu//videos/virtuelle_op_planung

Contact: stefanie.speidel@kit.edu

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

In Wissenschaftsrat berufen

Bundespräsident Joachim Gauck hat die Professorin Dorothea Wagner vom Institut für Theoretische Informatik (ITI) und Professor Peter Gumbsch vom Institut für Angewandte Materialien – Computational Materials Science (IAM-CMS) in den Wissenschaftsrat berufen. Dorothea Wagner leitet den Lehrstuhl für Algorithmik I am ITI. Hier entwickelt sie praktisch einsetzbare Algorithmen für vernetzte Infrastrukturen in Verkehrsnetzen. Peter Gumbsch ist der Leiter des Lehrstuhls Werkstoffmechanik. Er erforscht die innere Struktur sowie das Verhalten von Werkstoffen und Bauteilen. Der Wissenschaftsrat ist eines der wichtigsten wissenschaftspolitischen Beratungsgremien in Deutschland: Er berät Bundesregierung und -länder zur inhaltlichen und strukturellen Entwicklung der Wissenschaft, der Forschung und des Hochschulbereichs.

Info: www.wissenschaftsrat.de

Elektrolyt für Magnesium-Schwefel-Batterien

Das vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) gegründete Helmholtz-Institut Ulm (HIU) treibt die Forschung zu Batterien der nächsten und übernächsten Generation voran: Eine Forschungsgruppe hat nun einen Elektrolyten entwickelt, der den Bau von Magnesium-Schwefel-Batteriezellen ermöglicht. Mit Magnesium lassen sich höhere Speicherdichten erreichen als mit Lithium. Zudem kommt Magnesium häufig in der Natur vor, ist ungiftig und zersetzt sich nicht an der Luft. In der Zeitschrift „Advanced Energy Materials“ stellt die Forschungsgruppe den neuen Elektrolyten vor.

DOI: 10.1002/aenm.201401155

Info: www.hiu-batteries.de



FOTO: PRIVAT



FOTO: IRINA WESTERMANN

NACHRICHTEN | NEWS +++ NACHRICHTEN | NEWS +++

Konferenz für internationale Energieforschung

Vom 20. bis 22. Mai 2015 lädt die Konferenz „EST 2015 – Energy, Science and Technology“ erstmals ins Kongresszentrum Karlsruhe ein. Schwerpunkte sind Erneuerbare Energien, Energieeffizienz sowie Energiesysteme, Netze und Speicherung. Das KIT ist einer der wissenschaftlichen Partner und unterstützt die inhaltliche Gestaltung. In Vorträgen, Fach- und Posterausstellung werden aktuelle Themen zur Energieforschung diskutiert.

Anmeldung und Programm: www.est-conference.com



FOTO: MARKUS BREIG

Hochschule der Top-Manager

Das KIT ist die beliebteste Hochschule der prominenten deutschen Wirtschaftslenker. Dies zeigt eine Studie von Michael Hartmann, Professor für Elite- und Organisationssoziologie in Darmstadt. Wie die Auswertung der Bildungsbiografien von 529 Vorstandsmitgliedern der 100 größten deutschen Unternehmen ergab, haben 24 der Top-Manager ein Studium am KIT bzw. ihrer Vorgängereinrichtung, der Universität Karlsruhe, absolviert. Es folgt die Universität Köln sowie die RWTH Aachen (je 17). Weiteres Ergebnis: Ein Großteil der Managementelite hat an einer staatlichen deutschen Hochschule studiert.

Bird Tree of Life Reproduced

The scientist Alexandros Stamatakis, Professor for High-performance Computing in Life Sciences of the KIT Institute of Theoretical Informatics and Head of the Research Group "Scientific Computing" of the Heidelberg Institute for Theoretical Studies (HITS), and his team reproduced the tree of life of birds via gene analysis and supercomputing. According to their results, today's diversity developed from a few species at a virtually explosive rate over a period of 15 million years. The KIT scientists designed the algorithms for the comprehensive analysis of the evolution of birds. To obtain the results reported in the journal Science, a computing capacity of 300 processor-years was required.

DOI 10.1126/science.1253451

Contact: alexandros.stamatakis@kit.edu

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Gisela Lanza in acatech gewählt

Die Professorin Gisela Lanza, Inhaberin des Lehrstuhls für Produktionssysteme und Qualitätsmanagement und Mitglied der Institutsleitung am wbk Institut für Produktionstechnik ist als neues Mitglied in die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) aufgenommen worden. Die acatech berät Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen und unterstützt den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Die Mitglieder von acatech werden aufgrund ihrer herausragenden wissenschaftlichen Leistungen in die Akademie aufgenommen. Gisela Lanzas Arbeitsschwerpunkt liegt auf der globalen Produktion. In der vergangenen Legislaturperiode vertrat Gisela Lanza das KIT in der Forschungsunion, dem zentralen innovationspolitischen Beratungsgremium der Bundesregierung. Zudem ist sie Direktorin des „Global Advanced Manufacturing Institute (GAMI)“ in Suzhou (China).

Info: www.acatech.de

FOTO: MARKUS BREIG





FOTO: ANDREA FABRY

Dipl.-Ing. Mark Eberhard betreut und koordiniert die Forschungsarbeiten am 5 MW Flugstromvergaser für die bioliq®-Pilotlinie

Dipl.-Ing. Mark Eberhard manages and coordinates research relating to the 5 MW entrained-flow gasifier for the bioliq® pilot line

The bioliq® Plant Is in Operation

KIT's Contribution to Research for the Energiewende

BY DR. SIBYLLE ORGELDINGER // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Of all renewable energy sources, biomass is considered a multi-talent. The bioliq® process developed by KIT, for instance, does not merely convert biogenous residues into high-quality fuels. Linking of the bioliq® plant to the Energy Lab 2.0 also provides for a sustainable combination of power and heat generation with mobility.

Extending the use of renewable energies, increasing energy efficiency: These are two major objectives of the transformation of the energy system in Germany. They can be reached with the help of high-performance storage systems and smart grids ensuring stability and

supply security. A platform on which scientists can conduct experiments and simulations to study how the different components of an economically efficient, reliable, and environmentally compatible energy system will interact is currently being established at KIT: The Energy Lab 2.0. It will integrate energy conversion, storage, and distribution facilities, energy consumers, electric, thermal, and chemical energy flows as well as new information and communication technologies. Shortly after the kickoff of the Energy Lab 2.0 (see LookKIT 04/2014), another important project started operation: The bioliq® pilot plant on KIT Cam-

pus North was commissioned over the complete process chain.

bioliq® (biomass to liquid Karlsruhe) is a process using dry residual biomass for the production of fuels and also of important basic substances for the chemical industry. The process consists of four stages: Fast pyrolysis, high-pressure entrained-flow gasification, hot gas cleaning, and synthesis. KIT executed the pilot project funded by the Federal Republic of Germany, the state of Baden-Württemberg, and the European Union in cooperation with several industry partners. Total investment costs amount to EUR 64 million.





FOTO: MARKUS BREIG

The bioliq® process is based on residues from agriculture and forestry, such as straw, hay, and wood waste, and on residues from landscape work. This material can be used neither as food nor as feedstuff. No additional cultivation areas are needed. Hence, the frequently discussed conflict between “tank and table” is avoided.

The bioresidues used have one drawback, however – their low average energy density of 2 gigajoules per cubic meter. Moreover, they arise in a widely distributed manner. Transportation over longer distances to a central processing plant would be neither economically

nor ecologically reasonable. The bioliq® concept solves this problem by combining decentralized processing with centralized large-scale production. First, the residual biomass is converted into a crude oil-like substance by fast pyrolysis at decentralized plants. This so-called biosyncrude has an energy density of 25 gigajoules per cubic meter. Hence, transportation over longer distances to a central processing plant is reasonable from the economic point of view.

A high-pressure entrained-flow gasifier converts the biosyncrude into a tar-free synthesis

gas at temperatures above 1200°C and pressures of up to 80 bar. The synthesis gas mainly consists of carbon monoxide and hydrogen. Downstream hot gas cleaning is designed to remove impurities, such as particles, chlorine, and nitrogen compounds, from the synthesis gas. The downstream synthesis stage produces customized fuels or basic chemical products. The bioliq® pilot plant has already produced high-quality gasoline that is environmentally compatible, fully engine-compatible, and can be combined easily with other fuels. Its output is about 1 ton of fuel per day. Still, refueling at the bioliq® plant is not possible.



The gasoline produced will be subjected to various tests. Having commissioned the complete process chain, KIT scientists are now working on the precise balancing of the technologies in terms of materials and energy flows. On this basis, the processes will be op-

timized. The industry partners of the bioliq® project are to be enabled to transfer the technologies to the scale of commercial production. In addition, the bioliq® pilot plant will be used as a research and development platform and linked to the Energy Lab 2.0. The synthesis gas produced by the high-pressure entrained-flow gasifier can also be used for power generation, which will make power plants less dependent on fossil fuels and more flexible and environmentally compatible in operation. Within the Energy Lab 2.0, a gas turbine and a generator will be used for this purpose. The German Aerospace Center (DLR) will contribute a combustion system for rapid load cycling and the efficient use of various fuels.

Forschung für die Energiewende:
Sprit aus Stroh

Research for the 'energiewende':
Gasoline from straw



Die bioliq®-Anlage ist in Betrieb

Ein Beitrag des KIT zur Forschung für die Energiewende

Das am KIT entwickelte Verfahren bioliq® (Biomass to Liquid Karlsruhe) nutzt trockene Restbiomasse, um hochwertige Kraftstoffe sowie Grundstoffe für die chemische Industrie herzustellen. Der Prozess umfasst mehrere Stufen: Schnellpyrolyse, Hochdruck-Flugstromvergasung, Heißgasreinigung und Synthese. Das KIT hat das von Bund, Land und EU geförderte Pilotprojekt mit mehreren Industriepartnern realisiert; die Gesamtinvestition beträgt 64 Millionen Euro. Weil das bioliq®-Verfahren auf Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft wie Stroh, Heu und Holzabfälle zurückgreift, die sich weder als Nahrungs- oder Futtermittel eignen noch zusätzliche Anbauflächen belegen, vermeidet es den Konflikt zwischen „Tank und Teller“. Das bioliq®-Konzept löst zudem das Problem der geringen Energiedichte der eingesetzten Restbiomasse, indem es dezentrale Verarbeitung und zentrale großtechnische Herstellung kombiniert.

