



lookKIT

DAS MAGAZIN FÜR FORSCHUNG, LEHRE, INNOVATION
THE MAGAZINE FOR RESEARCH, TEACHING, INNOVATION
AUSGABE/ISSUE #04/2024
ISSN 1869-2311

GRUNDLAGEN- FORSCHUNG

WELLENPHÄNOMENE MIT MATHEMATIK VERSTEHEN
UNDERSTANDING WAVE PHENOMENA WITH MATHEMATICS

DER ZELLKERN ALS VORBILD FÜR DNA-BASIERTE HARDWARE
USING THE CELL NUCLEUS AS A BLUEPRINT FOR DNA-BASED HARDWARE

DIE SUCHE NACH EINEM RÄTSELHAFTEN SEISMISCHEN SIGNAL
SEARCHING FOR A MYSTERIOUS SEISMIC SIGNAL

50+ countries.
160+ nationalities.
100+ languages.
One team.



Capgemini ist ein globaler Business- und Technologie-Transformationspartner für Organisationen. Das Unternehmen unterstützt diese bei ihrer dualen Transformation für eine stärker digitale und nachhaltige Welt – stets auf greifbare Fortschritte für die Gesellschaft bedacht. Capgemini ist eine verantwortungsbewusste, diverse Unternehmensgruppe mit einer über 55-jährigen Geschichte und 340.000 Mitarbeitenden in mehr als 50 Ländern.



Rewrite your future.
Learn more.



LIEBE LESERINNEN UND LESER,

ohne Grundlagenforschung sähe unser Alltag heute deutlich anders aus – weder Impfstoffe, Internet, Wettervorhersagen noch Elektrizität wären Teil unseres Lebens. Die Suche nach Erkenntnis ist das Ziel der Grundlagenforschung, konkrete Anwendungen spielen eine untergeordnete Rolle. Und doch ist Grundlagenforschung die Basis für technologische Innovationen und gesellschaftlichen Fortschritt. In dieser Ausgabe von lookKIT geben wir Ihnen einen Einblick in die Grundlagenforschung am KIT und stellen Ihnen Forschende vor, die von wissenschaftlicher Neugier inspiriert sind und unsere Welt besser verstehen wollen.

Unser Universum steckt voller Geheimnisse und die Teilchenphysik will diese lüften. Dafür braucht es gebündelte Ressourcen und Kompetenzen in der Grundlagenforschung. Von Karlsruhe über Genf bis in die Antarktis – das KIT ist international in zahlreiche Großforschungsprojekte eingebunden. Professorin Kathrin Valerius vom Institut für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT erklärt, warum internationale Zusammenarbeit unverzichtbar für die Großforschung ist (Seite 20).

Wellen faszinieren nicht nur Surferinnen und Surfer – Mathematikerinnen und Mathematiker vom Sonderforschungsbereich (SFB) Wellenphänomene interessieren sich für die Formeln hinter den Wellen. Sie beschäftigen sich unter anderem mit Wasser-, Schall-, Druck- und elektromagnetischen Wellen. Dr. Benjamin Dörich vom Institut für Angewandte und Numerische Mathematik (IANM) und Dr. Björn de Rijk vom Institut für Analysis (IANA) des KIT berichten über die vielfältige und interdisziplinäre Forschung des SFB (Seite 16).

Quantenphänomene versprechen eine ganz neue Generation von Technologien. Im Interview erklärt Professor Mario Ruben vom Institut für Quantenmaterialien und Technologien (IQMT) und vom Institut für Nanotechnologie (INT) des KIT, was Quantenphänomene eigentlich sind und wie die Initiative „Chem4Quant“ den Weg für zukünftige Quantentechnologien ebnet (Seite 26).

Professor Lennart Hilbert vom Institut für Biologische und Chemische Systeme (IBCS) des KIT will mit seiner Grundlagenforschung herausfinden, wie die Prozesse im Zellkern genau funktionieren. Sein Ziel ist es, mit diesem Wissen eine DNA-basierte Hardware für die Zukunft zu entwickeln (Seite 34).

Vor einem wissenschaftlichen Rätsel standen Seismologinnen und Seismologen im September letzten Jahres. Weltweit registrierten Seismometer ein bis dahin unbekanntes Signal, das ganze neun Tage anhielt. Dr. Thomas Forbriger vom Geophysikalischen Institut (GPI) des KIT berichtet ab Seite 40 über die Suche nach der Quelle des mysteriösen Signals und die Lösung des Rätsels.

Ich lade Sie herzlich zum Lesen und Blättern ein und wünsche viel Freude bei der Lektüre!

