

Mehr Raum für Sie. Und Ihren Wissensdurst.

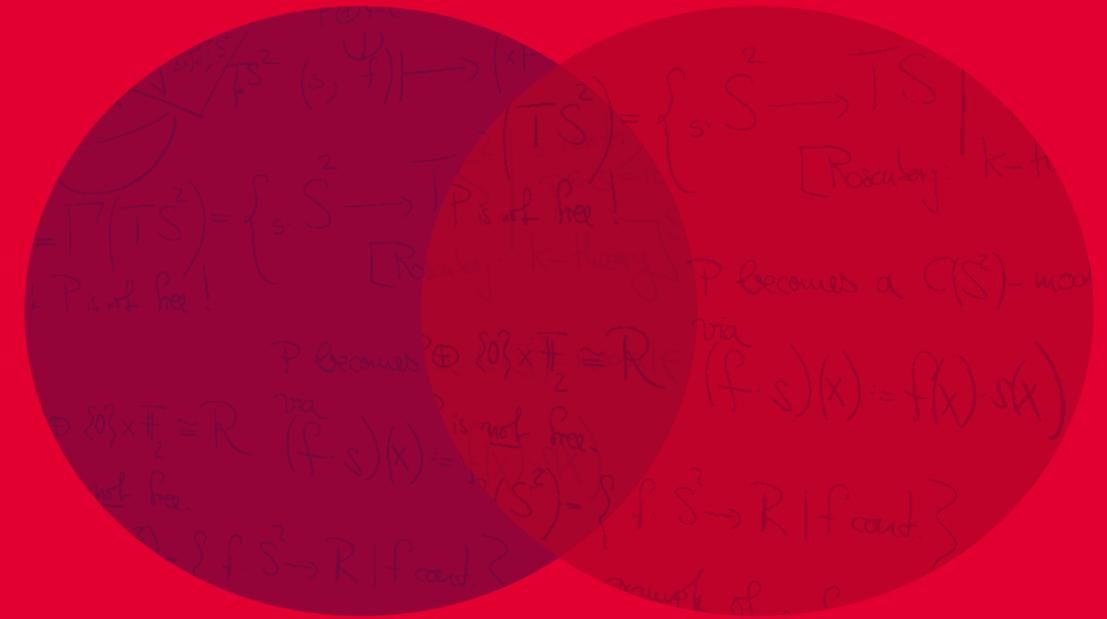
Was jemand kann, sieht man, wenn man ihm die Chance gibt, es zu zeigen. Deshalb lassen wir Ihnen vom ersten Tag an den nötigen Freiraum: Für Ihre Begeisterung, Ihre Kreativität und den Mut, Neues auszuprobieren. Egal ob während Ihres Praktikums, Ihrer Werkstudententätigkeit oder Ihrer Abschlussarbeit.

www.career.rohde-schwarz.com



LOOKKIT

DAS MAGAZIN FÜR FORSCHUNG, LEHRE, INNOVATION
THE MAGAZINE FOR RESEARCH, TEACHING, INNOVATION
AUSGABE/ISSUE #04/2015
ISSN 1869-2311



MATHEMATIK

NEUER SONDERFORSCHUNGSBEREICH: „WELLENPHÄNOMENE: ANALYSIS UND NUMERIK“
NEW COLLABORATIVE RESEARCH CENTER: “WAVE PHENOMENA: ANALYSIS AND NUMERICS”
NEU ERÖFFNET: DAS SANIERTE KOLLEGIENGEBÄUDE MATHEMATIK
NEWLY OPENED: THE REFURBISHED MATHEMATICS BUILDING
NEU ENTWICKELT: COMPUTERBASIERTE UNTERSTÜTZUNG FÜR ÄRZTE
NEWLY DEVELOPED: COMPUTER-BASED SYSTEMS HELP PHYSICIANS

TRÄNSNET BW

GESTALTEN SIE MIT UNS DAS NETZ DER ZUKUNFT

TransnetBW – wir sind der Übertragungsnetzbetreiber in Baden-Württemberg. Unsere rund 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind ein aktiver Teil der Energiewende. Wir bauen und betreiben mehr als 3.300 Kilometer Höchstspannungsnetz. Mit unserem Engagement und unseren Innovationen leisten wir einen wesentlichen Beitrag zur Versorgungssicherheit.

Wir bieten attraktive Arbeitsplätze und vielfältige Entwicklungsperspektiven. Mit einer leistungsgerechten Vergütung, umfangreichen Zusatzleistungen und einer durch Wertschätzung geprägten Arbeitsatmosphäre. Wir fördern die Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben, u. a. mit flexiblen Arbeitszeitmodellen und familiengerechten Angeboten.

Um die Energielandschaft von heute und morgen aktiv mitzugestalten, suchen wir **Ingenieure, Techniker, Kaufleute und Juristen – w/m.**

Besuchen Sie uns unter:
transnetbw.de/karriere



Holger Hanselka
FOTO/PHOTOGRAPH: ANDREA FABRY

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

auch für die KIT-Fakultät für Mathematik war 2015 wieder ein spannendes Jahr, in dem zwei sehr unterschiedliche, aber gleichermaßen motivierende Meilensteine erreicht werden konnten: zum einen die Förderung des Sonderforschungsbereichs (SFB) „Wellenphänomene: Analysis und Numerik“, der vom KIT koordiniert wird, zum anderen der Einzug ins sanierte Kollegengebäude Mathematik nach fünf Jahren Bauzeit.

Der Erfolg in der aktuellen SFB-Förderrunde bestätigt die Kompetenz der beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und unterstreicht die Sichtbarkeit der Forschung am KIT. Wellen begegnen uns überall im täglichen Leben – auch unser Körper funktioniert nicht ohne Wellenphänomene. Mehr über Entstehungsgeschichte, Inhalte und Ziele des Sonderforschungsbereichs lesen Sie ab Seite 19.

Herausragende Rahmenbedingungen nicht nur für die Forschung bietet das neue Kollegengebäude Mathematik unweit des Karlsruher Schlosses. Hier treffen die rund 1 000 Studierenden der Mathematik und sogar Kinder aus der Region im Schülerlabor auf eine optimale Lehr- und Lernumgebung. Da komplettiert es das Bild, dass es bei einer Studierendenbefragung des Centrums für Hochschulentwicklung (CHE) in diesem Jahr die Bachelor- und Masterstudiengänge Mathematik des KIT in sieben Kategorien in die Spitzengruppe geschafft haben.

Konstante Spitzenleistungen vollbringen inzwischen auch Roboter, die Mediziner im OP unterstützen. Über verschiedene Forschungsprojekte aus diesem Bereich können Sie sich ab Seite 42 informieren.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß und neue Erkenntnisse beim Lesen.

Ihr

DEAR READER,

2015 was an exciting year for the KIT Department of Mathematics, in the course of which two very different, but equally motivating milestones were reached: Funding of the collaborative research center “Wave phenomena: Analysis and Numerics” coordinated by KIT and the opening of the refurbished mathematics building after five years of construction.

Success in acquiring funding for collaborative research centers confirms the high competence of the scientists involved and enhances the visibility of research at KIT. Waves are encountered everywhere in daily life, even our bodies do not work without wave phenomena. More about the history, contents, and objectives of the collaborative research center can be found on page 19.

Conditions are excellent for more than just research in the new mathematics building. Here, about 1,000 students of mathematics and children attending the Pupils Laboratory can profit from an optimal learning and teaching environment. The picture is completed by the recent survey of students, which was made by the Center for Higher Education (CHE) this year. According to this survey, KIT’s bachelor’s and master’s programs in mathematics have made it into the top group in seven categories.

Meanwhile, robots that support physicians in the operation theater also are performing extremely well. Information about research projects in this area is provided on page 42.

Enjoy reading.

Yours,


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

INHALT

Ausgabe/Issue #04/2015

Content

BLICKPUNKT / FOCUS

- 10 ÜBER ABSTRAKTE RÄUME: INTERVIEW MIT PROFESSOR ROMAN SAUER VOM INSTITUT FÜR ALGEBRA UND GEOMETRIE
14 ABOUT ABSTRACT SPACES: INTERVIEW OF PROFESSOR ROMAN SAUER
- 16 FASZINATION WELLEN: NEUER SONDERFORSCHUNGSBEREICH „WELLENPHÄNOMENE: ANALYSIS UND NUMERIK“ AM KIT
19 FASCINATING WAVES: NEW COLLABORATIVE RESEARCH CENTER ON “WAVE PHENOMENA: ANALYSIS AND NUMERICS” AT KIT
- 22 BILLIARDS WITH A LIFE BELT: HOW TO STUDY, ADVANCE AND CLASSIFY MATHEMATICAL STRUCTURES IN A PLAYFUL WAY
23 BILLIARD MIT RETTUNGSRING: WIE SPIELERISCH MATHEMATISCHE STRUKTUREN UNTERSUCHT, WEITERENTWICKELT UND KLASSIFIZIERT WERDEN
- 26 LERNEN, LICHT UND LEICHTIGKEIT: DAS SANIERTE KOLLEGIENGEBÄUDE MATHEMATIK
29 LEARNING, LIGHT, AND LIGHTNESS: THE REFURBISHED MATHEMATICS BUILDING
- 32 DER STRUKTUR AUF DER SPUR: MATHEMATIKER UND PHYSIKER UNTERSUCHEN EIGENSCHAFTEN KOMPLEXER MATERIE
33 EXPLORING THE STRUCTURE: MATHEMATICIANS AND PHYSICISTS STUDY PROPERTIES OF COMPLEX MATTER
- 36 MIT HAND UND VERSTAND: DAS SCHÜLERLABOR MATHEMATIK AM KIT MACHT MATHE BEGREIFBAR
38 WITH HAND AND MIND: KIT'S MATHEMATICS PUPILS LABORATORY MAKES MATHS UNDERSTANDABLE
- 40 NEWS
41 NACHRICHTEN

WEGE / WAYS

- 42 THE PERFECT ASSISTANT: HOW COMPUTER-BASED SYSTEMS HELP PHYSICIANS
44 DER PERFEKTE ASSISTENT: WIE COMPUTERBASIERTE SYSTEME ÄRZTEN HELFEN
- 46 DIESEL-OPTIMIERUNG: FORSCHER ENTWICKELN KOSTENGÜNSTIGEN KRAFTSTOFFZUSATZ
46 DIESEL OPTIMIZATION: RESEARCHERS DEVELOP INEXPENSIVE FUEL ADDITIVE

GESICHTER / FACES

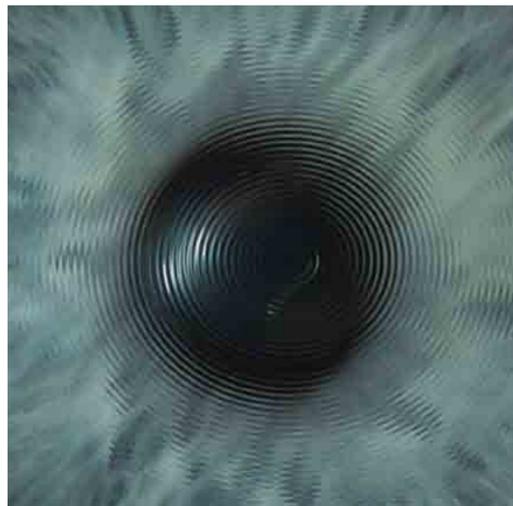
- 48 KARLSRUHER TRITIUM NEUTRINO EXPERIMENT (KATRIN): INTERVIEW MIT DR. KATHRIN VALERIUS, LEITERIN EINER HELMHOLTZ-HOCHSCHUL-NACHWUCHSGRUPPE
50 THE KARLSRUHE TRITIUM NEUTRINO EXPERIMENT (KATRIN): INTERVIEW OF DR. KATHRIN VALERIUS, HEAD OF THE HELMHOLTZ-UNIVERSITY YOUNG INVESTIGATORS GROUP

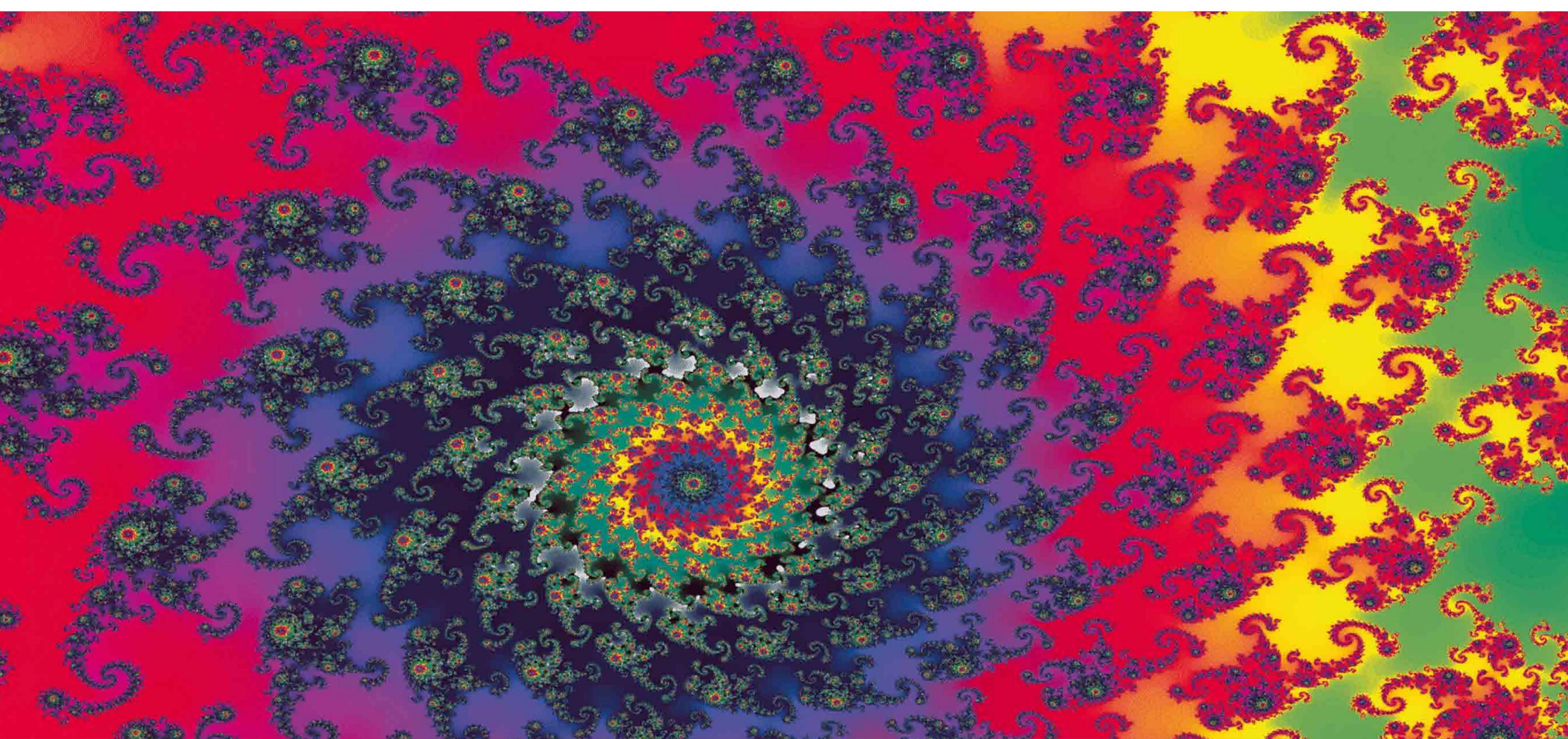
ORTE / PLACES

- 54 WENN SICH DER SCHWARZWALD NEIGT: IM GEOWISSENSCHAFTLICHEN GEMEINSCHAFTSOBSERVATORIUM WERDEN KLEINSTE ERDERSCHÜTTERUNGEN REGISTRIERT
58 WHEN THE BLACK FOREST BOWS DOWN: SMALLEST SEISMIC TREMORS ARE MEASURED AT THE BLACK FOREST OBSERVATORY
- 59 AUGENBLICKKIT: CHINESISCHER GALAABEND
59 AUGENBLICKKIT: A CHINESE GALA EVENING

HORIZONTE / HORIZONS

- 60 BILD UND RECHT: VON DER REGULIERUNG UND DER NORMATIVEN KRAFT DER BILDER
62 VISUAL IMAGES AND LAW: PICTURE RULES AND THE NORMATIVE POWER OF IMAGES
- 64 AUF EINE FRAGE: SOLLEN ZÜGE AUF EINANDER WARTEN?
64 JUST A QUESTION: SHOULD TRAINS WAIT FOR EACH OTHER?
- 66 20 JAHRE ITAS: VERSUCH EINER POSITIONSBESTIMMUNG
70 20 YEARS ITAS: AN APPROACH TO POSITIONING
- 71 HOCHSCHULGRUPPE DELTA: 10 000 BERATERTAGE IN UNTERNEHMEN
71 KIT'S DELTA CAMPUS GROUP: 10,000 DAYS BUSINESS CONSULTING





FRAKTALE I

FRACTALS I

Benoît Mandelbrot schenkte der Mathematik einen neuen Begriff und eine neue Ästhetik als er 1975 seine Strukturen Fraktale (aus dem Lateinischen: fractus/gebrochen) taufte. Als fraktal bezeichnete er alle Objekte, die sich in unterschiedlichen Größenskalen selbstähnlich sind. Mandelbrot – 2010 im Alter von 85 verstorben – machte Welten sichtbar, die kein Auge je zuvor gesehen hatte. Mit einfachen Formeln ließen sich faszinierende Bilder generieren, besonders berühmt wurde die sogenannte Mandelbrotmenge (Apfelmännchen). Mandelbrot erschuf aber nicht nur farbenprächtige Darstellungen, er hat der Mathematik Zugang zu rauen Oberflächen verschafft. Mit fraktaler Geometrie ließ sich zum Beispiel die Rauheit der Natur (Küstenlinien) beschreiben.

By calling his structures fractals (from Latin: fractus/broken) in 1975, Benoît Mandelbrot introduced a new term and a new esthetic in mathematics. All objects that are self-similar on various scales were called fractals by him. Mandelbrot died in 2010 at the age of 85. He made visible worlds that had never been seen before. With simple formulas, he created fascinating images. The so-called Mandelbrot set became particularly famous (apple man). Mandelbrot did not only create colorful representations, he also gave mathematics access to rough surfaces. For instance, he used fractal geometry to describe the roughness of nature (coast lines).

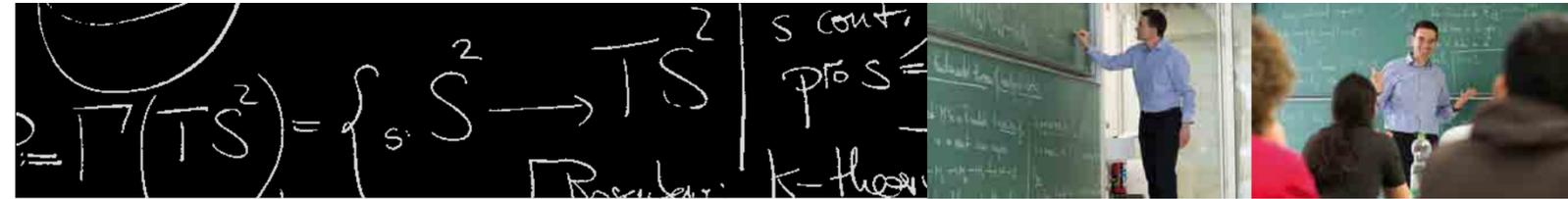
FRAKTALE II

FRACTALS II

Der Romanesco, gezüchtet nahe Roms, wird in Deutschland seit dem 16. Jahrhundert angebaut. Er gehört zu den wenigen Pflanzen, die in ihrem Blütenstand gleichzeitig Selbstähnlichkeit – und damit eine fraktale Struktur – sowie Fibonacci-Spiralen aufweisen. Fraktale Erscheinungsformen, also Wiederholungen einer bestimmten Struktur in sich selbst, sind häufig in der Natur zu finden. Dabei ist jedoch die Anzahl der Stufen von selbstähnlichen Strukturen begrenzt und beträgt oft nur drei bis fünf. Weit verbreitet sind fraktale Strukturen ohne strenge, aber mit statistischer Selbstähnlichkeit. Dazu zählen Bäume, Blutgefäße oder Flussverläufe.

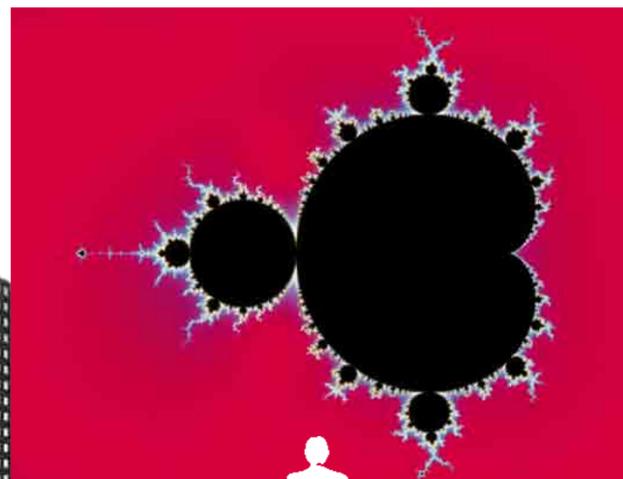
The romanesco, originally cultivated near Rome, has been grown in Germany since the 16th century. It is among the few plants having self-similarity and, hence, a fractal structure as well as Fibonacci spirals in its flower head. Fractal structures, i.e. repetitions of a certain structure within itself, can be found frequently in nature. However, the number of steps of self-similar structures is limited and often amounts to only 3 to 5. Fractal structures with statistical, but not strict, self-similarity are very widespread. Such structures include trees, blood vessels, or river ways.

„Man braucht keine mysteriösen Talente, um **Mathematik** zu studieren“



Professor Roman Sauer über
abstrakte Räume, hochdimensionale
Objekte und besondere Spaziergänge
in der algebraischen Topologie

FOTOS: PATRICK LANGER



Die Welt hinter dieser Türe bleibt für die meisten Menschen unentdeckt. Nicht, weil sie niemand einlässe, ganz im Gegenteil: Sie wollen lieber gar nicht erst eintreten. Theoretische Mathematik? Viel zu kompliziert! Doch ganz so einfach sollte man es sich nicht machen, sagt Professor Roman Sauer vom Institut für Algebra und Geometrie: „Natürlich braucht man ein gewisses Grundtalent und nicht jeder wird ein hervorragender Mathematiker. Aber im Prinzip könnten viel mehr Leute mit Erfolg Mathematik studieren. Unverzichtbar sind nur eine gewisse Hingabe- und Konzentrationsfähigkeit.“ Für lookKIT hat Roman Sauer die Türe zur theoretischen Mathematik ein wenig weiter aufgestoßen und unterschiedlichste Einblicke in seine Arbeit gewährt.

lookKIT: Algebraische Topologie ist Ihr Fachgebiet. Können Sie uns kurz beschreiben, was das ist?

Professor Roman Sauer: „Ich untersuche, grob gesprochen, abstrakte Räume hinsichtlich ihrer qualitativen geometrischen Eigenschaften. Statt „abstrakter Räume“ könnte man auch „geometrische Objekte“ sagen. Angesichts der Tatsache, dass diese unendlich groß sein und hohe

Dimension haben können, finde ich aber den ersten Begriff passender. Lokal, also in der näheren Umgebung eines beliebig gewählten Beobachtungspunkts, sehen diese abstrakten Räume recht einfach und vertraut aus. Ihre globale Struktur ist dagegen komplex und faszinierend.“

lookKIT: In wieviel Dimensionen bewegen Sie sich und sind die noch vorstellbar?

Roman Sauer: „Einen zweidimensionalen Raum wie zum Beispiel die Oberfläche einer Kugel können wir uns leicht vorstellen, weil er in unserem dreidimensionalen Erfahrungsraum eingebettet ist und wir sozusagen von außen darauf schauen können. Wollten wir bei dreidimensionalen Räumen den Standpunkt eines externen Beobachters einnehmen, bräuchten wir eine vierdimensionale Anschauung – die wir natürlich nicht haben. Daher stellt man sich abstrakte dreidimensionale Räume eher dadurch vor, dass man sich mittendrin befindet. Weiter kann man sich vierdimensionale Räume als zeitliche Veränderung eines dreidimensionalen Raums vorstellen, indem ich mir als Visualisierungsbrücke eine Koordinate als Zeit vorstelle. In noch höheren Dimensionen kann man versuchen, die Räume auf niedrigere Dimensionen zu projizieren und diese niedrigdimensionalen Projektionen zu verstehen. So in etwa wie ein dreidi-

mensionales Objekt zweidimensionale Schatten an eine Wand wirft, wenn es mit einer Lampe beleuchtet wird. Aber es wird immer schwieriger, je höher ich in den Dimensionen gehe. Die „Lampen“, die wir tatsächlich in unserer Forschung verwenden, heißen Funktoren, und die Methoden, mit denen wir hochdimensionale Räume studieren, sind sehr abstrakt und indirekt.“

lookKIT: So klingt es auch. Ist die algebraische Topologie ausschließlich eine grundlagenorientierte Wissenschaft?

Roman Sauer: „In weiten Teilen schon. Aber es haben sich auch Anwendungsgebiete erschlossen. Abstrakte Räume entstehen heutzutage im Umgang und in der Analyse sehr großer Datenmengen. Diese Datenmengen treten als komplizierte Punktwolken auf, die eine hochdimensionale Struktur haben. Zunehmend ist es der Fall, dass wir diese Punktwolken unter groben, qualitativen Gesichtspunkten verstehen müssen. Dafür kann Topologie ein Werkzeug sein. Diese Anwendungsseite unserer recht abstrakten, grundlagenorientierten Wissenschaft hat sich erst in den letzten zehn Jahren entwickelt. Es ist eine überraschende Entwicklung, die niemand so richtig vorhergesehen hat, am wenigsten die Leute, die dieses Gebiet erschlossen haben.“



Professor Roman Sauer, Leiter der AG Topologie des Instituts für Algebra und Geometrie, hält seine Vorlesung zu Algebraic Topology II
Professor Roman Sauer, Head of the Topology Group from KIT's Institute of Algebra and Geometry, lecturing about Algebraic Topology II



lookKIT: Können Sie uns noch etwas mehr über Ihre Vorgehensweise erklären. Wie nähern Sie sich einer Fragestellung?

Roman Sauer: „Schwierige Frage! Meist will ich einen größeren mathematischen Zusammenhang einfach nur verstehen, und dann ergeben sich Fragestellungen und erste Ansätze ganz automatisch. Mathematische Forschung ist wie jede Forschung kompetitiv, aber es ist für mich keine intellektuelle Safari, bei der ich der Lösung einer Liste von Problemen hinterherjage. Der Wunsch, Zusammenhänge zu verstehen, steht im Vordergrund, und dies führt am Ende auch zur Lösung konkreter Probleme.“

lookKIT: Arbeiten Sie an solchen Fragestellungen hauptsächlich mit Studierenden oder Kolleginnen oder Kollegen hier vor Ort?

Roman Sauer: „Das ist projektabhängig. Ich arbeite natürlich auch mit Kollegen vor Ort, momentan beschäftigt mich aber ein gemeinsames Projekt mit den Kollegen Uri Bader (Weizmann Institute of Science, Tel Aviv) und Alex Furman

(UIC, Chicago), die übrigens nicht in der algebraischen Topologie, sondern in der Gruppen- und Ergodentheorie arbeiten. In unserem interdisziplinären Projekt untersuchen wir Starrheitsphänomene von Gittern. Gitter sind hochsymmetrische, kristalline Strukturen, die in einem abstrakten Raum liegen. Kann man die Geometrie des umgebenden abstrakten Raums deformieren, das heißt stetig verändern, ohne das Gitter zu verändern? Oder bestimmen die Symmetrien des Gitters vollständig die Geometrie des umgebenden Raums? Dann spricht man von Starrheit.“

lookKIT: Wie können wir uns das konkret vorstellen, wenn Sie an solchen Problemen arbeiten? Sitzen Sie am Rechner? Wie kommen Sie voran?

Roman Sauer: „Numerische Berechnungen und Computerunterstützung spielen in meiner Forschung eigentlich keine Rolle. Wenn ich mich mit den Kollegen eines Projekts treffe, würde man uns typischerweise an einer Tafel stehen sehen, die sich nach und nach mit kompliziert aussehenden

Diagrammen füllt. Ansonsten diskutieren wir per Telefon oder Videokonferenz. Im oben erwähnten Projekt gehen wir bei gemeinsamen Treffen auch oft spazieren und diskutieren dabei unsere Mathematik. Solche Spaziergänge erzwingen einen besonderen Kommunikationsmodus: Man kann dabei keine Nebenrechnungen führen oder komplizierte Zeichnungen entwerfen. Das könnte ich nie gleichzeitig im Kopf behalten, während wir spazieren gehen und reden. Ich muss auf einer analogiereichen, ideenorientierten Ebene mit der anderen Person, mit meinen Kollegen, sprechen. Eine fast ideale und sehr effiziente Art und Weise der Kommunikation.“

lookKIT: Aber sie halten Ihre Ergebnisse sicher auch schriftlich fest, oder?

Roman Sauer: „Natürlich. Das ist ein langfristiges Projekt. Wir schreiben immer wieder, sonst würde vieles verloren gehen. In der finalen Phase eines Projekts tritt dann die kreative Seite der Mathematik in den Hintergrund und die logisch-deduktive Seite in den Vordergrund. Aber viele

Menschen denken, dass Mathematik nur so funktioniert, dass wir einfach Formeln schreiben oder dass wir lange Ketten von logischen Schritten aneinanderreihen und dass wir einfach viel rechnen. Sie sehen nicht die kreative Seite. Sie sehen nicht die ganz anderen Kommunikationsformen, die in so einer Zusammenarbeit mit Kollegen stattfinden und die gar nichts mit den üblichen Vorstellungen von Mathematik zu tun haben.“

lookKIT: Werden diese Kommunikationsformen auch gelehrt?

Roman Sauer: „Wenn Mathematiker Vorlesungen halten, kommunizieren sie oft in einer Form, die die kreative Seite unter- und die lineare, logisch-deduktive Seite der Mathematik überbetont. Alles ist da, alles ist logisch begründet. Das ist sehr wichtig, keine Frage. Aber es wäre gut, wenn wir stärker Ideenfindung, trial and error in der Wissenschaft betonen würden. Ich versuche das in Vorlesungen umzusetzen. Ich könnte das sicher noch mehr machen!“

lookKIT: Ist es denn nicht sehr schwer, überhaupt eine Ebene zu erreichen, auf der man so kommunizieren kann?

Roman Sauer: „Man darf nicht den Eindruck erwecken, Mathematik sei einfach. Mathematik ist schwer. Andererseits braucht man keine mysteriösen Talente, um Mathematik zu studieren. Wichtig sind eine gesunde Arbeitseinstellung und Geduld. Eine Aussage, die ich in einer Mathematikvorlesung treffe, kann von den Studierenden in dem Moment nachvollzogen oder widerlegt werden – ohne Verweis auf Autoritäten oder experimentelle Ergebnisse, nur durch Nachdenken. Die dazu notwendige kritische Geisteshaltung ist ebenfalls wichtig. Die Rolle des Talents finde ich dagegen überschätzt. Es gibt die romantische Vorstellung vom einsamen, genialen Mathematiker in seiner Kammer. Ich fand diese Vorstellung als Schulkind schon auch reizvoll, im Großen und Ganzen ist sie aber für unser Fach kontraproduktiv und wirklichkeitsfremd. Das Zerrbild vom unsozialen einsamen Genie trägt übrigens

auch nicht dazu bei, dass der Frauenanteil in der Mathematik sich erhöht.“

lookKIT: Gab es denn für Sie eine Art Erweckungserlebnis?

Roman Sauer: „Ja, das gab es. Da war der Sohn unserer Nachbarn, der Informatik studiert hat. Ich war 13 Jahre alt, er war damals 25. Dann habe ich einmal den Schlüssel vergessen und die Nachbarin meinte, komm zu meinem Sohn. Der hat mir an seinem Computer gewisse Fraktale gezeigt, unter anderem das berühmte Apfelmännchen. Er hat versucht, mir ein wenig die Mathematik dahinter zu erklären. Ich habe anfangs gar nichts verstanden, aber ich wollte es verstehen. Es hat sich da eine völlig fremdartige, bizarre, neue Welt aufgetan, die nichts mit meiner Schulmathematik zu tun hatte, und die ich ganz für mich allein hatte – unabhängig von meinen Lehrern oder Eltern. Und dann habe ich mich da reinvertieft. Als ich etwa 15 war, war mir klar: Das möchte ich später machen! Meine Lehrer sagten damals zu mir, in der Mathematik



Über 1 000 Studierende der Mathematik und Studierende der Natur- und Ingenieurwissenschaften werden in der KIT-Fakultät für Mathematik unterrichtet

More than 1000 students of mathematics and students of natural sciences and engineering attend lessons at the KIT Department of Mathematics

gebe es gar keine Forschung, da passiere nichts Neues. Mit den alten Griechen sei alles getan. Dank meines Nachbarn sah ich das Gegenteil: interessante Paradoxien, spannende Phänomene, ungelöste Fragen. Nun hat nicht jeder solche Nachbarn. Deshalb ist es wichtig, gute Lehrer heranzubilden, die das Feuer in der Mathematik brennen sehen und ihre Begeisterung an Kinder weitergeben.“

lookKIT: Was treibt Sie heute als Mathematikprofessor an?

Roman Sauer: „Mich freut es, dass die algebraische Topologie mittlerweile zu konkreten Anwendungen beiträgt. Man sollte theoretische und angewandte Mathematik nicht voneinander abgrenzen, sondern Mathematik als Einheit verstehen. Trotzdem: Was mich wirklich antreibt ist die innere Schönheit der geometrischen Strukturen und das Streben nach einem tieferen Verständnis dieser geometrischen Strukturen – nicht die Suche nach einer spezifischen Anwendung. Man wird dabei nicht täglich belohnt. Aber wenn ich eine neue Struktur gefunden oder besser verstanden habe, wenn ich neues mathematisches Theorem beweisen kann, dann ist das ein richtiges Glücksgefühl und Belohnung für alles.“

lookKIT: Wie oft ist Ihnen das vergönnt?