Als Forschungsplattform bildet die bioliq®-Pilotanlage das Rückgrat des am KIT entstehenden Energy Lab 2.0, das Energiewandlung, -speicherung, -verteilung und -nutzung, elektrische, thermische und chemische Energieströme sowie neue Informations- und Kommunikationstechnologien integriert. Das bei bioliq® produzierte Synthesegas lässt sich auch zur Stromerzeugung einsetzen. Im Energy Lab 2.0 werden dazu eine Gasturbine und ein Generator eingesetzt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das großenteils aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff bestehende Synthesegas über die Fischer-Tropsch-Synthese in gasförmige oder flüssige Kohlenwasserstoffe umzuwandeln und diese zu Gas, Flüssiggas, Diesel oder Kerosin zu veredeln. Über Methanisierung lässt sich aus dem Synthesegas Synthetic Natural Gas (SNG) herstellen. Dieses ist dem Erdgas ähnlich und lässt sich wiederum zur Wärmeerzeugung, zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme sowie als Kraftstoff nutzen. ■

Kontakt: nicolaus.dahmen@kit.edu



FOTO: ANDREA FABRY



FOTO: ANDREA FABRY

Mark Eberhard in der Anlage

Mark Eberhard in the plant

Another option consists in converting the synthesis gas into components that may be refined to synthetic diesel fuel or kerosene by means of the Fischer-Tropsch synthesis. Methanation of the synthesis gas allows for the production of "synthetic natural gas" (SNG). It is similar to natural gas and can be used for heat production, co-generation of power and heat, and as a fuel.

Within the framework of the Energy Lab 2.0, the large-scale bioliq® plant will be integrated into the local power grid of KIT together with other producers and consumers. Research will be aimed at developing and optimizing the control of such local grids and their connection to supraregional grid structures.

Investments in the bioliq® project total about EUR 64 million. Nearly 50% (about EUR 29 million) are funded by third parties: The Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) contributed EUR 27 million, the Baden-Württemberg Ministry of Science, Research, and the Arts (MWK) financed EUR 1 million, and the European Regional Development Fund (ERDF) funded EUR 1 million. The BMEL funds were supplied via the funding agency Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., FNR, while the ERDF funds were made available via the Baden-Württemberg Ministry of Finance and Economics (MFW).

Of the remaining investment costs, KIT and the Helmholtz Association finance EUR 24 million, the industry partners fund EUR 11 million. The

industry partner of stages I (pyrolysis) and II (gas production) is Air Liquide Global E&C Solutions Germany GmbH, Frankfurt (formerly, Lurgi GmbH). For the conditioning and storage system, the industry partner is MAT Mischanlagentechnik GmbH, Immenstadt-Seifen. The industry partner of stage IIIa (hot gas cleaning) is MUT Advanced Heating GmbH, Jena. Stages IIIb and IV (fuel synthesis) are implemented in cooperation with Chemieanlagenbau Chemnitz GmbH. Construction of all four stages required 50 km of cable, 12 km of pipeline, 250 motors, 40 pumps, and 1500 tons of steel. Engineers spent more than 100,000 hours constructing the plant. ■

Contact: j.sauer@kit.edu

ANZEIGE



... Auffallend innovativ



... Auffallend kleidsam



... Auffallend aufgeweckt



... Auffallend hilfreich



... Auffallend klangvoll

Fokus Mechatronik



Auf dem Gelände
des Nußelt-Hörsaales
soll ein modernes,
themenbezogenes
Lehrzentrum
entstehen

VON DOMENICA RIECKER-SCHWÖRER
FOTOS: ANDREA FABRY

*Mit Blick auf die Kaiserstraße:
Hier könnte das Zentrum entstehen*

*View onto Kaiserstrasse: This is
where the center might be built*

Nicht wenige Studentinnen und Studenten des KIT hören hier ihre Grundvorlesungen: im Nußelt-Hörsaal. Direkt an der Kaiserstraße gelegen, 266 Plätze stark, leider auch stark baufällig. Aktuell wird er gestützt, damit er die Bauphase der neuen unterirdischen Straßenbahnführung übersteht – ideal also, um einem visionären Neubau Raum zu bieten. Deshalb soll an dieser Stelle ein Lehrzentrum gebaut werden, das den hohen Anforderungen der Ausbildung von Studierenden im Bereich der mechatronischen Produktentstehung gerecht wird. Mit der thematischen Ausrichtung eines Multifunktionshörsaales und seiner Infrastruktur schon in der frühen Planungsphase betritt das KIT Neuland und fokussiert Schwerpunkte eines richtungsweisenden Lehrkonzeptes.

Zu dem Lehr- und Lernzentrum sollen eine Prototypenwerkstatt (Living Lab), innovative Besprechungsräume, Projektarbeitsflächen und ein „gläsernes Labor“ gehören. „Der Nußelt-Hörsaal liegt an einer Stelle, an der viele Menschen vorbeikommen, zwischen Maschinenbauhochhaus und dem Hörsaalzentrum Daimler Benz. Das Gelände grenzt an die Kaiserstraße, Einblicke in das KIT wären sehr gut möglich“, erklärt Professor Alexander Wanner, Vizepräsident für Lehre und akademische Angelegenheiten des KIT, „der Standort bietet deshalb die Möglichkeit, dass wir mit viel Integration von Glas in die Architektur eine Art Schaufenster des KIT zur Straße schaffen könnten.“

In den vergangenen Jahren ist das Interesse an der Mechatronik bei den Studierenden stetig ge-

stiegen. „Die wachsende Bedeutung der Mechatronik wurde am KIT erkannt und im Zuge der Bachelor-Master-Reform und des Ausbauprogramms des Landes Baden-Württemberg wurde 2012 ein neuer Bachelorstudiengang Mechatronik und Informationstechnik am KIT eingerichtet“, sagt Alexander Wanner, „darauf aufbauend startet diesen Herbst ein gleichnamiger Masterstudiengang. Darüber hinaus gab es verschiedene Berufungen auf dem Gebiet, sowohl in der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik als auch in der Fakultät für Maschinenbau.“ Etliche Professoren des Fachgebietes sind in das Projekt „Neubau des Lern- und Anwendungszentrums Mechatronik“ involviert, ausgearbeitet wurde das Konzept von Professor Sven Matthiesen vom IPEK Institut für Produktentwicklung. Auf Basis seiner umfangreichen Praxiserfahrungen in der Geräteentwicklung und dem Management multidisziplinärer Entwicklungsbereiche liegt sein Forschungsschwerpunkt auf der Erforschung und Entwicklung von Methoden und Prozessen zur Unterstützung der Produktentwick-



Die aktuelle Situation
im Planungsbereich
Current situation of the
planning area

lookKIT > 0115
WAYS 63

Mechatronics

The Nusselt Lecture Hall Is to Be Replaced by a Modern Mechatronics Education Center

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Many students of KIT come to the Nusselt lecture hall to attend compulsory basic lectures. It is located directly on the Kaiserstraße, has 266 seats, and, unfortunately, it is in a state of disrepair. Recently, it needed to be propped up to survive construction work on the new underground tram line. Planning has begun to replace it with an education center that meets the high requirements associated with the education of students in the area of mechatronic product development. With the design of a multi-functional lecture hall and its infrastructure in the early planning phase already, the KIT enters new ground and defines the foci of a trend-setting education concept.

The education and learning center is to accommodate a prototype workshop (living lab), innovative conference rooms, project work spaces, and a "transparent laboratory" that is to provide insights into the work performed. In recent years, the interest of students in mechatronics has increased constantly. In the course of the bachelor-master reform and under the support program of the state of Baden-Württemberg, a new bachelor program on mechatronics and information technology was established at KIT in 2012. The corresponding master program will start this fall. The concept was developed by Professor Sven Matthiesen of the Institute of Product Engineering (IPEK). Based on his vast practical experience gained in the areas of device development and management of multidisciplinary development projects, his work focuses on the investigation and development of methods and processes to support the development of technical devices.

To make the ambitious education concept become reality, the KIT is now looking for partners to support the construction project. "We want to build a landmark center for future higher education. For this, we need the help of private persons and companies," Alexander Wanner, Vice President for Higher Education and Academic Affairs, says. ■

Contact: dennis.nitsche@kit.edu

lung technischer Geräte. „Es gilt Studierende auszubilden, die einerseits in Fachdisziplinen exzellent sind und andererseits das Zusammenspiel zahlreicher Disziplinen verstehen und Produktentstehung disziplinübergreifend mit gesamtsystemischer Sicht angehen können“, erläutert Sven Matthiesen die Zielrichtung seines Lehrkonzeptes. So steht für ihn das Zusammenwirken unterschiedlicher Disziplinen zur Entwicklung mechatronischer Systeme im Fokus. Zentraler Bestandteil seiner Aktivitäten in der Lehre ist der Aufbau neuer Ausbildungskonzepte zur Steigerung der Synthesekompetenz in der integrierten Produktentwicklung. Die Lehrveranstaltungen von Sven Matthiesen sind Bestandteile des „Karlsruher Lehrmodells für Produktentwicklung – KaLeP“, welches sich als durchgängiges Ausbildungssystem an industriellen Entwicklungsprozessen der Praxis orientiert.

Um das anspruchsvolle Lehrkonzept auf dem Gelände des jetzigen Nußelt-Hörsaales Wirklichkeit werden zu lassen, sucht das KIT nun Partner, die bei der Umsetzung mitwirken: „Wir wollen ein visionäres und für die Lehre der Zukunft wegweisendes Lern- und Anwendungszentrum errichten. Das geht nur mit der Hilfe von privater Hand“, sagt Alexander Wanner. „Zahlreiche Unternehmen in der Region werden von diesem wegweisenden Lehrkonzept profitieren, da unsere Absolventinnen und Absolventen ausgezeichnete Kompetenzen mitbringen. Wir wünschen uns, dass die Unternehmen einen Teil zur Umsetzung des Vorhabens beitragen.“ ■

Kontakt: dennis.nitsche@kit.edu



Der Karlsruher Historiker Ulrich Gehmann wurde auf die Architektur-Biennale 2016 eingeladen

VON DOMENICA RIECKER-SCHWÖRER // FOTOS: MARKUS BREIG

Ideale Räume – Raumideale

Alles ist im Fluss, alles verändert sich. Jeden Tag, jede Stunde, jede Minute beeinflusst der Mensch seine Umgebung. Vor diesem Hintergrund haben der Karlsruher Historiker Ulrich Gehmann zusammen mit dem Media Art-Experten Michael Johansson aus Schweden und dem Künstler Martin Reiche aus Berlin ein Projekt konzipiert, das diesen Prozess widerspiegelt. In Form eines Triptychons sollen verschiedene Welten geschaffen, dargestellt und vom Besucher im Laufe der Ausstellung verändert werden. Präsentiert werden soll „Longing for the Ideal Space“ im Palazzo Mora während der Architektur-Biennale 2016 in Venedig.

„Was wir zeigen wollen, ist eine Grundtendenz der Moderne in Richtung Raumauflösung auf

der einen Seite und auf der anderen Seite eine Entwicklung hin zu einer neuen und künstlichen Welt, in der wir letzten Endes leben. Das ist ein Prozess, der seit über 200 Jahren läuft. Zuerst nur für unseren Kulturkreis, das westliche Abendland, und später – Stichwort Globalisierung – weltweit. Das ist die historische Hintergrundfolie auf der wir arbeiten“, sagt Ulrich Gehmann, der am Institut für Geschichte des KIT mit Professor Rolf-Ulrich Kunze den Arbeitskreis „Formatierung sozialer Räume“ leitet und das E-Journal „New Frontiers in Spatial Concepts“ herausgibt.