Ihr



Prof. Dr. Jan S. Hesthaven
Präsident des KIT // President of KIT



Prof. Dr. Jan S. Hesthaven, Foto: Markus Breig

DEAR READERS,

Without fundamental research, the world around us would be vastly different today – we would have to do without vaccines, the Internet, weather forecasts, and even electricity. The search for knowledge is the primary goal of fundamental research; specific applications play a subordinate role. Fundamental research is the basis for technological innovation and societal progress. In this lookKIT issue, we give you an insight into the fundamental research conducted at KIT and highlight researchers who are inspired by scientific curiosity and the desire to better understand our world.

Our universe is full of mysteries and particle physics is dedicated to unraveling them. This requires the pooling of resources and expertise in fundamental research. From Karlsruhe to Geneva to Antarctica – KIT takes part in numerous major international research projects. Professor Kathrin Valerius from KIT's Institute for Astroparticle Physics (IAP) explains why international cooperation is indispensable for large-scale research (see page 20).

Surfers aren't the only people fascinated by waves – mathematicians from the Collaborative Research Center (CRC) "Wave Phenomena" take great interest in the formulas behind wave behavior. The phenomena they deal with include water, sound, pressure, and electromagnetic waves. Dr. Benjamin Dörich from the Institute for Applied and Numerical Mathematics (IANM) and Dr. Björn de Rijk from the Institute for Analysis (IANA) at KIT report on the varied, interdisciplinary research conducted at the CRC (see page 18).

Quantum phenomena promise the emergence of a whole new generation of technologies. An interview with Professor Mario Ruben from the Institute for Quantum Materials and Technologies (IQMT) and the Institute of Nanotechnology (INT) at KIT provides insight into the nature of quantum phenomena and presents the "Chem4Quant" initiative that could pave the way for future quantum technologies (see page 29). Professor Lennart Hilbert from KIT's Institute of Biological and Chemical Systems (IBCS) conducts fundamental research on exactly how processes in the cell nucleus work. Based on this knowledge, he aims to develop DNA-based hardware for the future (see page 36).

In September 2023, seismologists were faced with a scientific mystery. Seismometers all around the world recorded a previously unknown signal that lasted for nine days. The report by Dr. Thomas Forbriger from the Geophysical Institute (GPI) at KIT describes the search for the origin of the mysterious signal and explains how this mystery was solved (see page 43).

Now, I cordially invite you to take your time to read and leaf through this issue of lookKIT. Enjoy your reading!

Yours,

GRUNDLAGENFORSCHUNG / FUNDAMENTAL RESEARCH

INHALT / CONTENT



BLICKPUNKT / FOCUS

10 – 15
STIMMEN AUS DER GRUNDLAGENFORSCHUNG: VON NEUGIER GETRIEBEN
Fundamental Researchers: Driven by Curiosity

16 – 19
MATHEMATIK: DIE FORMEL HINTER DER WELLE
Mathematics: The Formula behind the Wave

20 – 24
PARTICLE PHYSICS: COMPLEX MYSTERIES – A CHALLENGE FOR MANY MINDS
Teilchenphysik: Komplexe Rätsel fordern viele Köpfe

25
AUF EINE FRAGE: WAS IST DUNKLE MATERIE?
Just a Question: What Is Dark Matter?

26 – 29
INTERVIEW ÜBER QUANTEN-TECHNOLOGIEN: „DAS WIRD UNSER LEBEN VERÄNDERN“
Interview about Quantum Technologies: “This Will Change Our Lives”

30 – 33
AUTOMATISIERUNG IN DER BIODIVERSITÄTSFORSCHUNG: VIELFALT NEU ENTDECKT
Automation in Biodiversity Research: Diversity Rediscovered



34 – 36
BIOMEDIZIN: DER ZELLKERN ALS VORBILD FÜR MIKROCHIPS DER ZUKUNFT?
Biomedicine: Can the Cell Nucleus Serve as a Blueprint for Future Microchips?

37
INTERNATIONAL AFFAIRS: A PATH TOWARD GREATER COLLABORATION IN THE FUTURE

38 – 39
NACHRICHTEN
News

WEGE / WAYS

40 – 43
SEISMOLOGIE: „DIE ERDE STELLT UNS VOR EIN RÄTSEL – UND WIR WOLLEN ES LÖSEN!“
Seismology: “The Earth Presents Us with a Puzzle – We Want To Solve It!”