Roman Sauer: „Manchmal kann es Monate dauern, in denen man versucht, irgendwelche Sachen herauszubekommen und es klappt einfach gar nichts. Dann wünsche ich mir, dass sich der Erfolg in meinen Forschungsprojekten eher in vielen kleinen messbaren Schritten einstellen würde, anstatt in wenigen größeren Sprüngen. Manchmal geht es dagegen fast mühelos, wenn man zufällig den richtigen Schlüssel zu einer Sache besitzt. Es bereitet mir auch Freude, Forschungsergebnisse anderer Leute zu durchdringen und grundlegend zu verstehen.“ ■

Das Gespräch führte Domenica Riecker-Schwörer

Studying Mathematics Does Not Require Mysterious Talents

Professor Roman Sauer Talks About Abstract Spaces, High-dimensional Objects, and Special Walks Through Algebraic Topology

TRANSLATION: HEIDI KNIERIM

Professor Roman Sauer from KIT's Institute of Algebra and Geometry deals with the qualitative geometric properties of abstract spaces. Besides fundamental research, new fields of application have developed in topology: Today, abstract spaces are created because of the need to handle and analyze very large amounts of data. These data occur as complex scatter plots of high-dimensional structure and must increasingly be understood by coarse qualitative aspects. According to Professor Sauer, topology could be an appropriate tool for this approach.

At present, Roman Sauer, among other things, is involved in a joint project with his colleagues Uri Bader (Weizmann Institute, Tel Aviv) and Alex Furman (UIC, Chicago), who do not work in algebraic topology, but in group and ergodic theory. In the interdisciplinary project, the researchers investigate lattice rigidity phenomena. Instead of using numerical calculations and computer support, however, they fill the blackboard with quite complex diagrams, are immersed in discussions on the phone or in video conferences, and often go for walks to discuss their specific mathematical problems.

In our lookKIT interview, Sauer rejects the notion of mathematics being reserved for individuals with special talents. One should not create the impression that mathematics is easy. Mathematics is difficult indeed. But patience and a solid attitude towards work are much more important than any mysterious talents. Whereas it may take months to figure out a right solution, mathematics seems to be almost effortless once one has found the right key and approach to a specific problem. ■

Contact: roman.sauer@kit.edu

Mathematik-Podcast

Vom Wasserhahn über die automatischen Temporegelungen an Autobahnen, in der Medizintechnik bis hin zum Mobiltelefon: Bei genauem Hinsehen findet sich Mathematik überall in unserem Leben. Dr. Sebastian Ritterbusch produziert seit zwei Jahren in Zusammenarbeit mit PD Dr. Gudrun Thäter vom Institut für Angewandte und Numerische Mathematik, den Podcast „Modellansatz“. Der erscheint alle ein bis zwei Wochen und beschäftigt sich mit interessanten mathematischen Themen des täglichen Lebens. „Im Podcast stellen wir eine große Bandbreite der Mathematik dar. Dabei wird die Analyse von menschlichem Kaufverhalten genauso lebendig behandelt wie algebraische Topologie oder Analysis“, so Ritterbusch.

Der Podcast findet sich unter <http://modellansatz.de/> und kann unter <http://modellansatz.de/rss/> oder aus Verzeichnisdiensten wie z. B. iTunes oder iTunes U, Die Hörsuppe oder podcast.de abonniert werden. Neue Folgen werden unter @modellansatz (twitter) oder auf Modellansatz (fb) angekündigt.

Kontakt: sebastian.ritterbusch@kit.edu und gudrun.thaeter@kit.edu

Jeder Mensch trägt verschiedene Ansprüche und Bedürfnisse in sich. Wir bei Pepperl+Fuchs schätzen nicht nur die fachlichen Kompetenzen unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, sondern legen auch großen Wert auf alle anderen Facetten, die eine Persönlichkeit ausmachen. Deshalb gibt es bei uns Raum für Entfaltung und Eigenverantwortung. Wir fördern Ideen und pflegen einen offenen und respektvollen Umgang miteinander. Als eines der weltweit führenden Unternehmen in der Prozess- und Automatisierungstechnik wissen wir: Innovation ist nur dort möglich, wo Menschen die Chance dazu bekommen.

PEPPERL+FUCHS

karriere.pepperl-fuchs.com

Faszination Wellen

Neuer Sonderforschungsbereich „Wellenphänomene: Analysis und Numerik“ am KIT eingerichtet

VON DR. JOACHIM HOFFMANN

Wellen sind überall: Direkt erfahrbar sind sie in einem Boot auf dem Wasser, hörbar sind sie als Schallwellen, sichtbar als Lichtwellen. Sie können an Materie gebunden sein oder sich mit Lichtgeschwindigkeit in Form elektromagnetischer Wellen ausbreiten. Wellen sind überall, und ihr Verhalten zu verstehen bedeutet die Natur besser zu verstehen.

Mathematiker sehen in Wellen noch viel mehr: Sie begeistert die Vielfalt und Schönheit der mit ihnen verbundenen mathematischen Gleichungen. Die Ausbreitung von Wellen wird durch Differenzialgleichungen beschrieben und wirft eine Fülle von faszinierenden Fragestellungen auf, die unterschiedliche mathematische Disziplinen betreffen.

Hier setzt der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Sonderforschungsbereich „Wellenphänomene: Analysis und Numerik“ an. Sprecherin des Sonderforschungsbereichs ist Marlis Hochbruck, Professorin am Institut für Angewandte und Numerische Mathematik des KIT und Leiterin der Arbeits-

gruppe Numerik. Ihr Stellvertreter ist Professor Wolfgang Reichel, der am Institut für Analysis die Arbeitsgruppe Nichtlineare Partielle Differentialgleichungen leitet. Die Zusammenarbeit zwischen den mathematischen Teilgebieten Analysis und Numerik wird zu einem besseren und fundamentaleren Verständnis von Phänomenen mit Wellen führen. Eine derartig weitgehende Kooperation ist einmalig in der deutschen Forschungslandschaft.

„Durch die intensive Verflechtung von Numerik und Analysis wollen wir die Ausbreitung von Wellen unter realitätsnahen Bedingungen analytisch verstehen, numerisch simulieren und letztendlich auch steuern. Unsere Forschung wird sich auf charakteristische Wellenphänomene konzentrieren: das Auftreten von stehenden und wandernden Wellen oder Wellenfronten, Oszillationen und Resonanzen, Dispersion, Wellenführung sowie Reflexion, Brechung und Streuung von Wellen“, erläutert Professorin Hochbruck. Und ihr Kollege Wolfgang Reichel ergänzt: „Wir kommen zwar aus unterschiedlichen Teilgebieten der Mathematik, wollen uns

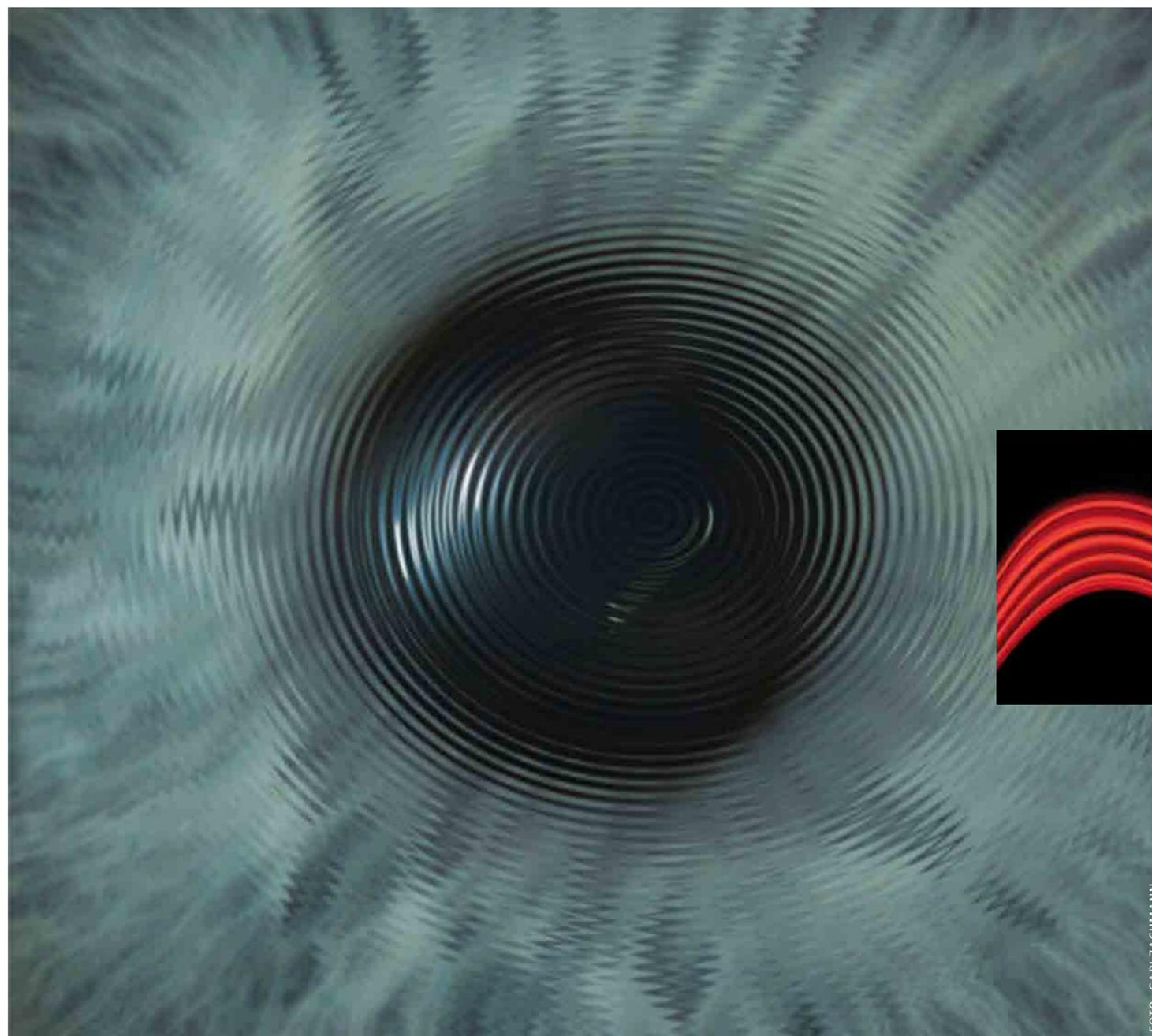


FOTO: GABI ZACHMANN

aber nicht auftrennen lassen, sondern arbeiten an einem gemeinsamen Projekt und bringen komplementäre Kompetenzen mit. Nur eine der Kompetenzen wäre für den wissenschaftlichen Fortschritt nicht ausreichend.“

Ziel des Sonderforschungsbereichs ist aber nicht nur die abstrakte mathematische Untersuchung von Wellenphänomenen. Der Blick geht auch in Richtung Anwendung. „Am Sonderforschungsbereich sind Forscher des KIT aus Optik und Photonik, Geophysik und aus der Biomedizintechnik beteiligt. Sie sorgen für eine gewisse Erdung: Sie schärfen unseren Blick für mathematische Fragestellungen, die das Potenzial haben, für Anwendungen relevant zu sein“, ordnet Professorin Hochbruck die thematische Vielfalt des Sonderforschungsbereichs ein. So sind an fünf von 19 wissenschaftlichen Teilprojekten des mathematischen Sonderforschungsbereichs Anwender aus anderen Disziplinen beteiligt.

Ein Beispiel aus den Lebenswissenschaften ist die Entwicklung eines Modells für das elektromechanische System im Herzen. Der Herzschlag wird durch einen elektromagnetischen Impuls ausgelöst, der als Wellenfront durch den elastischen Herzmuskel läuft und damit die Kontraktion des Herzens steuert. „Wenn wir elektromagnetische und elastische Mechanismen koppeln, erhalten wir ein realistisches Modell, mit dem wir wesentliche Funktionen des Herzens beschreiben können.“ Die verschiedenen Anwendungsprojekte wurden danach ausgewählt, ob die zu lösenden Probleme innovative mathematische Methoden erfordern. Außerdem verfügen alle Forscher auf der Seite der Anwender über eine starke Affinität zur Mathematik: Die Mathematik dient als gemeinsame Sprache.

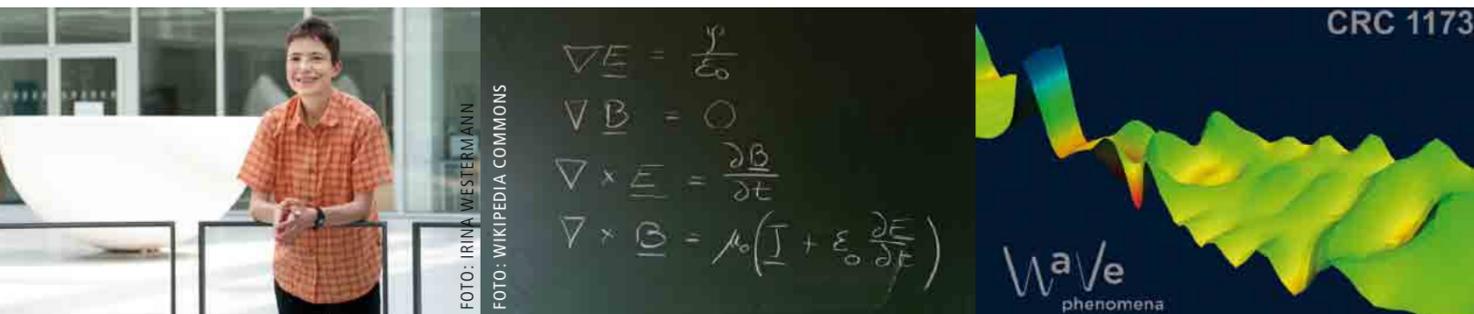


FOTO: IRINA WESTERMANN
FOTO: WIKIPEDIA COMMONS

Sprecherin des SFB ist Professorin Marlis Hochbruck vom Institut für Angewandte und Numerische Mathematik. Sie ist dort Leiterin der Arbeitsgruppe Numerik

Professor Marlis Hochbruck of the Institute for Applied and Numerical Mathematics is spokesperson of the Collaborative Research Center. At the institute, she heads the Numerics Group

So ist die Rekonstruktion des Erdinneren aus der seismischen Bildgebung aus mathematischer Sicht ein sogenanntes „inverses“ Problem. In das Erdinnere wird eine Schallwelle gesendet, die mit den unbekanntem geologischen Strukturen wechselwirkt. Es ist das Ziel, eine Gleichung zu finden, welche die Wellenausbreitung in diesen Strukturen beschreibt und mit den gegebenen Beobachtungen oder Messwerten kompatibel ist. Es geht also nicht darum, eine Gleichung zu lösen, sondern darum, eine Gleichung zu finden. Hier müssen neue mathematische Verfahren entwickelt und erforscht werden.

In der Optik geht es unter anderem um die Modellierung, das Design und die Optimierung dreidimensionaler Wellenleiter. Diese sind für die Verbindung verschiedener Komponenten von opto-elektronischen Halbleiterbauteilen notwendig. In einem Teilprojekt des Sonderforschungsbereichs wollen die Forscher dreidimensionale gekrümmte Wellenleiter so entwerfen, dass die Leistungsverluste minimiert werden.

Ein Schwerpunkt des Sonderforschungsbereichs sind elektromagnetische Wellen, die als sichtbares Licht, im kurzwelligen Bereich als Ultraviolett-, Röntgen- oder Gammastrahlen, im langwelligen Bereich als Infrarot- oder Mikrowel-

len- oder Radiostrahlung bekannt sind. Die Maxwell-Gleichungen, die der englische Physiker James Clerk Maxwell im Jahr 1864 publizierte, beschreiben das Verhalten von elektrischen und magnetischen Feldern und damit auch die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen. „Es fasziniert mich zu untersuchen, ob Licht in bestimmten Materialien angehalten werden kann. Damit sind spezielle Lösungen der Maxwell-Gleichungen gemeint, die im Wesentlichen nur auf einem kleinen Teil des dreidimensionalen Raumes leben, über längere Zeit stabil bleiben und sich nicht mehr fortbewegen“, erläutert Professor Reichel. Mit der Lösung von Maxwell-Gleichungen unter verschiedenen Bedingungen befassen sich mehrere Teilprojekte des Sonderforschungsbereichs.

Ganz allgemein interessiert die Mathematiker, ob es überhaupt Lösungen der zugrunde liegenden Wellengleichungen, beispielsweise der Maxwell-Gleichungen, unter definierten Randbedingungen gibt und welche Eigenschaften diese Lösungen haben. Dazu bietet die Analysis eine Palette von Techniken und Methoden. Die Numerik kann Näherungslösungen oder effiziente Algorithmen für solche Probleme finden. In Zusammenarbeit mit der Analysis kann oftmals gezeigt werden, wie gut die gefundene Nähe-

Professor Wolfgang Reichel leitet am Institut für Analysis die Arbeitsgruppe Nichtlineare Partielle Differentialgleichungen

Professor Wolfgang Reichel heads the Non-linear Partial Differential Equations Group of the Institute for Analysis



FOTO: MARTIN LOBER

ung ist und mit welchem zusätzlichen Rechenaufwand diese Näherung verbessert werden kann. Für viele Anwendungen existieren äußerst effiziente und wohl etablierte numerische Verfahren, aber eine rigorose Fehleranalyse steckt häufig noch in den Kinderschuhen. Das Ziel der beteiligten Wissenschaftler besteht darin, durch die Zusammenarbeit zwischen Analysis und Numerik sowohl ein theoretisch fundiertes Verständnis dieser Verfahren zu erreichen als auch durch die dabei gewonnenen Erkenntnisse neue optimierte Verfahren zu entwickeln.

Sonderforschungsbereiche sind von der DFG geförderte, auf die Dauer von bis zu zwölf Jahren angelegte Forschungseinrichtungen an Hochschulen, in denen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen über die Grenzen ihrer jeweiligen Fächer, Institute, Fachbereiche und Fakultäten hinweg im Rahmen eines übergreifenden und wissenschaftlich exzellenten Forschungsprogramms zusammenarbeiten.

Fascinating Waves

New Collaborative Research Center on “Wave Phenomena: Analysis and Numerics” Established at KIT

TRANSLATION: RALF FRIESE

Waves are everywhere. They can be experienced directly in a boat on the water, are audible as sound waves, visible as light waves. Mathematicians find a lot more in waves: They are enthusiastic about the variety and beauty of the mathematical equations associated with waves. Wave propagation is described by differential equations raising a multitude of fascinating problems involving different mathematical disciplines.

This is the point of departure of the “Wave Phenomena: Analysis and Numerics” Collaborative Research Center funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). The spokesperson of the Collaborative Research Center is Marlis Hochbruck, Professor at the KIT Institute for Applied and Numerical Mathematics and Head of the Numerics Working Group. Her deputy is Professor Wolfgang Reichel, Head of the Working Group on Non-linear Partial Differential Equations at the Institute for Analysis. Cooperation among the mathematical areas of analysis and numerics is going to lead to a better and more profound understanding of phenomena associated with waves. This type of far-reaching cooperation is unique on the German research scene.

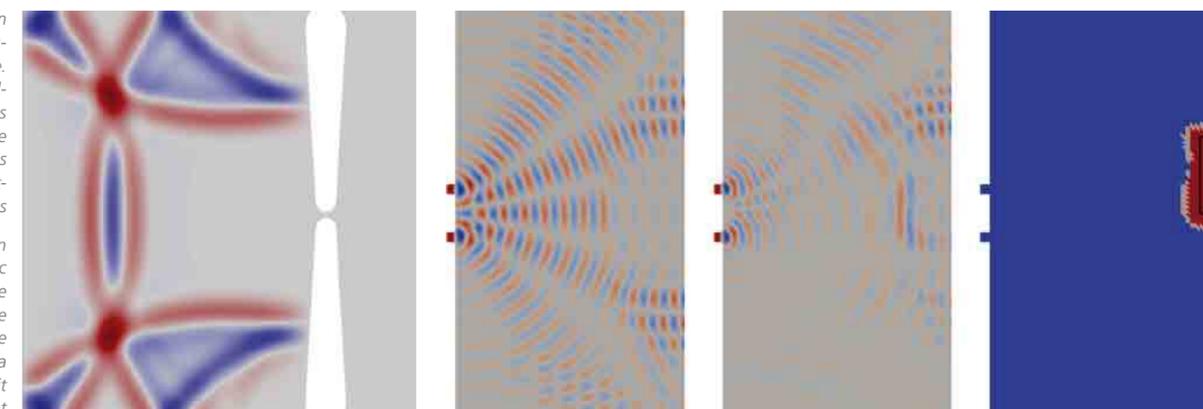
However, the purpose of the Collaborative Research Center is not only the abstract mathematical investigation of wave phenomena. The approach also includes applications. Consequently, scientists from applied disciplines are involved in five out of 19 scientific subprojects of the Mathematical Collaborative Research Center. The application projects were chosen in light of the fact that the problems to be solved demand innovative mathematical methods. Moreover, all of the scientists from applied disciplines are characterized by their pronounced affinity for mathematics. Mathematics serves as a lingua franca.

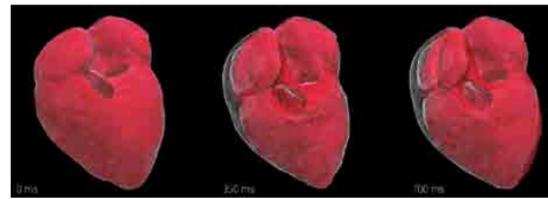
Collaborative research centers are research facilities funded by the DFG and established for a period of up to twelve years in which scientists cooperate beyond the confines of their respective disciplines, institutes, departments, and faculties within the framework of a comprehensive, scientifically excellent research program. ■

Contact: marlis.hochbruck@kit.edu and wolfgang.reichel@kit.edu

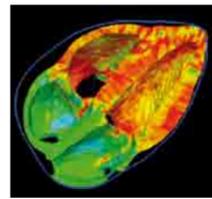
Die Reflexion einer elektromagnetischen Welle. Die drei Darstellungen rechts davon zeigen die Simulation eines Doppelspaltversuchs

Reflection of an electromagnetic wave. The three figures on the right show the simulation of a double-slit experiment





Darstellungen im Rahmen der Entwicklung eines Modells für das elektromechanische System im Herzen
Representations for the development of a model of the electromechanical system of the heart



Ein Sonderforschungsbereich erfordert eine lange und intensive Vorlaufphase. Ein Ausgangspunkt war das Graduiertenkolleg „Analysis, Simulation und Design nanotechnologischer Prozesse“, das die DFG von 2006 bis 2015 an der KIT-Fakultät für Mathematik förderte. Ein anderer Ausgangspunkt war das Jahr 2009, in dem sich die Mathematik in Karlsruhe in Forschungsschwerpunkten organisierte. In diesem Zusammenhang wurde auch der Forschungsschwerpunkt „Partielle Differentialgleichungen“ ins Leben gerufen. Zu Stärkung dieses Schwerpunkts beschloss die mathematische Fakultät, alle in Analysis und Numerik freierwerbenden Professuren so zu besetzen, dass sie zum Graduiertenkolleg oder einem eventuellen Nachfolgeprojekt passen. Daraus entstanden erste Überlegungen zu einem Sonderforschungsbereich in Karlsruhe. In einem Workshop im November 2011 fiel der Startschuss für eine Phase, in der Projektvorschläge gesammelt wurden. Die Projektvorschläge wurden in einem weiteren Workshop 2012 vorgestellt und diskutiert. Schon 2011 wurde das Thema „Wellen“ ins Auge gefasst, die Fokussierung auf das Thema wurde aber erst 2012 beschlossen. Damit war klar, dass verschiedene Maßnahmen eingeleitet werden mussten, um diese Idee zu unterstützen.

„Wir haben ein gezieltes Gästeprogramm aufgebaut, zwei neue Juniorprofessuren etabliert, und Postdocs, unter anderem unterstützt von der Klaus Tschira Stiftung, eingestellt. An den Projektvorschlägen von 2012 haben wir intensiv gearbeitet, um mehr Vorarbeiten zu den Projekten vorweisen zu können. Im Herbst 2012 haben wir uns festgelegt, einen Sonderforschungsbereich zum Thema Wellenphänomene in Karlsruhe zu beantragen, an dem neben den Wissenschaftlern am KIT auch zwei Kollegen aus Tübingen und Stuttgart beteiligt sind“, beschreibt Professorin Hochbruck die Vorbereitungsphase. Profes-

sor Reichel erläutert den weiteren Prozess: „Im Jahr 2013 haben wir die Projektvorschläge weiterentwickelt und die passenden ausgewählt. Diese sind dann in einen Vorantrag eingeflossen, den wir im Dezember 2013 bei der DFG eingereicht haben. Der Vorantrag ist die größte Hürde in dem DFG-Verfahren, denn hierfür ist die Bewilligungsquote deutlich geringer als beim Vollartrag: Auf Grundlage des Vorantrags und eines Beratungsgesprächs gibt eine internationale Gutachtergruppe eine Empfehlung an den Senatsausschuss für die Sonderforschungsbereiche der DFG, der wiederum eine Empfehlung an die Antragsteller gibt, ob ein Vollartrag gestellt werden soll. Das Beratungsgespräch fand im März 2014 in Zürich statt, die positive Empfehlung des DFG-Senats haben wir im Mai 2014 erhalten.“

Der Vorantrag hat einen Umfang von 100 Seiten zuzüglich Lebensläufen. Im weiteren Verlauf des Jahres 2014 entwickelten die Forschergruppen aus dem Vorantrag mit den Projektkurzbeschreibungen den eigentlichen Projektantrag auf knapp 400 Seiten.

„Die intensivste Arbeitsphase begann im Mai 2014: Wir durften einen Elfmeter schießen, mussten ihn aber auch verwandeln. Zunächst haben wir das ganze Team zu einer Motivationsveranstaltung eingeladen, um sie alle für diese Phase zu begeistern. Alle sollten an einem Strang ziehen, damit wir den Vollartrag im Januar 2015 endlich abgeben konnten. An Weihnachtsferien war zu der Zeit nicht zu denken“, beschreibt Wolfgang Reichel die entscheidende Phase.

„Dabei war für uns wichtig, auch den wissenschaftlichen Nachwuchs, vor allem die Doktorandinnen und Doktoranden, mit ins Boot zu holen. Diese spielten mit ihrer Begeisterung auch eine entscheidende Rolle bei der finalen Begutachtung, die die DFG an zwei Tagen im März 2015

im KIT ansetzte. Dabei gab es vormittags eine öffentliche Präsentation einiger beteiligter Professorinnen und Professoren. Nachmittags fand eine sehr wichtige Poster-Session statt, bei der die Antragsteller gemeinsam mit dem wissenschaftlichen Nachwuchs den Gutachterinnen und Gutachtern die Projektvorschläge im Detail erläutert haben“, so Marlis Hochbruck.

Die lange und intensive Arbeit war von Erfolg gekrönt: Im Mai 2015 entschied die DFG, den Sonderforschungsbereich „Wellenphänomene: Analysis und Numerik“ am KIT zu bewilligen. Es ist der erste Sonderforschungsbereich in der Mathematik in Karlsruhe. Damit fließen jährlich mehr als 2 Millionen Euro an das KIT. Nach jeweils vier Jahren muss ein Fortsetzungsantrag gestellt werden, in dem die Ergebnisse der vergangenen Förderperiode sowie die neuen Forschungsaktivitäten dargestellt werden. Es folgt dann wieder eine zweitägige Begutachtung, die die Grundlage der Entscheidung über die weitere Förderung bildet. Die Höchstförderdauer beträgt zwölf Jahre. An diesem Sonderforschungsbereich sind zurzeit rund 80 Wissenschaftler beteiligt.

Der Sonderforschungsbereich hat die Mathematik in Karlsruhe verändert und wird sie weiter verändern: „In zwölf Jahren wollen wir erreicht haben, dass Wellenphänomene und Mathematik in Karlsruhe in einem Atemzug genannt werden.“ ■

Kontakt: marlis.hochbruck@kit.edu und wolfgang.reichel@kit.edu

Der Moment, in dem Ihre Idee medizinischen Fortschritt beschleunigt.
Für diesen Moment arbeiten wir.



// MEDICAL TECHNOLOGY
MADE BY ZEISS

ZEISS Medizintechnik hilft Ärzten, die Lebensqualität ihrer Patienten zu verbessern. Im Alltag sorgen Brillengläser von ZEISS für den Durchblick in jeder Situation. Die Halbleitertechnik beschleunigt die Chipindustrie und professionelle Rennteams vertrauen auf Industrielle Messtechnik. In Hollywood drehen Filmemacher mit ZEISS Objektiven großes Kino. Und das sind nur einige Beispiele dafür, wie wir seit über 165 Jahren zum technologischen Fortschritt beitragen. Entdecken Sie bei ZEISS spannende Aufgaben, die so vielfältig sind, wie das Produktportfolio selbst.

Besuchen Sie ZEISS auf: [f](#) [X](#) [in](#)

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



We make it visible.



Billiards with a Lifebelt

How to Study, Advance and Classify
Mathematical Structures in a Playful Way

BY ALMUT OCHSMANN // TRANSLATION: RALF FRIESE // FOTOS: PATRICK LANGER

Der Billardtisch im Büro dient zur Veranschaulichung des mathematischen Problems

The billiards table at the office serves to illustrate the mathematical problem

A small, self-made billiards table roughly the size of a DIN A2 sketch pad stands in Professor Frank Herrlich's office. Two wooden arms on the billiards table allow the area available for playing to be reduced to a number of different triangles. "Some time ago, colleagues made that table just for fun. However, the real purpose of our re-

search is not understanding billiards on complicated tables. Instead, we are engaged in mathematics which intends to classify structures and, consequently, has its motivation in mathematics proper." The billiards table is used to demonstrate a mathematical problem about understanding translation structures on surfaces and the

Billard mit Rettungsring

Wie spielerisch mathematische Strukturen untersucht, weiterentwickelt und klassifiziert werden

Die Arbeitsgruppe Zahlentheorie und Algebraische Geometrie am Institut für Algebra und Geometrie spielt „mathematisches Billard“ auf einem Tisch, dessen Rand ein Polygon ist, zum Beispiel ein Rechteck, ein Dreieck oder ein anderes Vieleck. Es wird angenommen, die Kugel sei ein Punkt, es gebe keine Reibung und an den Banden fände ideale Reflexion statt (Einfallswinkel = Ausfallswinkel). Unter diesen Voraussetzungen gibt es zwei Möglichkeiten für die Kugel: Entweder sie läuft auf einer periodischen oder einer nichtperiodischen Bahn. In letzterem Fall stellt sich die Frage, ob die Bahn jedem Punkt des Tisches beliebig nahe kommt.

Die mathematische Untersuchung beginnt damit, die Billardbahn geradlinig zu machen, indem man beim Erreichen der Bande nicht die Kugel reflektiert, sondern den Tisch. Bei geometrisch übersichtlichen Tischen entstehen dadurch nur endlich viele verschiedene Lagen des Tisches in der Ebene, die durch Verkleben zu einer geschlossenen Fläche werden, einer Translationsfläche. Auf dieser kann sich der Billardstrahl geradlinig oder „geodätisch“ ausbreiten. Die Arbeitsgruppe entwickelt mathematische Werkzeuge für die Untersuchung sowohl einzelner Translationsflächen als auch der Gesamtheit aller Translationsstrukturen auf einer Fläche. ■

Kontakt: frank.herrlich@kit.edu



Professor Frank Herrlich von der Arbeitsgruppe Zahlentheorie und Algebraische Geometrie am Institut für Algebra und Geometrie

Professor Frank Herrlich of the Number Theory and Algebraic Geometry Group at the Institute for Algebra and Geometry

dynamics of geodesic flow on them. To this end, the working group of roughly twelve people at the Institute for Algebra and Geometry “play” billiards on polygonal surfaces. These may be classical rectangles, triangles or other polygons. However, the group so far has played real billiards only once and for fun. In their everyday work, the “game” takes place at high levels of abstraction.

“Mathematical billiards” begins with unrealistic abstractions. There is no friction on the imaginary billiards table. Once pushed, the ball keeps moving at the same speed. The ball is a point to which the classical reflection law of the angle of incidence being equal to the angle of reflection applies. The track on which the imaginary ball runs is followed. There are two possibilities: The ball may run on a periodic or a non-periodic track. Its track is periodic if it returns to its point of departure at some point in time. The simplest case in this example is a square table on which the ball runs parallel to one of the sides, hits the opposite cushion and returns. In the case of a 45° angle, the ball describes a rectangle on the table. Of course, more complicated angles also can be imagined. It becomes clear rela-

tively soon that the track of the ball is periodic whenever the angle of departure is a rational multiple of 360°. But what happens when this is not the case? The ball will never again reach its point of departure. It will run on a non-periodic track. Next, the mathematicians want to find out whether the ball comes arbitrarily close to each point on the surface with the same frequency. This can be proved for a non-periodic track. A small field on the table is selected for demonstration, and then the time the billiards track spends in that field is recorded. On a rectangular table, the fraction of time is proportional to the area of the field.

For this demonstration, the billiards track is made a straight line. When the ball reaches the cushion, it does not change direction but continues to roll straight ahead or “geodesically.” For this purpose, the imaginary billiards table is folded up virtually. For a geometrically simple table, this gives rise only to a finite number of different positions of the table in the plane. This is followed by what looks like instructions for assembling a mechanical toy: There are gluing rules which must be respected. The billiards tables folded up in space constitute the structure of a “translation surface” where specific

points match. Had the areas been drawn on top of a rolled-out dough for cookies, a skilled person would have been able to roll the dough into a hose and turn the hose into a ring. This shape of a swimming belt is called torus. On the surface of the swimming belt, the ball now would be able to run “straight ahead” until it would either return to its point of departure or have come arbitrarily close to every point on the surface.