Konkret soll der Besucher in Venedig mit einem Triptychon konfrontiert werden. „Das Triptychon ist eine klassische Figur unseres christlich

geprägten Abendlandes“, erklärt Gehmann. „Unser Vorgehen ist eine Kombination aus Design, Fiction und Simulation eines geschichtlichen Prozesses. Wir fangen an, indem wir in die Mitte des Triptychons eine heutige Welt als 3-D-Environment erschaffen. Von diesem Ist-Zustand ausgehend, kann der Betrachter nun dieses Bild modifizieren in Richtung eines Zustandes, eines Welt-Raumes, den er haben will.“ Auf den anderen zwei Seiten des Triptychons sollen quasi Parallelwelten entstehen. „Wir zeichnen dort mögliche Endzustände auf, einen dystopischen – unerwünschten – und den eutopischen – gewünschten – idealen Raum“, so Gehmann. „In unserem Kulturkreis ist die Utopie mit Geschichte verbunden, insofern als Welt geändert werden soll. Je nachdem, wie die historischen Sub-

Künstlerthema über die Jahrhunderte:
Die ideale Stadt – La Città Ideale –
wie sie um 1470 in Italien
in Öl geschaffen wurde

For centuries, it has been in the
focus of artists: The ideal city
– La Città ideale – as it was
created in oil around 1470 in Italy



jekte agieren, in dem Projekt also unser Betrachter, so entwickelt sich die gewünschte Welt. Oft wissen wir nicht, ob das Erschaffene dystopisch oder eutopisch wird. Und wie bei vielen geplanten und gebauten Räumen ist auch das positiv Erwünschte irgendwann einmal eine Horrorvision, ohne dass man es haben wollte. Und das entwickelt sich auf diesen zwei Flügeln des Triptychons durch die Beeinflussung der Besucher.“ Diese Veränderungen sollen nicht nur als bewusste Handlungen geschehen, sondern auch durch Bewegungen des Betrachters ausgelöst werden. Reine Technikspielerei? „Nein“, sagt Gehmann, „wir verhindern Spielereien über unsere technischen Vorgaben über eine passive Beeinflussung. Darüber hinaus haben wir über Algorithmen definierte begrenzte Einflussmöglichkeiten aktiver Art. Das heißt, wir haben bestimmte Möglichkeiten, zum Beispiel einzelne Figuren oder Geometrien, die der User einführen kann.“

Begleitet wird „Longing for the Ideal Space“ durch Archivmaterial, das von den Machern zu den jeweiligen Welten des Triptychons zusammengestellt wurde, um Referenzen zu historischen Prozessen herzustellen. Zugleich soll an jedem Tag der halbjährigen Ausstellung (Mai bis November 2016), die auf rund 140 Quadratmetern präsentiert werden soll, der Ist-Zustand der Welten festgehalten werden, um den Veränderungsprozess zu dokumentieren.

Insgesamt liegen vor Gehmann und seinen Kollegen noch erhebliche technische aber auch finanzielle Herausforderungen, da ein Teil der Ausstellung von ihnen selbst finanziert werden muss. „Wir suchen noch dringend Unterstützung um unser Projekt zu realisieren. Die Archi-

Ideal Spaces – Space Ideals

The Karlsruhe Historian Ulrich Gehmann Was Invited to the 2016 Biennale of Architecture

TRANSLATION: RALF FRIESE

Everything flows, everything changes. Against this backdrop, the Karlsruhe historian Ulrich Gehmann, together with the media art expert Michael Johansson from Sweden and the artist Martin Reiche from Berlin, has designed a project reflecting this process. Various worlds are to be created in the form of a triptych, presented and changed by visitors in the course of the exhibition. „Longing for the Ideal Space“ is to be shown at the Palazzo Mora in Venice for the duration of the 2016 Biennale of Architecture.

“Our approach is a combination of design fiction and simulation of a historical process. We begin by creating a modern world as a 3D environment in the center of the triptych. Starting from this current situation, observers can now modify this picture into a state, a world space, they want to see,” says Ulrich Gehmann who, together with Professor Rolf-Ulrich Kunze at the Institute of History of the KIT, heads the “Formatting of Social Spaces” working group and edits the e-journal New Frontiers in Spatial Concepts. On the other two sides of the triptych, quasi-parallel worlds are to be created. “This is where we draw potential final states, one dystopic – undesired – and one utopic – desired, ideal space,” explains Gehmann. At the same time, the actual state of the worlds is to be recorded on each day of the six months of the exhibition (May to November 2016) that will encompass about 140 m²; in this way, the process of change is to be documented.

Gehmann and his colleagues are still facing major technical as well as financial challenges, as they will have to fund part of the exhibition. “We are still urgently looking for support in order to complete our project. The Biennale of Architecture is a wonderful platform and a great opportunity for us which, of course, we want to use at all costs.” ■

Contact: ugehm@t-online.de

tektur-Biennale ist eine wunderbare Plattform und große Chance für uns, die wir natürlich unbedingt nutzen wollen.” ■
Kontakt: ugehm@t-online.de

Nachruf Professor Dr. Horst Böhm

VON PROF. DR. HELLMUT WAGNER, EHEMALIGER STV. VORSITZENDER DES FORSCHUNGSZENTRUMS KARLSRUHE
FOTOS: KIT-ARCHIV



Am 13. November 2014 verstarb Professor Horst Böhm im Alter von 84 Jahren.

Horst Böhm ist in Hamburg geboren. Ausbildung, Studium, Promotion zum Dr.-Ing. und Habilitation schloss er mit sehr gutem Ergebnis oder mit Auszeichnung ab. Er war als Ingenieur und Metallkundler gleichsam definitionsgemäß erdverbunden und allen irrationalen Höhenflügen abhold. Rund fünf Jahre als Wissenschaftler in der Industrie (in der Metall-Gesellschaft), etwa ebenso viele Jahre als Hochschullehrer (an der Bergakademie Clausthal und als Ordinarius an der TH Aachen) und seine Tätigkeit als Leiter des Instituts für Materialforschung des Kernforschungszentrums Karlsruhe (KfK) waren eine exzellente Vorbereitung auf seine Aufgabe im Vorstand des Zentrums für den Bereich „Brennstoffkreislauf und Materialforschung“ von Juli 1974 bis März 1991, davon acht Jahre als Vorstandsvorsitzender.

Horst Böhm hat in diesen Jahren die Entwicklung im Bereich der Wiederaufbereitung von

Kernbrennstoffen, der Abfallbehandlung und der Endlagerung radioaktiver Abfälle wesentlich mitgeprägt, in der Wiederaufarbeitung vor allem in Zusammenarbeit mit der Industrie. Er hat der Materialforschung in Deutschland als Institutsleiter und als Vorstandsmitglied des KfK wesentliche Impulse gegeben. Das gilt speziell für die Materialentwicklung im Bereich des sogenannten Brutreaktors und im Bereich der Kernfusion; dort spielen Materialien eine ganz entscheidende Rolle. Horst Böhm hat vor allem nach dem politischen Aus der Wiederaufarbeitung und der Schnell-Brüter-Entwicklung in Deutschland Ende der achtziger, Anfang der neunziger Jahre die programmatische Umorientierung des Zentrums weiter vorangetrieben.

Sein Rat war in vielen fachlichen wie auch wissenschaftspolitischen Gremien sehr gefragt: Beispiele sind seine Mitgliedschaft im Wissenschaftlich-Technischen Ausschuss der Europäischen Gemeinschaft und im Wissenschaftsrat; letzterer berät Bund und Länder in wissen-

schaftspolitischen Fragen etwa zu inhaltlichen und strukturellen Fragen von Wissenschaft und Forschung. Im Auftrag des Forschungsministers war er Koordinator der deutsch-rumänischen und der deutsch-spanischen Zusammenarbeit auf kerntechnischem Gebiet. Er war ein Promotor der deutsch-japanischen Zusammenarbeit in Kernforschung und Kerntechnik. Seine Verdienste auf diesem Gebiet hat die japanische Regierung mit dem „Orden der aufgehenden Sonne“ gewürdigt. Böhms Zuneigung zu Land und Leuten in Japan reichte weit in die Zeit seines Ruhestandes hinein, Horst Böhm war ein Mann der Ästhetik und des Kunstsinnes. Mit seiner steten Unterstützung konnte die Kunstsammlung des KfK qualitativ ausgebaut werden.

Wenn man Horst Böhm einigermaßen würdigen will, darf man auf die folgenden Hinweise nicht verzichten: Er war auf seinem Fachgebiet ein national und international sehr bekannter und hochgeachteter Wissenschaftler. Er blieb

1983: Begrüßung des baden-württembergischen Ministerpräsidenten Lothar Späth durch den Vorstandsvorsitzenden Prof. Dr. Horst Böhm (r.)



1991: Dr. Manfred Popp übernimmt von Prof. Dr. Horst Böhm (r.) den Vorstandsvorsitz im Kernforschungszentrum



auch als Wissenschaftsmanager mit Leib und Seele Wissenschaftler. Horst Böhm war von angenehmer Nüchternheit. Hanseatische Gelassenheit zeichnete ihn aus. Er war immer sehr konstruktiv und vor allem in schwieriger Situation ausgleichend. Der Umgang mit ihm war menschlich sehr angenehm. Er war im positiven Sinne sehr korrekt.

Die mit der Auseinandersetzung über die Kernenergie verbundene Irrationalität hat ihn irritiert. Er war als Naturwissenschaftler ein Mann der Tatsachen, nicht der wandelbaren Meinungen über Tatsachen. Für Zeitgenossen, die glaubten, mit politischen Mehrheiten Naturgesetze aushebeln zu können, hatte er kein Verständnis.

Böhms große Lebensleistung als Wissenschaftler und Wissenschaftsmanager ist allseits anerkannt. Es bleibt die Erinnerung an einen Mann, der für die wissenschaftlich-technische Entwicklung auf dem Gebiet der Materialforschung viel geleistet, die internationale Zusammenarbeit in der Forschung nachhaltig gefördert und als Vorstandsvorsitzender das KfK in schwieriger Zeit behutsam zu den notwendigen programmatischen Änderungen hingeführt hat.

Seine Kollegen und die Mitarbeiter des ehemaligen KfK (jetzt KIT) werden ihn in bester Erinnerung behalten. ■

1974: Besuch des
Bundespräsidenten
Walter Scheel



IMPRESSUM / IMPRINT

Herausgegeben vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Edited by Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
Presse, Kommunikation und Marketing (PKM)
Dr. Thomas Windmann



KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg und nationales
Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft
KIT – University of the State of Baden-Württemberg and National
Research Center of the Helmholtz Association

AUFLAGE/CIRCULATION

22 000

REDAKTIONSANSCHRIFT/EDITORIAL OFFICE

KIT, Redaktion lookKIT // Postfach 3640 // 76021 Karlsruhe
Fax: 0721 608-25080 // www.pkm.kit.edu/kit_magazin

REDAKTION/EDITORIAL STAFF

Domenica Riecker-Schwörer (verantwortlich/responsible) <drs>
Tel./Phone: 0721 608-26607 // E-Mail: domenica.riecker-schworer@kit.edu

BILDREDAKTION/COMPOSITION OF PHOTOGRAPHS

Gabi Zachmann und KIT-Fotostelle/and KIT Photograph Service

Nachdruck und elektronische Weiterverwendung von Texten und
Bildern nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Redaktion.
Reprint and further use of texts and pictures in an electronic
form require the explicit permit of the Editorial Department.

ÜBERSETZUNG/TRANSLATION

KIT-Sprachendienst/KIT Translation Service // Byron Spice

KORREKTORAT/PROOFREADING

Inge Arnold

ANZEIGENVERWALTUNG/ADVERTISEMENT MANAGEMENT

ALPHA Informationsgesellschaft mbH // E-Mail: info@alphapublic.de

LAYOUT UND SATZ/LAYOUT AND COMPOSITION

modus: medien + kommunikation gmbh // Im Schlangengarten 22a
76877 Offenbach/Queich // www.modus-media.de
Mediengestaltung: Julia Eichberger

Grafik-Design: Christine Heinrich // www.christine-heinrich-art.de

DRUCK/PRINT

Krüger Druck + Verlag GmbH & Co. KG // Handwerkstraße 8–10 // 66663 Merzig

lookKIT erscheint viermal pro Jahr, jeweils zum Ende eines Quartals.
lookKIT is published four times per year at the end of three months' intervals.

lookKIT



RIECHT METALL?

TELL ME, DO METALS SMELL?

VON DOMENICA RIECKER-SCHWÖRER // TRANSLATION: RALF FRIESE // FOTO: MARKUS BREIG

„Pecunia non olet – Geld stinkt nicht“, behauptete zumindest der römische Kaiser Vespasian, als er die Latrinen seines Reiches dazu nutzte, eine Steuer zu erheben. Dennoch: Hält man verschiedene Metalle in der Hand, steigt unterschiedlicher Geruch auf. Katharina von Klinski-Wetzel, Leiterin der Metallografie (siehe Seite 44) am KIT geht sogar noch weiter: „Jeder Werkstoff hat einen ganz spezifischen Geruch. Ich finde zum Beispiel, Aluminium riecht nicht gut, aber ich liebe den Geruch von Kupfer. Gold riecht nicht. Es ist ein Edelmetall und reagiert nur mit stark oxidierenden Säuren.“

Denn natürlich ist es nicht das Metall selbst das riecht, sondern die Verbindung von Schweiß auf der Haut mit dem Werkstoff, wie ein deutsch-amerikanisches Forscherteam der Virginia Polytechnic Institute and State University (Virginia Tech), der Universität Leipzig und des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ in Leipzig um den Chemiker Dr. Dietmar Glinde-mann vor einigen Jahren sogar detailliert untersucht hat.

So sorgen zum Beispiel Organophosphine für den Knoblauchduft von Stahl, denn Gusseisen und Stahl enthalten Kohlenstoff und Phosphor. Wenn das Metall durch die Säure des Schweißes aufgelöst wird, können daher Kohlenwasserstoffe und Phosphin (PH_3) entstehen, die sich wiederum zu Organophosphinen verbinden. Zwei davon, Methylphosphin und Dimethylphosphin, erzeugen dann die seltsame Knoblauchfahne.

Dass der Mensch Eisen riechen – und schmecken – kann, hat wahrscheinlich Gründe, die auf unsere Evolution zurückzuführen sind. Denn das Schwermetall ist auch in Hämoglobin enthalten, das Sauerstoff-Transportmolekül des Blutes. Und den feinen Geruch von Blut identifizieren zu können, hat für unsere Vorfahren wahrscheinlich überlebenswichtige Funktionen gehabt. ■

„Pecunia non olet – Money does not smell,“ is an assertion by the Roman emperor, Vespasian, who levied taxes on the latrines in his empire. Still: When you hold several different metals in your hand, you will notice different smells. Katharina von Klinski-Wetzel, Head of the Metallography Unit (see page 44) at the KIT, even goes one step further: “Every material has its specific smell. For instance, I think that aluminium does not smell good, but I love the smell of copper. Gold does not smell. It is a precious metal reacting only with highly oxidizing acids.”

Of course, it is not the metal proper that smells but the combination of sweat on the human skin and a material that is in contact with the skin, a phenomenon studied in detail a couple of years ago by a German-American research team of the Virginia Polytechnic Institute and State University (Virginia Tech), the University of Leipzig, and the Leipzig-Halle Environmental Research Center (UFZ).

Organophosphines, for instance, produce the odor of garlic emitted by steel, as cast iron and steel contain carbon and phosphorus. When the metal is dissolved by the acid contained in sweat, this may give rise to hydrocarbons and phosphine (PH_3) which, in turn, combine into organophosphines. Two of these, methylphosphine and dimethylphosphine, produce the strange odor of garlic.

That man can smell – and taste – iron is probably due to reasons based on our evolution. After all, the heavy metal is also contained in haemoglobin, the molecule in the blood which transports oxygen. Being able to identify the faint smell of blood was probably important for the survival of our ancestors. ■

Stellen Sie noch heute Ihr Unternehmen auf YooCorp vor – es ist kostenlos!



www.yoocorp.de

Der Maschinenbau hat einen neuen Treffpunkt im Web.

YooCorp ist das neue B2B-Portal für alle Unternehmen und Interessenten rund um die Branche Maschinenbau.

Auf YooCorp können Sie ab sofort Ihr Unternehmen mit einem hochwertigen Profil präsentieren. Zusätzlich profitieren Sie von exklusiven News und Experteninterviews zu den Trendthemen Elektromobilität, 3D-Druck, Leichtbau und mehr.

Verbessern Sie Ihre Internetpräsenz und bleiben Sie immer gut informiert auf YooCorp.



Betriebswirtschaftliche Programme für TechnikerInnen

Bereiten Sie sich auf den nächsten Karriereschritt vor oder wollen Sie ein Unternehmen gründen? Bringen Sie Ihr Wissen auf den letzten Stand. Erwerben Sie neue Kompetenzen und entwickeln Sie Ihre persönlichen Fähigkeiten weiter.

- > Professional MBA (Präsenzunterricht)
- > MBA General Management Competences (Fernlehre)

Donau-Universität Krems

Danube Business School, Department für Wirtschafts- und Managementwissenschaften
Mag. Dr. Willibald Gföhler MBA, +43 (0)2732 893-2111, willibald.gföhler@donau-uni.ac.at
www.donau-uni.ac.at/business-school/gm



Freudenberg

165 Jahre Innovationen und anspruchsvolle Lösungen

... für Kunden aus 30 unterschiedlichen Märkten. Kommen Sie zu uns und gestalten Sie mit uns die Zukunft. Wir suchen Experten oder Nachwuchs in den Bereichen

- Betriebswirtschaftslehre
- Naturwissenschaften
- (Wirtschafts-) Ingenieurwesen
- Informatik

Auf Sie warten abwechslungsreiche Aufgaben und vielfältige Entwicklungsmöglichkeiten in einem weltweit agierenden Technologieunternehmen in

Familiensitz mit rund 40.000 Mitarbeitern. Unsere Produktpalette reicht von Dichtungen, Vliesstoffe und Filtern über Haushaltsprodukte bis zu Schmiermitteln, IT-Dienstleistungen und Medizintechnik.

Bewerbungen über:
www.freudenberg.de/karriere



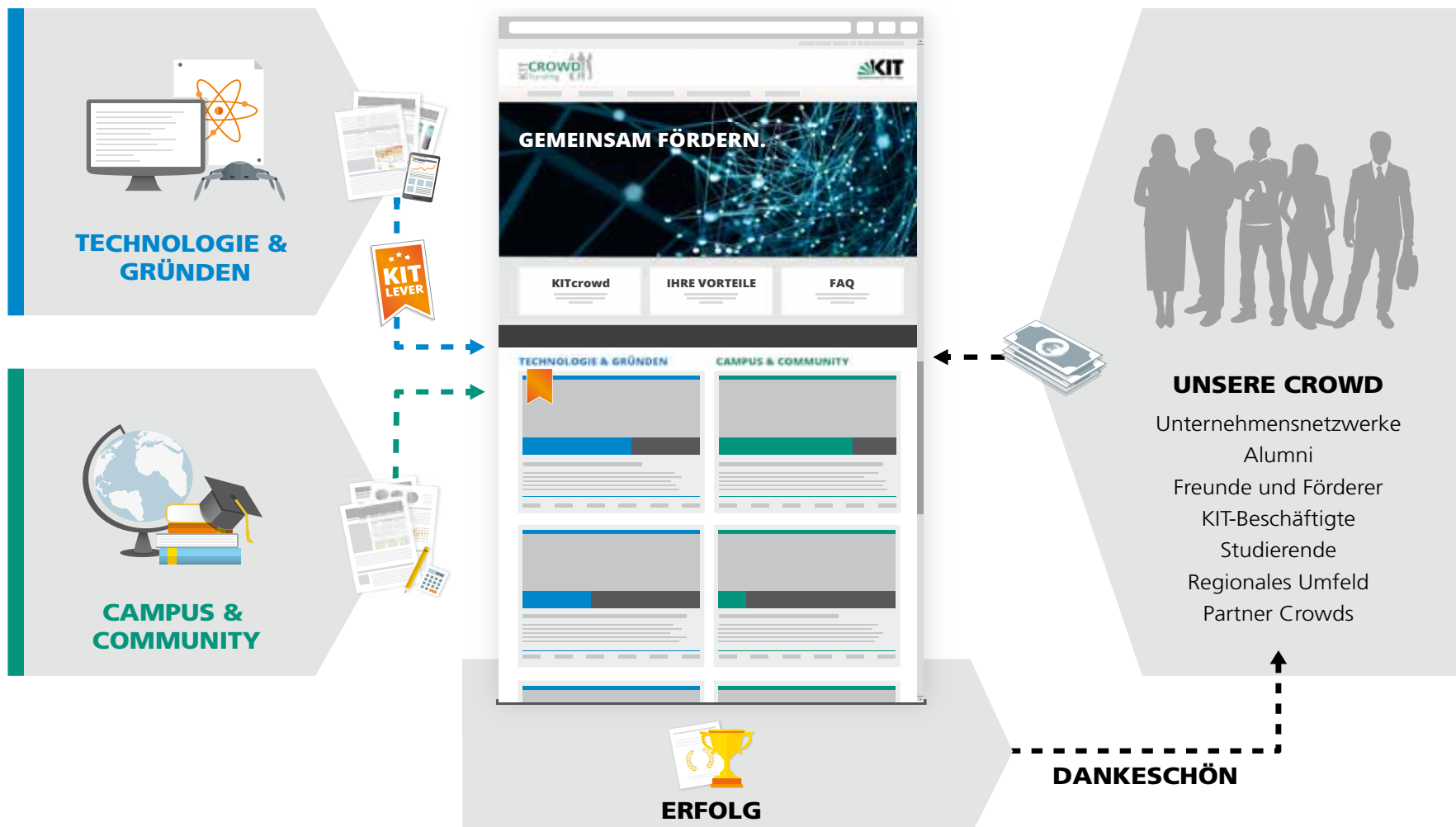
www.freudenberg.de



Die Menge macht's

KITcrowd ist eine
Finanzierungsplattform
für innovative, soziale
und gründungsorientierte
Projekte

VON DOMENICA RIECKER-SCHWÖRER
FOTOS: KIT, EASIERLIFE, EWB





Vor zehn Jahren kannte kaum jemand das Wort, heute ist „Crowdfunding“ (crowd = Menge, funding = finanzieren) eine spezielle, aber beliebte Art der Finanzierung unterschiedlichster Projekte. Zum Beispiel startete die Kölner Firma Brainpool TV im Dezember 2011 das bis dato größte deutsche Crowdfunding-Projekt im Filmbereich. Für den geplanten Film zur TV-Serie „Stromberg“ wollte das Unternehmen bis März 2012 eine Million Euro einsammeln. Nach zwei Tagen lagen die Einnahmen bereits bei über 150 000 Euro, innerhalb einer Woche wurde die Zielsumme (1 Million Euro) erreicht.