Whether, in the case of non-closed tracks, the ball would reach all points, and how often it would do so, depends on the geometric shape of the table. One objective of this research is to describe the connection between the geometry of the polygons and the course of the ball. A key role in this respect is played by the so-called affine transformations. These map the polygon onto itself in such a way that the gluing rules are observed. One case in point, for a square table, is the shear of the upper edge to a full length of a square. Twenty-five years ago, William Veech proved a surprising connection, explains Frank Herrlich: “When the group of these affine transformations is large in a sense which can be defined exactly, the dynamics of the game of billiards is precisely what it is on the square or the rectangular table. This is to say that every track which is not closed arbitrarily comes close to each point with the same frequency. This was a breakthrough initiating a lot of research, also at this Institute.”

The self-made billiards table also makes it possible to imagine triangular tables, vary their angles, and pose the same questions. When the triangular billiards table is folded up in imagination, a lopsided angle of a triangle can rapidly give rise to a surface of infinite area. The study of the phenomena in translation surfaces with infinite area is a relatively new field in which two women researchers of the KIT working group are among the pioneers. “All problems become more complicated as the surface becomes more complicated. In the case of triangles, it is not yet clear whether there are periodic tracks for any triangle, especially when a triangle has an obtuse angle. One objective is finding polygons to which a sentence applies such as: either the track is periodic or it reaches everywhere with the same frequency,” explains Frank Herrlich.

The totality of translation surfaces constitutes a higher-dimensional space whose geometry mathematicians want to understand. On this so-called module space, translation surfaces are single points: “We want to know how many translation structures exist on a given topological surface. Each structure is just one point. When the translation structure is varied in one single parameter, for instance by turning the square into a parallelogram by “tipping,” a line in the module space is produced. How many parameters there are depends on the starting geometry. The more complicated it is, the higher is the dimension of the module space.” The familiar three-dimensional space

of Euclidean geometry is not sufficient for this purpose. As complexity increases, these module spaces become more and more mysterious and thus more and more interesting to mathematicians. This is a point where very different mathematical worlds meet: the world of differential equations of dynamic systems; group theory, and algebraic geometry. Some tools also originate from complex analysis and hyperbolic geometry.

Over the past twenty years, many mathematicians worldwide have worked in this field, and six of them even won the Fields Medal for their research. The Fields Medal is the highest

award a mathematician can earn, comparable to the Nobel Prize. It is awarded to four scientists every four years. Last year, two of the Fields Medals went to mathematicians working on this subject, which confirms the relevance of this research to Frank Herrlich: “This shows that this is where things are moving fast. Mathematics is not just describing real-world problems in mathematical terms and finding mathematical solutions. It is just as important to study, advance, and classify structures. This makes mathematics an independent science.” ■

Contact: frank.herrlich@kit.edu

Großartiger Erfolg für das Convention Bureau Karlsruhe & Region MICE-Region Karlsruhe bei deutschen Veranstaltern hoch im Kurs

Studie „Meeting- & EventBarometer 2015 in der Region Karlsruhe“ erstellt vom Europäischen Institut für Tagungswirtschaft GmbH

23.400 Veranstaltungen mit 3,5 Millionen Teilnehmern im Jahr 2014: Die Region rund um Karlsruhe festigt ihren Ruf als erfolgreiche MICE-Destination, das geht aus dem „Meeting- & EventBarometer 2015 in der Region Karlsruhe“ hervor. Erstmals hatte das Europäische Institut für Tagungswirtschaft GmbH im Auftrag des Convention Bureaus Karlsruhe & Region eine Studie über die Bedeutung des Wirtschaftsfaktors MICE für das gesamte Einzugsgebiet erstellt.

Pia Kumpmann, Leiterin Convention Bureau Karlsruhe & Region, sagt: „Diese erste unabhängige Analyse unseres Kongress- und Eventstandorts hat uns viele neue Erkenntnisse gebracht. Durch das tolle Ergebnis von rund 850 Millionen Euro Gesamt-Nettoumsatz im Jahr 2014 für die Technologieregion Karlsruhe können wir auch erstmals die Wertschöpfung aus diesem Wirtschaftszweig in Zahlen abbilden.“

Von den 3,5 Millionen Teilnehmern stammen 3,7 % aus dem Ausland, dabei sind die wichtigsten internationalen Quellmärkte für die Veranstaltungsstätten der Destination die Schweiz, Frankreich, USA und Österreich, außerdem wurden noch Großbritannien, Spanien und China genannt.

Zum ersten Mal wurde im „Meeting- & EventBarometer 2015 in der Region Karlsruhe“ auch die genaue Anzahl von Beschäftigten in den 133 Veranstaltungsstätten ermittelt, nämlich 2.501, sowie zusätzlich 434 direkt veranstaltungsmarkt-bezogene Beschäftigte.

Pia Kumpmann leitet das Convention Bureau Karlsruhe und Region und zeichnet sich verantwortlich für die Planung und Durchführung strategischer Maßnahmen zur Vermarktung der Region im Bereich MICE. „Wir wollen diesen Wirtschaftszweig in der Region um Karlsruhe weiter entwickeln und die Positionierung der Destination in diesem Segment stärken mit dem Ziel, die Veranstaltungsdichte zu erhöhen“, so Kumpmann. Als neutrale und unabhängige Non-Profit-Organisation arbeitet das Convention Bureau eng mit derzeit 62 Partnern aus der Region zusammen. Dazu gehören erfahrene Dienstleistungsagenturen, wie Pink Event Service, Hotels wie das Hohenwart-Forum, Schlösser und spektakuläre Locations wie das weltweit einmalige ZKM | Zentrum für Kunst und Medientechnologie“, der Eventhangar E210 oder der Gasometer in Pforzheim.

Die Voraussetzungen unserer Region könnten kaum besser sein: 5 der Top 100 innovativsten Unternehmen im Mittelstand kommen aus der Region. Karlsruhe und seine Umgebung ist eine der aktivsten und facettenreichsten

Forschungslandschaften in Deutschland. Das beweisen nicht zuletzt die vielen **Forschungskooperationen** und **Firmengründungen**, die es in der Region Karlsruhe gibt. Als Wissenschaftsstandort bietet die Region neben dem renommierten **KIT** (Karlsruher Institut für Technologie) drei **Fraunhofer-Institute**, die Karlsruher **Rheinhäfen**, die höchsten deutschen **Gerichte** sowie weltweit bekannte Unternehmen. Über 3.600 IT-Unternehmen und Dienstleister mit über 36.000 Beschäftigten, das größte Rechenzentrum Europas und einige der erfolgreichsten Hightech-Unternehmen bilden zusammen Europas drittgrößten IT-Cluster. Im Bereich Medizin und Gesundheit stellt die Region bundesweit den größten Standort für Pharma- und Medizintechnik sowie den zweitgrößten in der Biotechnologie. Im Kompetenzfeld Energie und Umwelt gilt Karlsruhe und die Region als „Musterkommune“ für Klimaneutralität, nachhaltige Energie und zukunftsfähiger Energiekonzepte. Forschungsorientierte, innovative Unternehmen schaffen neue, zukunftsorientierte Arbeitsplätze. Akteure aus den verschiedenen Branchen können so in einem innovationsfreudigen, kommunikativen und inspirierenden Umfeld zusammenarbeiten und tagen. Eine lebendige Region mit Kultureinrichtungen, topmoderne Veranstaltungsstätten, spektakulären Eventlocations, Tagungshotels, Spitzengastronomie und zukunftsweisende Professionalität bilden eine gute Basis für die MICE-Branche. Mit dem **Unimog Museum** und dem **Hohenwart Forum** kann das Convention Bureau Karlsruhe & Region auf zwei weitere starke Partner zählen. 100% Steigung, 70% Gefälle und 20 Grad Schräglage – oder anders ausgedrückt eine Location der besonderen Art. Das erwartet die Gäste im Unimog-Museum in Gaggenau. Hier erlebt man die Fahrzeuglegenden hautnah. Tagen und feiern mit Blick auf historische Fahrzeuge im Obergeschoss oder auf einer Ebene mit den Unimog in unserer Museumshalle. Sie möchten mit Ihrer Gruppe selbst Unimog fahren? Kein Problem! Das Hohenwart Forum bietet alle Möglichkeiten, Freizeit und Arbeit angenehm zu gestalten: 17 Tagungsräume bieten Platz für bis zu 230 Personen. Allergikergeeignete Gästezimmer entsprechen dem 3-Sterne-Hotelstandard. 24 Zimmer sind Barriere frei. Das Gelände und sämtliche Räume sind ebenerdig und stufenlos erreichbar. Das Kompetenznetzwerk Convention Bureau Karlsruhe & Region unterstützt kostenfrei bei der Planung von Veranstaltungen, und hilft bei der Kontaktabahnung zu Experten in der Region. Profitieren Sie von der langen Erfahrung, starken Netzwerken und von der Innovationskraft der Region Karlsruhe.

Weitere Informationen zum Convention Bureau Karlsruhe & Region finden Sie unter: www.100pro-MICE.de.

100%

KARLSRUHE & REGION
Über 60 starke Partner!
mehr unter: www.100pro-MICE.de

CONVENTION BUREAU
KARLSRUHE & REGION



Lernen, Licht und **Leichtigkeit**



Das sanierte Kollegiengebäude Mathematik setzt Maßstäbe in Energieeffizienz, Ästhetik und Nutzerfreundlichkeit

FOTOS: MANUEL BALZER



Auch wenn der Arbeitsalltag längst schon eingelebt ist in das Leben der Studierenden, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die täglich das Kollegiengebäude Mathematik betreten, so ist die Freude über die wunderbare Lern- und Lehrumgebung frisch und präsent. Mit der Sanierung wurde ein besonderer Ort geschaffen, der Licht und Leichtigkeit ausstrahlt und dabei ganz handfeste Maßstäbe in Energieeffizienz und Nutzerfreundlichkeit setzt. So verbraucht der Bau halb so viel Energie wie vor seiner Sanierung bei doppelter Fläche. Begeisterung auch bei dem baden-württembergischen Finanz- und Wirtschaftsminister Dr. Nils Schmid: „Die Sanierung des Mathematikgebäudes des KIT ist geradezu ein Paradebeispiel für einen nachhaltigen Umgang mit Landeseigentum“, sagte er bei der feierlichen Eröffnung im Spätsommer.

Auch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg hatte die Sanierungsmaßnahmen mit Nachdruck unterstützt: „Das KIT ist als einzigartige Einrichtung mit seiner besonderen Struktur einer der Karlsruher Leuchttürme. Das neue Kollegiengebäude wird dazu beitragen, dass von hier aus weiterhin wegweisende Impulse und Innovationen ausgehen“, so Wissenschaftsministerin Theresia Bauer.

Allen voran erfüllt es den Präsidenten des KIT, Professor Dr.-Ing. Holger Hanselka mit Stolz und Freude seinen Studierenden, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern so eine Umgebung bieten zu können: „Ich freue mich sehr, dass die Mathematik am KIT nun ein Gebäude beziehen konnte, das optimal an ihre vielfältigen Aufgaben und Bedürfnisse in Lehre und Forschung



angepasst ist.“ Fünf Jahre Bauzeit hatte es gedauert, bis die Institute und Einrichtungen der Mathematik wieder unter einem Dach vereint waren. Die Gebäudeplanung erwies sich als sehr vorausschauend. „Bereits 2008, also noch vor der politischen Debatte zur Energiewende, hat das KIT auf ein innovatives energetisches Konzept gesetzt, das auch für weitere Gebäude des

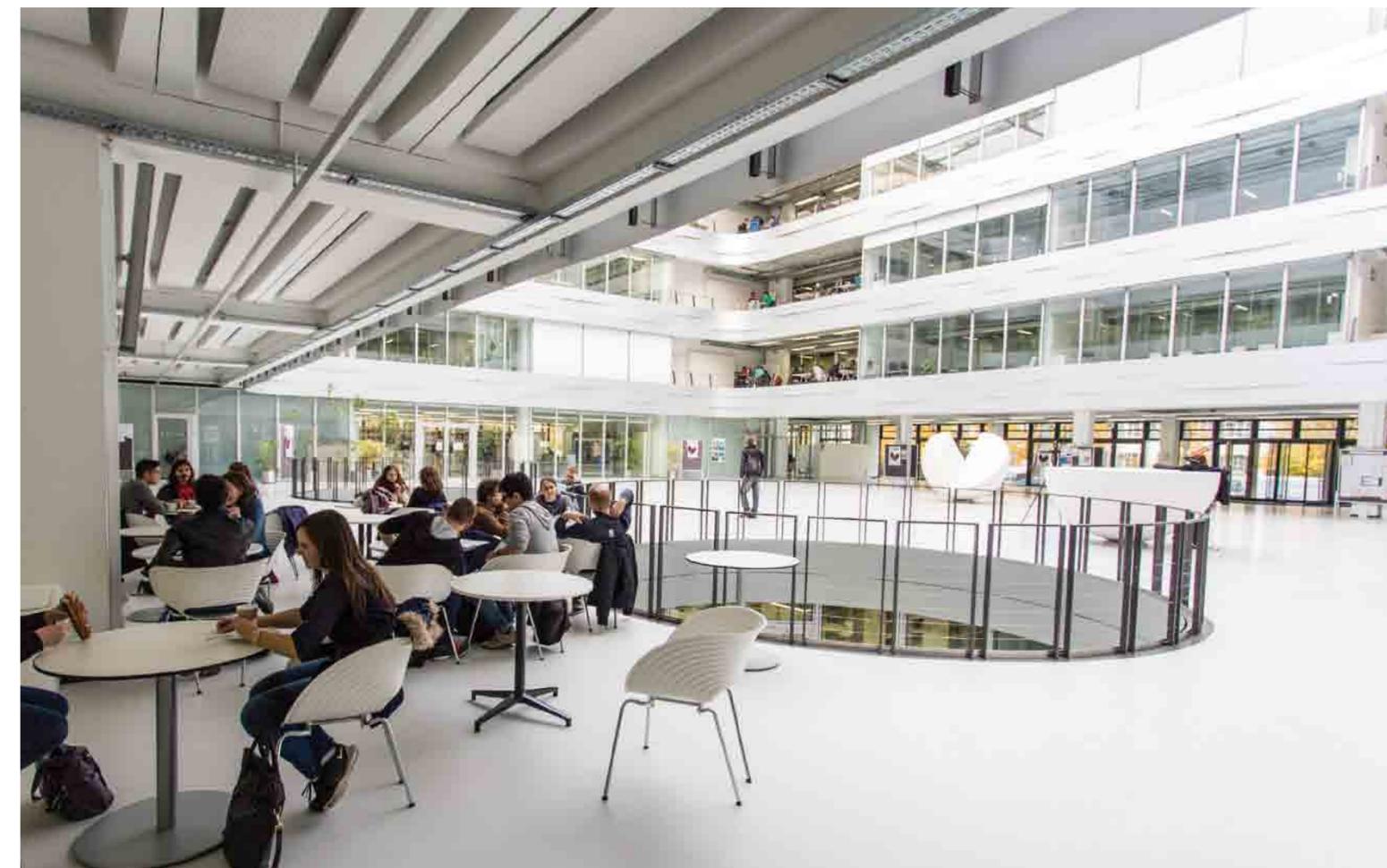


Sitzgruppen und mehr als 100 studentische Arbeitsplätze laden zur Kommunikation in allen Formen ein

Seating groups and more than 100 workplaces invite students to communicate

Detailliebe: Jeder Gruppenraum wurde mit einem mathematischen Begriff (Affiner Raum, Tangentialraum, Raum der Enden ...) und der passenden Erklärung versehen

Love for details: Every group room was given a mathematical term (affine room, tangential room, room of ends, ...) and the corresponding explanation



KIT beispielgebend werden soll“, so Holger Hanselka. „Wir danken dem Land sehr für die große Unterstützung. Ebenso herzlich danke ich allen, die sich hier persönlich eingesetzt haben – ganz besonders unserem Alumnus und Förderer Dr. h. c. Hans-Werner Hector.“

Die Gesamtbaukosten beliefen sich auf rund 27 Millionen Euro. Davon wurden 14,8 Millionen Euro über das Ministerium für Finanzen und Wirtschaft finanziert. Der Eigenanteil des KIT von 12,1 Millionen Euro wurde ganz wesentlich durch eine Spende der Hector Stiftung von 9 Millionen Euro unterstützt. Bauherr war das Land Baden-Württemberg vertreten durch Vermögen und Bau Baden-Württemberg, Amt Karlsruhe.

Der Energieverbrauch des Kollegengebäudes liegt nun unter 100 Kilowattstunden pro Jahr und Quadratmeter. Vor der Sanierung waren es noch 260 Kilowattstunden. Gleichzeitig umfasst die Nutzfläche nun nach einer Neustruktur der Grundrisse, der Einbeziehung des Untergeschosses und der Errichtung eines zusätzlichen Staffelgeschosses rund 9 700 Quadratmeter. Das sind rund 4 000 Quadratmeter mehr als vor dem Umbau. Im Zentrum des Niedrigenergiekonzepts steht das helle, überdachte Atrium. Dieser Innenhof bildet nun einen Wärmepuffer, der im Winter den Energieverlust minimiert und im Sommer für ein angenehmes Raumklima sorgen

Learning, Light, and Lightness

Refurbished Mathematics Building Sets New Standards in Energy Efficiency, Esthetics, and User-friendliness

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Half the energy consumption with a nearly doubled usable area: The refurbished mathematics building on Campus South of Karlsruhe Institute of Technology (KIT) offers modern education and research facilities. Its builder-owner is the state of Baden-Württemberg, represented by the Karlsruhe Office for Assets and Construction. Total construction costs amounted to about EUR 27 million. Of these, 14.8 million euros were financed by the State Ministry of Finance and Economics. KIT's share of EUR 12.1 million was largely covered by a donation of EUR 9 million from the Hector Foundation.

More than 1,000 students of mathematics can now profit from additional seminar rooms and more than 100 workplaces. In this way, education and learning conditions are improved and the space needed for individual work and joint discussions prior to, in between, and after the lectures is available.

The center of the low-energy building is the light-filled atrium. This inner courtyard represents a heat buffer that minimizes energy loss in the winter and provides for a nice, cool climate in the summer. The atrium can also be used for conferences and public events. More space and short distances will also be advantageous for the numerous research projects in mathematics. The building now accommodates workplaces for more than 300 employees working in the areas of teaching, research, and administration. In addition, there is a spacious library with additional workplaces and the Mathematics Pupils Laboratory (see page 38). ■

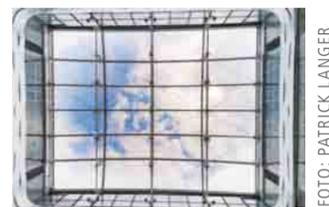


FOTO: PATRICK LANGER

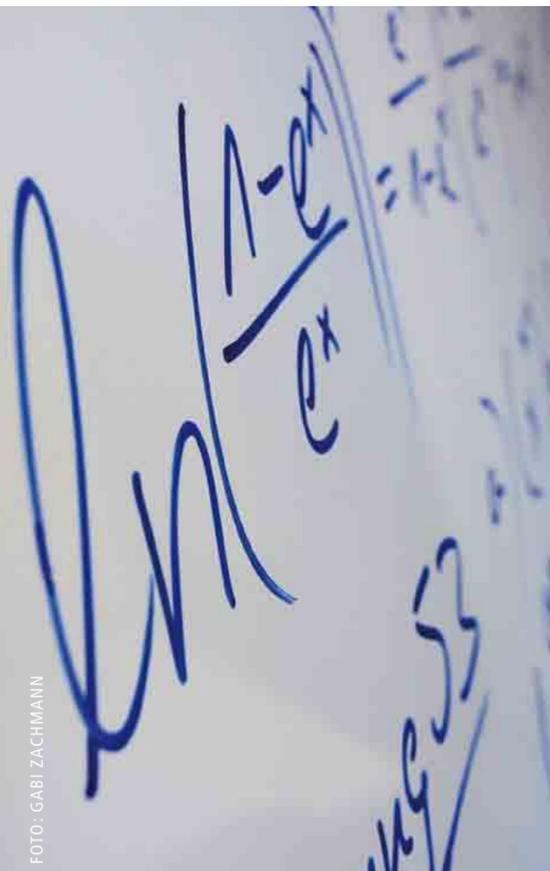


FOTO: GABI ZACHMANN

soll. Das Atrium kann damit auch für Fachkonferenzen oder öffentliche Veranstaltungen genutzt werden, wie es im Laufe des Jahres schon mehrfach geschehen ist. Bedeutend für Energieeinsparungen ist zudem die neue Fassade: Die wärmeschutzverglaste Front ist etwa einen Meter nach außen gerückt und umschließt damit ehemals freiliegende Geschossdecken. So ließen sich Kältebrücken schließen, die vor der Sanierung viel Heizenergie an die Umgebung abgegeben hatten. Gleichzeitig vergrößerte sich mit der Maßnahme die Nutzungsverfläche.

Weitere Vorteile des Gebäudes: eine stromsparende Kühlanlage und einbruchsichere Lüftungslamellen sowie Deckendurchbrüche zum Untergeschoss, die eine ideale Nutzung des Tageslichts erlauben. Ein Gebäude-Monitoring wird in den kommenden beiden Jahren alle Verbrauchsdaten sowie die Temperatur überwachen und auswerten, um bei Bedarf Nutzerverhalten und technische Steuerung verbessern zu können. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie fördert das Monitoring im Programm EnOB – Forschung für Energieoptimiertes Bauen. Den Umbau begleitete die Stabsfunktion ZUKUNFTSCAMPUS des KIT maßgeblich. Planer des Bauvorhabens war das Düs-

seldorfer Architekturbüro ingenhoven architects. „Für die Mathematik am KIT ist die Rückkehr an diesen Standort ein enorm wichtiger Schritt. Exzellente Lehre und innovative Forschung werden durch die moderne Ausstattung optimal gefördert“, sagt KIT-Dekan Professor Christian Wierers. „Unsere mehr als 1000 Studierenden profitieren vor allem von den zusätzlichen Seminarräumen und mehr als 100 studentischen Arbeitsplätzen. Diese verbessern die Lehr- und Lernbedingungen und bieten auch vor, zwischen und nach den Veranstaltungen den notwendigen Raum für individuelles Arbeiten und gemeinsames Diskutieren.“ Mehr Raum und kurze Wege seien aber auch ein großer Pluspunkt für die vielen Forschungsprojekte in der Mathematik. Im Gebäude gibt es Arbeitsplätze für mehr als 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus Lehre, Forschung und Verwaltung. Ebenfalls im Gebäude untergebracht sind eine großzügige Bibliothek mit weiteren Arbeitsplätzen sowie das Schülerlabor Mathematik (siehe Seite 36).

Zusammen mit der Mathematik hat auch das Nationale Institut für Wissenschaftskommunikation (NaWik) sowie das Institut für Germanistik im April seine neuen Räume in dem Gebäude bezogen. (drs) ■



FOTO: MANUEL BALZER

„Familie von fünf halben Kugeln“

Die Kunstobjekte von Max Bill sind an ihren Stammpplatz zurückgekehrt

VON RONJA EHRINGER

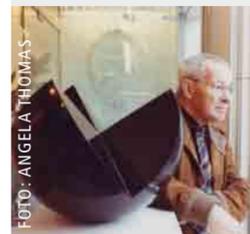


FOTO: ANGELA THOMAS

Max Bill in Den Haag
Max Bill at The Hague

Unübersehbarer Blickfang: Mitten im großen, überdachten Innenhof des sanierten Kollegiengebäudes Mathematik liegen drei strahlend weiß polierte halbe Kugeln, als wären sie niemals weg gewesen. Ihre „Geschwister“ befinden sich jeweils außen an den Längsseiten des Gebäudes an der Waldhorn- und der Englerstraße. Alle zusammen sind sie die „Familie von fünf halben Kugeln“ des Architekten und Künstlers Max Bill. Im Rahmen des „Kunst am Bau“-Programms der 60er-Jahre hatte er die Gruppe schon für das Mathematische Institut der damaligen Universität Karlsruhe entworfen.

Bill bekam nicht ohne Grund den Kunstauftrag für das im Bau befindliche Kollegiengebäude. Er hatte auf sich aufmerksam gemacht, weil in seinen Werken die Beziehung zwischen Mathematik und Kunst eine essenzielle Rolle spielte. Die Kunstkommission entschied sich auch einstimmig für den Bildhauer, da er seine Arbeit selten als Kunst, sondern als das Lösen von gestalterischen Problemen bezeichnete. Bill nannte dies „konkrete Kunst“, denn es sei der „reine Ausdruck von harmonischem Maß und Gesetz“.

So entstand in den Jahren 1965 bis 1968 die plastische Gruppe, die aus fünf Ausführungen von wuchtigen Kugelformen besteht. Sie haben jeweils einen Durchmesser von 2,50 Meter und sind



aus weißem Kunststein gefertigt. Ursprünglich war hellgrauer Granit als Material vorgesehen, jedoch hätte dieser zu statischen Problemen geführt und wäre zu teuer gewesen. Die kleinste Kugel ist 1,26 Meter hoch, die Größte 2,50 Meter.

Jede der fünf Kugeln weist durch Teilungen und Schnitte eine andere Form auf, trotzdem haben alle den exakt gleichen Rauminhalt einer halben Kugel. Dazu erläuterte Bill, dass der reale Teil der Kugel die gebräuchliche Mathematik symbolisiere. „Die von uns in Gedanken zu ergänzende obere Hälfte stellt den geistigen Überbau dar mit

den noch unentwickelten Gebieten der Mathematik“, so Bill. Der Betrachter solle angeregt werden, sich die fehlenden Stücke, die die Kugel komplettieren, vorzustellen.

Max Bill, im Dezember 1908 in Winterthur in der Schweiz geboren, war seit seinem 21. Lebensjahr Architekt, arbeitete aber auch als Maler, Grafiker und Bildhauer. Er war Antifaschist. Nach dem Krieg beteiligte er sich am Wiederaufbau Deutschlands, später war er Mitbegründer der Hochschule für Gestaltung in Ulm. Max Bill starb im Dezember 1994 in Berlin. ■

Der Struktur auf der Spur



Mathematiker und Physiker untersuchen Eigenschaften komplexer Materie

VON HEIKE MARBURGER // FOTO: MARKUS BREIG

Exploring the Structure

Mathematicians and Physicists Study Properties of Complex Matter

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

When looking into the interior of a bone, you may be surprised: The material supporting the human body is full of filigree connections. The apparently randomly structured matter, however, provides for maximum stability – in spite of the small amount of material used. Similar random structures can be found in nature, space or everyday products. Describing these phenomena is the work of a group of researchers funded by the German Research Foundation (DFG), in which the KIT Institute of Stochastics is one of the partners. In cooperation with colleagues of the University of Erlangen-Nürnberg and the University of Aarhus, KIT scientists study the interaction of geometry and physics of random spatial structures to better explain physical properties of complex matter. The findings might be used in medicine, astronomy, and many other areas.

Relevance of the research project is mainly due to the variety of results. If physicians would like to find out whether the bone structure of a patient suffering from osteoporosis is still viable, for instance, calculated characteristics might improve diagnosis. "Such an analysis based on objective characteristics is the first step in manufacturing microstructures with desired properties. Suitable characteristics can explain various types of complex spatial structures," Professor Daniel Hug of the KIT Institute of Stochastics explains potential applications. "With the help of this new functionality, it is also possible to quantitatively describe anisotropy of matter, e.g. in bones."

In his opinion, the project benefits from the interdisciplinary cooperation of mathematicians and physicists. "Our strength is theory. The physicists supply data and real problems. Moreover, they are rather experienced in developing analysis software for image processing and have excellent simulation knowledge," Hug adds. ■

Contacts: daniel.hug@kit.edu and guenter.last@kit.edu

ordnete Strukturen gibt es in der Natur, im Weltraum oder in ganz alltäglichen Produkten wie in Abzugsfiltern.

Mit der Beschreibung solch komplexer Strukturen und deren Eigenschaften befasst sich eine Forschergruppe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), an der das Institut für Stochastik am KIT maßgeblich beteiligt ist. Gemeinsam mit Kollegen der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und der dänischen Universität Aarhus untersuchen die Wissenschaftler das Zusammenspiel von Geometrie und Physik zufälliger räumlicher Strukturen, um physikalische Eigenschaften von komplexer Materie besser erklären zu können. Die Ergebnisse könnten nicht nur in die Medizin, sondern auch in die Astronomie, in die Materialwissenschaften und in viele andere Bereiche einfließen, so hoffen die Wissenschaftler. Für ihre Arbeit hat die 2011 von der DFG gegründete Kooperation bisher 3 Millionen Euro erhalten.

„Unser Ziel ist es, die Struktur komplexer Materie durch mathematische Modelle zu beschreiben und den Zusammenhang zu physikalischen Eigenschaften der komplexen Materie herzustellen“, erklärt Professor Daniel Hug, der am KIT Stochastik und Geometrie lehrt. Er ist einer der Projektleiter der Forschergruppe „Geometry and Physics of Spatial Random Systems“, in der Wissenschaftler mit sechs Projektgruppen dem Forschungsgegenstand auf die Spur kommen wollen. „Auf mathematischer Seite geht es in erster Linie um die Weiterentwicklung von Methoden und Modellen der räumlichen Stochastik und hier insbesondere der stochastischen Geometrie. Es soll untersucht werden, welche Relevanz diese mathematischen Werkzeuge zum Beispiel für die Physik von komplex strukturierten Materialien haben. Was dann die Verbindung zur Festkörper- und Statistischen Physik herstellt“, erklärt Hug. Die entwickelten stochastischen Methoden können die beteiligten Physiker vielfältig anwenden, etwa in der Analyse der Struktur der Galaxienverteilung im Universum oder

Der Blick in das Innere eines Knochens überrascht: Voller filigraner Verbindungen ist das Material, das den menschlichen Körper trägt. Nicht massiv sondern aus vielen Hohlräumen geformt. Dabei bietet die scheinbar willkürlich aufgebaute Materie höchste Stabilität – trotz geringen Materialeinsatzes und zugleich bei möglichst geringem Gewicht. Ähnliches findet sich nicht nur im menschlichen Körper, unge-

bei der Untersuchung von mesoskopischen Strukturen in Mikroemulsionen. Vor allem das fachübergreifende Zusammenspiel von Mathematikern und Physikern sei ein besonderes Qualitätsmerkmal der Gruppe und so selten zu finden. „Unsere Stärke ist die Theorie. Die Physiker liefern die Daten und die realen Probleme. Außerdem haben sie große Erfahrung in der Entwicklung von Analysesoftware zur Bildverarbeitung und ausgezeichnete Simulationskenntnisse“, so Hug. Die Sprecherschaft der Gruppe habe Professor Günter Last vom Institut für Stochastik des KIT übernommen.

Das Forschungsvorhaben ist vor allem wegen der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten seiner Ergebnisse von Bedeutung, etwa in der Medizin. Wollen Ärzte beispielsweise bei Osteoporose-Patienten erkennen, inwieweit deren Knochenstruktur noch besteht, könnten berechnete Kenngrößen die Diagnose verbes-

sern und eine Beschreibung der noch vorhandenen Struktur leisten. „Eine solche auf objektiven Kennzahlen beruhende Analyse ist der erste wesentliche Schritt, um Mikrostrukturen mit gewünschten Eigenschaften herzustellen. Mit den passenden Kenngrößen lassen sich ganz unterschiedliche Arten komplexer räumlicher Strukturen beschreiben wie beispielsweise poröses Gestein, Filter, Schwämme, Brot oder auch Schokolademuffins. Erste Kenngrößen sind etwa Volumen- und Oberflächendichte, aber auch die Dichten der mittleren Breite und einer topologischen Größe, der Euler-Charakteristik. Ein klassisches mathematisches Resultat lässt sich so interpretieren, dass dies schon alle relevanten Größen sind, wenn die Funktionale gewisse Eigenschaften haben sollen. Denn alle Funktionale sind aus diesen kombinierbar“, verdeutlicht Professor Hug. Das Prinzip lässt sich vielfach anwenden und erheblich erweitern, zum Beispiel auf tensorwertige Funktio-

nale, ein wichtiger Forschungsgegenstand der Karlsruher Gruppe. „Mithilfe dieser neuen Funktionale ist es beispielsweise möglich, die Anisotropie von Materie, etwa in Knochen, quantitativ zu beschreiben. Die Universalität der mathematischen Methoden erlaubt es aber auch, in ähnlicher Weise die Aufnahme einer Niere mit Karzinom zu analysieren. Hier wollen sie unterscheiden, wo das Karzinom und wo die gesunde Struktur ist, oder sie wollen bestimmen, welchen Effekt eine Behandlungsmethode für das Karzinom hat. Auf einer Abbildung, die aus zahlreichen Pixeln zusammengesetzt ist, ist das häufig kaum zu erkennen. Auch in diesem Beispiel können geometrische Kenngrößen mit großem Gewinn eingesetzt werden.“ Die Skalen, auf denen sich die Dinge bewegen, welche die Wissenschaftler mit diesen Methoden beschreiben wollen, sind groß. Nukleare Materie in Sternener Explosionen gehört dazu, Molekülstrukturen, (Metall-)Schäume

oder Suspensionen wie sie in der Nahrungsmittelindustrie und in der pharmazeutischen Fertigung auftreten, bis hin zu astronomischen Strukturen, erklärt der Mathematiker.