Wer sich für innovative, zukunftsweisende und technisch anspruchsvolle Projekte interessiert und sich an der Finanzierung beteiligen möchte, ist seit Anfang März auf der eigenen Crowdfunding-Plattform des KIT an der richtigen Stelle: www.kitcrowd.de.

Hier treffen die Besucher auf zwei Themenfelder: Technologie & Gründen und Campus & Community. Im Themenfeld Technologie & Gründen werden vielversprechende Ideen und Projekte von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern oder Studierenden des KIT vorgestellt, die nicht oder nur teilweise über öffentliche Fördermittel finanziert werden kön-

Technologie & Gründen

Im Bereich Technologie & Gründen auf der KITcrowd finden sich Projekte wie das der Ausgründung easierLife. Das Team hat ein System für Freunde und Familien entwickelt, die besorgt um ihre älteren Angehörigen und Bekannten sind und Gewissheit haben möchten, dass alles in Ordnung ist. Über einen drahtlosen Bewegungs- und Kontaktsensor in der Wohnung der Älteren werden Daten direkt auf ein Smartphone gespielt, besorgniserregende Unregelmäßigkeiten erkannt und gemeldet. Angehörige erhalten eine SMS oder Push-Benachrichtigung, wenn zum Beispiel der Bewohner ungewöhnlich lange nicht nach Hause zurückgekehrt ist, das Bett nicht verlassen hat oder gar inaktiv ist. So erfahren Freunde und Familien zeitnah, wenn ihre älteren Angehörigen Unterstützung oder Hilfe benötigen. Von Anfang an wurde bei der Entwicklung von easierLife großer Wert auf die Einbindung von Familien und Betreuern gelegt. Die Sensoren wurden in Forschungsprojekten des FZI Forschungszentrum Informatik und seiner Partner aus der Gesundheitswirtschaft bereits in rund 100 Haushalten erfolgreich getestet. Die Erfahrungen und Ergebnisse dieser erfolgreich abgeschlossenen Langzeitstudien (über 18 Monate) dienten easierLife als Grundlage. Zahlreiche Rückmeldungen von Älteren, ihren Angehörigen und Betreuern konnten so direkt in die Entwicklung von easierLife einfließen. Gemeinsam mit führenden Pflegedienstleistern wird das System auch jetzt ständig weiterentwickelt, um allen Nutzern den besten Einsatz von easierLife zu garantieren.

Mit der finanziellen Unterstützung aus der KITcrowd möchte das Team von easierLife ihre App vom Prototyp zum Produkt entwickeln, Kompatibilität zu kostengünstigen Sensoren schaffen und eine Basisstation entwickeln, die unabhängig von der bestehenden Infrastruktur über das Mobilfunknetz funktioniert. ■

www.kitcrowd.de/home/projekte-entdecken/technologie-gruenden/easierlife



*Aktuell sind die Bedingungen
in der Bäckerei unzumutbar und nicht
hygienisch. Die Studierenden wollen
Abhilfe schaffen*

*Presently, conditions at the bakery
are unacceptable and unhygienic.
The students want to change that*



nen, aber trotzdem ein hohes Potenzial haben und umgesetzt werden sollten. Wenn innerhalb einer bestimmten Zeit die angegebene Summe durch viele einzelne Unterstützer erreicht wird, fließt das Geld an die Initiatoren, und die Idee wird verwirklicht. Das KIT prüft jede Projektidee mit seiner wissenschaftlichen Expertise und übernimmt damit eine Qualitätssicherung. Ausgewählte Projekte des Bereichs Technologie & Gründen können auch die Option auf einen sogenannten „Lever“ (Hebel) erhalten, der bei Erreichen einer bestimmten Finanzierungssumme aktiv wird. Diese Lever-Projekte werden dann durch weitere KIT-Mittel zusätzlich unterstützt, die die Realisierung beschleunigen. Der Themenbereich Campus & Community gehört Projekten, die soziales Engagement von Studierendengruppen (siehe Kasten „Engineers Without Borders“) oder das Deutschlandstipendium präsentieren. Hier liegt der Schwerpunkt auf dem philanthropischen Aspekt.

Das KIT stellt mit KITcrowd eine eigene Finanzierungsplattform bereit, kooperiert aber auch mit kommerziellen Plattformen wie Startnext, um ergänzende Fundingarten anzubieten und um die Innovationsideen parallel auch auf deren Homepage zu präsentieren. So werden Zielgruppe und Reichweite deutlich größer, die Chancen auf Umsetzung steigen noch einmal.

Campus & Community

Ein aktuelles Beispiel für ein Projekt auf der KITcrowd im Bereich Campus & Community sind die „Engineers Without Borders – Karlsruhe Institute of Technology“ (EWB). Die Hochschulgruppe wurde 2004 nach dem verheerenden Tsunami im Indischen Ozean in Karlsruhe gegründet. Mittlerweile engagieren sich in dem gemeinnützigen Verein über 100 Studierende, die in vielen Projekten bewiesen haben, dass sie in der Lage sind, auch unter schwierigsten Bedingungen Entwicklungsprojekte zu planen und zu realisieren: Solaranlagen in Ruanda, Trockentoiletten in Uganda, Trinkwassergewinnung in Kolumbien, Zisternenbau auf Haiti und Brücken in Sri Lanka.

Auf KITcrowd hoffen sie nun auf Unterstützung für ein Projekt im Norden Sri Lankas, wo die Folgen des Krieges bei den Familien tiefe Spuren hinterlassen haben. Viele Witwen leben in notdürftig errichteten Hütten. Als Perspektive und Einkommensquelle gründeten die Frauen eine kleine Bäckerei. Dort wird seither unter einfachsten Mitteln das landestypische Beilagengebäck „Papadam“ hergestellt. Der Verkauf des Gebäcks ermöglicht den Kriegswitwen ein kleines Einkommen und bildet die Existenzgrundlage. Die Räumlichkeiten sind notdürftig ausgestattet, die hygienischen Bedingungen vor allem bei der Wasserversorgung sind miserabel, örtliche Behörden drohten schon mit Schließung. Die EWB aus Karlsruhe wollen nun eine komplett neue Bäckerei errichten. Ein Tiefbrunnen mit Filtersystem und ein drei-Kammer Septic-Tank sollen das Frisch- und Abwasserproblem lösen. Auch funktionierende Sanitäranlagen, Ofen, Knetgeräte und eine verlässliche und sichere Stromversorgung sollen in dem Neubau die Existenz der Bäckerei und ihrer Betreiberinnen dauerhaft sichern und verbessern. ■

www.kitcrowd.de/home/projekte-entdecken/campus-community/engineers-without-borders



CAMPUS & COMMUNITY

Über einen Newsletter können sich Interessierte über aktuelle KITcrowd-Projekte informieren und sich idealerweise an deren Umsetzungserfolg beteiligen.

„Mit KITcrowd werden engagierte Studierende und KIT-Beschäftigte gefördert, Alumni können ihre ehemalige Universität unterstützen und die Innovationskultur am KIT wird insgesamt gestärkt“, sagt Dr. Jens Fahrenberg, Leiter der Dienstleistungseinheit Innovationsmanagement am KIT. „Wer sich einmal entschieden hat, ein oder mehrere Projekte zu fördern, wird selbstverständlich über deren Aktivitäten und Fortschritte auf dem Laufenden gehalten. Im Erfolgsfall der Projekte bekommt ein Unterstützer zusätzlich ein individuelles Dankeschön bis hin zu ersten Produkten.“ ■

Info: www.kitcrowd.de

Kontakt: info@kitcrowd.de

The Crowd Does It

KITcrowd Is an Innovative, Social, Founder-oriented Funding Platform

TRANSLATION: RALF FRIESE

Ten years ago, hardly anybody had even heard the word, but nowadays “crowdfunding” is a specific and popular way of funding a variety of projects. For instance, Brainpool TV in Cologne launched the biggest German crowdfunding project so far in the movie sector in December 2011. The company intended to collect EUR 1 million by March 2012 for the planned TV soap, “Stromberg.” After two days, more than EUR 150,000 had been taken in, and the target (EUR 1 million) was reached within a week.

If you are interested in innovative, promising, technically sophisticated projects and want to contribute to their funding, the KIT crowdfunding platform, established in early March, is the place for you: www.kitcrowd.de.

Visitors will find two topics: Technology & Founding, and Campus & Community. In the Technology & Founding sector, promising ideas and projects of KIT scientists or students are presented which cannot, or only in part, be financed out of public funds, but nevertheless show high potential and should be turned into reality. If the required amount of money is reached by many individual supporters within a specific period of time, the money flows to the initiators, and the idea will be put into practice. The KIT employs its scientific expert knowledge to examine every project idea, thus providing quality assurance. Some selected projects in the Technology and Founding area can also be assigned the option of a so-called “lever” to be activated when a specific funding level has been reached. These leveraged projects are then further supported by additional KIT funds accelerating implementation. The Campus & Community area incorporates projects reflecting the social commitment of student groups (see box “Engineers without Borders”) or German scholarship. The focus in this case is on the philanthropic aspect.

The KIT provides its own funding platform in KITcrowd, but also cooperates with commercial platforms, such as Startnext, so as to offer supplementary types of funding and also to present innovative ideas on the homepages of multiple platforms at the same time. This increases the number of groups that are targeted, enhancing the chances of implementation even more. There is a newsletter informing interested readers about topical KITcrowd projects and, ideally, motivating them to participate.

“KITcrowd supports committed students and KIT staff, allows alumni to support their former university, and strengthens the innovation culture at the KIT in general,” says Jens Fahrenberg, Head of the KIT Innovation Management Service Unit. “Anybody deciding to support a project or several projects will, of course, be kept abreast of activities and the progress achieved. When a project succeeds, supporters in addition receive a personal thank you up to and including some first products.” ■

Info: www.kitcrowd.de

Contact: info@kitcrowd.de





Untersucht die Wechselwirkung zwischen Artenvielfalt und Stoffkreisläufen: Professor Wolfgang Wilcke

Professor Wolfgang Wilcke studies the interaction between species diversity and cycles of matter

Wissenschaftler des KIT beteiligen sich an einem Großprojekt zu den Folgen des weltweiten Artensterbens

VON DR. MICHAEL RAUHE
FOTOS: MARKUS BREIG

Funktion der Vielfalt

Es ist längst bittere Realität: In rasantem Tempo verschwinden pro Jahr weltweit, vorsichtig geschätzt, mehrere Zehntausende Tier- und Pflanzenarten vom Antlitz der Erde. Dieser Verlust an Biodiversität hat unübersehbare Konsequenzen für das Überleben der Menschheit. Um dieser Entwicklung entgegenwirken zu können, versuchen Wissenschaftler zunächst die Zusammenhänge in der Natur zu verstehen. In dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Großprojekt: „Exploratorien zur funktionellen Biodiversitätsforschung“, in das mehrere weltweit tätige Projektverbünde und zahlreiche Einzelvorhaben eingebunden sind, untersucht der Geoökologe Professor Wolfgang Wilcke vom Institut für Geographie und Geoökologie mit seinem Team seit vier Jahren intensiv die Wechselwirkung zwischen Artenvielfalt und Stoffkreisläufen in bewirt-

schafteten Kulturlandschaften der Schwäbischen Alb.

„Es ist ja nicht nur allein der Klimawandel, sondern die direkten Eingriffe des Menschen in die Natur, welche Biodiversität und Ökosystemprozesse drastisch verändern und damit auch unsere Überlebensgrundlage bedrohen“, sagt Wolfgang Wilcke. Die nachhaltige Gestaltung der Landnutzung ist zu einer der größten Herausforderungen der Menschheit geworden: Da sind die Nährstoffeinträge zu nennen, insbesondere Stickstoff, aus der Düngung, der Tierhaltung und Fleischproduktion sowie aus Verbrennungsprozessen. Das führt dazu, dass wir unsere Ökosysteme, ob wir wollen oder nicht, überdüngen. Die Folgen: Sauerstoffmangel, Nitrate gelangen ins Grundwasser oder Ammoniakgas aus der Gülle in die Luft. Die größten



Verluste von Arten gehen auf das Konto der Landwirtschaft.

Es gibt inzwischen recht gute Hinweise dafür, dass im Moment, wenn auch still und leise, eine weitaus dramatischere Aussterbewelle über unseren Planeten rollt als jemals zuvor. Die Frage ist nur: Wie wirkt sich das Artensterben auf das Funktionieren unserer Ökosysteme aus? Schließlich brauchen wir die Ökosysteme zum (Über)leben: Wasser zum Trinken. Saubere Luft zum Atmen und Biomasse zum Essen. Es ist also sehr wichtig zu verstehen, wie Ökosysteme funktionieren und wie sich die durch Menschen verursachten weltweiten Umweltveränderungen auf sie auswirken.

Die Landnutzungssysteme Wald und Grünland, die im Biodiversitäts-Großprojekt untersucht

werden, befinden sich in drei Exploratorien, die eine Gesamtfläche von ca. 3 000 Quadratkilometern umfassen: Schwäbische Alb, Hainich-Dün (Thüringen) und Schorfheide-Chorin (Gebiet nördlich von Berlin).

In dem Forschungsvorhaben befassen sich zahlreiche Arbeitsgruppen nur mit der Diversität von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen: In dem Karlsruher Teilprojekt geht es um die Stoffkreisläufe vornehmlich von Wasser, Stickstoff und Phosphor, den sogenannten Makronährstoffen, auf der Schwäbischen Alb, die für das Pflanzenwachstum von großer Bedeutung sind. Welchen Einfluss haben unterschiedliche Formen und Intensitäten der Landnutzung und die mit ihr verknüpfte Biodiversität auf diese Stoffkreisläufe und damit auf Ökosystemprozesse im Wald und Grünland?

Es gibt bisher weltweit keine Studien solchen Umfangs, die eine so große Anzahl an Waldstücken unter dem Aspekt unterschiedlich starker Nutzungsintensitäten betrachten. In dieser Hinsicht betreten die Karlsruher Geoökologen absolutes Neuland.

In diesem Zusammenhang ist allerdings ein bekanntes Vorläuferprojekt zu nennen, das Jena-Experiment, eine seit 2002 laufende Langzeitstudie, an der Wilcke auch beteiligt ist: Hierbei geht es um künstlich angelegte Versuchsfelder im Grünland, besetzt mit jeweils unterschiedlichen Pflanzengemeinschaften, die je nach Fragestellung ständig kontrolliert und manipuliert werden. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei den Exploratorien im Karlsruher Projekt um kultivierte Landnutzungssysteme, in die man nicht experimentell eingreift, sondern die nur beob-

achtet werden dürfen. Konkrete Aussagen über Stoffkreisläufe oder Ökosystemprozesse erfordern verlässliche Messdaten über die Langzeitentwicklungen charakteristischer Umweltparameter wie Bodenfeuchte, Klima etc., die nachhaltigen Einfluss auf die organismische Vielfalt und die Funktionalität der Ökosystemkreisläufe haben. Um eine solche systematische und großräumige Messung in allen drei Exploratorien durchzuführen, wurden in den Untersuchungsgebieten eine Vielzahl von Messeinrichtungen aufgebaut. Aus den Messergebnissen werden dann für die Bilanzierung diverser Stoffflüsse Mittelwerte errechnet. Diese Werte lassen dann Aussagen darüber zu, was an Niederschlagsmengen anfällt, wie schnell diese durch die organische Waldbodenauflage sickern und was davon letztendlich im Mineralboden ankommt. Wie viel Stickstoff geht in die Waldkrone hinein, was davon wird herausgewaschen und was bleibt netto darin?

Die zentrale Frage, auf die Wilcke und sein Team aber letztendlich Antworten finden wollen, lautet: Was steuert diese Stoffflüsse? Ist es die gesamte Artenzahl oder nur eine bestimmte Schlüsselart? Bei der Aufklärung derart komplexer Zusammenhänge ist ein langer Atem erforderlich. In kurzer Zeit sind keine Erfolge, geschweige denn wissenschaftliche Durchbrüche zu erzielen. Es dauert ein Jahr bis alle Instrumente installiert sind, ein weiteres bis alles läuft. Dann wird ein Jahr gemessen, bevor überhaupt irgendetwas ausgesagt werden kann. In dieser Projektphase befinden sich jetzt die Karlsruher Umweltforscher. Sie verfügen über eine gigantische Datenbasis an Messwerten aus der Umwelt, die in der Bewertung erste gesicherte Aussagen über die Funktion und Rückkopplungseffekte bestimmter Ökosystemprozesse erlauben.

Die bisher erzielten Ergebnisse haben zum Beispiel für Bauern eine ganz praktische Relevanz im Hinblick auf Grundwasserschutz und wirtschaftliche Effizienz. Es zeigt sich, dass bei Artenmischungen im Grünland, also Pflanzengemeinschaften, die aus mehreren Arten bestehen und Leguminosen enthalten, die Nitratauswaschung sehr viel höher ist als ohne Leguminosen. Leguminosen, auch Hülsenfrüchtler genannt, sind eine der artenreichsten Pflanzenfamilien, die als Stickstoffdüngung wirken. Wenn man also Artenmischungen ohne Leguminosen



The Function of Diversity

KIT Scientists Take Part in a Large-scale Project on the Consequences of Worldwide Species Extinction

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Under the priority program "Exploratories for Functional Biodiversity Research" funded by the German Research Foundation, geoecologist Professor Wolfgang Wilcke of the Institute of Geography and Geoecology and his team study the interaction between species diversity and cycles of matter in cultivated landscapes of the Swabian Jura. The partial project at KIT deals with the influence of various types and intensities of land use and the associated biodiversity on the cycles of water, nitrogen and phosphorus and, hence, on ecosystem processes of forests and grassland.

The researchers also want to find out how species extinction affects the functioning of our ecosystems and which feedback effects of cycles of matter, precipitation volumes, biomass, and diversity of organisms exist. Highest losses of species and, hence, of biodiversity are due to agriculture and, in particular, to over-fertilization with nitrogen and other macronutrients. These intrusions on nature threaten our basis of survival. The results obtained by the KIT researchers so far allow the following statements to be made: Biodiversity, i.e. the mere number of species, affects about half of all cycles of matter observed by environmental researchers as well as biomass production. For mixes of species on grassland, i.e. plant communities consisting of several species, including legumes, the nitrate leaching rate is higher than without legumes. If mixes of species without legumes are used, less nitrogen is washed out and groundwater pollution is reduced. Another important result is that nitrogen retention from the atmosphere is best when the forest crown, i.e. the entirety of all crowns of the forest trees, consists of as many plant species as possible. ■

Contact: wolfgang.wilcke@kit.edu



einsetzt, dann wird weniger Stickstoff ausgewaschen, dadurch wird das Grundwasser weniger belastet. Hier bestätigt sich, wie schon im Jena-Experiment, dass Leguminosen als Schlüsselart im Stickstoffkreislauf eine große Rolle spielen. Das könnte auf nitratarmlen Standorten durchaus ein Vorteil sein. Die Ergebnisse besagen weiterhin, dass es im Hinblick auf die Stickstoffrückhaltung aus der Atmosphäre gut ist, wenn die Waldkrone, also die Gesamtheit der einzelnen Baumkronen der Waldbäume, aus möglichst vielen verschiedenen Pflanzenarten besteht.

Erst vor kurzem hat das Team um Wilcke eine Studie veröffentlicht, in der es um die Rückhal-

tung von Stickstoff aus der Atmosphäre im Waldkronendach geht. Das Ergebnis ist hier eindeutig: Je höher die Artenzahl, desto stärker die Stickstoffrückhaltung. Es ist offensichtlich so, dass die Stickstoffreservoirs im Boden in den artenreichen Mischungen besser ausgenutzt werden als in Monokulturen. Wie genau das funktioniert, weiß man noch nicht. Für die Schwäbische Alb wurde außerdem festgestellt, dass mit steigender Artenzahl der Phosphor-Pool im Boden zunehmend effizienter ausgenutzt wird.

Die bisherigen Ergebnisse der Karlsruher Forscher sind unmissverständlich: die Biodiversität per se, das heißt die reine Artenzahl, beein-

flusst etwa die Hälfte aller von den Ökologen beobachteten Prozesse, auch den Stickstoff-, Phosphor-, und Wasserkreislauf sowie die Biomassenproduktion.