Ein in Karlsruhe angesiedeltes Teilprojekt der Gruppe befasst sich mit dem Booleschen Modell, welches ein zentrales Modell der stochastischen Geometrie und der stetigen Perkolation ist und Anwendungen in der Physik, den Materialwissenschaften und der Biologie hat. „Dazu kann ein System von Körnern wie Fasern, Partikeln oder Luftblasen in Brot gehören, die sich überlappen und bei einem Fertigungsprozess so verschmelzen, dass die einzelnen Korngrenzen im Überlappungsbereich verschwinden. Auch wenn die ursprünglichen Körner eine einfache Form wie etwa Kugeln oder Quader haben, entstehen bei einem solchen Fertigungsprozess sehr komplexe Formen. Im Endprodukt sind die Anzahldichte oder die Formen der ein-

zelnen Körner nicht mehr unmittelbar zu erkennen. Überraschenderweise erlaubt es die mathematische Analyse eines solchen Modells dennoch, aus der Bestimmung von beobachtbaren Kenngrößen der Gesamtstruktur auf geometrische und stochastische Eigenschaften der einzelnen Körner zu schließen. Auf diese Weise hoffen wir, einen Zusammenhang zwischen den Materialeigenschaften der Gesamtstruktur und Eigenschaften der bei dem Fertigungsprozess eingesetzten Körner herstellen zu können.“ Auch hier ist die Anwendungsmöglichkeit im Alltag nicht weit: Etwa wenn Ingenieure strukturelle und physikalische Eigenschaften von Filtern und Membranen wie deren Durchlässigkeit für Flüssigkeiten oder Gase anhand weniger Kennzahlen beschreiben wollen. Oder wenn der Einfluss der dreidimensionalen Mikrostruktur poröser Materialien auf die effektiven Transporteigenschaften in diesem Material charakterisiert werden soll. Was

vor allem für die Transportvorgänge in Elektroden von Batterien und in Brennstoffzellen wichtig ist, verdeutlicht Professor Hug.

Was ihn persönlich an dem Forschungsthema fasziniert? „Die Mathematik findet hier einen wunderbaren Einsatz, vor allem bei Problemen, die auch den Physikern auf den Nägeln brennen. Die umgekehrt aber uns auch wieder stimulieren. Viele dieser Fragen wurden von den Physikern intuitiv erfasst oder im Rahmen von Simulationsstudien entdeckt, andere wiederum treten in der gemeinsamen Arbeit zu Tage. Wir versuchen nun, rigorose mathematische Verfahren und Nachweise zu finden. Das ist nicht immer einfach. Aber es ist ein überaus fruchtbares Betätigungsfeld und eine spannende Aufgabe.“ ■

Kontakt:
daniel.hug@kit.edu und guenter.last@kit.edu

Join Mondi!



Working at Mondi is exciting and challenging.

We are a leading international packaging and paper group with around 25.000 colleagues in more than 30 countries. We are highly focussed on customers and have been developing cutting edge products since 1973.

Create (y)our ongoing success story.

With entrepreneurial spirit and a real passion for performance. We combine a fast-paced business with a caring culture that nurtures (y)our development in a sustainable way.

Be part of a multicultural team.

You may enjoy international development and work opportunities. In short: Unfold (y)our true potential in an empowering environment.

Get in touch!

Sabine Gromek is waiting for your papers.
Mondi AG, Marxergasse 4A, 1030 Vienna, Austria
Tel: +43 1 79013 4843
Fax: +43 1 79013 974
Email: international.recruiting@mondigroup.com



Für den Augenblick – und für die Zukunft!

Ihr persönlicher Berater weiß, wie aus Ihren Plänen Realität werden kann.



Konzentrieren Sie sich ganz auf Ihr Studium. Wir unterstützen Sie! Nutzen Sie unser Know-how – wir bieten Ihnen eine umfassende und individuelle Beratung zu den Themen, die für Sie am wichtigsten sind. Informieren Sie sich einfach über unsere aktuellen Angebote unter www.sparkasse-karlsruhe-ettlingen.de oder vereinbaren Sie einen Termin mit Ihrem persönlichen Berater unter 0721 146-0. Wir freuen uns auf Sie! **Wenn's um Geld geht – Sparkasse.**

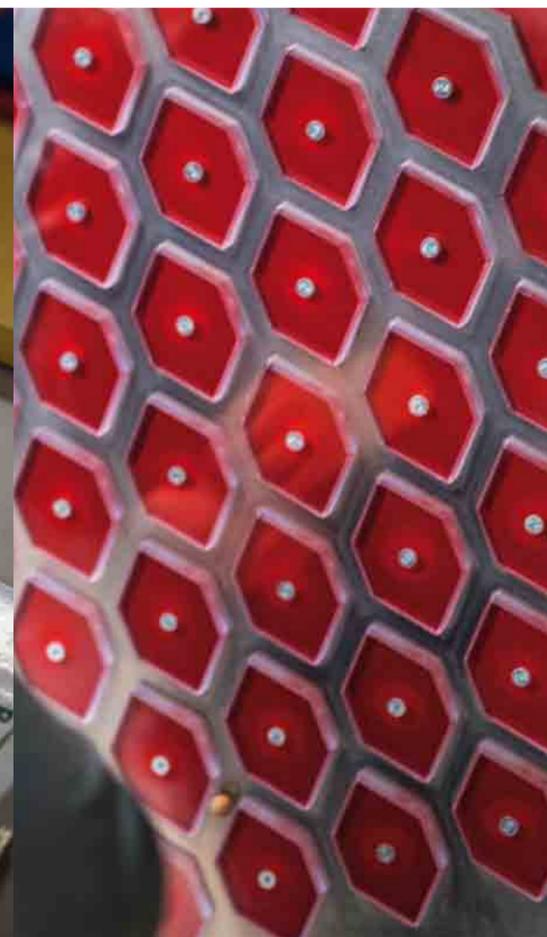
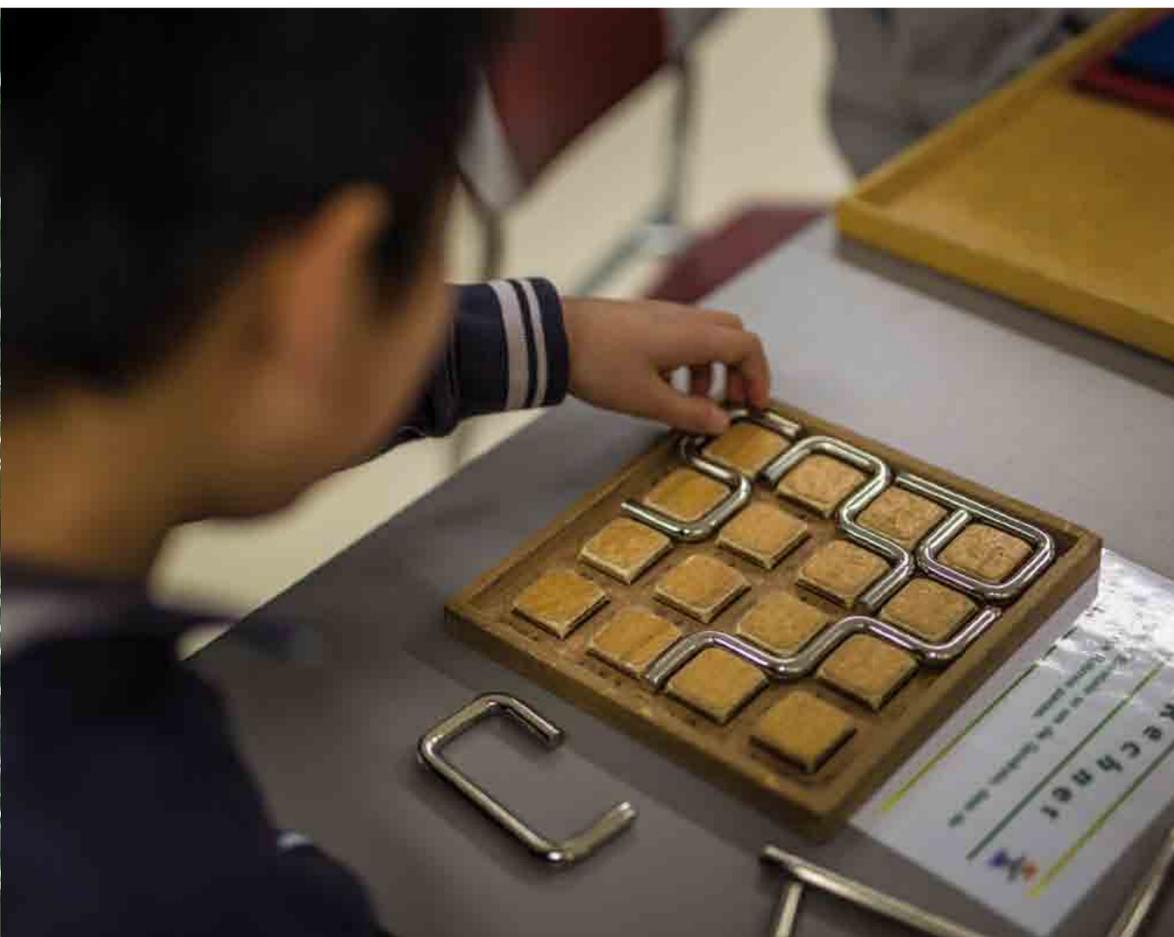
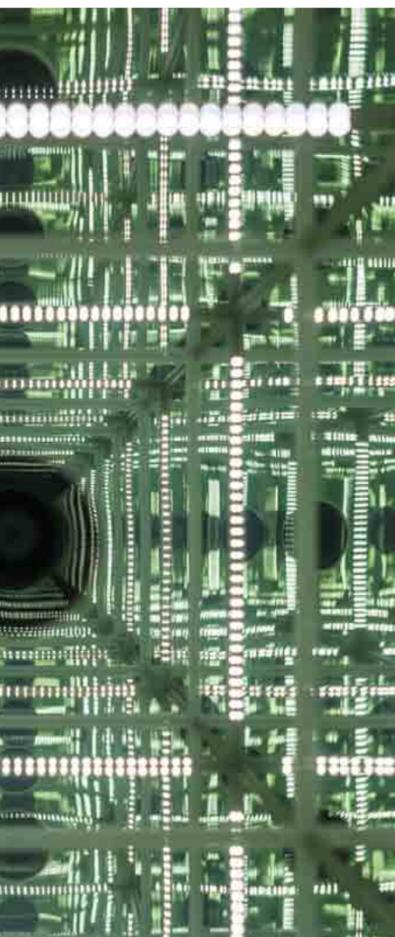
Mit Hand und **Verstand**



Seit einer Stunde schichtet Julius Bauteile in Formen. Immer wieder nimmt der Siebtklässler ein Teil in die Hand, wendet es hin und her und versucht es lückenlos in der Form unterzubringen. Einen Würfel hat er schon geschafft, nun brütet er über einem Quader. Seine Klassenkameraden experimentieren derweil mit Seifenhäuten, legen Parkettmuster, erkunden die Zahl Pi oder bauen Brücken. Ihre Mathe-Lehrerin Martina Liepert vom Bismarck-Gymnasium Karlsruhe ist beeindruckt: „Mathe mit den Händen machen, nicht mit Stift und Taschenrechner, für viele ist das eine ganz neue Erfahrung.“

Das Schülerlabor Mathematik am KIT macht Mathe begreifbar

VON MORITZ CHELIUS // FOTOS: MANUEL BALZER



Kaum ein Unterrichtsfach hat unter Schülern einen so schlechten Ruf wie Mathematik. Ernestina Dittrich weiß das sehr genau. Fast dreißig Jahre lang hat die Studiendirektorin das Fach an einem Karlsruher Gymnasium unterrichtet. Ihre Begeisterung an der Mathematik und deren Vermittlung merkt man ihr auf den ersten Blick an. Dennoch traf sie als Lehrerin immer wieder auf Schülerinnen und Schüler, die sie kaum begeistern konnte. „Viele Kinder brauchen einen spielerischen Zugang zur Mathematik, denen kann man mit Zahlen und Formeln nicht kommen. Für die wird es dann spannend, wenn sie selber in ihrem eigenen Tempo etwas entdecken können. Dazu fehlen im Unterricht aber häufig die Ausstattung und die Zeit.“ Vor zehn Jahren kam Dittrich ans KIT, um einen Ort zu schaffen, an dem Kinder Mathematik anders erfahren und begreifen können. 2007 schließlich öffnete das Schülerlabor Mathematik als erste Institution ihrer Art in Baden-Württemberg seine Tore. Seitdem haben fast tausend Klassen aus dem In- und Ausland das Labor besucht. In der Regel kommen die Kinder während der Schulzeit und bleiben zwei Stunden lang. Auf Wunsch können zusätzlich Workshops belegt werden. Den Kleinsten werden dann „Mathematische Zaubereien“ vorgeführt, die größeren Schüler beschäftigen sich zum Beispiel mit Codierungen oder Knotentheorien – Krawattenbinden eingeschlossen.

Im Labor ist die Stimmung weiterhin gut. Vier Schüler scharen sich um einen Monitor, auf dem eine Kurve in einem Koordinatensystem zu sehen ist. „Ich bin eine Funktion“, nennt sich das Exponat. Die Kinder versuchen die dargestellte Funktion möglichst genau nachzulaufen, ihre Bewegungen werden dabei mit einem Entfernungsmesser aufgezeichnet und ebenfalls als Kurve auf dem Monitor dargestellt. Ganz schön knifflig! Eher eine Fleißaufgabe – wenn auch eine erhellende – stellt das Galton-Brett dar, in das oben hunderte von Holzkügelchen eingeworfen werden müssen. Die Kugeln fallen auf zahlreiche Hindernisse und werden dabei nach rechts oder links abgelenkt, unten werden sie in Behältern aufgefangen. Sind genügend Kugeln unten gelandet, wird die sogenannte Gaußsche Normalverteilung sichtbar: In der Mitte finden sich die meisten, an den Rändern so gut wie keine Kugeln. „Jedes Exponat hat einen theoretischen Hintergrund“, erklärt Ernestina Dittrich. „Es veranschaulicht eine Formel oder eine Gesetzmäßigkeit und macht sie im besten Fall körperlich erfahrbar.“ Besonders stolz ist sie darauf, dass im Labor auch die neuere mathematische Forschung abgebildet ist – und das für jedermann verständlich aufbereitet. Bei der Penrose-Parkettierung zum Beispiel kann man – kaum zu glauben, aber wahr – aus nur zwei verschiedenen Formen ein Parkett legen, das sich niemals wiederholt; im Schülerlabor stehen zum Ausprobieren eine große Tafel und Filzformen bereit. An einer anderen Station wird das physikalische Prinzip der Minimalhäute sichtbar: Taucht man sogenannte Platonische Körper in Seifenlauge, überspannt die Seifenhaut nicht etwa genau die Seitenflächen, sondern die kleinstmögliche Oberfläche – die Bedachung der Allianz Arena in München ist nach dem gleichen Prinzip konstruiert.

In den acht Jahren seines Bestehens hat sich das Schülerlabor zu einem Vorzeigeprojekt entwickelt. Manchmal packen die insgesamt zehn Professoren, Mitarbeiter und Doktoranden einige der Exponate sogar in große Koffer und ge-



Erleben, entdecken, verstehen:

Fast 1 000 Klassen haben seit 2007 das Schülerlabor besucht.

Foto oben: Leiterin Ernestina Dittrich

Experience, discover, understand:

Nearly 1000 classes have attended the Pupils Laboratory since 2007.

Photo above: Ernestina Dittrich

hen damit auf Tour. An die Reise zu einem Science-Festival in Abu Dhabi erinnert sich Ernestina Dittrich besonders gern: „Die Besucher aus den Emiraten haben uns fast die Tische eingearannt. Eigentlich hatten die ja alles, rechts ihr Smartphone, links ihre Rolex, aber unsere Exponate haben sie trotzdem angestaunt und gefragt: Wo kann man das kaufen?“ Viele Stücke sind tatsächlich selbst konstruiert oder zumindest eigens in Auftrag gegeben, eines hat ein Schreiner vor Ort gebaut, ein anderes ist eine Spezialanfertigung von Siemens. Entsprechend teuer sind viele der Exponate. Das Galton-Brett etwa oder ein exquisiter Spiegelkasten, der die Unendlichkeit simuliert, schlagen mit mehreren tausend Euro zu Buche. Das billigste hat Ernestina Dittrich für 3,99 Euro auf dem Weihnachtsmarkt gekauft - ein dreidimensionales Tic Tac Toe. Finanziert wurde das Schülerlabor Mathematik vom Alumnus und Privat-Mäzen Dr. h. c. Hans-Werner Hector. Ohne seine Förderung könnte es nicht existieren, zumal sämtliche Angebote für die Schulkassen kostenlos sind. Das Schülerlabor kommt übrigens nicht nur den Kindern zugute, sondern auch der Lehrerausbildung. Damit ist es nicht nur ein Lern-, sondern auch ein Lehrlabor, in dem Lehramtsstudierende erste Praxiserfahrungen sammeln.

Eine wichtige Ergänzung zum Schülerlabor an der Fakultät für Mathematik ist die Begabtenförderung. Derzeit treffen sich zwanzig Siebt- und Achtklässler aus Karlsruhe ein Mal in der Woche zu den „Mathe-Kids“ und ebenso viele Neunt- und Zehntklässler zu den „Mathe-Profis“, wo sie unter anderem von Lehramtsstudierenden unter-

With Hand and Mind

KIT's Mathematics Pupils Laboratory Makes Maths Understandable

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Hardly any subject has such a bad reputation among pupils as mathematics. Ernestina Dittrich knows this quite well. Ten years ago, the teacher came to KIT to establish a place where children can experience and understand mathematics in a different way. In 2007, the Mathematics Pupils Laboratory was the first institution of this type in Baden-Württemberg to open its doors. Since then, thousands of classes from all over the state have come to learn mathematics from a different, playful perspective. At more than 80 stations, they perform experiments with soap films, lay parquet floors, explore Pi number or construct bridges. As a rule, children come during school time and stay for two hours. On request, additional workshops may be organized. Then, little pupils are shown "magic with mathematics" and older ones study codes or node theories, knotting ties included.

The Pupils Laboratory has meanwhile become a model project. Sometimes, the ten professors, employees, and doctoral students pack some of the exhibits into big suitcases and tour around. Many objects are self-made, some were constructed according to specification, one by a local carpenter, another one by Siemens. This is why many of the exhibits are rather expensive. The Mathematics Pupils Laboratory is financed by KIT alumnus and friend Dr. h.c. Hans-Werner Hector. Without his support, it would not exist, the more so as all invitations to pupils and their schools are cost-free. ■

Information and contact: www.math.kit.edu/didaktik/seite/schuelerlabor
On one Friday per month, we open our doors (for dates, see web site)

richtet werden. Schüler, die noch intensiver in die Mathematik einsteigen wollen, können ab der Oberstufe an mehrwöchigen Schnupperkursen teilnehmen oder, entsprechendes Talent und Fleiß vorausgesetzt, sogar ein Schülerstudium beginnen. Derzeit studieren zehn Schüler gemeinsam mit regulären Studenten am KIT Mathematik. An zwei Tagen in der Woche besuchen sie Seminare in Analysis oder Linearer Algebra, hinzu kommen Übungen und Tutorien, das alles natürlich parallel zur Schule. „Unser jüngster Schülerstudent ging in die siebte Klasse“, schwärmt Ernestina Dittrich, „und manche haben sogar fast den Bachelorabschluss erreicht.“

Vom Bachelor of Science sind die 14 Jugendlichen vom Bismarck-Gymnasium noch ein gutes Stück entfernt. Aber sie haben zwei Stunden lang die Mathematik von einer anderen Seite kennengelernt und dabei vielleicht das eine oder andere Vorurteil gegen das Fach abgebaut. „Wer vorher kein Mathe gemocht hat, den macht auch unser Labor nicht zum Überflieger. Aber oft sagen die, die das Fach eigentlich langweilig finden, hinterher: Das war unsere beste Mathestunde! Und wenn ein Kind lange an einer Aufgabe knobelt und sie zum Schluss dann löst, und ich sehe, wie glücklich das Kind ist, dann bin ich auch glücklich.“ ■

An einem Freitag im Monat von 14 bis 17 Uhr hat das Schülerlabor im Kollegengebäude Mathematik (Geb. 20.30) Tag der offenen Tür.

Aktuelle Termine siehe Homepage:
www.math.kit.edu/didaktik/seite/schuelerlabor/

Jeder Erfolg hat seine Geschichte.



Virtuell die Zukunft bewegen. Real IT-Karriere machen.

Bosch ist überall da, wo begeisternde IT-Lösungen für die Generation von morgen gefragt sind. Was uns antreibt? Wir wollen das Leben der Menschen durch nutzbringende und zukunftsweisende Technologien verbessern – ganz nach unserem Leitmotiv „Technik fürs Leben“. Für AbsolventInnen und Berufserfahrene ist es eine einzigartige Chance, gemeinsam mit uns an innovativen High-End-Lösungen im IT-Bereich mitzuwirken.

Ob es dabei um globale Trends wie Internet of Things, Industrie 4.0, Big Data und Connectivity geht. Oder ob Sie an spannenden Projekten wie unserer Cloud-based Security & Services oder dem Side View Assistent mitarbeiten: Es erwartet Sie eine ungeahnte Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten und Karrierechancen. Dabei ist es für uns selbstverständlich, dass Ihr berufliches und privates Engagement immer im Einklang bleiben. Wir fördern die Ausgeglichenheit unserer Mitarbeitenden und unterstützen Sie hierbei aktiv.

Setzen auch Sie sich für zukunftsweisende Technologien von morgen ein, die das Leben einfacher, sicherer, umweltfreundlicher und komfortabler gestalten. Kommen Sie zu Bosch.

Jeder Erfolg hat seinen Anfang.
Hier und jetzt – starten Sie mit uns.

www.bosch-career.de



Permanent Data Storage with Light

The first all-optical permanent on-chip memory has been developed by scientists of Karlsruhe Institute of Technology (KIT) and the Universities of Münster, Oxford, and Exeter. This is an important step on the way toward optical computers. Phase change materials that change their optical properties depending on the arrangement of atoms allow for the storage of several bits in a single cell. The researchers present their development in the journal Nature Photonics.

(10.1038/nphoton.2015.182)

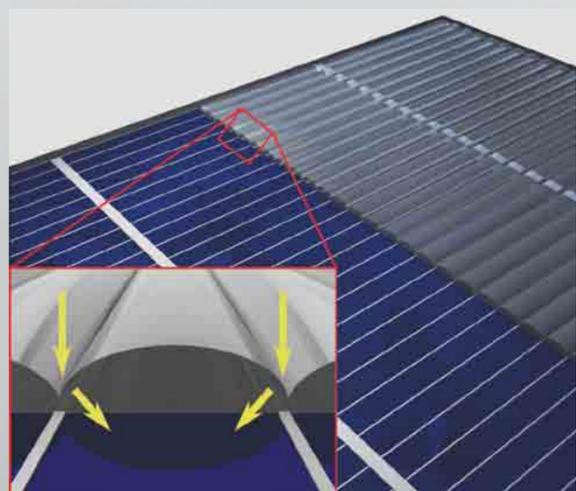
TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Invisibility Cloak Might Enhance Efficiency of Solar Cells

The efficiency of commercially available solar cells is about 20%. Scientists of Karlsruhe Institute of Technology (KIT) have now published an unconventional approach to enhancing the efficiency of the panels: Optical invisibility cloaks guide sunlight around objects that cast a shadow on the solar panel, such as electrical contacts for extracting current. Scientists of KIT's Institute of Applied Physics under project head Carsten Rockstuhl, together with partners from Aachen, Freiburg, Halle, Jena, and Jülich, have further developed the optical invisibility cloak designed by KIT, such that now incident light is guided around the contact fingers of a solar cell.

DOI: 10.1364/OPTICA.2.000850

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // GRAFIK: MARTIN SCHUMANN, KIT



KIT Improves in QS Ranking

In the latest QS World University Ranking, Karlsruhe Institute of Technology (KIT) has improved by more than 30 places. KIT is now ranked 93rd and, hence, among the 100 best universities worldwide. In Germany, KIT has kept its position as one of the best universities, in fourth place. According to the QS Ranking, KIT's reputation is very good among employers, reaching third place in Germany. The ranking is based on statistics and surveys of scholars and staff managers.

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // FOTO: TANJA MEISSNER

Ars legendi-Fakultätenpreis für exzellente Hochschullehre

Der Mathematik-Professor Norbert Henze vom Institut für Stochastik am KIT ist in diesem Jahr mit dem Ars legendi-Fakultätenpreis für exzellente Hochschullehre ausgezeichnet worden. Henze hält seine Vorlesung komplett mit digitalen Medien und ohne den Gebrauch der Tafel. Durch eine Vielzahl von Maßnahmen stellt er sicher, dass die Vorlesung auch skeptische Hörer begeistert. Der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, die Deutsche Mathematiker-Vereinigung, die Deutsche Physikalische Gesellschaft, die Gesellschaft Deutscher Chemiker und der Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland wollen durch den Preis die besondere Bedeutung der Hochschullehre für die Ausbildung des Nachwuchses in der Mathematik und den Naturwissenschaften sichtbar machen.



FOTO: EMANUEL JÖBSTL



FOTO: BOSCH

Harte Stähle

Ein neues Verfahren zum Härten von Stahl entwickeln Wissenschaftler des Engler-Bunte-Instituts, Bereich Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie: Mithilfe von Methylamin reichern sie niedriglegierte Stähle mit Kohlenstoff und Stickstoff an. Das Niederdruck-Carbonitrieren mit Methylamin spart Zeit und Prozessgas. Die so gehärteten Stähle eignen sich für mechanisch und thermisch hoch beanspruchte Bauteile in energieeffizienten und emissionsarmen Motoren der Zukunft. In der Zeitschrift HTM – Journal of Heat Treatment and Materials stellen die Forscher ihr Verfahren vor.

DOI: 10.3139/105.110263

Kontakt: david.koch@kit.edu

Humboldt-Professur für Wolfgang Wernsdorfer

Das KIT holt einen international herausragenden Experimentalphysiker nach Deutschland: Dr. Wolfgang Wernsdorfer wurde für eine Humboldt-Professur ausgewählt. Mit diesem Preis zeichnet die Alexander von Humboldt-Stiftung weltweit führende und bisher im Ausland tätige Wissenschaftler aus. Mit einem Preisgeld von bis zu fünf Millionen Euro ist dies Deutschlands höchstdotierter Forschungspreis mit internationaler Ausrichtung. Wernsdorfer, ein renommierter Experte für Nanomagnete, wird die Forschung am Physikalischen Institut des KIT wegweisend weiterentwickeln. Die Humboldt-Professur wird im Mai 2016 in Berlin verliehen. Das Votum der Stiftung sei gleichzeitig eine Auszeichnung für das KIT und seine Forschungsstärke, so der Präsident des KIT, Professor Holger Hanselka.



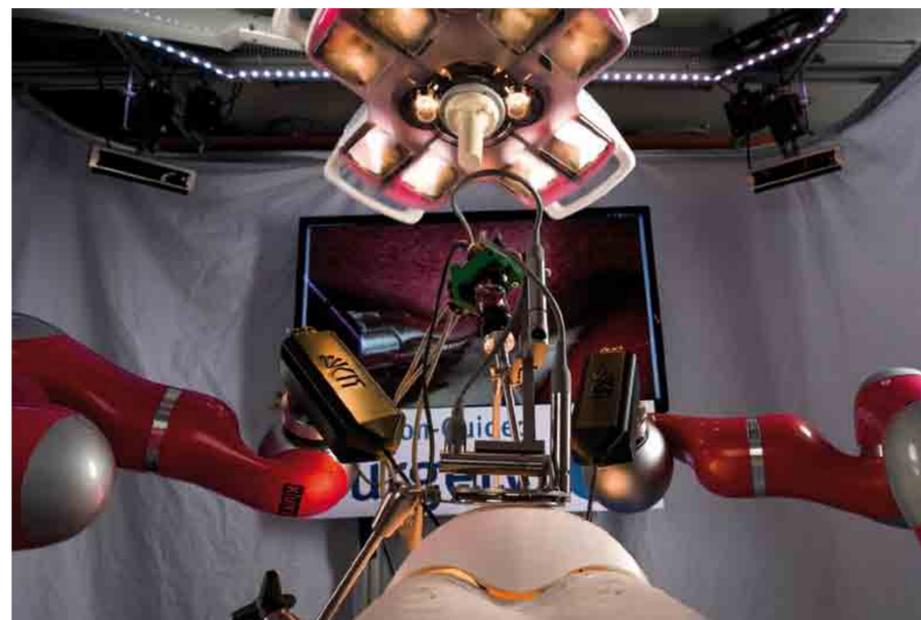
FOTO: ERIC LICHTENSCHIEDT



The Perfect Assistant

How Computer-based Systems Help Physicians

BY SARAH WERNER // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // FOTOS: PATRICK LANGER



does not look to the operating table, but at a screen near him. The endoscope shows what happens underneath the skin. It is a rod-shaped camera controlled by a surgical assistant. With the help of the endoscope, the physician can see the interior of the patient and the endoscopic instruments he inserted via some smaller incisions.

"In case of such minimally invasive interventions, which are also referred to as keyhole surgery, the surgeon depends on the assistant ensuring good vision, as the surgeon cannot guide both the instrument and the camera," Philip Nicolai of IAR explains. His colleague Andreas Bihlmaier adds: "The right position of the endoscope depends on the surgical task and the individual working method of the surgeon."

interpret the current situation and to execute the corresponding action," Bihlmaier says. During every intervention, the robot learns something more. "Our camera-guiding robot is capable of learning. This is the decisive advantage over previous systems. In this way, the robot can better adapt to different situations and surgeons," Beat Müller, Chief Senior Physician and Head of the Section for Minimally Invasive and Obesity Surgery at the University Hospital of Heidelberg, points out. Scientists from Karlsruhe and Heidelberg now plan to further develop the system for use in cardiac valve surgery or as an intelligent holding system in open liver surgery.

At the Hamlyn Symposium on Medical Robotics in June 2015, the interdisciplinary research team won the prize for the best live demonstration. The symposium was organized by the

by various working groups. "With OP:Sense we can start new research projects based on a technically mature system and can ensure that the research findings obtained can be used in future projects." Due to the modular design of this system, prototypes can be generated rapidly. Similar to a kit, the required hardware and software components can be combined to produce specific medical applications.

The term "OP:Sense" already reveals the difference of the system from comparable robot platforms: Apart from two robot arms that are controlled by the surgeon via haptic input devices, OP:Sense integrates several 3D cameras that cover the working space around the field of operation. All data measured are combined

*Zielgenau kann der Chirurg lenken
The surgeon can move the instruments precisely*



*Das Endoskopführungssystem für Roboterarme ist selbstlernend
Self-learning endoscope guiding system for robot arms*

Machines can complement human activities and increasingly so in the surgical theater. The team of Professor Heinz Wörn at the Institute of Anthropomatics and Robotics (IAR) of KIT, in cooperation with the University Hospital of Heidelberg, is developing a camera system that adapts directly to the physician and the

type of operation. Within the collaborative research center "Cognition-Guided Surgery" funded by the German Research Foundation, the team has designed a self-learning endoscope guiding system for robot arms. The multi-unit robot arm holds an endoscope in its "hand" that recognizes the operating instru-

ments of the surgeon and adjusts the position of the camera based on a previously learned model.

For example, as the surgeon moves his small clamping and cutting instruments precisely towards a gall bladder that is to be removed, he

To learn which part of the image has to be displayed to the physician, the robot assistant watches human assistants guide the camera during various interventions. Surgeons of the Heidelberg University Hospital performed twenty laparoscopic rectum resections on a phantom. During these tests, movements of the instruments and the endoscope were recorded with millimeter precision by a tracking system. In addition, suitability of the endoscope image for the respective situation was annotated. "From these data, the robot learned the necessary surgical know-how to identify and in-

Hamlyn Center, a research center of the Imperial College in London, one of the most renowned universities worldwide. Apart from an overall winner, an international jury chose the best medical robotics projects in the categories of design, application, live demonstration, and innovation.

The self-learning camera guiding system is part of OP:Sense, an IAR-developed modular platform to study novel methods of robot-assisted surgery. OP:Sense is no independent research project, but a technical backbone used

in a 3D representation of the scene in real time. This representation is evaluated by appropriate algorithms. Are the robots installed correctly on the patient table? How many persons are in the room? Where are they? Based on this basic information, the researchers are now working on scene interpretation: Which gestures are made by the persons present? To which activities do these gestures correspond? In which phase of the operation are these activities typically carried out? Having derived this information, OP:Sense supports the surgeon by displaying only the needed informa-



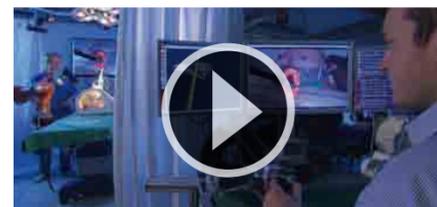
Der Computer bildet die handelnden Personen ab und interpretiert die Situation

The computer represents the acting persons and interprets the situation

tion or by optimizing the camera position. Aids such as this that work autonomously enable the surgeon to concentrate on the operation. Scene monitoring also allows for the implementation of new safety concepts for man-robot cooperation in the operating theater. It is the basis for further research, in particular in the area of situation recognition.

OP:Sense has already passed its first public test: After a successful presentation to a small audience at a surgical specialist trade fair, OP:Sense was displayed at the CeBIT in 2014. The live control of the robot system made OP:Sense a major attraction and the subject of many conversations by visitors and researchers. ■

Contact: andreas.bihlmaier@kit.edu and philip.nicolai@kit.edu



Video: www.kit.edu/videos/endoskopie

Der perfekte Assistent

Wie computerbasierte Systeme Ärzten helfen

Optimale Ergänzung von Mensch und Maschine: Computerbasierte Systeme unterstützen Mediziner zunehmend auch im Operationssaal. Am Lehrstuhl von Professor Heinz Wörn im Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR) des KIT wird zusammen mit dem Universitätsklinikum Heidelberg ein Kamerasystem erforscht, das sich bei jedem Eingriff direkt auf Arzt und Art der OP einstellt. Im Sonderforschungsbereich „Cognition-Guided Surgery – Wissens- und modellbasierte Chirurgie“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft hat das Team ein selbstlernendes Endoskopführungssystem für Roboterarme entwickelt. Der mehrgliedrige Roboterarm hat an seiner „Hand“ ein Endoskop, das die OP-Instrumente des Chirurgen erkennen und die Position der Kamera anhand eines zuvor erlernten Modells ausrichten kann.