Die große Chance der Karlsruher Forschungsarbeit in den Biodiversitäts-Exploratorien liegt darin, dass hier überhaupt zum ersten Mal, auf der Grundlage einer großen Datenbasis, komplexe Zusammenhänge von Ökosystemprozessen geprüft werden können. Zudem haben die Forscher in diesem Projekt die Möglichkeit, mehrere Prozesse gleichzeitig zu untersuchen. ■

Kontakt: wolfgang.wilcke@kit.edu



Helfende Hände

GROSSE UNTERSTÜTZUNG FÜR FLÜCHTLINGE

HELPING HANDS

STRONG SUPPORT OF REFUGEES

TRANSLATION: RALF FRIESE // FOTO: MARKUS BREIG

Es gibt Herausforderungen, die kommen ungeplant und ungefragt. So war die Überraschung im vergangenen Herbst zunächst groß, als klar war, dass auf dem benachbarten Gelände des Campus Ost des KIT eine Notaufnahme für Flüchtlinge eröffnet werden würde, da die Landeserstaufnahmeeinrichtung (LEA) in der Durlacher Allee zu diesem Zeitpunkt schon hoffnungslos überbelegt war. Auf dem Areal der ehemaligen Mackensen-Kaserne befinden sich diverse KIT-Einrichtungen rund um das Thema Mobilität. Doch als die ersten 350 Frauen, Männer und Kinder dort eintrafen, hatte sich schnell eine Initiative von engagierten KIT-Mitarbeitern, dem Personalrat des KIT und studentischen Organisationen gebildet, die die Arbeit der Karlsruher Flüchtlingshilfe bis heute ergänzt und unterstützt. So sind inzwischen rund 450 Helfer in verschiedenen Gruppen wie Kleiderkammer, Teestube, Basteln & Kinderbetreuung und Dolmetschen organisiert und verbessern die Situation und Versorgung der eintreffenden Flüchtlinge und Asylsuchenden unterschiedlichster Herkunftsländer. „Durch die räumliche Nähe zur Notaufnahme sahen sich viele KIT-Angehörige einfach in der Verantwortung, ihren persönlichen Beitrag zu leisten, um den ankommenden Menschen den Alltag etwas erträglicher zu gestalten“, sagt Mitorganisatorin Ruth Stephan, „aber es macht auch sehr viel Spaß, gemeinsam mit unterschiedlichen Kolleginnen, Kollegen und Studierenden, die man wahrscheinlich sonst nie getroffen hätte, zu helfen.“ Die Belegungszahlen der Flüchtlinge schwanken stark: „Erst waren es 350, dann 1 000, kurz vor Weihnachten plötzlich nur 70, jetzt sind es wieder 1 100 Personen. Es gibt Abende, da kommen plötzlich 350 Menschen auf einmal an.“ (drs) ■

Wer sich engagieren will, findet weitergehende Infos unter:
<http://fluechtlingshilfe.net.kit.edu>

Some challenges arise unplanned and unbidden. In the autumn of last year, the initial surprise was tremendous when it became clear that an emergency camp for refugees would be opened on the site next to the KIT Campus East. At that time, the state-operated refugee registration office on Durlacher Allee was hopelessly overcrowded. The premises of the former Mackensen Barracks hold a variety of KIT facilities associated with the subject of mobility. However, when the first 350 women, men, and children arrived on site, an initiative of committed KIT staff, the KIT Staff Council and student organizations was established quickly to supplement and support the activities of Karlsruhe Refugee Aid to this day. In the meantime, some 450 helpers have organized themselves in a variety of groups, such as clothes store, tearoom, crafts and supervision of children, and interpreting, improving the situation of the refugees and asylum seekers arriving from different countries. “The close physical proximity to the emergency camp has made many KIT staff members feel a responsibility for making a personal contribution and help the new arrivals to more tolerable conditions of everyday life,” says co-organizer Ruth Stephan. “But it is also great fun to join other colleagues and students in helping those who we otherwise probably would never have met.” The numbers of refugees to be supported vary greatly. “First it was 350, then 1000, shortly before Christmas all of a sudden only 70, now it is back to 1100 persons. There are evenings when 350 people arrive all at once.” ■

If you want to participate, find further information at
<http://fluechtlingshilfe.net.kit.edu>



Wir bieten innovativen Köpfen den Raum für ihre Ideen!

Das Kompetenzzentrum für Unternehmensgründungen

Haid-und-Neu-Str. 7 · 76131 Karlsruhe · Telefon 0721-174 271
info@technologiefabrik-ka.de · www.technologiefabrik-ka.de

300+ UNTERNEHMEN BETREUT

97% ERFOLGSQUOTE

6.000 ARBEITSPLÄTZE GESCHAFFEN



Technologiefabrik Karlsruhe

Verbrauchsausweis, Heizenergieverbrauchskennwert 97 kWh/m²a, Stromverbrauchskennwert 75 kWh/m²a, Erdgas



FASZINATION. RAUMFAHRT. ERLEBEN.

Tesat-Spacecom ist der Weltmarktführer für nachrichtentechnische Geräte und Subsysteme für die Satellitenkommunikation. In über 50 Jahren wurden mehr als 600 Raumfahrtprojekte durchgeführt. Rund 1200 Mitarbeiter entwickeln, fertigen und testen die hochzuverlässigen Geräte, Baugruppen und kompletten Nutzlasten für alle führenden Satellitenhersteller. Tesat investiert auch erfolgreich in zukunftssträngige Datenübertragung wie etwa Terminals für Laserkommunikation.

Pioneering with Passion – Möchten Sie „hoch“ hinaus? Erleben Sie die Faszination Raumfahrt hautnah und gestalten Sie mit uns die Zukunft. Starten Sie Ihre Karriere bei uns in der Raumfahrttechnik!

Wir bieten:

Praktikumsplätze, Abschlussarbeiten und Einstiegsmöglichkeiten für Ingenieurwissenschaftler/-innen, insbes. mit den Vertiefungsrichtungen:

- | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| • Elektrotechnik | • Physik | • Digitaltechnik |
| • Optoelektronik | • Feinwerktechnik | • Mechatronik |
| • Regelungstechnik | • Informatik | • Physikalische Technik |
| • Halbleitertechnik | • Nachrichtentechnik | • Informationstechnik |
| • Luft-/Raumfahrt-technik | • Leistungselektronik | • Wirtschaftsingenieurwesen |
| | • Hochfrequenztechnik | |

Bewerben Sie sich online unter: www.tesat.de/karriere

Messen und Ausstellungen 2015–2016



2015



17. Agri Historica
Traktoren – Teilmarkt –
Vorführungen
25.–26.04.2015
Messe Sinsheim



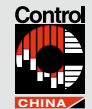
2. Motek India
Fachmesse für Produktions-
und Montageautomatisierung
Februar 2016
Ahmedabad, India



29. Control
Internationale Fachmesse
für Qualitätssicherung
05.–08.05.2015
Messe Stuttgart



4. Faszination Modellbahn
Internationale Messe für Modell-
eisenbahnen, Specials & Zubehör
04.–06.03.2016
Messe Sinsheim



6. Control China
Fachmesse für
Qualitätssicherung
26.–28.08.2015
SINEC W5 Hall, Shanghai, China



4. Faszination Modelltech
Internationale Messe für
Flugmodelle, Cars & Trucks
18.–20.03.2016
Messe Sinsheim



34. Motek
Internationale Fachmesse
für Produktions- und
Montageautomatisierung
05.–08.10.2015
Messe Stuttgart



15. Control Italy
Fachmesse für
Qualitätssicherung
März 2016
Messe Parma / Italien



9. Bondexpo
Internationale Fachmesse
für Klebtechnologie
05.–08.10.2015
Messe Stuttgart



15. Motek Italy
Fachmesse für Produktions-
und Montageautomatisierung
März 2016
Messe Parma / Italien



21. Druck+Form
Fachmesse für die
grafische Industrie
07.–10.10.2015
Messe Sinsheim



30. Control
Internationale Fachmesse
für Qualitätssicherung
26.–29.04.2016
Messe Stuttgart



24. Fakuma
Internationale
Fachmesse für
Kunststoffverarbeitung
13.–17.10.2015
Messe Friedrichshafen



13. Optatec
Internationale Fachmesse
für optische Technologien,
Komponenten und Systeme
07.–09.06.2016
Messegelände Frankfurt / M.



14. Faszination Modellbau
FRIEDRICHSHAFEN
Internationale Messe für
Modellbahnen und Modellbau
30.10.–01.11.2015
Messe Friedrichshafen



5. Stanztec
Fachmesse
für Stanztechnik
21.–23.06.2016
CongressCentrum Pforzheim



12. Blechexpo
Internationale
Fachmesse für
Blechbearbeitung
03.–06.11.2015
Messe Stuttgart



35. Motek
Internationale Fachmesse
für Produktions- und
Montageautomatisierung
10.–13.10.2016
Messe Stuttgart



5. Schweisstec
Internationale Fachmesse
für Fügetechnologie
03.–06.11.2015
Messe Stuttgart



10. Bondexpo
Internationale Fachmesse
für Klebtechnologie
10.–13.10.2016
Messe Stuttgart



2. Coilex
Technologiepark zur Fertigung
mechanischer Komponenten
03.–06.11.2015
Messe Stuttgart



9. Microsys
Technologiepark für
Mikro- und Nanotechnologie
10.–13.10.2016
Messe Stuttgart

2016



20. Echtdampf-Hallentreffen
Dampfbetriebene Modelle von
Eisenbahnen, Straßenfahrzeugen,
Schiffen und stationären Anlagen
08.–10.01.2016
Messe Karlsruhe



33. Modellbahn
Internationale
Ausstellung für
Modellbahn und -zubehör
17.–20.11.2016
Koelnmesse



2. Control India
Fachmesse für
Qualitätssicherung
Februar 2016
Ahmedabad, India



P. E. Schall GmbH & Co. KG
Gustav-Werner-Straße 6 · D-72636 Frickenhausen
T +49 (0)7025 9206-0 · F +49 (0)7025 9206-880
info@schall-messen.de · www.schall-messen.de



Messe Sinsheim GmbH
Neulandstraße 27 · D-74889 Sinsheim
T +49 (0)7261 689-0 · F +49 (0)7261 689-220
info@messe-sinsheim.de · www.messe-sinsheim.de



Begeisterung entfachen. Zukunft schaffen.

Seit über 45 Jahren gelten wir durch die Entwicklung, Fertigung und den Vertrieb von Produktionssystemen zur Medikamentenverpackung als innovativer und zukunftsweisender Partner der Pharmaindustrie. Als einer der Marktführer verdanken wir unseren Erfolg nicht zuletzt unseren 1200 kompetenten Mitarbeiter/innen im Stammwerk in Ilshofen. Sie arbeiten täglich mit Begeisterung, Ideenreichtum und Know-how daran, unseren weltweiten Erfolg stetig auszubauen.

Entscheiden Sie sich jetzt für eine Karriere mit echten Perspektiven!

Senden Sie uns Ihre Bewerbung, unter Angabe Ihres frühestmöglichen Eintrittstermins und Ihrer Gehaltsvorstellung, bevorzugt via E-Mail an folgende Anschrift:

**BAUSCH+STRÖBEL Maschinenfabrik
Ilshofen GmbH+Co. KG**

Herr Martin Widera (Tel.: 07904 701-0)
Parkstraße 1 · 74532 Ilshofen
personal@bausch-stroeel.de

Werden auch Sie Teil unseres starken Teams
und bereichern Sie uns ab sofort als

ENTWICKLER UND KONSTRUKTEURE (m/w)

Ihre Aufgabe:

- Entwicklung und Konstruktion von Maschinen nach Kundenspezifika
- Optimierung und Weiterentwicklung von vorhandenen Maschinen und Baugruppen nach Analyse der gestellten Anforderungen
- Mitarbeit an der Entwicklung neuer Verpackungssysteme
- Bearbeitung von Ersatzteilaufträgen und Umbauten an ausgelieferten Maschinen

Ihr Profil:

- abgeschlossene Ausbildung zum/zur Techniker/in oder Studium der Ingenieurwissenschaften Fachrichtung Maschinenbau
- idealerweise Berufserfahrung im Bereich Konstruktion, bevorzugt im Sondermaschinenbau
- sicherer Umgang mit CAD Systemen
- strukturierte und selbstständige Arbeitsweise

Was wir bieten:

- Herausfordernde Tätigkeiten in einem internationalen Umfeld mit guten Entwicklungsmöglichkeiten
- Attraktives Gehalt mit Sonderzahlungen sowie vermögenswirksame Leistungen
- Flexible Arbeitszeiten und Betriebsrestaurant



www.bausch-stroeel.de



Raus aus der FORSCHUNG, rein ins Management!