Zielgenau lenkt der Chirurg seine kleinen Klemm- und Schneidewerkzeuge zum Beispiel zur Gallenblase, die er dem Patienten entfernen muss. Dabei schaut er nicht etwa direkt auf den OP-Tisch, sondern auf einen Bildschirm, der neben ihm steht: Was unter der Haut passiert, zeigt ihm ein Endoskop, eine stabförmige Kamera, die ein zusätzlicher OP-Assistent lenkt. Erst mithilfe des Endoskops kann der Arzt das Innere des Patienten und seine endoskopischen Instrumente sehen, die er über ein paar kleinere Einschnitte in der Haut eingeführt hat. Beim Hamlyn Symposium on Medical Robotics im Juni 2015 gewann das interdisziplinäre Team damit den Preis für die beste Live-Demonstration. Veranstalter war das Hamlyn Centre, ein Forschungszentrum des Imperial College in London, das zu den weltweit angesehensten Universitäten zählt.

Eingebettet ist die lernende Kameraführung in OP:Sense, einer ebenfalls am IAR-IPR entwickelten modularen Plattform zur Erforschung neuartiger Methoden in der roboterassistierten Chirurgie. Bei OP:Sense handelt es sich dabei nicht um ein eigenständiges Forschungsprojekt, vielmehr dient das System arbeitsgruppenübergreifend als technisches Rückgrat für verschiedene Arbeiten. Als wesentliche Neuerung integriert OP:Sense neben zwei Roboterarmen, die vom Chirurgen über haptische Eingabegeräte gesteuert werden, ein System aus mehreren 3-D-Kameras, die den Arbeitsraum rund um das Operationsfeld erfassen. Alle Daten werden in Echtzeit zu einer 3-D-Repräsentation der Szene fusioniert, die von entsprechenden Algorithmen ausgewertet wird. Anhand der derart abgeleiteten Informationen soll OP:Sense den Chirurgen unterstützen, indem beispielsweise nur die aktuell benötigten Informationen eingeblendet werden oder die Kameraposition optimiert wird. ■

Kontakt: andreas.bihlmaier@kit.edu und philip.nicolai@kit.edu

Überzeugen durch Leistung

Elektronik bewegt die Welt. Wir bewegen die Elektronik.

Bewegen Sie mit!



Weltweit durchstarten ...

Ein globales Business mit großer Zukunft: die Distribution elektronischer Bauelemente. Vertrieb, Produktmarketing und Logistik sind die drei Säulen unseres Handelsunternehmens. Neue, zukunftsweisende Technologien und Produkte sind die zentralen Komponenten unseres Erfolgs.

... mit Perspektive

Wir investieren mit qualifizierten Mitarbeitern in unsere Zukunft. In einem inhabergeführten Unternehmen mit flachen Hierarchien und mit Perspektiven für steile Karrieren bietet Rutronik vielfältige Möglichkeiten: Praxissemester, Abschlussarbeiten oder Traineeprogramme für Absolventen, außerdem vielseitige Projekte im Ausland. Als Spezialist oder als Führungskraft – wer mit guten Ideen und Teamgeist in die erfolgreiche Zukunft starten will ist bei uns richtig.

Bewegen Sie mit, kommen Sie zu Rutronik!

www.rutronik.com/career



Laden Sie sich das PDF unserer Broschüre herunter!

RUTRONIK Elektronische Bauelemente GmbH

Industriestraße 2 | 75228 Ispringen
Tel. +49 7231 801-1273 | career@rutronik.com

Postgraduate MSc Program Environmental Technology & International Affairs



High-flying careers for a better environment

CONTENTS

- Political Science & International Relations
- International & European Law
- International Economics & Contemporary History
- Surveillance & Sustainable Development
- Air, Water & Waste Management
- Environment & Technology

DURATION

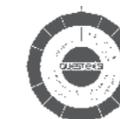
2 academic years, full-time

NEXT PROGRAM START

September 26, 2016

APPLICATION DEADLINE

March 15, 2016



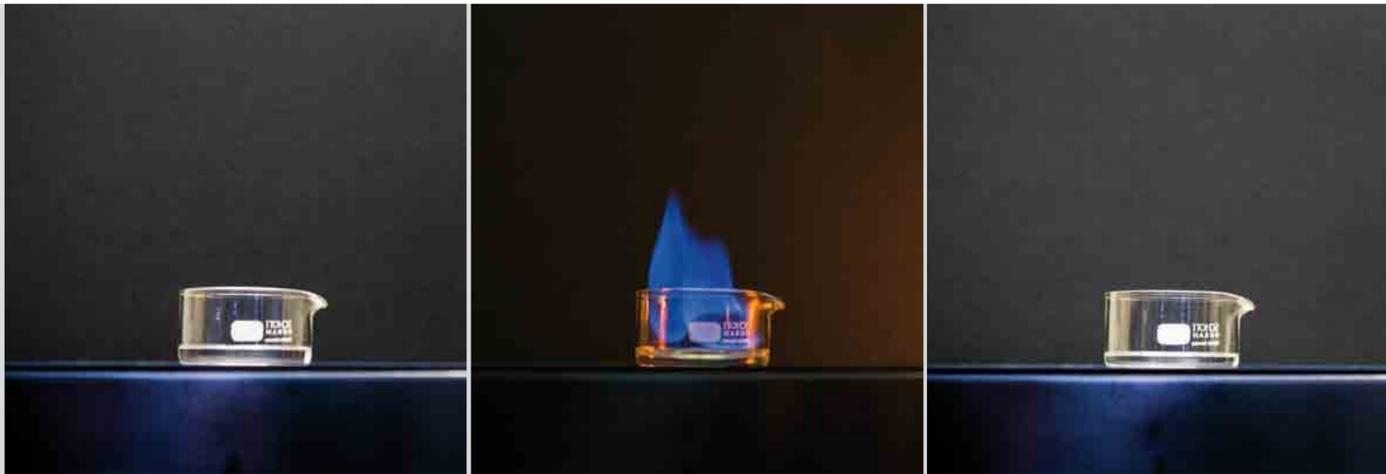
*Apply
now!*

Technische Universität Wien

Continuing Education Center

Operngasse 11 • A-1040 Wien
T +43(0)1/58801-41701
office@etia.at
www.etia.at





DIESEL-OPTIMIERUNG FORSCHER ENTWICKELN KRAFTSTOFFZUSATZ

DIESEL OPTIMIZATION RESEARCHERS DEVELOP FUEL ADDITIVE

VON DOMENICA RIECKER-SCHWÖRER // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // FOTOS: MARKUS BREIG

Ungeachtet aller Schlagzeilen um manipulierte Abgastests, forschen Hersteller von Fahrzeugen und Kraftstoffen derzeit daran, wie die Rußbildung bei der Dieselverbrennung vermindert werden kann. Die bekannten Verfahren basieren meistens auf Rußfiltern und Katalysatoren, die teuer und technisch aufwendig sind.

Forscher am Institut für Katalyseforschung und -technologie (IKFT) des KIT arbeiten an einem einfachen Verfahren zur Synthese von Oxymethylen-dimethylethern (OME), welche die Rußbildung schon während des Verbrennungsprozesses vermindern. Darüber hinaus haben OME als Kraftstoffzusätze ideale Eigenschaften: Es sind ungiftige Flüssigkeiten, die mit gängigen Kraftstoffen gut mischbar sind und eine hohe Cetanzahl haben, also für eine gute Zündwilligkeit des Kraftstoffs sorgen. Die bisherigen Verfahren zur Herstellung der OME sind jedoch aufwendig und ihre Verfügbarkeit ist noch stark eingeschränkt.

Die Wissenschaftler des KIT verwenden nun kostengünstige Standardchemikalien, die sich umweltfreundlich herstellen lassen. „Wir benötigen erstens einen Alkohol wie etwa Methanol und zweitens Formaldehyd, der aus Methanol gewonnen werden kann“, sagt Dr. Ulrich Arnold vom IKFT. Diese Ausgangsstoffe werden zusammen mit einem organischen Lösungsmittel in einen Reaktor geleitet. Dort werden sie mithilfe eines sauren Katalysators umgesetzt, wobei sich eine organische und eine wässrige Phase bilden. Das gewünschte Produkt OME ist in der organischen Phase gut löslich, wohingegen die Nebenprodukte in der wässrigen Phase verbleiben. Auf diese Weise lässt sich das Produkt leicht abtrennen. Als organische Lösungsmittel sind insbesondere Kraftstoffe wie etwa Diesel geeignet. „Das ermöglicht es, Kraftstoffzusätze direkt in Anwesenheit des Kraftstoffs herzustellen“, so Arnold. Unterstützt werden die Forscher des KIT von Kollegen der Technischen Universitäten Kaiserslautern und München, die sich mit der Herstellung von OME im technischen Maßstab und der motorischen Testung beschäftigen. Die Zusammenarbeit wird von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. als Projektträger des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) gefördert. ■

Kontakt: ulrich.arnold@kit.edu

Irrespective of recent headlines on manipulated exhaust gas tests, manufacturers of vehicles and fuels are currently studying ways to reduce the amount of soot produced by diesel combustion. Conventional methods are mostly based on soot filters and catalytic converters which are expensive and technically complex.

Researchers of KIT's Institute of Catalysis Research and Technology (IKFT) work on a simple method for synthesis of oxymethylene dimethylethers (OMEs) that reduce soot formation already during combustion. Moreover, OMEs have ideal properties when used as fuel additives: They are non-toxic liquids that can be mixed well with conventional fuels and have a high cetane number that enhances the fuel's ability to ignite. Methods used so far to produce OMEs, however, are expensive and their availability is extremely limited.

Now, KIT scientists are using inexpensive standard chemicals that can be produced in an environmentally compatible way. "We first need alcohol, such as methanol. Our second component is formaldehyde, which can be produced from methanol," Dr. Ulrich Arnold of IKFT says. These substances are fed into a reactor together with an organic solvent. There, conversion takes place with the help of an acid catalyst and an organic and an aqueous phase are formed. The desired OME product is readily soluble in the organic phase, whereas the by-products remain in the aqueous phase. In this way, the product can be separated easily. Suitable organic solvents are fuels, such as diesel. "Hence, fuel additives can be produced directly in the presence of the fuel," Arnold says. The KIT scientists are supported by colleagues of the technical universities of Kaiserslautern and Munich. They focus on the production of OMEs on the technical scale and tests in the engine. The cooperative project is financed by the Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., the central project-coordinating agency of the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) in the area of renewable resources. ■

Contact: ulrich.arnold@kit.edu

BWL für Nicht-BWLER – Master International Business

Betriebswirtschaftliche Kenntnisse sind Grundlage in vielen Berufsgruppen. Doch für Ihren Traumberuf fehlt vielen Absolventen von Bachelor-Studiengängen noch das nötige Fachwissen. Der Master International Business an der International School of Management (ISM) richtet sich an Bachelor-Absolventen aller Fachrichtungen, die sich gezielt ein betriebswirtschaftliches Wissen aneignen möchten. Egal ob Natur- und Kommunikationswissenschaftler oder Ingenieur – das Konzept des dreisemestrigen Master-Studiengangs ermöglicht es, die berufliche Perspektive zu erweitern.

Der englischsprachige Studiengang deckt die wichtigsten Bereiche der BWL-Ausbildung wie Wirtschaftsrecht, Finanzmanagement, Marketing oder Produktion ab. Neben den Grundprinzipien der Betriebswirtschaft lernen die angehenden Manager auch die Bereiche Human Resource Management sowie internationale Unternehmensführung kennen. Durch den internationalen Fokus des Programms werden die Studierenden zu globalen Management-Experten ausgebildet. „Mit dem neuen Studiengang M.A. International Business reagiert die ISM auf die Nachfrage vieler Bewerber, die bei der Wahl ihres Erststudiums noch nicht den Überblick darüber hatten, welche Schwerpunkte für ihre berufliche Zukunft notwendig sind“, erklärt Prof. Dr. Ingo Böckenholt, Präsident der ISM.

Angeboten wird das neue Master-Programm der privaten Wirtschaftshochschule ab dem Sommersemester 2016 an den ISM-Standorten in Dortmund, Frankfurt/Main, München, Hamburg und Köln. Gelehrt wird in kleinen Lerngruppen von maximal 25 Studierenden. Verschiedene Workshops mit Unternehmen und Beratungsprojekte bereiten die Studierenden praxisnah auf Berufsfelder in der globalen Wirtschaft vor. Zudem werden Soft Skills vermittelt.

Voraussetzung für das Master-Studium an der ISM ist die erfolgreiche Teilnahme am Aufnahmetest, bestehend aus einem Bewerbungsgespräch und einer Case Study. Bewerber aus dem Ausland können per Skype an dem Verfahren teilnehmen. Aktuelle Termine zu Infoveranstaltungen zum Master International Business an der ISM sowie weitere Informationen zum Studienablauf unter www.ism.de.

Die International School of Management ist eine staatlich anerkannte, private Hochschule in gemeinnütziger Trägerschaft. Sie zählt zu den führenden privaten Wirtschaftshochschulen in Deutschland. In den einschlägigen Hochschulrankings rangiert die ISM regelmäßig an vordersten Stellen.



Etwas vergessen? Gutes Management will gelernt sein.

Mit einem Studium an einer der besten Wirtschaftshochschulen in Deutschland. Wir bieten Ihnen Studiengänge in den Bereichen International Management, Finance, Logistik, Tourismus, Marketing, Handel, Vertrieb, Modemanagement, Wirtschaftspsychologie und Wirtschaftsrecht. **Bachelor, Master, MBA, in Vollzeit, berufsbegleitend oder dual.**

Dortmund · Frankfurt · München · Hamburg · Köln · Stuttgart



www.ism.de

„Da brach spontan Jubel aus!“

Dr. Kathrin Valerius, Leiterin einer Helmholtz-Hochschul-Nachwuchsgruppe beim Karlsruher Tritium Neutrino Experiment (KATRIN) über den Physik-Nobelpreis für Neutrino-Forscher und andere erfreuliche Entwicklungen

FOTOS: MARKUS BREIG

Von links nach rechts: Hendrik Seitz-Moskaliuk, Dr. Marco Kleesiek, Laura Kuckert, Manuel Klein, Florian Heizmann, Moritz Machatschek und Dr. Kathrin Valerius

From left to right: Hendrik Seitz-Moskaliuk, Dr. Marco Kleesiek, Laura Kuckert, Manuel Klein, Florian Heizmann, Moritz Machatschek, and Dr. Kathrin Valerius

Der Physik-Nobelpreis in diesem Herbst für den Japaner Takaaki Kajita und den Kanadier Arthur B. McDonald hat die Neutrino-Physik erneut ins Schlaglicht der internationalen Öffentlichkeit gerückt. Geehrt wurden die beiden Forscher für ihren Nachweis, dass Neutrinos eine Masse haben,

nachdem es Spekulationen gab, sie seien möglicherweise masselos. Das ist bereits der vierte Nobelpreis rund um die geheimnisvollen Teilchen. Zuletzt wurden Raymond Davis Jr. und Masatoshi Koshiba 2002 für den Nachweis der Sonnenneutrinos von der Stockholmer Jury mit einem Preis bedacht.

lookKIT: Ist das nicht eine erstaunliche Karriere für ein Teilchen, das Wolfgang Pauli und Enrico Fermi einst nur erfunden haben, um eine Lücke in einer mathematischen Gleichung zu füllen?

Dr. Kathrin Valerius: „Das ist in der Tat äußerst bemerkenswert! Ich glaube, dass auch Wolfgang Pauli, der Vater des Neutrinos, sich im Jahre 1930 eine derartige Erfolgsstory kaum hätte erträumen lassen. Er selbst sprach ja damals davon, etwas für einen Theoretiker sehr Verwerfliches getan zu haben, nämlich ein neues Teilchen einzuführen, das extrem schwierig bis unmöglich nachzuweisen sein würde. Dass wir nun hochspannende und vielfach mit höchsten Wissenschaftspreisen ausgezeichnete Forschung mit diesen „Geisterteilchen“ machen, ist sicherlich dem großen Einfallsreichtum, der Beharrlichkeit und nicht zuletzt der Begeisterung der Neutrino-Forscher für ihr Fachgebiet zu verdanken.“

lookKIT: Der Nobelpreis für Neutrino-Forschung ist damit Ermutigung und Ansporn für Sie und Ihr Team. Haben Sie gefeiert?
Kathrin Valerius: „Wir haben die Bekanntgabe während unseres halbjährlich stattfindenden KATRIN-Kollaborationstreffens erlebt, zu dem wir ausgerechnet in der Woche der Bekanntgabe der Nobelpreise in Karlsruhe versammelt waren. In der Sitzung brach spontan Jubel aus. Wir hatten auch Kollegen aus den USA zu Gast, die maßgeblich an den Erfolgen des durch den Nobelpreis gewürdigten SNO-Experiments beteiligt waren. Natürlich wurde dies beim gemeinsamen Collaboration Dinner gebührend gefeiert. Es gab übrigens auch ein enormes mediales Interesse an KATRIN, von Online- und Printmedien bis hin zu TV-Interviews. Schließlich möchten wir die Arbeit vollenden, die Takaaki Kajita und Art McDonald mit ihren Teams begonnen haben. Nachdem wir dank der nobelpreisgekrönten Erkenntnisse die Gewissheit haben, dass Neutrinos überhaupt eine Masse haben, wollen wir mit KATRIN einen Schritt weitergehen und diese endlich messen.“

lookKIT: Neutrinos stellen nach den Photonen die mit Abstand am häufigsten im Universum vorkommende Teilchenart dar. Sie sind zugleich die einzigen bekannten Elementarteilchen ohne elektrische Ladung.

Was ist für Sie ganz persönlich das Spannende an der Neutrino-Forschung?

Kathrin Valerius: „Ich finde Neutrinos so faszinierend, weil sie eine Schnittstelle markieren zwischen der Kosmologie und der Elementarteilchenphysik. Sie spielen eine Schlüsselrolle in der modernen Astroteilchenphysik. Das ist das Fachgebiet, das sich genau mit dieser Schnittstelle befasst.“

lookKIT: Es gibt drei unterschiedliche Typen von Neutrinos?

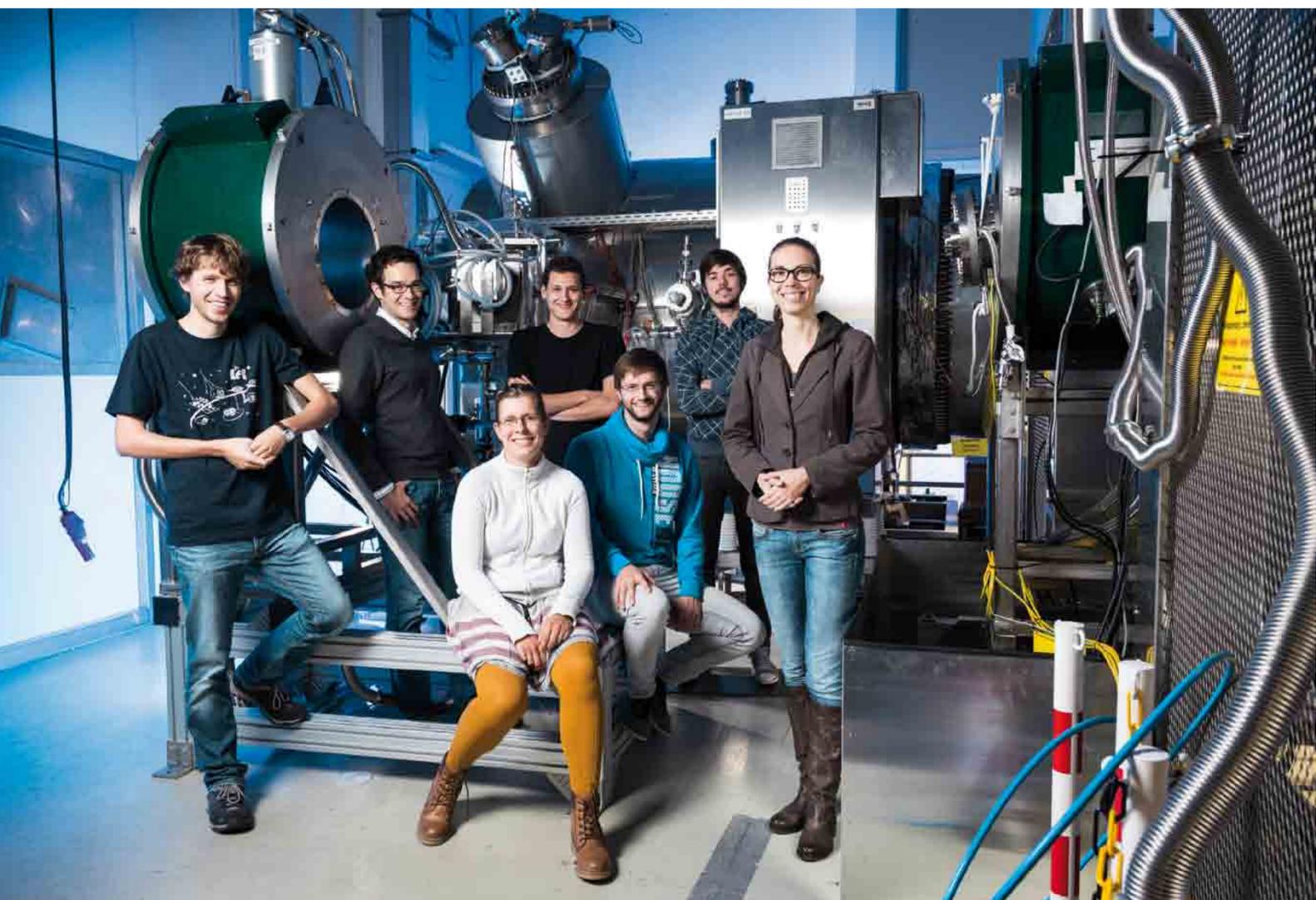
Kathrin Valerius: „Elektron-Neutrinos, Myon-Neutrinos und sogenannte Tau-Neutrinos.“

lookKIT: Diesen sind wiederum Leptonen zugeordnet?

Kathrin Valerius: „Es gibt im Standardmodell der Elementarteilchenphysik diese zwei großen Gruppen von Teilchen. Da sind die sogenannten Quarks, die über Protonen und Neutronen die Atomkerne bilden, und die anderen sind die Leptonen. In letztere Gruppe fallen alle drei Typen der Neutrinos zusammen mit ihren Partnerteilchen: Elektron, Myon und Tau. Es herrscht eine schöne Symmetrie: In beiden Gruppen gibt es je drei Familien von Teilchen, zumindest nach unserem heutigen Kenntnisstand.“

lookKIT: Was ist die Funktion der Leptonen und der zugeordneten Neutrinos?

Kathrin Valerius: „Es ist sehr spannend, dass in jeder Familie eben ein elektrostatisch geladenes Teilchen und ein ungeladenes Neutrino vorkommen. Das Elektron ist das Teilchen, das das Atom neutralisiert. Da das Elektron elektrisch geladen ist, und das Proton elektrisch entgegengesetzt geladen ist, können sie diese neutralen Atome bilden, die die uns umgebende Materie ausmachen. Aber es gibt noch die Parallelwelt der Antimaterie. Man hat zum Beispiel Leptonen, die keine negative sondern eine elektrisch positive Ladung tragen. Das sind die Anti-Leptonen. Und auch bei den Neutrinos gibt es Anti-Neutrinos. Allerdings kann man Neutrino und Anti-Neutrino nicht aufgrund der Ladung erkennen. Beide sind ungeladen. Was unterscheidet dann



Doktorand Florian Heizmann im KATRIN-Kontrollraum

Doctoral student Florian Heizmann in the control room of KATRIN



Ankunft des 25 Tonnen schweren und 16 Meter langen Kryostat- und Magnet-systems für die Tritiumquelle

Arrival of the cryostat and magnet system for the tritium source. It is 22 tons in weight and 16 m long

Video: www.kit.edu/videos/katrin

“We Spontaneously Started to Cheer”

Interview of Dr. Kathrin Valerius, Head of the Helmholtz-University Young Investigators Group Involved in the Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment (KATRIN)

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

The Nobel Prize in Physics this autumn for the Japanese Takaaki Kajita and the Canadian Arthur B. McDonald again moved neutrino physics into the spotlight of the international public. Both researchers were honored for proving that neutrinos have a mass, after there had been speculation that they might be massless. This already is the fourth Nobel Prize relating to these mysterious particles.

For Dr. Kathrin Valerius, Head of the Helmholtz-University Young Investigators Group participating in the Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment (KATRIN), the announcement of the prize marked a special moment. “We heard the announcement during our KATRIN collaboration meeting that takes place every six months. Then, we spontaneously started to cheer. With us were colleagues from the USA, who had been involved in the success of the SNO experiment honored by the Nobel Prize.”

In autumn 2015, the last large components of the Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment (KATRIN) were delivered. Now, assembly of the impressive 70 meter-long laboratory to measure neutrino mass by the analysis of tritium beta decay enters a decisive phase. In the next twelve months, the Helmholtz-University Young Investigators Group headed by physicist Dr. Kathrin Valerius will be one of the KATRIN teams working on the connection of the large modules and on the commissioning and calibration of the system. Apart from the source cryostat to cool the tritium source with a precision in the per-thousand range, the 24 meter-long vacuum tank is of crucial importance. Here, an ultra-high vacuum with a residual gas pressure lower than on the surface of the moon will have to be maintained over the complete measurement campaign of KATRIN, which will take several years. This is required to achieve the neutrino mass sensitivity of 0.2 eV. During the experiment, electrons produced by the beta decay of tritium will be measured. From the energy differences, information on the neutrinos that disappear without a trace will be derived. The focus lies on high-energy particles in the beta spectrum. In this range, an electron is produced only every 100 seconds. Hence, measurements will take several years to yield reliable results. In the most favorable case, the neutrino mass will be determined precisely. If, however, the accuracy of the KATRIN experiment proves insufficient for the very light elementary particles, only a new upper limit will be found. ■

Contact: kathrin.valerius@kit.edu

also das Neutrino von seinem Antiteilchen? Ein faszinierender Aspekt der modernen Neutrino-Physik ist die Frage, ob Neutrinos und ihre Antiteilchen identisch sind. Das ist für kein anderes Elementarteilchen vorstellbar.“

lookKIT: Wenn man die Massengewichte vergleicht, sind die Neutrinos unfassbar leicht, bewegen sich an der Grenze zur Masselosigkeit.

Kathrin Valerius: „Neutrinos sind die absoluten Leichtgewichte unter den Elementarteilchen. Das macht es so schwer, ihre Masse zu erfassen. Das bisher leichteste Teilchen ist das Elektron. Es hat eine Masse von 511 000 Elektronenvolt. Bei den Neutrinos wissen wir nur, dass sie leichter als 2 eV sein müssen. Daran kann man erkennen, wie unglaublich leicht sie sein müssen.“

lookKIT: Mit den superleichten Neutrinos ist die sogenannte schwache Wechselwirkung verbunden. Das ist eine der vier Grundkräfte der Physik. Sie spielt nur bei nuklearen Zerfallsprozessen eine Rolle, weil sie auch überhaupt nur auf sehr kleinen Distanzen wirkt. Was weiß man heute darüber?

Kathrin Valerius: „Die schwache Wechselwirkung ist unmittelbar aus der Neutrino-Physik geboren. 1934 hat der Physiker Enrico Fermi eine damals revolutionäre Theorie aufgestellt, die für die schwache Wechselwirkung bis heute die Grundlage bildet. Damals war bereits klar, dass diese schwache Wechselwirkung ihrem Namen gerecht werden müsste, das heißt, dass sie zu Reaktionsraten führt, die weitaus kleiner sind als zum Beispiel die Reaktionsraten bei der elektromagnetischen Wechselwirkung. Letztere bewirkt unter anderem, dass wir Dinge optisch-visuell wahrnehmen können. Die elektromagnetische Wechselwirkung ist um Größenordnungen stärker als die schwache Wechselwirkung, der die Neutrinos unterliegen. Aus diesem Grunde ist es so schwer, Neutrinos zu vermessen. Die Detektionsraten sind verschwindend gering. Die Sonne sendet uns ständig Neutrinos, die in den solaren Kernfusionsprozessen entstehen. Pro Sekunde erreichen uns pro Quadratmeter Fläche 65 Milliarden Neutrinos. Dass wir davon nichts spüren, liegt an der Schwäche der schwachen Wechselwirkung.“

lookKIT: Was wissen wir heute über die schwache Wechselwirkung, was Enrico Fermi noch nicht wusste?

Kathrin Valerius: „Aufgrund von Beschleunigerexperimenten wissen wir heute, dass die schwache Wechselwirkung durch schwere Botenteilchen übertragen wird. Diese wurden erst in den 80er-Jahren am CERN entdeckt. Das kann man sich analog zur elektromagnetischen Wechselwirkung vorstellen. Dort wird die Reaktion durch das Photon, durch das Lichtteilchen übertragen. Allerdings besitzen diese keine Masse. Das heißt, Photonen kann man sehr leicht in großer Zahl erzeugen, wohingegen diese schweren Botenteilchen der schwachen Wechselwirkung erst mit den energiereichen Kollisionen in den modernen Teilchenbeschleunigern untersucht werden konnten.“

lookKIT: Das hat zu Erweiterungen des Standardmodells geführt.

Kathrin Valerius: „Auf den ersten Blick sieht unser Standardmodell sehr gut geordnet aus: die verschiedenen Wechselwirkungsprozesse, die Wechselwirkungsbotenteilchen, die Materieteilchen, Quarks und Leptonen. Alles fügt sich zu einem schönen Gesamtbild zusammen. Dennoch stellt sich die Frage, ist das Bild wirklich vollständig? Gibt es nicht weitere Familien von Teilchen, von denen wir jetzt noch nichts wissen? Wir müssen den Blick offenhalten für die ‚neue Physik‘, die da vielleicht hinter der nächsten Ecke auf uns wartet.“

lookKIT: Mit dem KATRIN-Experiment versucht ein internationales Forscherteam, darunter auch Ihre Nachwuchsgruppe, in einem der weltweit größten Vakuumtanks die Masse der Neutrinos möglichst exakt zu bestimmen. Welche Rolle spielt der Vakuumtank in diesem Experiment?

Kathrin Valerius: „Das Tritiumlabor auf dem Campus Nord des KIT bietet ideale Bedingungen für die in unserem Experiment benötigte Neutrino- und Elektronenquelle. Das Karlsruher Tritium Neutrino Experiment (KATRIN) selbst hat beträchtliche Dimensionen und stellt uns vor höchste technologische Herausforderungen. Es wird 70 Meter Länge umfassen und sich über mehrere Gebäude erstrecken. Das Spektrometer mit dem riesigen Vakuumtank ist die größte Komponente. Im November 2006 wurde der 24 Meter lange und 200 Tonnen schwere Tank in einem äußerst spektakulären Transport erst ca. 8 800 Kilometer auf dem Wasserweg durch Europa transportiert und schließlich die knapp 7 Kilometer von der Rheinrampe in Eggenstein-Leo-



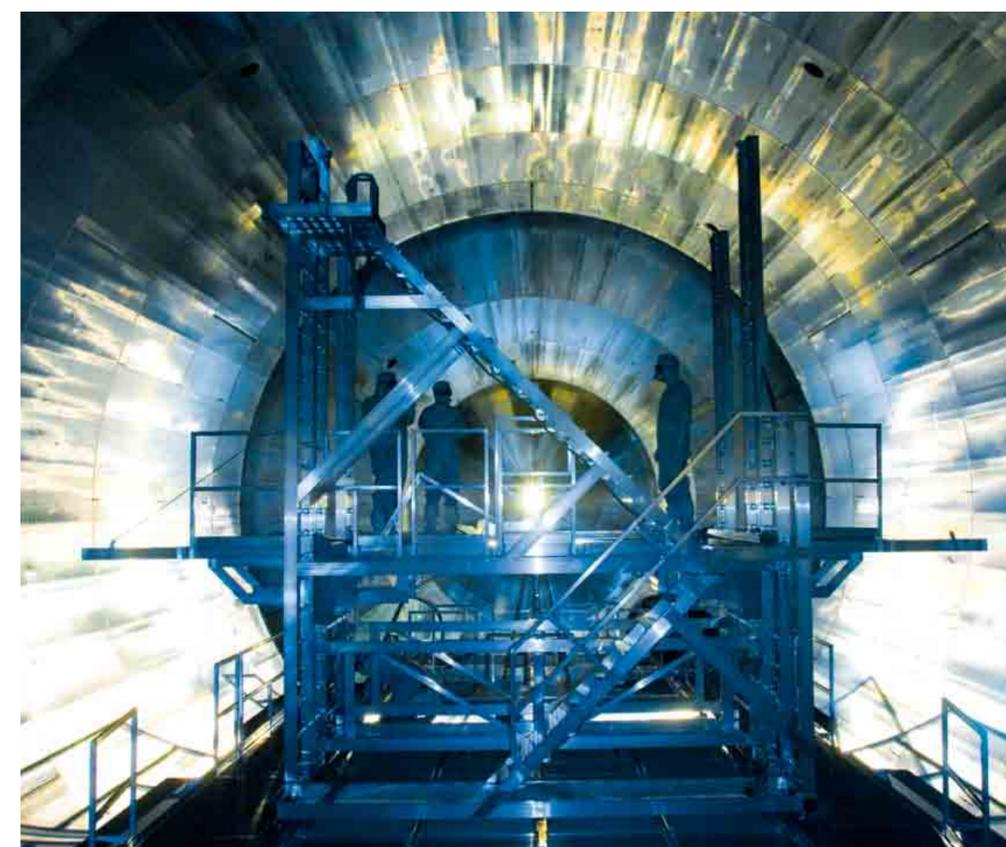
Gruppenbesprechung in der Schaltwarte von KATRIN

Group meeting at the control room of KATRIN

poldshafen bis zum KIT verbracht. Er beherbergt ein Ultrahoch-Vakuum mit einem niedrigeren Restgasdruck als auf der Mondoberfläche. In diesem Tank wollen wir nicht etwa die Neutrinos detektieren, die entweichen einfach, sondern die Energie der Elektronen aus dem Beta-Zerfall extrem präzise vermessen. Nach Einstein ist die Masse äquivalent zur Energie. Wenn dem Elektron, das beim Beta-Zerfall frei wird, etwas an Energie fehlt, im Vergleich zur Energie, die ursprünglich freigesetzt wurde, können wir die Differenz dem Neutrino zuschreiben.“

Blick in das Innere des KATRIN-Hauptspektrometers: Für die Installation eines Drahtelektrodensystems war der Stahltank für Personen zugänglich und mit einem mobilen Gerüst ausgestattet

View into the main spectrometer of KATRIN: For the installation of the wire electrode system, the steel tank was made accessible for persons and equipped with a mobile scaffold



lookKIT: Warum braucht man dafür ein Vakuum?

Kathrin Valerius: „Jedes Gasteilchen, das dem Elektron in den Weg kommt, kann potenziell zu Streuungen führen. Dadurch würde es zu Energieverlusten kommen, die unsere Messungen verfälschen. Die Energieauflösung unseres Instruments muss besser als 1 eV bei Elektronenenergien von knapp 20 000 eV sein. Die Genauigkeit muss zudem über einen langen Zeitraum von mehreren Jahren Messdauer gewährleistet sein. Trotz der Stärke der Tritiumquelle sind nur ganz wenige der beobachteten Zerfälle für uns relevant. Wir sind nur am äußersten Zipfel der hochenergetischen Teilchen im Beta-Spektrum interessiert. Unglücklicherweise sind die Raten dort sehr gering. Das heißt, wir messen vielleicht ein Elektron alle 100 Sekunden. Um eine aussagekräftige Statistik zu bekommen müssen wir deshalb über viele Jahre, 24 Stunden am Tag, sieben Tage die Woche stabile Messbedingungen gewährleisten.“

lookKIT: 25 Tonnen schwer, 16 Meter lang und vier Meter hoch, was da mit dem Kryostat für die Quellsektion von KATRIN im September auf dem Campus Nord angeliefert wurde, war eines der letzten ganz großen Puzzleteile. Befindet sich das Karlsruher Tritium Neutrino Experiment damit endgültig in der Zielgeraden?

Kathrin Valerius: „Genauso ist es. Nach über zehnjähriger Vorbereitungs- und Bauphase sind mit der Anlieferung der Pumpsektion und des Quellkryostaten nun alle Großkomponenten des Experimentaufbaus vor Ort am KIT. Das bedeutet einen gewaltigen Fortschritt im Projektplan, stellt uns aber auch vor eine neue, große Herausforderung – nämlich die Einzelteile zu einem Ganzen zu integrieren und den schließlich ca. 70 Meter langen Gesamtaufbau sehr sorgfältig, aber auch möglichst zügig in Betrieb zu nehmen.“

lookKIT: Wann werden Sie voraussichtlich mit der eigentlichen Messphase beginnen können?

Kathrin Valerius: „Alle sind natürlich schon äußerst gespannt darauf, die ersten Messdaten mit dem fertiggestellten KATRIN-Experiment zu bekommen. Wir hoffen und arbeiten darauf hin, dass es bis Ende nächsten Jahres so weit sein wird. In der gegenwärtigen Phase müssen die Komponenten in Betrieb genommen und ihre Funktionsweise sehr präzise charakterisiert



Dr. Kathrin Valerius

werden. Die Elektronen, die aus unserer gasförmigen Tritiumquelle herauskommen, können Energieverlusten unterworfen sein. Das könnte einen systematischen Messfehler unseres Experiments bilden, den müssen wir so klein wie möglich halten. Gleichzeitig müssen wir eine realistische Abschätzung des verbleibenden Messfehlers vornehmen. Mit dieser Aufgabe beschäftigt sich meine Gruppe in der Aufbauphase. Wenn wir voraussichtlich im nächsten Jahr mit dem kompletten Experiment Daten gewinnen können, werden wir uns mit der Datenanalyse beschäftigen. Wir wollen das KATRIN-Experiment aber auch benutzen, um die Daten in Bezug auf die sogenannte ‚neue Physik‘ auszuwerten. Das sind interessante Modelle, die etwa eine Modifikation der Theorie der schwachen Wechselwirkung vorschlagen. Dann ist da noch die Suche nach hypothetischen Teilchen. Es sind in letzter Zeit viele Hinweise in voneinander unabhängigen Neutrino-Experimenten aufgetaucht, dass es möglicherweise mehr als drei Neutrino-Arten gibt. Auch nach diesen mysteriösen, hypothetischen Extra-Neutrinos kann man mit KATRIN suchen. Unsere Aufgabe

wird es sein, den kostbaren Datenschatz des Experiments auf möglichst vielfältige Art und Weise zu nutzen. Natürlich ohne das Hauptziel der Bestimmung der Neutrino-Masse aus den Augen zu verlieren.“ ■

Kontakt: kathrin.valerius@kit.edu
Das Gespräch führte Dr. Stefan Fuchs

IM MÄRZ ERSCHEINT DIE NEUE AUSGABE!

Bei Interesse an einer
Anzeigenschaltung
wenden Sie sich bitte an:

ALPHA

ALPHA Informationsgesellschaft mbH

Ansprechpartnerin: Frau Kark
Telefon: 06206 939-342
E-Mail: tatjana.kark@alphapublic.de

www.alphapublic.de

Mathematik & Science Fiction Visionen für das Jahr 2¹¹ = 2048

Öffentliches Symposium
11. Juli 2016
Berlin

Mathematik
regiert unsere Welt.

Was kann Mathematik bereits heute und was ist (noch) Science Fiction? Wie sehen Visionen für das Jahr 2¹¹ = 2048 aus?

Spannende Vorträge rund um diese Fragen erwarten Sie beim kommenden Hector Fellow Academy Symposium im Rahmen des Jahresthemas „Leibniz: Vision als Aufgabe“ der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.

Hector Fellow
Academy

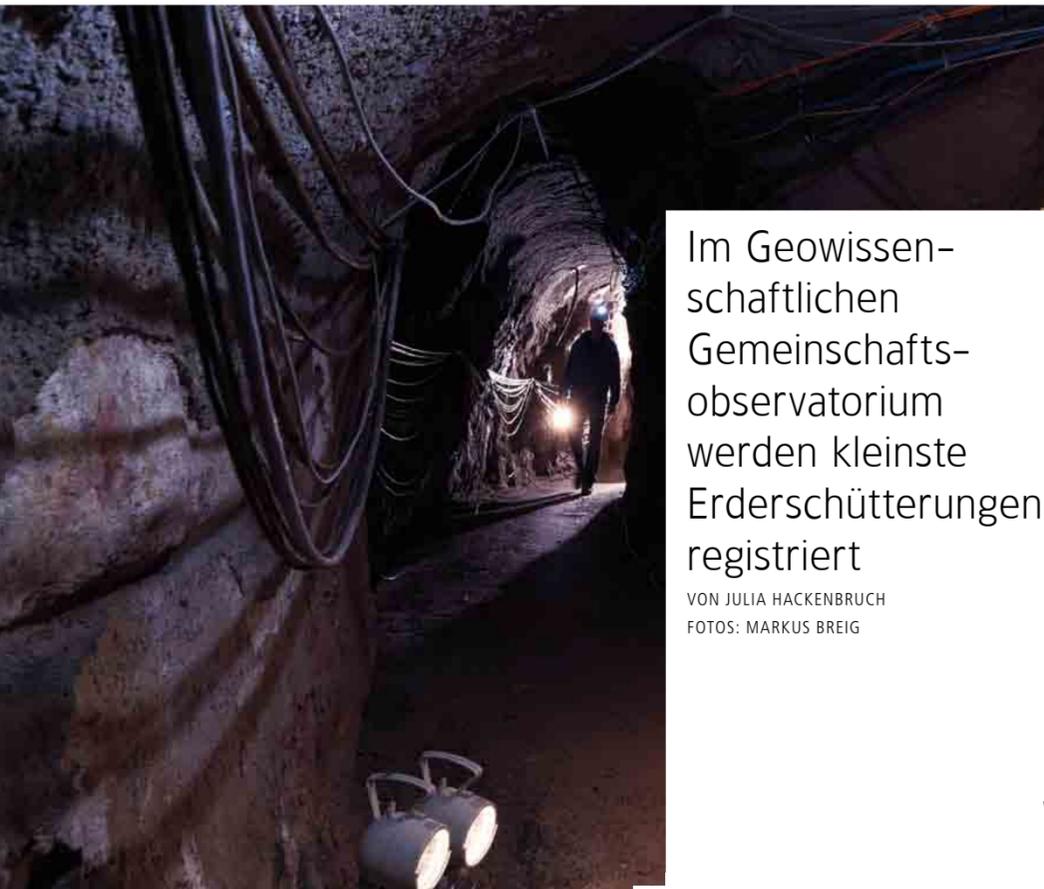


www.hector-fellow-academy.de/symposium2016



KIT-Shop

Campus Süd
Geb. 11.30 am Ehrenhof
oder 24 Stunden online unter
www.kit-shop.de



Im Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsobservatorium werden kleinste Erderschütterungen registriert

VON JULIA HACKENBRUCH
FOTOS: MARKUS BREIG



Bei konstanten zehn Grad wird im Stollen ganzjährig gearbeitet. Johannes Käuffl führt hier Temperaturmessungen für seine Masterarbeit durch. Die seismischen Messdaten werden per Internet direkt aus der Tiefe des Berges in die Welt geschickt

At a constant temperature of 10 degrees, work is carried out in the gallery throughout the year. Johannes Käuffl records temperature for his master's thesis. Seismic data are sent directly from the depth of the mountain into the world by internet

Wenn sich der **Schwarzwald** neigt



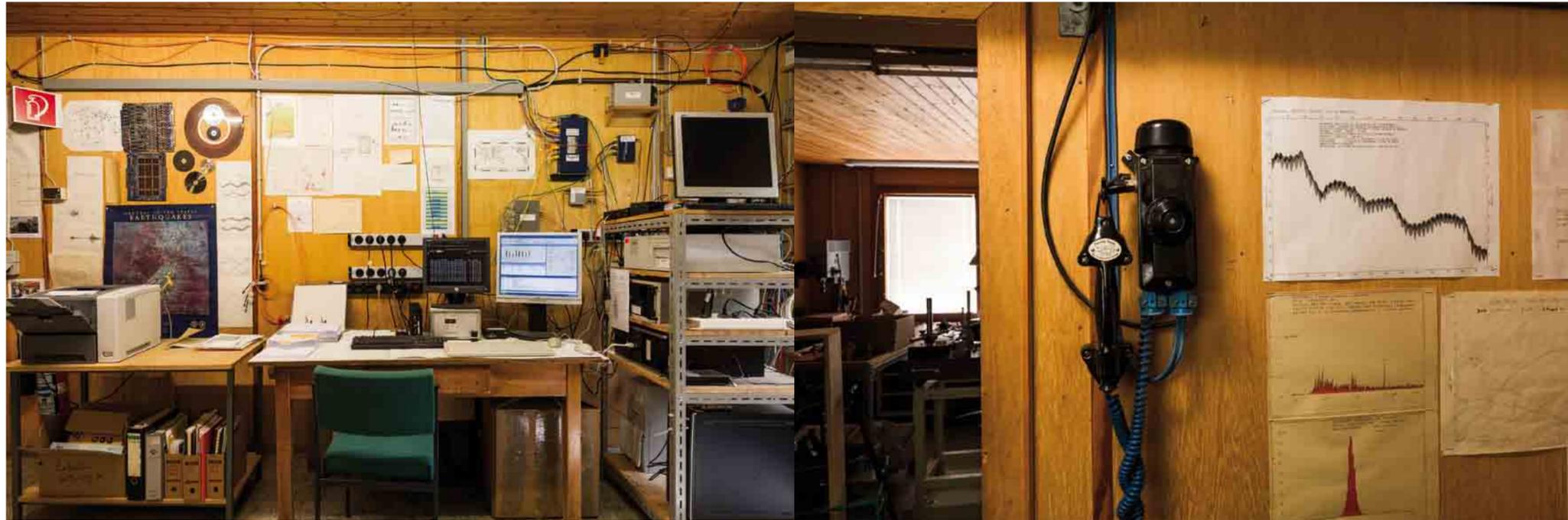
Gut zwei Stunden von Karlsruhe entfernt liegt in der Nähe des Städtchens Schiltach das enge Heubachtal. Dort befindet sich das Geowissenschaftliche Gemeinschaftsobservatorium (BFO – Black Forest Observatory), das die Universität Stuttgart und das KIT gemeinsam mit ihren Geophysikalischen und Geodätischen Instituten seit über 40 Jahren betreiben.

Während hier früher Silber und Kobalt abgebaut wurden, erfassen heute die Forscher mit hochpräzisen Instrumenten kleinste Schwingungen der Erde. „Die ruhige Lage im Stollen eines ehemaligen Bergwerks ist die Besonderheit des Observatoriums“, erklärt der Geophysiker Dr. Thomas Forbriger, „denn die Messsignale dürfen nicht durch Störsignale übertönt werden.“ Die Abgeschiedenheit des einsamen Schwarzwaldtales sei ideal, denn die sensiblen Messgeräte müssten möglichst fern jeder Erschütterung durch Verkehr oder Industrie stehen. Das BFO ist mit zwei Wissenschaftlern und einem Techniker besetzt, dies und deren jahrelange Erfahrung trügen zur hohen Qualität bei, denn viele andere seismische Observatorien würden unbemannt betrieben, erklärt er. Durch die direkte Zusam-



menarbeit vor Ort könnten Störungen schnell behoben und neue Effekte in den Datenreihen entdeckt werden. „So haben wir es geschafft, dass unsere Messdaten und Ergebnisse in der seismischen Forschung weltweit eine Spitzenposition innehaben“, sagt Forbriger.

Aufgeteilt ist das Observatorium in einen überirdischen und einen unterirdischen Teil. In einem Laborhaus mit Büro-, Besprechungs- und Werkstattträumen sind die Wände mit zahlreichen Postern von Tagungspräsentationen, technischen Zeichnungen und Ausdrucken voller zackiger Messreihen bestückt. Diese Seismogramme zeigen die Bewegungen der Erdoberfläche, die von Erdbeben rund um den Globus angeregt und am Observatorium gemessen und registriert werden. Drei Bildschirme zeigen die Messdaten der letzten Tage in Form zahlreicher bunter Linien. „Bei weit entfernten Erdbeben ist meist die E-Mail, die über das Erdbeben informiert, noch vor der seismischen Welle da“, sagt



Im Laborhaus: Die Wände sind voller technischer Zeichnungen und Ausdrucken von Messreihen

At the laboratory: The walls are covered by technical drawings and printouts of measurement results

die seismische Daten erhebt, stellt diese in Datenzentren kostenlos zur Verfügung. „So kommen die Daten aus Schiltach in nationale und internationale Datennetze. Sie sind spätestens eine halbe Stunde, nachdem sie im Stollen gemessen wurden, überall auf der Welt abrufbar“, sagt Forbriger. Außerdem kommen externe Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler genauso wie Hersteller seismischer Messgeräte in den Schwarzwald, um am Observatorium die Leistungsfähigkeit neuer Instrumente zu testen. Hier werden sogar Seismometer für Mond und Mars fit gemacht, da das Observatorium in ein internationales Raumfahrtprojekt eingebunden ist.

Neben der Wissenschaft kommt auch die Lehre in Schiltach nicht zu kurz: „Mir ist wichtig, dass das Observatorium auch für Studierende zur Verfügung steht, die hier Messungen für ihre Abschlussarbeiten durchführen können“, so Thomas Forbriger. Seine Forschungsthemen bringt er auch in Lehrveranstaltungen am KIT ein, denn einen Tag in der Woche arbeitet er in Karlsruhe. Auch Praktika für Studierende finden in Schiltach statt, mehrere Promovierende arbeiten mit Daten des Observatoriums. „Die inhaltliche Anbindung an das KIT ist sehr gut. Organisatorisches ist aufgrund der räumlichen Distanz manchmal zwar schwierig, aber das Internet hilft, beispielsweise die umfangreiche Verfügbarkeit von Online-Publikationen in der KIT-Bibliothek“, so Forbriger.



Techniker Peter Duffner vom Geodätischen Institut repariert defekte Messgeräte und baut neue Komponenten (Foto ganz links und rechts), Dr. Rudolf Widmer-Schnidrig (2. Foto von links) zeigt Erdbeben-Ausschläge am Rechner. Unter Tage: Dr. Thomas Forbriger und Peter Duffner bei einer Wartung des supraleitenden Gravimeters

Technician Peter Duffner of the Geodetic Institute repairs defective instruments and builds new components (photos on the far left and right), Dr. Rudolf Widmer-Schnidrig (second photo from the left) presents earthquake amplitudes on the PC. Underground: Dr. Thomas Forbriger and Peter Duffner maintaining the superconducting gravimeter

Dr. Rudolf Widmer-Schnidrig von der Universität Stuttgart, der zweite Wissenschaftler am Observatorium.

Im Gegensatz zur digitalen Geschwindigkeit über der Erde brauchen die Wissenschaftler bei der Forschung in den hunderte Millionen Jahre alten Gesteinsmassen des Schwarzwalds unter Tage einen langen Atem: Die geophysikalischen Messungen in einem ehemaligen Bergwerkstollen sind auf große Zeiträume angelegt. Weil Erdbeben nicht erzeugt werden können und daher keine Messexperimente möglich sind, sind die Seismologen darauf angewiesen, dass Observatorien über Jahrzehnte kontinuierlich

Daten erfassen. „Die Daten, die wir heute aufzeichnen, werden in 50, 60 Jahren auch für Fragestellungen verwendet werden, an die wir mit dem heutigen Wissensstand noch gar nicht denken können“, erläutert Thomas Forbriger die langfristige Herangehensweise.

Im Stollen ist es feucht und ganzjährig knappe zehn Grad Celsius kühl. An den Wänden laufen dicke Kabelstränge, welche die seismischen Messdaten über alte Kupferkabel und moderne Glasfaserkabel in die Welt schicken und das Internet herunterbringen. So wird die sehr gute weltweite Vernetzung des Observatoriums wirklich sichtbar. Jede wissenschaftliche Institution,

In Seitenkammern des Stollens befinden sich einige Messexperimente. Von den Messaufbauten sind allerdings nur Metallkästen zu sehen, und Kabel, die zum Schutz vor Feuchtigkeit in Plastikfolie verpackt sind. Unter den Abdeckungen verbergen sich die Instrumente. Mittendrin in den Versuchsaufbauten steht ein großer, umgestülpter Metallkochtopf, der an einer Gesteinsplatte festgeschraubt und luftdicht verschlossen ist. „Schon kleinste Luftdruck- und Temperaturschwankungen im Stollen können minimale Deformationen der Materialien in den Instrumenten bewirken, welche die Messreihen stören würden“, so Forbriger, „um die abzuf puffern,



Das „Innenleben“ eines Breitbandseismometers aus der Baureihe der derzeit empfindlichsten Instrumente zur Beobachtung von Eigenschwingungen des Erdkörpers

The interior of a broadband seismometer of the currently most sensitive type of instruments for the observation of free oscillations of the earth

gibt es den Kochtopf.“ Er verforme sich minimal, während in seinem Inneren das Seismometer von diesen Außeneinflüssen abgeschirmt ist. So kann es auch die kleinsten Kräfte messen, welche die Gestalt der Erde verändern.

Eigenschwingungen der Erde zu erfassen, ist das Spezialgebiet des Observatoriums. Wie eine Glocke, die einmal angeschlagen wurde, kann die Erde nach starken Erdbeben ab etwa Stärke 7 über Tage, Wochen, zum Teil über Monate schwingen. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf den Aufbau der Erde und die Strukturen und das Material im Erdinneren ableiten. Einige dieser Eigenschwingungen der Erde konnten weltweit erstmalig in Schiltach nachgewiesen werden. Auch Druckänderungen in der Atmosphäre, die durch Vulkanausbrüche, aber auch durch Wetteränderungen verursacht werden, können Deformationen der Erde hervorrufen. „Wenn das Wetter umschlägt und ein Druckgebiet von Frankreich über den Schwarzwald zieht, drückt der Luftdruck auf die Erdoberfläche. Dann neigt sich der gesamte Schwarzwald, ähnlich, wie wenn man sich in die Kissen eines Sofas fallen lässt und eine Kuhle entsteht“, erklärt Thomas Forbriger. ■

Info: www.gpi.kit.edu/BFO.php
Kontakt: thomas.forbriger@kit.edu

When the Black Forest Bows Down

Smallest Seismic Tremors Are Measured at the Black Forest Observatory

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

About two hours away from Karlsruhe in the Black Forest, the Black Forest Observatory (BFO) has been run jointly for more than 40 years now by the Geophysical and Geodetic institutes of Stuttgart University and KIT. In earlier times, the site was a silver and cobalt mine. Today, researchers measure the smallest oscillations of the earth with highly precise instruments at this place. The instruments are installed deep down in the galleries, because the measurement signals have to be shielded from disturbances by environmental signals. Two scientists and a technician work at the BFO, which is divided into above-ground and underground parts. At a laboratory, seismograms reveal movements of the earth's surface, which are caused by earthquakes all around the globe. Underground geophysical research in the hundred-million-year-old rocks of the Black Forest covers much longer time spans. As earthquakes cannot be produced, seismologists depend on observatories recording these data continuously over decades. Any scientific institution collecting seismic data makes them available at no cost. This is how the BFO data enter national and international data networks. In addition, external scientists as well as manufacturers of seismic instruments come to the observatory to test the performance of new instruments.

Measuring free oscillations of the earth is what the observatory has specialized in. Like a bell that is struck, the earth may oscillate for days, weeks, or even months after strong earthquakes of magnitude 7. From these data, conclusions can be drawn with respect to the organization of the earth and the structures and materials in the earth's interior. Deformations of the earth may also be caused by pressure changes in the atmosphere. When the weather changes and a high-pressure area moves from France across the Black Forest, the air pressure acts on the earth's surface. Then, the whole Black Forest bows down. ■

Information: www.gpi.kit.edu/english/BFO.php

Contact: thomas.forbriger@kit.edu



CHINESISCHER GALAABEND

A CHINESE GALA EVENING

TRANSLATION: HEIDI KNIERIM // FOTO: MANUEL BALZER/KIT

Rund 1 100 chinesische Studierende (Stand WS 14/15) haben sich für eine akademische Ausbildung am KIT entschieden, etwa die Hälfte von ihnen studiert Maschinenbau. Doch nicht nur technische Talente werden fern der Heimat gepflegt und entfaltet, auch musische. So singt die Studentin der Wirtschaftsinformatik Yingying Shen beim Galaabend zum 10-jährigen Jubiläum des Vereins der chinesischen Studierenden und Wissenschaftler in Karlsruhe e. V. (VCSW-KA) Lieder von Bob Dylan und chinesische Popmusik (chin. 写一首歌). Mit rund 120 Gästen wurde bei Tanz und chinesischem Büfett gefeiert, aktuell hat der Verein etwa 40 aktive Mitglieder.

Insgesamt gibt es in Deutschland über 72 Studierendenvereine, die junge Chinesen unterstützen und vernetzen. Sie stehen den Asiaten bei Fragen zu Studium, Organisation und Alltag in Deutschland zur Seite und erleichtern ihnen den Einstieg in die fremde Kultur und Sprache. (drs) ■

Kontakt: info@vcsw-ka.org

Approximately 1,100 students from China were enrolled at the KIT for the winter semester of 2014/15. Though about half of them chose the technical track of mechanical engineering, it was not just technical talents that were being cultivated so far away from home. The artistic talents of student of business information technology Yingying Shen, for example, unfolded when she sang songs by Bob Dylan as well as Chinese pop (写一首歌) for about 120 dancing and Chinese buffet-eating guests during a gala evening on the occasion of the 10th anniversary of the Verein der chinesischen Studierenden und Wissenschaftler in Karlsruhe e. V. – VCSW-KA (Association of Chinese Students and Researchers in Karlsruhe). VCSW-KA now has about forty active members.

In Germany, more than seventy student associations support and provide networking for young Chinese people and assist them by answering questions on their courses and on the organization of daily life in Germany. For the students from Asia, these associations make it much easier to understand the foreign culture and learn the German language. ■

Contact: info@vcsw-ka.org

Bild und Recht

Von der Regulierung und der normativen Kraft der Bilder

VON PROFESSOR THOMAS DREIER

„Ein Bild sagt mehr als tausend Worte“, so lautet ein bekanntes Sprichwort. Aber was genau sagt es? Seit Platon ist die westliche Welt von den Bildern ebenso fasziniert wie sie der suggestiven Kraft der Bilder misstraut. Bilder sind einerseits wirkmächtig und andererseits können sie lügen. Sie transportieren Inhalte, die in Sprache nicht zu fassen sind, zugleich bleiben sie hinter der Komplexität von Sprache zurück. Dennoch sind Bilder in Zeiten der raschen Kommunikation und der weltweiten Verständigung wichtiger denn je zuvor.

Mit Bildern soll etwas gezeigt werden, das als solches nicht physisch präsent ist. Zugleich soll die Geste des Zeigens den Betrachter überzeugen, gleichviel ob Politiker für sich werben oder Bilder von Krebspatienten eingesetzt werden, um Raucher von ihrer Sucht abzuschrecken. Gelingt der Akt des Überzeugens, kommt Bildern jenseits rechtlicher und sozialer Regeln sogar normative Kraft zu. Bilder stellen dann etwas vor, an dem sich die Betrachter orientieren. In den Fällen, in denen der Gesetzgeber ein bestimmtes Verhalten mittels Bildern zu lenken sucht, bedient er sich – wie insbesondere bei Verkehrszeichen, aber auch im Rahmen der Wahlwerbung – normativer Bildgebote.

Meist überwiegt jedoch die Angst vor der für unkontrollierbar gehaltenen Wirkung der Bilder. Bildern wird die magische Macht zugeschrieben, den Betrachter beleidigen zu können. Das Recht hält daher eine ganze Reihe von Verboten in Bezug auf Bilder bereit. Diese Verbote betreffen die Herstellung, den Handel und die Verwendung von Bildern und sie reichen von Fotografierverboten staatlicher Einrichtungen über Verbote im Bereich der Pornografie und der Werbe-

regelungen bis hin zu normativen Regelungen, die wie das Urheberrecht und das Vertragsrecht den Handel mit Bildern betreffen. Dabei geht es zum einen um den Schutz ökonomischer Interessen. Zum anderen sollen persönlichkeitsrechtliche Belange etwa gegen Mobbing in Social Media und absehbar auch gegen mit Kameras bestückte Drohnen, geschützt werden.

Sind solche Verbote gerechtfertigt? Werden sie dem Funktionieren von Bildern gerecht und lässt sich die Bilderflut nach dem „iconic turn“ überhaupt noch eindämmen? Diesen Fragen bin ich im Rahmen eines einjährigen Fellowships am interdisziplinären Bonner Käte Hamburger Kolleg „Recht als Kultur“ nachgegangen. Die Antworten auf die genannten Fragen sind deshalb nicht einfach, weil Bilder und insbesondere Fotografien in einem anthropologischen Reflex noch immer so angesehen werden, als sei der Blick auf das abgebildete Objekt unverstellt und mithin objektiv. Aus bildwissenschaftlicher Sicht ist dagegen zwischen abgebildetem Objekt, der Abbildung und dem auf der Abbildung zu sehenden Abbild zu unterscheiden. Zugleich ist das, was auf dem Bild zu sehen ist und wie es interpretiert wird, stark vom Vorverständnis des Betrachters abhängig. Er schreibt dem Bild mitunter mehr an Bedeutung zu, als im Abbild objektiv enthalten ist.

Bilder sind überdies längst nicht mehr analog, sondern digital. In Bezug auf analoge Bilder haben Gesetzgebung und Rechtsprechung unter den verschiedensten Blickwinkeln ein umfangreiches Normensystem ausdifferenziert (Beweis, Urheberrecht, Persönlichkeitsschutz, Überwachung), das als historisch gewachsener Corpus verstanden werden kann. Angesichts der Technologieneutralität der meisten rechtlichen Nor-

men werden diese weitgehend unterschiedslos auf digitale Bilder angewandt. Dabei wird das Recht den tiefgreifenden Verwerfungen, die Digitalisierung und Vernetzung für die Erzeugung, die Verbreitung und den Konsum von Bildern insbesondere in der bildergesättigten westlichen Welt mit sich bringen, nicht immer gerecht. Um nur ein Beispiel zu nennen: In weit größerem Umfang als je zuvor können Bilder nachträglich bearbeitet und manipuliert werden. Die Aufrechterhaltung des Vertrauens in den Beweiswert digitaler Bilder bedarf daher flankierender technischer wie verfahrensrechtlicher Maßnahmen, die das verloren gegangene Vertrauen in die Authentizität und die Integrität der Bilder wieder herstellen. So kann etwa die Technik helfen, dass sich nachträgliche Bildveränderungen sogar leichter erkennen lassen als dies noch bei analogen Bildern der Fall war. Im Gerichtsverfahren spricht künftig nicht mehr das Bild für sich, entscheidend ist vielmehr die Aussage desjenigen, der für die Abwesenheit einer Bildmanipulation zu bürgen vermag.

Eine gänzlich neue Dimension ist darüber hinaus erreicht, wo Bilder nicht nur automatisiert von Maschinen erstellt werden, sondern wo sie nur noch für die Auswertung durch Maschinen bestimmt sind. So steht das Erkennen menschlicher Gesichter im Zentrum der automatisierten Muster- und Bilderkennung. Abgesehen davon wer bestimmt, nach welchen Kriterien und Maßstäben die Aufgenommenen systematisiert und klassifiziert werden, kollidiert hier dasjenige, was technisch machbar ist, oftmals mit zentralen humanistischen Werten des Schutzes der Privatsphäre, des Datenschutzes und der informationellen Selbstbestimmung. Grundet der Datenschutz auf den Prinzipien der Datenspar-



samkeit, der individuellen Zustimmung und der Verwendung von Bildern nur in dem anfänglich bekannten Kontext, geht es bei Big-Data-Anwendungen umgekehrt um möglichst viele Daten, die automatisiert erhoben und später in anfangs noch nicht bekannten Zusammenhängen ausgewertet werden.

Verflüchtigen sich die Bilder auf diese Weise in algorithmisierten Maschinen, so flammen im Zuge der Globalisierung darüber hinaus längst überwunden geglaubte Glaubenskriege wieder auf, die mit Bildern und um die Bilder ausgefochten werden. Wie schon in der Vergangenheit geht es auch bei diesen ikonoklastischen Handlungen um die Zerstörung von Symbolen des Gegners wie auch um die Konstruktion der eigenen Identität. Die durch die weltumspannenden Medien beförderte globale Dimension dieses Phänomens zwingt dazu, sich auch im Westen ernsthaft mit anderen Bildvorstellungen wie auch mit abweichenden Rechtsverständnissen auseinanderzusetzen. Die Freiheiten in Bezug auf das Zeigen von Bildern sind nicht in allen Gesellschaften dieselben, und auch rechtlichen Regelungen – insbesondere der von westlichen Demokratien so hoch gehaltenen „rule of law“ – kommt zur Konfliktlösung in den einzelnen Staaten durchaus nicht überall der gleiche Stellenwert zu.

Insgesamt geht es um nichts weniger als um das Bild, das der Mensch von sich selbst jetzt und für die Zukunft entwirft, um seinen Umgang mit anderen und der Welt. Bildwissenschaft und Recht fungieren hier als Scharnier zwischen der Technik und den Menschen.

Es liegt auf der Hand, dass die Beantwortung derartig wichtiger Fragen nicht den Technikern allein überlassen bleiben kann. Entsprechende Lösungen müssen vielmehr von Technikern, Geisteswissenschaftlern und Juristen gemeinsam erarbeitet werden. Das KIT bietet hierfür beste Voraussetzungen. So wird das Erkennen menschlicher Gesichter vom „Computer Vision for Human-Computer Interaction Lab (cv:hci)“ unter Leitung von Professor Rainer Stiefelhagen erforscht. Mit parallelen Fragen der Automatisierung durch Robotik befasst sich eine Gruppe von Forschern des KIT unter Leitung des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) in Zusammenarbeit mit der European Academy of Technology and Innovation Assess-

ment Bad-Neuenahr. Fragen des Einsatzes von Bildern in der Wissenschaftskommunikation schließlich sind Teil der Forschungsarbeit des 2012 vom KIT und der Klaus Tschira Stiftung in Kooperation mit dem Verlag Spektrum der Wissenschaft als gemeinnützige GmbH gegründeten Nationalen Instituts für Wissenschaftskommunikation (NaWik). ■



FOTO: PATRICK LANGER

Visual Images and the law

Picture Rules and the Normative Power of Images

“A picture is worth a thousand words,” goes a common phrase. But what exactly does a picture say? Since Plato, the western world has been mesmerized by the magic power of images in as much as it has distrusted the suggestive power of images. Pictures are powerful, but they also can lie. They transport meanings which cannot be formulated by language, yet their means of expression are often less complex than the possibilities of language.

The fear of images is the heart of numerous prohibitions to produce, distribute, and use pictures. These rules range from bans on photographing security-sensitive areas to copyright and prohibitions for reasons of privacy protection. To what extent are these bans justified? Do they render justice to the mechanism of looking at pictures and, through them, at reality? It is these questions which Professor Thomas Dreier, Director of KIT's Center for Applied Legal Studies (ZAR), is trying to answer during his one-year fellowship at the Käte-Hamburger Center for Advanced Studies “Law as culture” in Bonn.

Normative issues surrounding the use of pictures are not limited to the media, advertising, and the arts. Visualization also plays a major role in communicating scientific results, and in some instances both the acceptance and the application of scientific findings largely depend on the quality of the visual images used. Moreover, because digital images can be modified and manipulated, mechanisms to ensure and control the authenticity and identity of digital images are needed so that we trust what we see when looking at pictures. This is all the more true if we are no longer confronted with pictures in the traditional sense but, rather, visual representations of mere data.