**Sie sind Informatiker, Ingenieur, Chemiker oder Physiker
mit Zukunftsplänen in der Wirtschaft?**

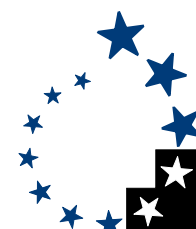
Mit dem seit 1990 bewährten MBA-Programm (Vollzeit- oder Teilzeit) der Universität des Saarlandes entscheiden Sie sich für eine erstklassige Managementausbildung!

- Solides Fachwissen im General Management
- Europäische Ausrichtung der Lehrinhalte
- Renommierete Dozenten aus dem In- und Ausland
- Ausbau der Soft Skills
- Optimale Aufstiegschancen



**Bewerbung und Einstieg
jederzeit möglich!**
www.mba-europe.de

Tel.: +49 (0) 681/302-2553
m.mueller@mba-europe.de



*Managing
with(in) Europe*

MBA School
Universität des Saarlandes

KIT-Campus Süd

KIT-Campus
Samstag, 27. Juni, 10 bis 19 Uhr



SWR >>>

STADTGEBURTSTAG
- KARLSRUHE 2015

WISSENSCHAFTSFESTIVAL KARLSRUHE
EFFEKTE



vollack



Voller Perspektiven.

Raum für Zukunft: Mit 150 Architekten und Ingenieuren im Unternehmen ist Vollack nationaler und internationaler Spezialist für Gewerbe- und Industriegebäude. Wir entwickeln, planen und realisieren intelligente Arbeitswelten mit Profil. Spannende Aufgaben, Teamwork und ein motivierendes Arbeitsumfeld begeistern uns. Sie auch? Dann sollten wir uns kennenlernen.
www.vollack.de



Mit Leidenschaft. Und Teamspirit.

Nichts ist so gut, dass es nicht noch optimiert werden könnte. Das gilt auch für die Herstellung von Schokoriegeln. Doch wie gestaltet man Produktionsprozesse noch effizienter? Diese Frage stand im Mittelpunkt der Diplomarbeit von Pia. Ihre Strategie: Das Team der Produktion – wie eine Mannschaft beim Football – in einem Workshop unter ihrer Leitung mit einbeziehen. Eine große Aufgabe. Doch bei Mars glaubte man an die Berufsanfängerin. Zu Recht: Eine ganze Produktionslinie läuft jetzt deutlich effizienter. Wenn auch Sie etwas in Bewegung setzen möchten, dann bewerben Sie sich unter

www.mars.de/karriere

MAKE IT MEAN MORE | **MARS**

Du bist auf der Suche nach neuen Möglichkeiten?

Einer Arbeitsstelle in einem innovativen und menschlich geprägten Arbeitsumfeld?

Dann herzlich willkommen bei Daimler TSS, dem IT-Spezialisten für Daimler!

discover.daimler-tss.de



„Wir sind nicht nur Daimler.
Sondern auch.“
Discover new dimensions.

Tilo, 30 Jahre,
IT Service Manager





ENSURING THE FLOW.

High-Tech mitgestalten. Deine Chance.

Stromnetze und Anlagen sind sensibel. Mit innovativer Prüf- und Messtechnik hilft BAUR sie zu schützen – weltweit. BAUR sucht hochmotivierte junge Mitarbeiter, die sich für Elektronik, High-Tech, Physik und Mathematik begeistern:

- **Entwicklungsingenieur Software (m/w)**
- **Entwicklungsingenieur Embedded Software (m/w)**
- **Entwicklungsingenieur Hochspannungstechnik (m/w)**

Arbeite mit.
Damit der Strom fließt.



BAUR Prüf- und Messtechnik GmbH
+43 5522 4941-0 · jobs@baur.at · www.baur.at

Studium: beendet.

Karriere: gestartet.

Ihr Berufseinstieg bei DATEV.



Bringen Sie sich mit Ihren Talenten in die Praxis ein. Gestalten Sie mit uns die IT-Welt der Zukunft.



Zukunft gestalten. Gemeinsam.

Bewerben Sie sich jetzt!
Alle Infos auf www.datev.de/karriere



Studium beendet? Auf die Plätze, fertig - Ulm!

Die clevere Alternative für Ihren Karrierestart:

Auf unserer Internetseite finden Sie interessante und attraktive Jobs für Ihre Zukunft in der Innovationsregion Ulm:

www.innovationsregion-ulm.de



Innovationsregion Ulm
Olgastraße 101, D - 89073 Ulm
Tel.: 0731/173-121 - Fax: 0731/173-291
info@innovationsregion-ulm.de
www.facebook.com/innovationsregionUlm



tts
knowledge
matters.



Hier können Sie etwas bewegen.

Werden Sie Teil unseres Teams!

Wir mögen es, wenn sich etwas bewegt, und sind immer offen für neue Themen und Lösungswege. Das bedeutet viel Flexibilität und ein hohes Maß an Freiheit, verbunden mit der Sicherheit eines erfolgreichen und soliden mittelständischen Innovationsführers im IT- und SAP-Umfeld. Und nicht zu vergessen, unsere Standorte befinden sich in den schönsten Städten Europas und mittlerweile auch in New York.

Software | Talent Management | Learning



www.tt-s.com/karriere



www.tt-s.com/facebook



INGENIEURSKUNST bis ins kleinste Detail

Einblicke auf unserer Website

Badische Stahlwerke GmbH · Graudenzer Straße 45 · D-77694 Kehl
Telefon +49 (0)7851 83-0 · Fax +49 (0)7851 83-496 · www.bsw-kehl.de



Komplexes
System sucht
leidenschaftliche
Ingenieure,
für die anspruchsvolle
Lösungen ganz
großes Kino sind.

Bei Bürkert arbeiten wir an individuellen Systemlösungen für unsere Kunden. Die Erfahrung und das Wissen unserer Ingenieure sind dabei ebenso gefordert wie ihre Leidenschaft, ihre Kreativität und auch ihr Mut, über Grenzen hinweg zu denken und auch mal ganz neue Wege zu gehen. Dafür braucht man Leute, die Herausforderungen gerne annehmen und sich nicht mit der Rolle des Zuschauers begnügen. Gehören Sie dazu?

Mutige gesucht.

www.buerkert.de





Hightech seit 1931.

Produkte von E.G.O. stehen nicht im Rampenlicht – sie spielen die entscheidende Rolle im Hintergrund. Heiz- und Steuerelemente von E.G.O. machen aus Hausgeräten erst das, wozu wir sie brauchen: zu nützlichen Helfern, die das Leben leichter machen.

Weltweit führend in Hightech für Hausgeräte: Kochen. Backen. Waschen. Spülen. Trocknen. Regeln. Steuern.

www.egoproducts.com

E.G.O.
Steht nie drauf.
Steckt immer
drin.



GEMÜ®

VENTIL-, MESS- UND REGELSYSTEME

Gemeinsam mehr erreichen

GEMÜ ist ein weltweit führender Hersteller von Ventil-, Mess- und Regelsystemen.

Wir suchen Menschen mit eigenständiger Arbeitsweise, Identifikations- und Leistungsbereitschaft, Teamfähigkeit und Tatkraft:

- **Ingenieure (m/w)**
- **Wirtschaftsingenieure (m/w)**
- **Wirtschaftswissenschaftler (m/w)**

Studienbegleitend bieten wir:

- **Abschlussarbeiten**
(Bachelor, Master, Diplom)
- **Praktikumsplätze**
- **Werkstudentenjobs**



www.gemu-group.com/jobs



Raffinierte Technik braucht kompetente und engagierte Mitarbeiter



MiRO zählt zu den modernsten und leistungsfähigsten Raffinerien Europas und mit rund 1000 Mitarbeitern zu den größten Arbeitgebern in der Region Karlsruhe.

Die Herstellung hochwertiger Mineralölprodukte ist ein komplexer Prozess, der hohe Anforderungen an die Planung, Steuerung und Instandhaltung der Anlagentechnik stellt. Dafür brauchen wir kompetente und engagierte Mitarbeiter, die dafür sorgen, dass sowohl der Prozess als auch das Ergebnis unseren anspruchsvollen Qualitäts-, Sicherheits- und Umweltstandards genügen. Wenn Sie Ihr Wissen und Engagement in unser Team einbringen möchten, erwartet Sie bei MiRO ein interessanter Arbeitsplatz mit beruflichen Entwicklungsmöglichkeiten.

Informieren Sie sich über unser Unternehmen unter www.miro-ka.de

**Mineraloelraffinerie
Oberrhein GmbH & Co. KG**

Nördliche Raffineriestr. 1
76187 Karlsruhe
Telefon: (0721) 958-3695

Personalbetreuung /-grundsatz /-recruiting
Frau Mónica Neumann





Freiräume nutzen – Überblick gewinnen

Seit mehr als 120 Jahren ist HEIDENHAIN an den Entwicklungen der Fertigungsmesstechnik maßgebend beteiligt. Vor mehr als 40 Jahren wurde die Unternehmensgruppe in eine gemeinnützige Stiftung eingebracht. Seit vielen Jahren werden deshalb große Teile der Erträge reinvestiert, insbesondere in:

- + Forschung und Entwicklung
- + einzigartige Fertigungsprozesse
- + Kapazitätserweiterungen vor allem im Inland
- + Aus- und Weiterbildung
- + Beteiligung unserer Mitarbeiter am Gewinn

Durch die langfristige Verfolgung der Ziele hat sich das Unternehmen im Bereich der Mess-, Steuerungs- und Antriebstechnik für Werkzeugmaschinen sowie Fertigungseinrichtungen der Halbleiter- und Elektronikindustrie weltweit eine herausragende Marktposition erarbeitet.

Zum Vorantreiben weiterer Innovationen suchen wir für den Einsatz am Hauptsitz des Unternehmens in Traunreut:

- + **Ingenieure Elektrotechnik (m/w)**
- + **Ingenieure Maschinenbau (m/w)**
- + **Ingenieure Mechatronik (m/w)**
- + **Informatiker (m/w)**
- + **Physiker (m/w)**

sowie Ingenieure verwandter Disziplinen, mit oder ohne Berufserfahrung, für verschiedene Aufgaben in Produktentwicklung, Produktion, Qualitätssicherung und betriebsnahen Bereichen.

Reizt es Sie, an der Spitze neuester technologischer Entwicklungen zu arbeiten? Dann bieten wir Ihnen außergewöhnliche Entfaltungs- und Gestaltungsmöglichkeiten.