Moreover, images increasingly are being taken not to be looked at by human eyes, but to be analyzed by machines, as is the case with computerized face recognition. Here, traditional notions of data and personality protection meet head on with what is technically feasible. Because of its implications for our understanding of ourselves as human beings, the solution to this issue cannot be left to technicians alone. What is at stake is the image which we, as human beings, design of and for ourselves, now and in the future. In this respect, visual studies and the law can be of help. ■

Professor Dr. Thomas Dreier hat in Bonn, Genf und New York Rechtswissenschaften und Kunstgeschichte studiert. Er war von 1986 bis 1999 am Münchner Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb tätig. Seit 1999 leitet er am KIT das bei der Fakultät für Informatik angesiedelte Zentrum für Angewandte Rechtswissenschaft (ZAR) und das Institut für Informations- und Wirtschaftsrecht (IIWR). 2014/15 war er Fellow an dem nach der deutschen Germanistin, Literaturwissenschaftlerin und Philosophin benannten interdisziplinären Bonner Käte Hamburger Kolleg „Recht als Kultur“, mit dem das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter Übernahme der Kosten für einen Lehrstuhlvertreter einen „Freiraum für die Geisteswissenschaften“ geschaffen hat.

Kontakt: dreier@kit.edu

Prof. Dr. Thomas Dreier studied law and art history in Bonn, Geneva, and New York. From 1986 to 1999, he worked for the Max Planck Institute for Innovation and Competition in Munich. In 1999, he joined the KIT, where he directs the Center for Applied Legal Studies (ZAR) and the Institute for Information and Economic Law (IIWR). In 2014/15, Prof. Dreier was a fellow at the interdisciplinary Käte Hamburger Center for Advanced Studies in the Humanities “Law as Culture” in Bonn, which is sponsored by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and which creates a “free space for the humanities”.

Contact: dreier@kit.edu



ifh

Innovationsfabrik
Heilbronn

**Für Existenzgründer und Zukunftsgestalter –
die Innovationsfabrik Heilbronn**

Werde Teil von einem der stärksten Wirtschaftsräume Deutschlands!

Kontakt: Bernd Billek, Tel. 07131 6257-46
bernd.billek@stadtsiedlung.de
www.innovationsfabrik.de

 **Stadtsiedlung
Heilbronn**
Gut und sicher wohnen seit 1856



Just A Question

**SOLLEN ZÜGE
AUF EINANDER WARTEN?
SHOULD TRAINS
WAIT FOR EACH OTHER?**

VON DOMENICA RIECKER-SCHWÖRER // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

„Das ist eine sehr interessante Frage“, sagt die Professorin Dorothea Wagner, Lehrstuhlinhaberin am Institut für Theoretische Informatik, „die auch uns Wissenschaftler beschäftigt. Wenn wir in einem Zug sitzen, denken wir ja, es sei kein Problem, wenn ein anderer Zug nur wenige Minuten auf uns warten müsse. Doch wir wissen mathematisch sehr viel darüber, wie schnell sich Verspätungen leider im gesamten Zugbetrieb ausbreiten.“ Darüber hinaus könne so eine Entscheidung nicht nur aufgrund von lokalen Gegebenheiten fallen. Entscheidend sei, welches Ziel in diesem Moment verfolgt werden müsse: Sollten alle Fahrgäste noch nach Hause gebracht werden? Wie viele Menschen im Zug wollen den Anschluss erreichen? Muss die Anzahl der nicht eingehaltenen Anschlüsse minimiert werden? Soll die Gesamtverspätung möglichst gering gehalten werden? „Das sind viele Problemstellungen, die in sich schon komplex sind“, so Dorothea Wagner, „die wir mit mathematischen Beschreibungen und Verfahren lösen können. Aber es kommen auch noch etliche äußere Bedingungen hinzu, wie zum Beispiel die Kapazität des Netzes.“ Dabei sei es auch eine Möglichkeit, durch sogenannte „robuste Fahrpläne“ Zeitpuffer einzubauen, die kleine Verspätungen zuließen – auch daran werde geforscht. „Aber auch das ist in Deutschland nicht unproblematisch, weil das Schienennetz insgesamt schon am Auslastungslimit angekommen ist.“ Dazu kämen noch unterschiedliche Zuständigkeiten für zum Beispiel ICE oder Regionalzüge. Gemeinsam mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern anderer Universitäten arbeitet Dorothea Wagner in der DFG-Forschergruppe „FOR 2083: Integrierte Planung im öffentlichen Verkehr“ daran, den Planungsprozess im Öffentlichen Verkehr (ÖV) ganzheitlich zu betrachten, um so das ÖV-Angebot bezüglich seiner Kundenfreundlichkeit und seiner Kosten zu verbessern. Dabei soll auch die Robustheit gegen Störungen mit einbezogen werden. Ziele des Projekts sind: Eine verbesserte Abstimmung zwischen Linienplan, Fahrplan, Umlaufplan und Personaleinsatzplänen durch eine übergreifende Optimierung des Gesamtsystems anstatt der Optimierung der bisher nur einzeln betrachteten aufeinanderfolgenden Planungsstufen. ■

Kontakt: dorothea.wagner@kit.edu



FOTO: TANJA MEISSNER

“This is a very interesting question,” says Professor Dorothea Wagner, who holds a chair at the KIT Institute of Theoretical Informatics, “which is also studied by scientists. While sitting in a train, we think that it would not be any problem for another train to wait a few minutes for us. Mathematically, however, we know very much about how quickly delays spread in the train network.” She points out that such a decision cannot be made on the basis of local circumstances only. The priority goal is of crucial importance: Do all passengers have to be brought home? How many people in the train wish to reach a connecting train? Does the number of missed train connections need to be minimized? Is the total delay to be minimized? “These are many problems of inherently complex nature,” Dorothea Wagner says. “They can be solved by mathematical descriptions and methods. But numerous external factors have to be considered, such as network capacity.” According to Professor Wagner, so-called robust schedules may be set up, which include time buffers for small delays, but they are still the subject of research. “And this is difficult in Germany, because the rail network has come close to reaching its limits of capacity.” Moreover, different institutions are responsible, for e.g. ICEs or regional trains.

In cooperation with scientists of other universities, Dorothea Wagner is involved in the research project “FOR 2083: Integrated Planning in Public Transport”. It focuses on a holistic study of the planning process of public transportation, the objective being to improve customer relations and costs. Also among the factors to be considered is robustness to disturbances. The project is aimed at improving the coordination of line planning, time planning, train planning, and staff planning by an overall optimization of the complete system instead of optimizing all these planning levels separately. ■

Contact: dorothea.wagner@kit.edu

Deutsche Bank
db.com/careers

Einige der besten „Tech Minds“ sind hier zuhause.

Think Tech.
Think Deutsche Bank
Frankfurt.

Möchten Sie mit Ihren Ideen die Bankenwelt der Zukunft mitgestalten?

Innovative Technologien sind die Basis bei der Abwicklung aller Bankgeschäfte, sie liefern Informationen für unsere Investitionsentscheidungen und sie helfen uns, Beratung und Service für unsere Kunden immer weiter zu verbessern. Als Praktikant/-in oder Trainee erschließen Sie mit uns neue technische Einsatzfelder und lösen komplexe Aufgaben. Ob Sie Ihre Zukunft im Management, in der Analyse oder in der Entwicklung sehen: Bei uns können Sie mit Ihren Ideen etwas bewegen.

Entdecken Sie Ihre Möglichkeiten in einer Bank voller technologischer Innovationen unter: db.com/careers/IT

Leistung aus Leidenschaft



**VORTEILSWOCHEN
BEI FIAT**
AUSSUCHEN. SPAREN. FREUEN.

+2 JAHRE GARANTIE
FÜR NUR 199 €**

EINEN SATZ WINTER-KOMPLETTRÄDER** SICHERN

3.000 € EINTAUSCHPRÄMIE*

**DER NEUE FIAT 500X POP
JETZT AB 13.950,- €***

Erleben Sie die Fiat Vorteilswochen mit besonders attraktiven Angeboten für viele Fiat Modell bis 31. Dezember. Weitere Informationen zu den Vorteilswochen finden Sie auf fiat.de



Kraftstoffverbrauch (l/100 km) nach RL 80/1268/EWG für den Fiat 500X POP 1.6 E-torQ 4X2 mit 82 kW (110 PS): innerorts 8,7; außerorts 5,0; kombiniert 6,4. CO₂-Emissionen (g/km): kombiniert 147.

* Zum Beispiel für den Fiat 500X POP 1.6 E-torQ 4X2 mit 82 kW (110 PS), UPE des Herstellers i. H. v. 16.950 € abzgl. Fiat- und Händler-Eintauschprämie i. H. v. 3.000 € zzgl. Überführungskosten, bei Kauf eines nicht bereits zugelassenen Fiat 500X POP 1.6 E-torQ 4X2 mit 82 kW (110 PS) bis 31.12.2015 und Inzahlungnahme eines mindestens 3 Monate auf den Neufahrzeugkunden zugelassenen Altfahrzeugs. Nachlass, keine Barauszahlung.

** Angebot bis 31.12.2015 bei Kauf von ausgewählten, nicht bereits zugelassenen und sofort verfügbaren Fiat Pkw Neufahrzeugen sowie Zulassung bis 30.12.2015 auf den Käufer. Nur solange der Vorrat reicht.

*** 2 Jahre Neuwagen-Anschlussgarantie EXTENSION Premium Plus der Allianz Versicherungs-AG bis maximal 40.000 km Gesamtleistung ab Werk gemäß ihren Bedingungen. Angebot gültig bis 31.12.2015.

Privatkundenangebot, nicht kombinierbar mit anderen Angeboten. Abbildung zeigt Sonderausstattung. Nur bei teilnehmenden Fiat Partnern.

EINE WERBUNG DER FCA GERMANY AG.

Ihr individuelles Angebot erhalten Sie bei:

**autohaus
neureither GmbH**

76694 Forst (Bruchsal)
Gewerbegebiet an der BAB
Graf-Zeppelin-Str. 8-12
☎ (07251) 9787-0

76185 Karlsruhe
Gewerbegebiet Husarenlager
Wattstraße 6
☎ (0721) 4647238-0

www.autohaus-neureither.de

20 Jahre ITAS

Versuch einer Positionsbestimmung

VON PROFESSOR ARMIN GRUNWALD // FOTOS: MARKUS BREIG



Das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) besteht nunmehr seit 20 Jahren und konnte sich in dieser Zeit zu einer „Marke“ entwickeln. Ein Zeitraum von 20 Jahren erscheint zwar nicht als gewaltig, wenn man zum Beispiel an die Gründung des Polytechnikums Karlsruhe vor 190 Jahren denkt, der Vorgängereinrichtung des KIT, oder den 300. Geburtstag der Stadt Karlsruhe. Aber gemessen an den Zeitskalen des kurzzeitig gewordenen Wissenschaftsbetriebs mit seinen Zwei- bis Fünfjahreszyklen von Projektlaufzeiten und Evaluierungen sind auch 20 Jahre schon eine nennenswerte Zeit. Dies gilt wohl umso mehr, da Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse nun wirklich keine Traditionselemente im Wissenschaftssystem sind, die wie die Physik auf Jahrhunderte oder die Philosophie auf Jahrtausende zurückblicken können. Daher verdient der Geburtstag einen kurzen Moment des Innehaltens mit Rückblick, Gegenwartsdiagnose und Zukunftsperspektiven. Dies sei hier aus meiner sicher subjektiven Perspektive als Institutsleiter unternommen.

Das ITAS war keine Neugründung aus dem Nichts, sondern ging aus der Abteilung für Angewandte Systemanalyse (AFAS) im Forschungszentrum Karlsruhe hervor. AFAS war selbst eine Marke, auch wenn man das damals nicht so genannt hätte. Die Wurzeln des ITAS liegen damit

im Systembegriff der AFAS und ihrer Vorgänger, darunter die Heidelberger Studiengruppe für Systemforschung. Die „Technikfolgenabschätzung“ (TA) im Namen kam hingegen erst mit der Institutsgründung 1995 hinzu, motiviert durch das 1990 eingerichtete Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), dessen Leitung Herbert Paschen, der damalige Leiter der AFAS, innehatte.

Der Versuch, sich die Welt des ITAS zur Zeit seiner Gründung 1995 rückblickend vorzustellen, fällt nicht ganz leicht. Es war eine alte Welt, verglichen mit vielem, was heute selbstverständlich ist. Die Helmholtz-Gemeinschaft wurde gerade erst aus der „Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen“ heraus gegründet, auch sie feiert in diesem Jahr den 20. Geburtstag. Der Wettbewerbsdruck in den Wissenschaften war klein im Vergleich zu heute, regelmäßige Evaluierungen noch kaum etabliert. In der Welt der Großforschung spielten akademische Grade eine geringe Rolle, das Zählen referierter Publikationen hätte wohl als exotisch gegolten. Eine andere Welt eben.

In jener Welt führte das ITAS ein Nischendasein im Wissenschaftssystem. Ohne den Zuschlag zum Betrieb des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) – gegen harte Konkurrenz durchgesetzt – hätte es möglicherweise den Aufstieg von der Abteilung AFAS zum Institut ITAS nicht gegeben. Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse wurden als Forschungsrichtungen in den etablierten Disziplinen oft kaum ernst genommen. Modelle forschungsorientierter Beratung mussten erst etabliert werden, genauso wie Anerkennungsstrukturen dieses speziellen Wissenschaftstypus initiiert werden mussten. Zum Glück gab und gibt es „Nischenmärkte“, in denen diese Aufbauarbeit geleistet werden kann, vor allem

in der wissenschaftlichen Politikberatung für Ministerien und eben auch für das Parlament. In der internationalen und nationalen Technikfolgenabschätzungs-Szene gab es zu jener Zeit auch Rückschläge. Praktisch gleichzeitig mit der Gründung des ITAS wurde das Office of Technology Assessment (OTA) in Washington D.C., das Vorbild aller Technikfolgenabschätzungs-Institutionen, quasi über Nacht geschlossen. Für mich persönlich war das damals Anlass, an der Zukunft der Technikfolgenabschätzung ernsthaft zu zweifeln: Würde eine Institution, die sich explizit die Technikfolgenabschätzung ins Programm geschrieben hatte, dauerhaft forschen und beraten können? Könnte es gelingen, die interdisziplinäre Technikfolgenabschätzungs-Praxis langfristig zu etablieren? Solche zweifelnden Fragen erwiesen sich im Nachhinein als nicht gerechtfertigt, wenngleich sich zunächst die Hiobsbotschaften häuften: Ende der 1990er-Jahre verabschiedete sich das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) vom Begriff der Technikfolgenabschätzung, und 2002 wurde die Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg geschlossen, auch quasi über Nacht. Endzeitstimmung.

Der Blick auf die Gegenwart zeigt Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse jedoch in guter Verfassung. Zentrale, im ITAS mit entwickelte Elemente wissenschaftlicher Politikberatung wie der Systemblick, das Denken in Alternativen, die reflexive Befassung mit Zukünften und die prozedurale Einbeziehung unterschiedlicher Perspektiven in Beratungs- und Bewertungsprozesse haben sich zum Standard entwickelt. Das Netzwerk Technikfolgenabschätzung – 2004 mit starker Mitwirkung des ITAS gegründet – ist lebendig, vor allem durch die regelmäßigen Konferenzen, und hat maßgeblich zum Community-Building beigetragen. Der TA gewidmete EU-Projekte wie TAMI (Technology

Bürgerkonferenz World Wide Views on Global Warming in Karlsruhe, die das ITAS 2009 organisiert hat

The citizens conference World Wide Views on Global Warming in Karlsruhe was organized by ITAS in 2009



Assessment in Europe; between Method and Impact) und PACITA (Parliaments and civil society in Technology Assessment) haben zur Ausbildung einer europäischen TA-Community geführt. Mit der forschungspolitischen Forderung nach ‚Responsible Research and Innovation‘ sind Anliegen der Technikfolgenabschätzung in den Kern der EU-Forschungsförderung vorgedrungen. Sogar die akademische Anerkennung von Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse sowie verwandter Forschungsrichtungen ist heute in einem Maße vorhanden, wie dies vor zehn Jahren noch undenkbar war. Die Geschichte der letzten 20 Jahre ist vor allem eine Geschichte des erfolgreichen Aufbaus und des Ziehens immer weiterer Kreise. Einige Aspekte dieses Aus- und Aufbaus seien im Folgenden etwas näher beschrieben.

Die Gründung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) im Jahr 2009 hat uns, das ist nicht übertrieben, beflügelt, und ohne Zweifel hat das ITAS stark zur Integration des Forschungszentrums Karlsruhe mit der Fridericiana (deren Namen die Jüngeren vielleicht kaum noch kennen) beigetragen. Das liegt sicher mit daran, dass die System- und Technikfolgenperspektive themen- und technikübergreifend ist, grundsätzlich Kooperation erfordert und damit integrativ wirkt. Das Engagement in der Umsetzung der Exzellenzinitiative I führte zu engen Kooperationen mit der Geistes- und Sozialwissenschaftlichen KIT-Fakultät. In den vielen KIT-Zentren – hervorgehoben seien „Energie“ sowie „Mensch und Technik“ – ist das ITAS stark engagiert. Es dürfte nicht übertrieben sein zu behaupten, dass das ITAS zurzeit zu den Instituten des KIT mit der besten Vernetzung gehört.

In der Helmholtz-Gemeinschaft waren die Gründung des Programms „Technologie, Innovation und Gesellschaft“ (TIG) und meine Bestellung zum Programmsprecher im Jahre 2009 ein weiterer Meilenstein. Auf diese Weise gelang es, der Systemanalyse und der Technikfolgenabschätzung (das ITAS ist dort mit Abstand der größte Partner) Sichtbarkeit auf der im Helmholtz-System zentralen Programmebene zu geben. Dieser Schritt war Voraussetzung, um 2011 die Helmholtz-Allianz ENERGY-TRANS (Zukünftige Energieinfrastrukturen) und das Helmholtz-Kolleg Energieszenarien mit Koordination durch das ITAS ins Leben zu rufen, ebenso um im Rahmen der Helmholtz-Rekrutierungsinitiative

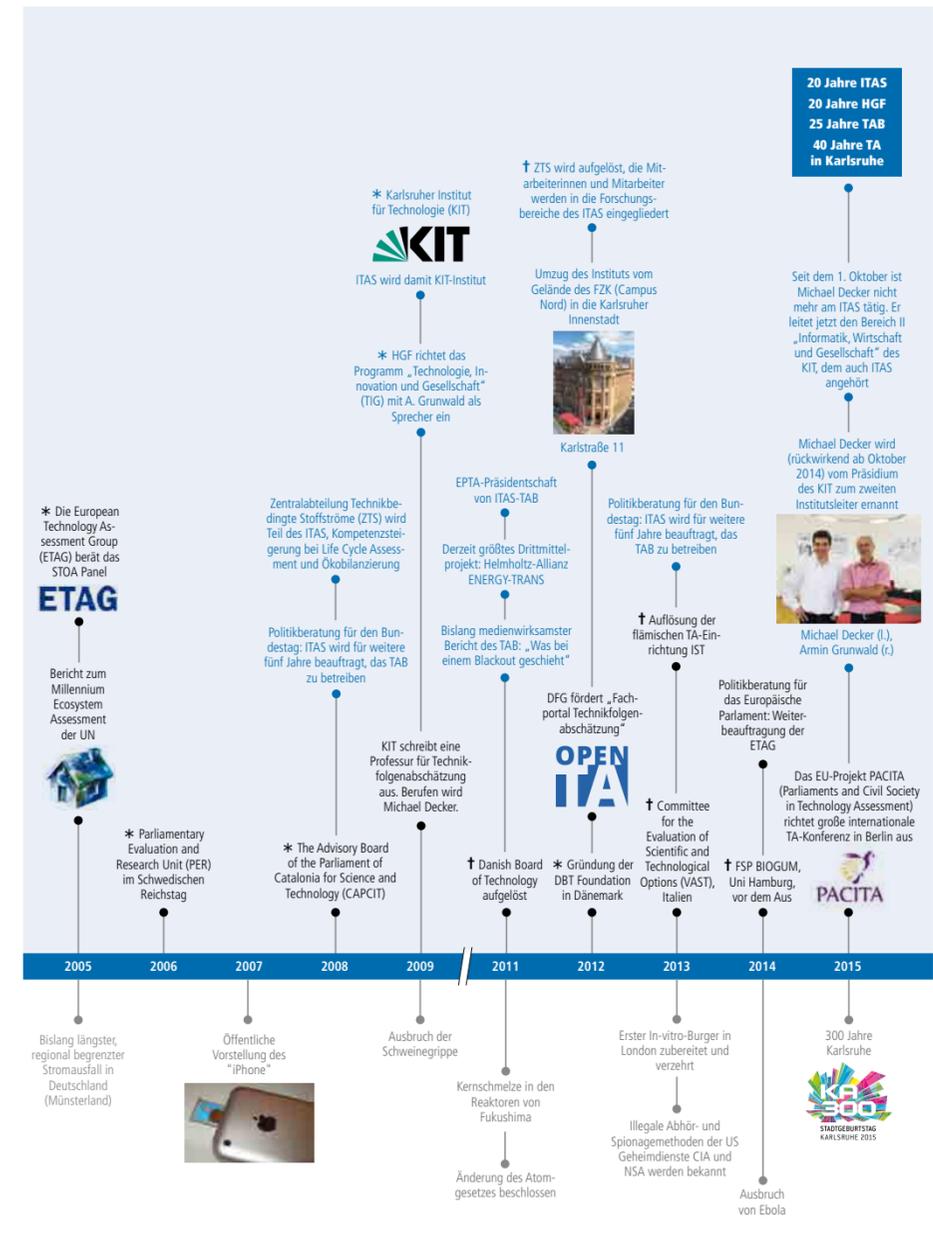
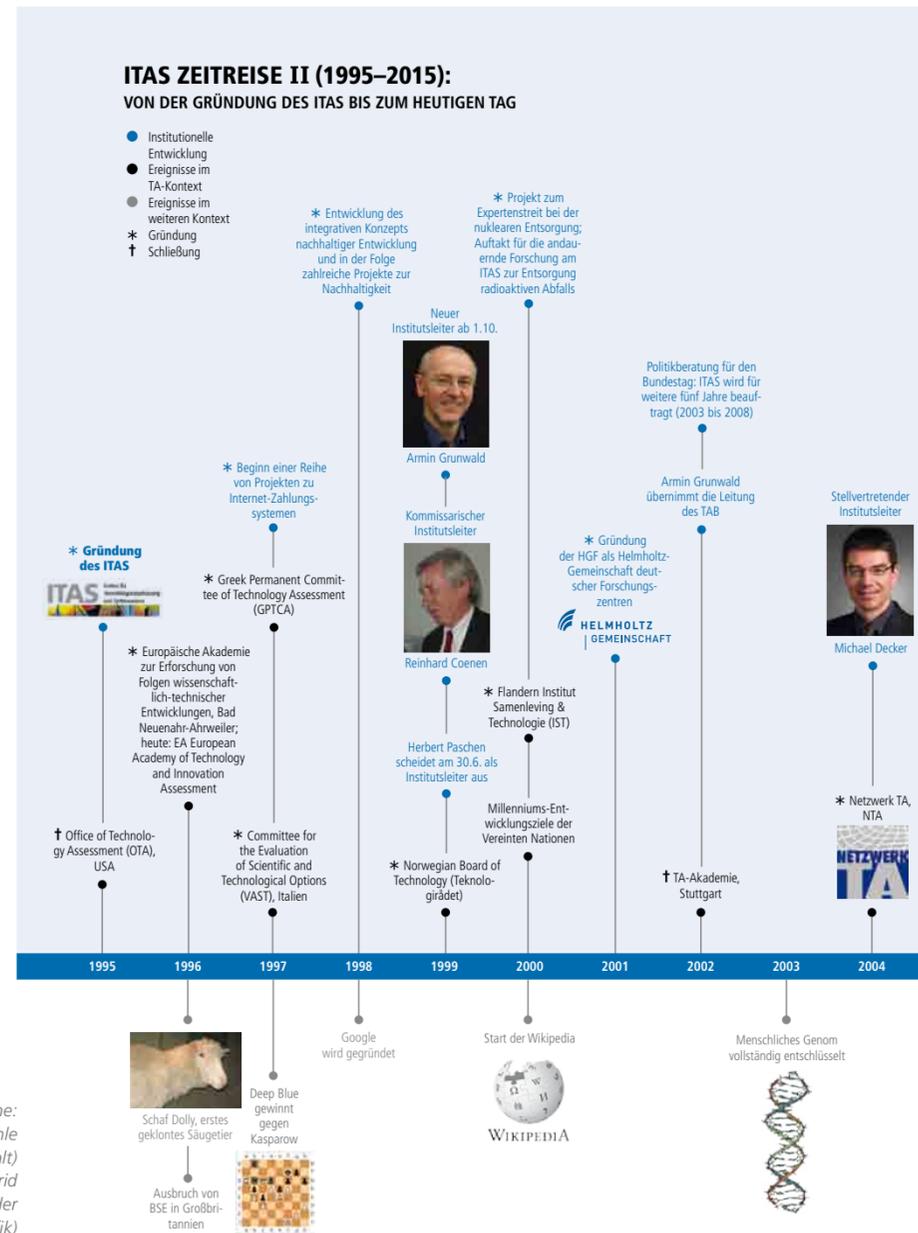
2015 erfolgreich zu sein. Auf Augenhöhe mit den großen naturwissenschaftlich-technischen Helmholtz-Programmen zu operieren, bietet vielfältige Chancen, die wir auch in Zukunft gerne wahrnehmen werden.

Das ITAS ist heute mehr als dreimal so groß wie zur Zeit seiner Gründung. Das starke Wachstum in den 20 Jahren beruht auf zwei Säulen. Zum einen kam die Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme (ZTS) im Rahmen einer Umorganisation im Jahre 2008 ans ITAS. Dies führte zu einer erheblichen Kompetenzsteigerung in den Feldern Life Cycle Assessment und Ökobilanzierung. Zum anderen wurde eine deutliche Steigerung der Drittmittel erreicht. Beispielsweise gab es Ende der 1990er-Jahre gerade einmal die Beteiligung an einem EU-Projekt, während dies zurzeit zwölf Projekte sind. Diese Projekte gingen einher mit einer immer stärker werdenden Internationalisierung der Institutsarbeit, im Zuge derer das ITAS unter anderem die Koordination der Politikberatung am Europäischen Parlament übernommen hat.

Die Gründung des KIT und der Umzug des ITAS vom Campus Nord in die Innenstadt 2012 haben eine sehr schöne Entwicklung begünstigt und beschleunigt: die Einbeziehung vieler junger Menschen in die Arbeit des ITAS, vor allem im Rahmen von akademischen Qualifikationsarbeiten. In stark zunehmendem Maß werden Bachelor- und Masterarbeiten am ITAS angefertigt oder Praktika absolviert. Besonders erwähnenswert ist die Doktorandenausbildung als Schnittstelle zwischen Ausbildung und eigenständiger Forschung. Gab es 1995, in Zeiten einer noch großen Distanz zwischen Universitäten und Großforschungseinrichtungen, am ITAS kaum Doktoranden, so forschen heute ca. 25 Doktorandinnen und Doktoranden am Institut. Kürzlich hat ein eigenes Doktorandenbegleitprogramm am ITAS begonnen, das den Doktoranden grundlegendes Wissen über Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse sowie ITAS-spezifische Kompetenzen mit auf den Weg geben will.

Forschung für Politikberatung (heute würde man hinzufügen: und Gesellschaftsberatung) zum wissenschaftlich-technischen Fortschritt, so könnte man das Programm des ITAS auf den kürzesten Nenner bringen. Zur Verantwortung der Wissenschaft gehört es aus unserer Sicht

Timeline:
Knud Böhle
(Inhalt)
und Wilfrid
Schroeder
(Grafik)



auch, reflektiert und wissenschaftlich basierte Beratungsleistungen zu erbringen. Wissenschaftliche Politikberatung ist zu einem wachsenden, gleichwohl immer stärker von Wettbewerb geprägten Feld geworden, man könnte auch sagen: zu einem „Markt“. Das ITAS war in diesem Feld schon früh aktiv, als man sich als Wissenschaftler noch rechtfertigen musste, sich in der Politikberatung zu engagieren. Systemisch zu denken, die Dinge bis zum Ende (Lebenszyklus) und unter Folgenaspekten prospektiv zu analysieren, Wissenschaft und Technik in Wechselwirkung mit Mensch und Gesellschaft vorzu-

stellen und alternative Handlungsoptionen zu entwickeln, ist am ITAS gelebte Praxis. Dass ich als Leiter dieses Instituts in die Endlagerkommission des Deutschen Bundestages berufen wurde, in das Präsidium der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften acatech gewählt wurde und Mitglied des Science Committee des internationalen Forschungsprogramms zur Nachhaltigkeit Future Earth bin, ist nicht vorstellbar ohne die Anerkennung, die sich ITAS erworben hat. Hinweise, wofür das ITAS heute inhaltlich besonders steht, geben die Äußerungen junger Men-

schen, warum sie gerne am ITAS sind. Wohl am häufigsten wird die Thematik des ITAS genannt. Begriffe wie gesellschaftliche Verantwortung der Wissenschaft, nachhaltige Entwicklung, Inter- und Transdisziplinarität, sowie problemorientierte Forschung kommen häufig vor. Auch die zur Umsetzung erforderliche Arbeitsweise erscheint vielen attraktiv: Am ITAS besteht eine funktionierende interdisziplinäre Praxis, mit der wir den gesellschaftsrelevanten Anforderungen an unsere Forschungsthemen begegnen möchten. Zum Ethos der Forschung am ITAS gehört immer auch die Anforderung, die eigene Arbeit zu re-

flektieren. Nicht nur Forschung zu Sachfragen wie Energiewende, Stadtteilentwicklung oder Servicerobotik zu betreiben, sondern in der Arbeit an diesen Sachfragen immer zweierlei mit zu bedenken: Zum einen muss die eigene Rolle reflektiert werden. Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse sind üblicherweise nicht einfach distanzierte Beobachter, sondern Akteure, ob nun in einer beratenden oder mitgestaltenden Funktion, und diese Rolle bringt besondere Verantwortung aber auch Schwierigkeiten mit sich. Zum anderen erfordert der Auftrag des ITAS, mit erkenntnistheoretisch prekären Wis-

sensbeständen zu arbeiten. Zukunftswissen ist grundsätzlich unsicher und gelegentlich kaum vorhanden, Daten sind oft schwer zu erhalten oder von schlechter Qualität, Systemgrenzen müssen aus Gründen der Praktikabilität festgelegt werden. In dieser Situation möglichst belastbare Schlussfolgerungen zu ziehen und gleichzeitig auf ihre Geltungsgrenzen und Voraussetzungen hinzuweisen, ist unverzichtbar. Deshalb versuchen wir eine grundsätzlich kritische Haltung gegenüber einer einseitigen Modell-, Zahlen- oder Methodengläubigkeit, wie sie in disziplinären Gemeinschaften immer wieder zu beobachten ist, einzunehmen.

Dieser zentralen Rolle sowohl von Methodik als auch kritischem Blick auf die Methodik verdankt das ITAS einige der grundlegenden konzeptionellen Entwicklungen. Als Beispiele seien die Aktivitäten zur Nachhaltigkeitsbewertung im Rahmen des integrativen Nachhaltigkeitskonzepts, das Vision Assessment und seine Erweiterung in Form der hermeneutischen TA sowie die Entwicklungen zur Erweiterung der LCA-Methodenfamilie und der dafür erforderlichen Modellierungen genannt.

Zum erreichten Stand darf sicher auch eine in dieser Form sonst selten anzutreffende Kooperationspraxis mit den Technikwissenschaften zählen. Die enge Nachbarschaft am KIT und in der Helmholtz-Gemeinschaft befördert Kooperationen insbesondere bei „early Engagement“-Aktivitäten von Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse in Forschung und Entwicklung. Dass in der Konzipierung und in frühen Stadien der Entwicklung der bioliq-Anlage, in der in großtechnischem Maßstab aus Stroh und Waldrestholz Treibstoffe der zweiten Generation gewonnen werden, eine Arbeitsgruppe aus dem ITAS eine zentrale Rolle spielte, ist genauso Ausdruck dieser Kooperation wie die Entwicklung von CO₂-sparsamem Zement, die im Rahmen des Celitement-Projektes von Beginn an durch Systemanalyse und Innovationsforschung von ITAS-Kollegen begleitet wurde.

Zu den ständigen Aufgaben des ITAS gehört die nicht ganz leichte Aufgabe, das ITAS in seiner Diversität und thematischen Heterogenität zusammenzuhalten und die Identität zu wahren bzw. weiterzuentwickeln. Interdisziplinarität als konstitutive Praxis am Institut muss immer wieder neu erarbeitet und auch gegen die Zentripe-



Die Positionsbestimmung von Armin Grunwald und die ITAS-Zeitleiste stammen aus dem „ITAS Jahrbuch 2014/2015“, das als PDF unter <http://www.itas.kit.edu/jahrbuch> online zur Verfügung steht.

GRAFIK: WILFRID SCHRÖDER

talkräfte der disziplinären Sozialisation und Wissenschaftskulturen verteidigt werden. Die Transdisziplinarität (aktuell vor allem im Kontext der sogenannten Reallabore) stellt Anfragen an Forschungsbezug und an die Rolle der Wissenschaft in Transformationsprozessen. In der akademischen Welt ist zwar die Akzeptanz von TA und Systemanalyse deutlich gestiegen, zum Beispiel bei den Akademien

der Wissenschaften. Dennoch bleibt es eine Herausforderung an das ITAS, auch zu den disziplinären Erkenntnisfortschritten beizutragen, zum Beispiel über DFG-Projekte. Ganz generell: Das viel diskutierte Verhältnis zwischen wissenschaftlicher Exzellenz und praktischer Relevanz muss ständig neu ausbalanciert werden. Die

durch Arbeit und Kreativität, sicher aber auch durch Beharrlichkeit heute erreichte Anerkennung in vielen Bereichen ist ein Grund zur Freude – allerdings auch weiterhin fragil. Heute sind wissenschaftliche Politikberatung zum Umgang mit dem technischen Fortschritt und das ITAS im Besonderen vielerorts dort angekommen, wo wir schon früher hin wollten. Dieses gewachsene Interesse an den Arbeiten des ITAS spornen an, auch zukünftig zu „liefern“. Und dazu sehen wir uns gerne in der Verpflichtung. Oberster Maßstab ist und bleibt Qualität, sowohl in wissenschaftlicher Hinsicht als auch in Beratungsperspektive.

Das ITAS hat durch seine Größe, die thematische Diversität und die erreichte Anerkennung auch eine besondere Verantwortung in der und für die eigene Community. Das Netzwerk TA wurde bereits genannt, umfasst aber nicht alles. Das Fachportal TA (openTA) und die Zeitschrift Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis (TA-TuP) sind ebenfalls Ausdruck dieser Verantwortung. Auch vor einem immer wieder erwähnten aber wenig bearbeiteten Thema, dem der Theorie der TA, macht diese Verantwortung nicht halt. Und sie wird das ITAS auf dem weiteren Weg in die Zukunft nicht verlassen.

Insgesamt gilt also, und das mag diesen Versuch einer Positionsbestimmung zusammenfassen: Grund zum Feiern über 20 Jahre gibt es genug, Grund genug auch, die ‚Marke‘ ITAS weiterzuentwickeln. Denn das ‚Projekt‘ Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse kommt angesichts des vielfach sich weiter beschleunigenden Fortschritts nicht an ein Ende. Im Gegenteil, neue Herausforderungen warten auf uns: auf die nächsten 20 Jahre! ■

Professor Armin Grunwald ist Philosoph und Physiker. Er leitet seit 1999 das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des KIT.

20 Years ITAS

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

ITAS is the biggest scientific institution in Germany with the longest tradition in the theory and practice of technology assessment (TA) and systems analysis. Its institutional prehistory reaches back to the year of 1958 and ends in 1995 with the establishment of the institute at the then Forschungszentrum Karlsruhe. Currently, it is celebrating its 20th anniversary. Of the more than 100 scientific employees, about half hold degrees in natural sciences or engineering, while the other half consists of graduates in social sciences or humanities. In January 2012, ITAS moved from KIT's Campus North to the city center of Karlsruhe.

Research conducted by the institute is embedded in the "Technology, Innovation, and Society" Programme of the Helmholtz Association. In addition, ITAS works on contract research projects and projects funded by third parties. A main activity is advising of German parliament. Since 1990, ITAS (or the Department for Applied Systems Analysis, AFAS, as it was called before 1995) has been running the Office for Technology Assessment with the German Parliament (TAB). Since 2005, it has additionally been coordinating a European network for advising the TA office of the European parliament. Other important external customers and funding partners are the EU Commission and federal and state ministries.

In the past, ITAS gained a reputation in a number of sustainability projects and developed a highly recognized integrative sustainable development concept. The work of ITAS also focuses on the disposal of radioactive waste, future technologies in the areas of mobility and energy supply, and on new technologies, such as robotics and synthetic biology. The largest project now funded by a third party is the "ENERGY-TRANS Helmholtz Alliance," in which all research areas of ITAS are involved analyzing society's needs associated with the transformation of our energy system. ■

Find more information at www.itas.kit.edu/english/index.php



WIE DIE PROFIS 10 000 BERATERTAGE DER HOCHSCHULGRUPPE DELTA PROFESSIONAL CONSULTING SERVICES 10 000 BUSINESS CONSULTING DAYS BY CAMPUS GROUP DELTA

TRANSLATION: HEIDI KNIERIM // FOTO: DELTA KARLSRUHE GMBH

In 80 000 Stunden kann einiges umgesetzt werden: 222 Bachelorarbeiten verfassen, 1 231 Mal zum Mond fliegen oder – wie die studentische Unternehmensberatung delta – in über 220 Beratungsprojekten Praxiserfahrung beim Kunden sammeln. Mit 10 000 Beratertagen (oder eben 80 000 Stunden) hat die 1996 gegründete Hochschulgruppe im Oktober eine besondere Marke erreicht. Die studentische Unternehmensberatung delta e. V. ist mit rund 80 Mitgliedern und über 150 Alumni eine der größten Hochschulgruppen am KIT und bietet Studierenden aller Fachrichtungen die Möglichkeit, Lern- und Lehrinhalte anzuwenden. „Theorie und Praxis auf hohem Niveau zu verbinden, diesem Anspruch fühlt sich die Hochschulgruppe delta in besonderem Maße verpflichtet“, sagt Professor Hagen Lindstädt, Lehrstuhlinhaber am Institut für Unternehmensführung des KIT und einer der Kuratoren aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik, die delta e. V. unterstützen. Als eine der ersten studentischen Beratungen in Deutschland kann delta auf mehr als 220 erfolgreich abgeschlossene Projekte bei verschiedensten Unternehmen, vom Start-up bis hin zum Großkonzern zurückschauen. Die Mitglieder deltas stammen aus verschiedensten Fachrichtungen, von Wirtschaftsingenieurwesen über Physik und Maschinenbau bis hin zu Bauingenieurwesen. Durch hochwertige Beratung, verbunden mit einem sehr guten Preis-Leistungs-Verhältnis, ist delta sowohl für Mittelständler als auch für Konzerne wie BMW, Airbus oder RWE interessant. So war auch Dr. Alexander Conreder, Senior Manager im Bereich Geschäftsentwicklung bei der EnBW AG sehr angetan von der Arbeit der jungen Beraterinnen und Berater zum Thema Clusterung und Bewertung der Märkte für Energiedienstleistungen: „Wir sind sehr zufrieden mit der gemeinsamen Projektdurchführung und den Projektergebnissen. Sie sind praxisnah und finden direkt Anwendung bei uns im Hause.“ ■ Kontakt: benedikt.nees@delta-karlsruhe.de
Info: www.delta-karlsruhe.de

Lots of things can be done in 80,000 hours: 222 bachelor's theses, 1,231 flights to the moon, more than 220 customer consulting projects. In the course of the latter, the delta junior consulting group, which was founded in 1996, has been gathering practical experiences over 10,000 consultant days (or 80000 hours) and celebrated this milestone last October.

With approximately 80 members and more than 150 alumni, the delta e.V. junior consulting group is one of the biggest campus groups at KIT, enabling students from all programs to apply the contents of learning and teaching. "The delta campus group is particularly committed to combining theory and practice at a high level," says Head of the Institute of Applied Business Studies and Management Professor Hagen Lindstädt, who is also one of the trustees from science, industry, and politics that support delta.

As one of the first junior consulting groups in Germany, delta boasts of more than 220 successful projects conducted for different companies, from start-ups to large businesses. The delta members come from diverse programs e.g., from industrial engineering to physics and mechanical engineering to civil engineering. High-quality consulting combined with an excellent price/performance ratio make delta attractive to both small and medium-sized enterprises as well as groups such as BMW, Airbus or RWE. Senior Manager in Business Development at EnBW AG Dr. Alexander Conreder is very taken with the young consultants' work on energy services market clustering and evaluation: "We are truly satisfied with the joint implementation and the hands-on results which can be applied directly in our company." ■

Contact: benedikt.nees@delta-karlsruhe.de
Read more: www.delta-karlsruhe.de

und sonst?

vollack



Zukunft
gestalten.

Mit 150 Architekten und Ingenieuren ist Vollack Spezialist für nachhaltige, energieeffiziente Büro- und Industriegebäude. Wir entwickeln, planen und realisieren intelligente Arbeitswelten mit Profil, wie das größte zertifizierte Büro-Passivhaus Baden-Württembergs im Kreativpark. Spannende Aufgaben, Teamwork und ein motivierendes Arbeitsumfeld begeistern Sie? Dann sollten wir uns kennenlernen.

Vollack Gruppe | Fon 0721 4768417
www.vollack.de

IMPRESSUM / IMPRINT

Herausgeber/Editor
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
Postfach 3640 // 76021 Karlsruhe // Germany
www.kit.edu



KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft
KIT – The Research University in the Helmholtz Association

Presse, Kommunikation und Marketing/Public Relations and Marketing
Leitung: Dr. Thomas Windmann

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 Fotostelle des KIT/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

Sprachendienst des KIT/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 // Albert-Einstein-Str. 6
76829 Landau // 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

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



Bürkert Fluid Control Systems
74653 Ingelfingen
students@buerkert.de



Gestalten Sie mit.

Weltweiter Raum für Talent, Persönlichkeit und Karriere.

Ob als Praktikum, Abschlussarbeit oder Festanstellung – Ihr Einstieg bei Advanced Energy, einem innovativen Technologieunternehmen, ist die ideale Möglichkeit Ihr Wissen einzubringen, internationale Kontakte zu knüpfen und an Herausforderungen zu wachsen.

Wir freuen uns auf Sie.

Advanced Energy Industries GmbH
Uracher Straße 91
72555 Metzingen
www.advanced-energy.de

Ihre Ansprechpartnerin:
Manuela Häußermann
jobs@aei.com

Du entwickelst es. Du planst es.

Agile Softwareentwicklung trennt Planung und Entwicklung nicht. andrena objects gehört in Deutschland zu den Vorreitern im Agile Software Engineering.

www.andrena-karriere.de

Wir suchen

für unsere Standorte
in Karlsruhe, Frankfurt, Stuttgart oder München

- Softwareentwickler/innen (Java, C#)
- Scrum Master und
- Agile Coaches

die sich für Agilität begeistern.
So wie wir.

Ihre Ansprechpartnerin ist Stefanie Lippert
Tel: 0721 6105-122, E-Mail: bewerbungen@andrena.de

Answers to Automation.

Irgendwann endet das Fragen stellen. Dann wird es Zeit Antworten zu geben.

www.jobs-automation.de



Process Automation Solutions gibt Antworten auf alle Fragen zur Automation. Wir sind einer der führenden, herstellerunabhängigen Anbieter für Automatisierungslösungen in der Prozess-, Fertigungs- und Automobilindustrie. Mit 1.120 Mitarbeitern im In- und Ausland stehen wir als kompetenter Partner unseren Kunden in allen Projektphasen zur Seite.



Festanstellung | Abschlussarbeit | Praxissemester

Bei uns machen Menschen den Erfolg. Sie können dazugehören. Sie suchen eine Festanstellung nach Ihrem abgeschlossenen Studium? Ein Unternehmen, welches Sie bei Ihrer Abschlussarbeit betreut? Oder eine Herausforderung für Ihr Praxissemester?

Schicken Sie uns einfach Ihre Bewerbungsunterlagen! Wir freuen uns auf Sie!



Process Automation Solutions GmbH
Am Herrschaftsweiher 25 | 67071 Ludwigshafen
+49 6237 932-0 | jobs@pa-ats.com | www.pa-ats.com

WALD + CORBE

BERATENDE INGENIEURE



WALD + CORBE ist ein Unternehmen unabhängig beratender Ingenieure mit über 100 Mitarbeitern. Der Mitarbeiterstamm ist interdisziplinär besetzt und setzt sich aus Bauingenieuren, Maschinenbauingenieuren, Hydrologen, Umweltingenieuren, Vermessungsingenieuren, Biologen, Wasserbautechnikern und Bauzeichnern zusammen. Es werden überwiegend Infrastrukturprojekte im Bereich Bauwesen bearbeitet.

Unsere Hauptarbeitsgebiete sind: ■ **Wasserwirtschaft** ■ **Wasserbau** ■ **Infrastrukturplanungen**

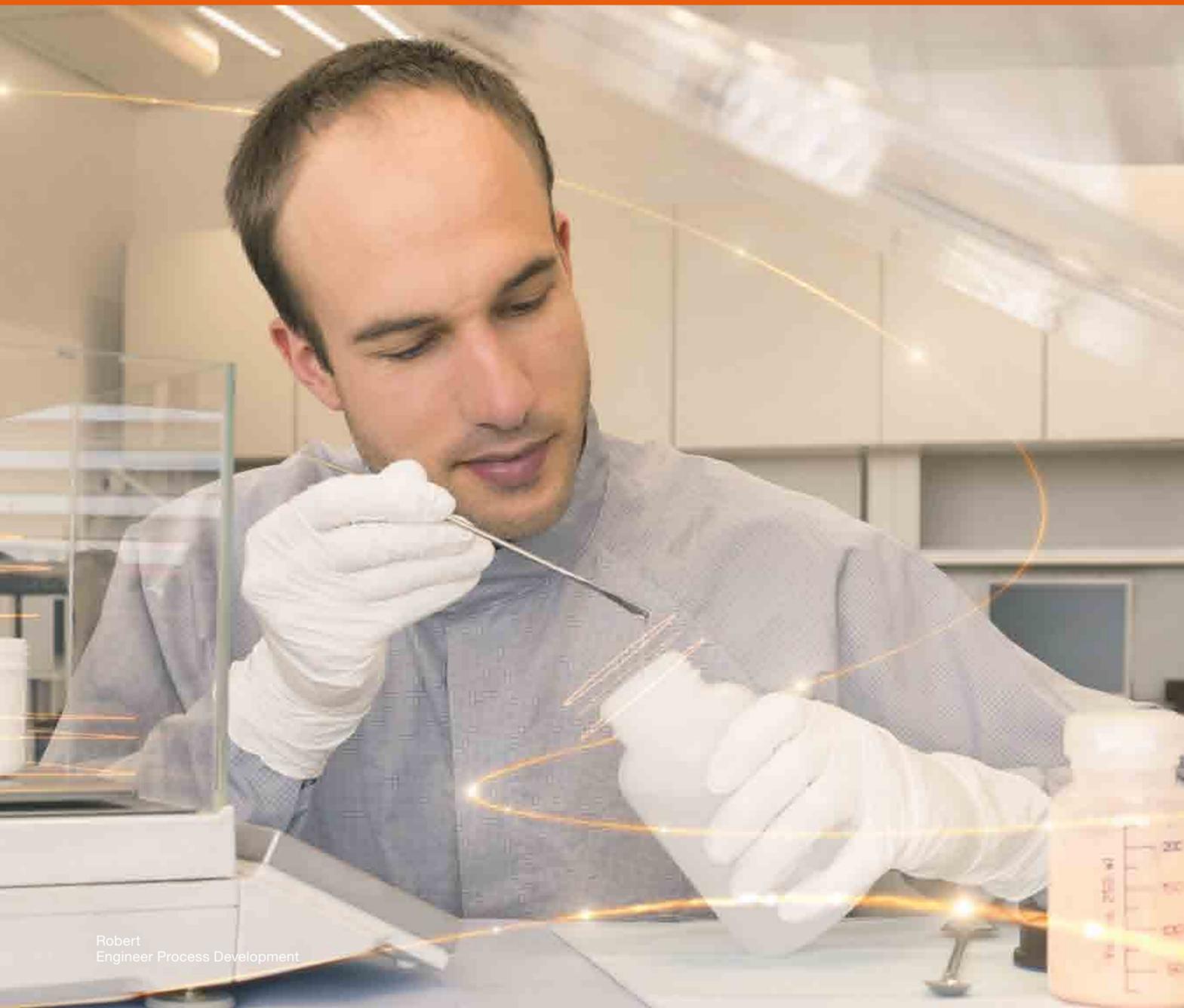
Unser Leistungsspektrum beinhaltet u.a. Gutachten, Studien, Untersuchungen, Dokumentationen, Planungen, Ausschreibungen, Bauleitungen und Projektsteuerungen.

WALD + CORBE GmbH & Co. KG

WALD + CORBE Infrastrukturplanung GmbH

Am Hecklehamm 18, 76549 Hügelsheim Tel. 07229 / 18 76 - 00 Fax 07229 / 18 76 - 777 E-Mail: mail@wald-corbe.de Home: www.wald-corbe.de

■ Hügelsheim ■ Stuttgart ■ Haslach ■ Speyer ■



Robert
Engineer Process Development

Licht ist meine Stärke

Denn hier trifft Expertise auf Weitblick.
So übernehmen wir Verantwortung.

Licht ist OSRAM



Willkommen!

Wir suchen engagierte

Bauingenieure (m/w)

Willkommen bei Beton Kemmler!

Beton Kemmler ist Baden-Württembergs Schrittmacher in der Entwicklung zum modernen Bauen mit industriell vorgefertigten Elementen aus Beton. Als Teil der Kemmler-Gruppe mit rund 1.700 Mitarbeitern setzen wir auf ganze Leistung und auf ein dynamisches, kundenorientiertes Team.

Wir bieten Ihnen als ausgezeichneter Arbeitgeber weit mehr als interessante Aufgaben: vielfältige Entwicklungsperspektiven, leistungsgerechte Vergütung, umfangreiche Zusatzleistungen und eine durch Wertschätzung geprägte angenehme Arbeitsatmosphäre.

Sie möchten Ihre Karriere bei Kemmler starten? Dann senden Sie uns Ihre Bewerbung. Gerne auch an personal@beton-kemmler.de Infos unter www.beton-kemmler.de/karriere

Kemmler Baustoffe GmbH
Tübingen-Hirschau
Rittweg 35 | 72070 Tübingen

Tel 07071/706-0
Fax 07071/706-170
www.beton-kemmler.de

Auszeichnungen, die für uns Ansporn und Anspruch sind, jeden Tag besser zu sein.



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



Jetzt DATEV-Film ansehen.

Studium: beendet. Karriere: gestartet.
Ihr Berufseinstieg bei DATEV.



Beste Perspektiven für Bachelor of Engineering



Starten Sie Ihre berufliche Laufbahn in einem mittelständischen internationalen High-Tech-Unternehmen. **Die Helmut Fischer GmbH Institut für Elektronik und Messtechnik** ist führender Spezialist für elektronische Schichtdickenmess-, Materialanalyse- und Werkstoffprüfgeräte. „Made in Germany“ ist ein wichtiger Bestandteil der FISCHER-Philosophie. Wir entwickeln und produzieren seit über 60 Jahren **innovative Messtechnik**, die auf der ganzen Welt zum Einsatz kommt: in der Automobilindustrie, im Schiffsbau, an Hochschulen, in Laboren, in der Edelmetallverarbeitung und in der Spitzentechnologie.

Ihre Chance
Wir beschäftigen heute rund 200 Mitarbeiter am Stammsitz in Sindelfingen und über 400 Mitarbeiter weltweit.

Entwickeln Sie mit hochqualifizierten Ingenieuren und Wissenschaftlern, spezialisiert auf Elektronik, Konstruktion, Informatik, Physik und Chemie, laufend neue innovative Produkte und Verfahren.

Wirken Sie mit in einem erfolgreichen Unternehmen mit flachen Hierarchien an einem attraktiven Standort. Unser Firmensitz Sindelfingen liegt in naturnaher Umgebung mit sehr guter Infrastruktur und hervorragender Verkehrsanbindung.

Wir unterstützen Sie beruflich mit individuellen Weiterentwicklungsmöglichkeiten als auch persönlich durch interessante Sozialleistungen.

Interessiert?

Dann senden Sie Ihre aussagekräftigen und vollständigen Bewerbungsunterlagen zu.

Helmut Fischer GmbH
Institut für Elektronik und Messtechnik
D-71069 Sindelfingen, Industriestraße 21
Telefon +49(0) 7031/303-0
Telefax +49(0) 7031/303-710
personal@helmut-fischer.de
www.helmut-fischer.de



Schichtdicke Materialanalyse Mikrohärte Werkstoffprüfung



weil dir deine
zukunft wichtig ist

Für die Stadtwerke Heidelberg Netze GmbH im Bereich der Geschäftsführung suchen wir

Nachwuchs im Ingenieurbereich (m/w)

Als Teilnehmer unseres Programms „Sicherung von Nachwuchs im Fach- und Führungskräftebereich“ sind Sie direkt dem Geschäftsführer organisatorisch zugeordnet. Sie durchlaufen mehrere Stationen im gesamten Bereich der Netze, werden interessante Projekte begleiten, erhalten geeignete Coachings und Trainings und eine ausgesuchte Führungskraft steht Ihnen als Mentor unterstützend zur Seite.

Ihr Profil:

- › Abgeschlossenes Ingenieurstudium der Fachrichtungen Elektrotechnik, Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Bauwesen oder Wirtschaftsingenieurwesen
- › Hohe technische Affinität
- › Ausgeprägte Kommunikationsfähigkeit und Sozialkompetenz
- › Lösungs- und Strategieorientierung
- › Erste Berufserfahrung wünschenswert

Die Stadtwerke Heidelberg sind ein moderner regionaler Energieversorger und einer der größten Arbeitgeber in Heidelberg. Wir bringen die Energiewende und den Klimaschutz voran. Unser Ziel ist es, eines der besten Stadtwerke zu werden. Dafür setzen wir auf engagierte Mitarbeiter. Bei uns finden Sie anspruchsvolle Aufgaben, individuelle Entwicklungsmöglichkeiten, ein gutes Betriebsklima und attraktive Arbeitsbedingungen mit einer fairen Bezahlung.

Interessiert?

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung (Kennziffer KIT 87/15) inklusive Gehaltsvorstellung und Angabe des frühestmöglichen Eintrittstermins. Bevorzugt per E-Mail (Word oder PDF) an bewerbung@swhd.de.

Noch Fragen zur ausgeschriebenen Position?

Anita Eckhard-Rittner beantwortet sie Ihnen gerne unter **06221 513-2682**. Weitere Informationen zu uns finden Sie auf www.swhd.de.

Stadtwerke Heidelberg GmbH
Kurfürsten-Anlage 42-50
69115 Heidelberg



THALES

Aerospace Security
Space
Defence
Transportation

The world deserves a bright future.
Just like yours.

www.thalesgroup.com/careers

Starten Sie Ihre Karriere bei Thales!

Thales nimmt weltweit eine führende Rolle in den Märkten Transport, Luft- und Raumfahrt, Sicherheit und Verteidigung ein und erzielte 2014 einen Umsatz von 13 Milliarden Euro. Thales beschäftigt 61.000 Menschen in 56 Ländern – rund ein Drittel davon im Bereich Forschung und Entwicklung. In Deutschland engagieren sich rund 3.400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für den Erfolg unserer Produkte, Systeme und Dienstleistungen, die den komplexesten Sicherheitsanforderungen entsprechen.

Wir suchen

Studierende & Absolventen (w|m) der Elektro-, Nachrichten- oder Informationstechnik

für unsere deutsche Firmenzentrale in Ditzingen bei Stuttgart sowie für unsere Standorte in Kiel, Wilhelmshaven, Arnstadt, Berlin, Koblenz und Ulm.

Sie suchen attraktive Entwicklungschancen in einem Hightech-Umfeld und möchten in internationalen Teams bereits heute an den Technologien von morgen arbeiten? Ob zukunftsorientierte Themen für Ihre Abschlussarbeit, abwechslungsreiche Praktika oder ein optimaler Karrierestart durch einen Direkteinstieg: Wir bieten Ihnen die Möglichkeit, Kunden in weltweiten Projekten von den Zukunftsthemen Sicherheit und Mobilität zu begeistern und an innovativen Lösungen – beispielsweise im Bereich der Hochfrequenz-Technologie – zu arbeiten.

Bei uns haben Sie allen Freiraum, innovative Lösungen zu gestalten, die durch Ihre kreative Sicht und Ihre Leidenschaft, auch mal querzudenken, einzigartig werden. Spannende Projekte sichern Ihnen eine langfristig planbare Zukunft. Wir stellen nicht nur durch gezielte Einarbeitungsprogramme Ihren erfolgreichen Einstieg sicher, sondern Sie profitieren natürlich während Ihrer gesamten Laufbahn bei uns von unserem attraktiven Personalprogramm und unseren Fort- und Weiterentwicklungsmöglichkeiten.

Setzen Sie mit uns technologische Meilensteine und starten Sie Ihre Karriere bei Thales!

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung:

- > Studierende: per E-Mail an ausbildung@thalesgroup.com
- > Absolventinnen und Absolventen: über unser Jobportal www.thalesgroup.com/careers



Lust auf neue Herausforderungen? Um mehr über Ihren erfolgreichen Einstieg bei uns zu erfahren, scannen Sie mit Ihrem Smartphone den QR-Code oder gehen Sie direkt auf www.thalesgroup.com/germany



THALES
Together • Safer • Everywhere

Wer die Zukunft aktiv mitgestalten will, benötigt Voraussetzungen der Extraklasse. Der neue Testturm in Rottweil bietet uns nie dagewesene Möglichkeiten und strotzt vor ausgefeilten Techniken und Features. Hier werden in insgesamt 12 verschiedenen Schächten die Aufzugslösungen der Zukunft mit Höchstgeschwindigkeiten von 64,8 km/h getestet und zertifiziert. Unter anderem auch die neueste Innovation von ThyssenKrupp: Der MULTI. Das MULTI-Aufzugssystem bedeutet eine Revolution für die Aufzugsindustrie: MULTI ist eine völlig neue und effiziente Beförderungslösung für Gebäude mittlerer und großer Höhe. Der lang gehegte Traum von mehreren, unabhängig voneinander fahrenden Kabinen im gleichen Aufzugsschacht wird durch den Antrieb per Linearmotor nun Realität.

Für die Weiterentwicklung unserer innovativen Aufzugssysteme am Standort Neuhausen bei Stuttgart suchen wir zum nächst möglichen Zeitpunkt

Softwareentwickler (w/m)

- Ihre Aufgaben:
- Optimierung von Entwicklungsprozessen
 - Analyse und Auswertung
 - Programmierung von Entwicklungstools und -skripten

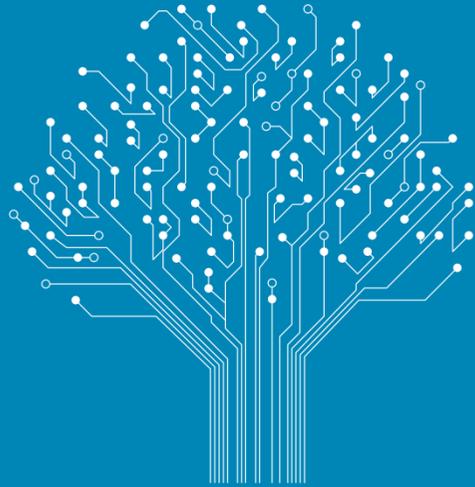
- Fachliche Voraussetzungen:
- Abgeschlossenes Studium im Bereich Informatik, Softwaretechnik oder Mechatronik
 - Sehr gute C/C++ Kenntnisse
 - Erfahrung in der Embedded Programmierung und Mikrocontroller Entwicklung
 - Erfahrung mit Linux-Administration

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann bewerben Sie sich bitte mit aussagekräftigen Unterlagen schriftlich oder online über unser Bewerbermanagementsystem unter www.thyssenkrupp.com/karriere.

ThyssenKrupp Aufzugswerke GmbH
Personalmanagement
73765 Neuhausen a.d.F.
Tel.: +49 (0) 7158 12 2283

ThyssenKrupp Aufzugswerke





Wir sind ITstrategen auf Wachstumskurs.

Wir sind eine junge, wachsende IT-Firma, erstellen anspruchsvolle Software-Applikationen und bieten individuelle Hosting-Dienste sowie sichere Cloud-Lösungen für mittlere und große Unternehmen an.

ASAPissimo suchen wir

- passionierte PHP-Entwickler (m/w)
- engagierte Werkstudenten (m/w)
- versierte Linux-Admins (m/w)

Wenn Du gemeinsam mit uns wachsen und Dich entfalten willst, freuen wir uns, wenn Du schon bald mal auf einen Kaffee oder ein Feierabend-Bier bei uns in der Händelstraße 15 in der Karlsruher Weststadt vorbei schaust. Melde Dich einfach unter 0721 754046-0 oder unter jobs@itstrategen.de

Mehr Infos: itstrategen.de



CSF Förderanlagen – wir sorgen für Bewegung – weltweit!

Wir sind ein international tätiges Unternehmen im Bereich Förderanlagen. Unsere Produkte finden unter anderem Anwendung in der Automobilindustrie. Zur Verstärkung unseres Teams in Oberboihingen suchen wir zum nächstmöglichen Zeitpunkt eine(n)



Förderanlagen GmbH

Daimlerstraße 27 72644 Oberboihingen
Telefon 07022 9672-0
E-Mail: csf@csf-gmbh.com
www.csf-gmbh.com

Diplom-Ingenieur / Konstrukteur (m/w) – Maschinenbau –

- Ihre Aufgaben:**
- Neu- und Detailkonstruktionen im Bereich Förderanlagen incl. Berechnungen gemäß Spezifikationen und Konstruktionsrichtlinien
 - CAD-gestützte Zeichnungserstellung und Stücklistenherstellung
 - Durchführung und Umsetzung von Änderungskonstruktionen
 - Neu- und Weiterentwicklung der Produkte bzw. einzelner Module
 - Technische Bearbeitung und Ausführung von Aufträgen
 - Bestellung der Komponenten bei unseren Lieferanten

Sie sollten bereits über einige Jahre praktische Erfahrung in der Konstruktion verfügen und mit dem Umgang von modernen CAD-Systemen vertraut sein. Für unsere internationalen Verbindungen sind gute englische Sprachkenntnisse erforderlich. Weltweite Reisebereitschaft setzen wir voraus.

Wenn Eigeninitiative, selbständiges Arbeiten und Zielstrebigkeit zu Ihren herausragenden Eigenschaften gehören, freuen wir uns auf Ihre Bewerbung. Wir bieten Ihnen eine interessante und abwechslungsreiche Tätigkeit, eine leistungsorientierte Vergütung und die Einbindung in ein erfolgreiches Team.

Be the next generation

... with the matrix of vision.

Ideen und Produkte
MATRIX VISION ist im Bereich der industriellen Bildverarbeitung heute ein wichtiger Partner für Kunden in aller Welt.



MATRIX VISION GmbH · Talstrasse 16 · 71570 Oppenweiler · Tel.: +49-7191-9432-0 · jobs@matrix-vision.de
MATRIX VISION Büro KIT Campus - Tel.: +49-721-8601884-0



Made in Germany

Das 1986 gegründete Unternehmen entwickelt und vermarktet, mit derzeit 80 Mitarbeitern, weltweit eine Vielzahl von standardisierten und kundenspezifischen Produkten und Lösungen.

Wir schaffen mit unseren hochqualifizierten Mitarbeitern Innovationen. Das bedeutet Erfolg, Sicherheit und Wachstum.

Deshalb suchen wir Sie.

Kommen Sie zu uns:

Gemeinsam gestalten wir die Zukunft.
www.matrix-vision.com/karriere.html

ERKENNEN ANALYSIEREN ENTSCHEIDEN

Gute Ideen bauen besser. Die beste Idee für Studenten: Schöck.



Hightech aus der Heimat: Willkommen bei Schöck in Baden-Baden! Unser Job: Wir entwickeln, produzieren und vermarkten technische Elemente für die Baustellen dieser Welt. Sie können mitmachen! Als Werkstudent, Praktikant

oder Sie schreiben Ihre Thesis bei uns. Wir bieten Ihnen das Wissen eines Technologieführers und die Atmosphäre eines Familienunternehmens. Ihre Eintrittskarte in unsere Welt ist eine gute Bewerbung. www.schoeck.de/karriere





Die Unternehmen der **BAUER Gruppe** sind in den drei Segmenten Bau, Maschinen und Resources tätig. Der internationale Bau- und Maschinenbaukonzern mit Sitz in Schrobenuhnen erwirtschaftet eine Gesamtkonzernleistung von 1,56 Mrd. Euro und beschäftigt weltweit rund 10.400 Mitarbeiter.

Sie möchten mehr über uns erfahren?



Werde Teil des Bauer-Teams!

Lust auf ebenso spannende wie vielfältige Herausforderungen in einem weltweit tätigen Bau- und Maschinenbaukonzern? Wir suchen laufend engagierte **Praktikanten und Diplomanden, Absolventen und Young Professionals (m/w)** der Studiengänge:

- Bauingenieurwesen
- Wirtschaftsingenieurwesen
- Umwelt- und Verfahrenstechnik
- Chemieingenieurwesen
- Maschinenbau
- Elektrotechnik
- Informatik
- Betriebswirtschaft

Wir bieten unter anderem attraktive Fort- und Weiterbildungsmöglichkeiten, ein internationales Arbeitsumfeld und eine lebendige Unternehmenskultur. Wir freuen uns auf Ihre Online-Bewerbung unter www.bauer.de/career.



Stratasys Ltd., der Innovationsführer im 3D-Druck, entwickelt, fertigt und vermarktet weltweit hochauflösende 3D-Drucksysteme und -Materialien in verschiedenen Branchen, wie z.B. Automotive, Electronics, Medizinbranche oder Spielzeugindustrie. Wir, die Stratasys GmbH, sind die Vertriebs- und Service-Niederlassung für Europa, Mittlerer Osten und Afrika (EMEA) am Standort Rheinmünster / Baden-Airpark. Aktuell zählen wir rund 200 Mitarbeiter europaweit und ca. 3.500 weltweit. Mit einem Umsatz von ca. 111 Millionen Euro (2014) sind wir eine der erfolgreichsten Niederlassungen von Stratasys.

Für unser EMEA-Team suchen wir stetig engagierte, proaktive und vertriebsorientierte Ingenieure (m/w)

Mögliche Standorte: Deutschland, Home Office oder europäisches Ausland

- WE ARE INNOVATION
- WE ARE FEARLESS LEADERS
- WE ARE CUSTOMER DRIVEN
- OUR QUALITY MATTERS
- OUR PEOPLE MAKE THE DIFFERENCE

Was wir von Ihnen erwarten:

- Ingenieurwissenschaftliches Studium
- Schwerpunkte: Fertigungstechnik, Kunststofftechnik, Chemie oder ähnliches
- Erfahrung im Bereich 3D-Druck oder in der industriellen Fertigung wünschenswert
- Proaktives Handeln und unternehmerisches Denken
- Lösungs- und kundenorientierte Arbeitsweise
- Spaß im Umgang mit neuen Technologien
- Freude am Umsetzen und Bewegen

Stratasys Mitarbeiter schätzen besonders:

Innovation ■ Dynamik ■ Wachstum ■ Internationalität ■ Perspektive ■ Eigenverantwortung ■ positives Arbeitsumfeld ■ Mitarbeiterbenefits

Sie möchten Teil unseres Teams werden?

Dann senden Sie uns bitte Ihre aussagekräftige Bewerbung idealerweise mit der Angabe Ihres Gehaltswunsches und Ihrer Verfügbarkeit an career.emea@stratasys.com. Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!

Stratasys GmbH Airport Boulevard B 120 77836 Rheinmünster Tel. +49 7229 7772-0 www.stratasys.com

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