GESICHTER / FACES

44 – 47

SELTENER GENDEFEKT: HIRNFORSCHUNG IN DER PETRISCHALE

Rare Genetic Defect:
Brain Research in a Petri Dish



48

AUSGRÜNDUNG: VOM BETONABFALL ZUM WERTVOLLEN ROHSTOFF

Startup: Concrete Waste Turned into
a Valuable Raw Material

ORTE / PLACES

50 – 52

MESSTATIONEN: DATEN SAMMELN FÜRS KLIMA

Measurement Stations: Collecting
Data for Climate Research

53

AUGENBLICK*KIT*: WELTWEIT ERSTE AGILE BATTERIEZELLFERTIGUNG ERÖFFNET

AUGENBLICK*KIT*: World's First Agile
Battery Cell Production Facility
Opened



HORIZONTE / HORIZONS

54 – 56

NEUE MATERIALIEN: VIRTUELLES MATERIALDESIGN FÜR MINERALISCHE BAUSTOFFE

New Materials: Virtual Design of
Mineral-based Building Materials

57

ALUMNAE HEUTE: „CHEMIE ERKLÄRT, WIE DAS LEBEN FUNKTIONIERT – DAS IST UNFASSBAR COOL“

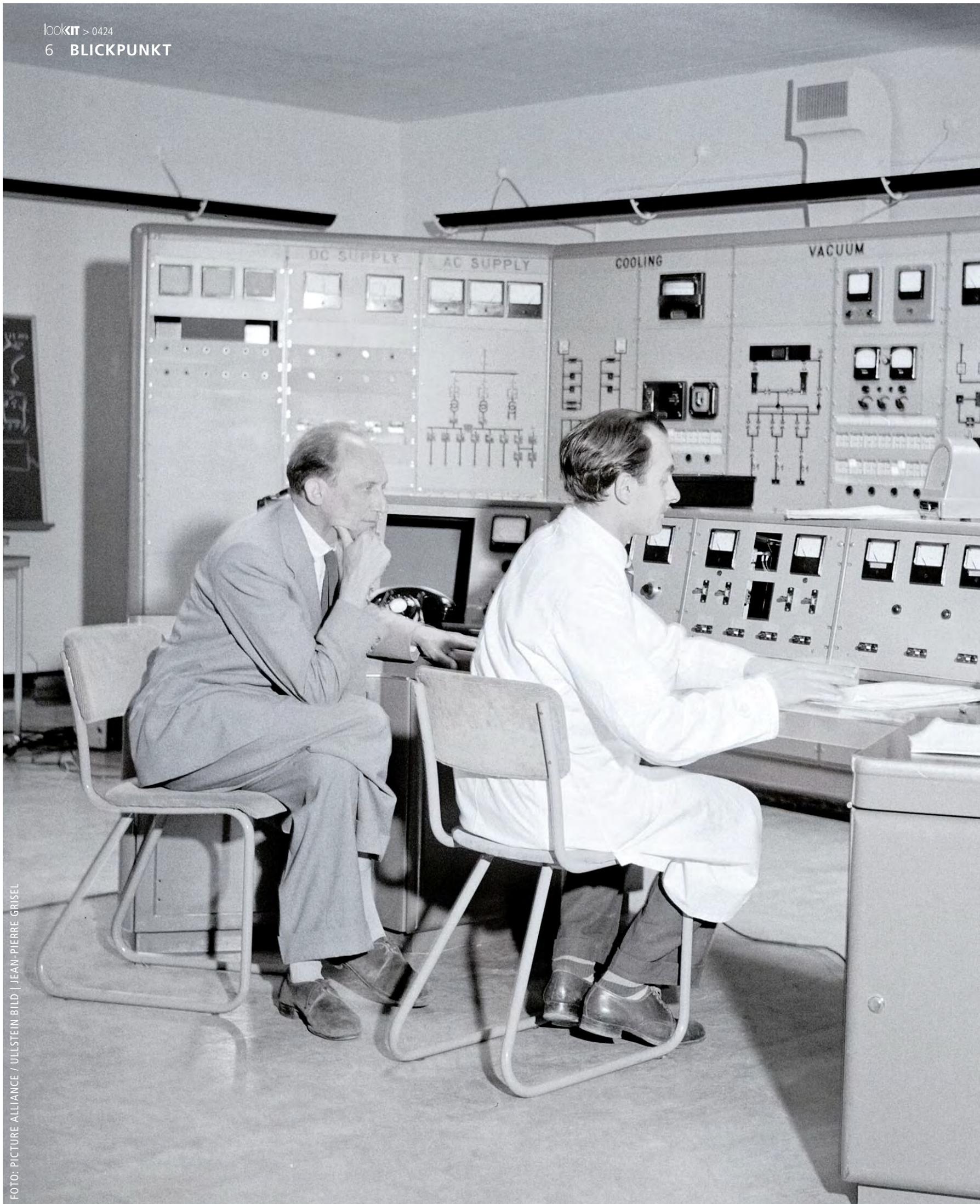
Alumnae Today: “Chemistry Explains
How Life Works – That’s Incredibly
Cool”

58

IMPRESSUM

Imprint



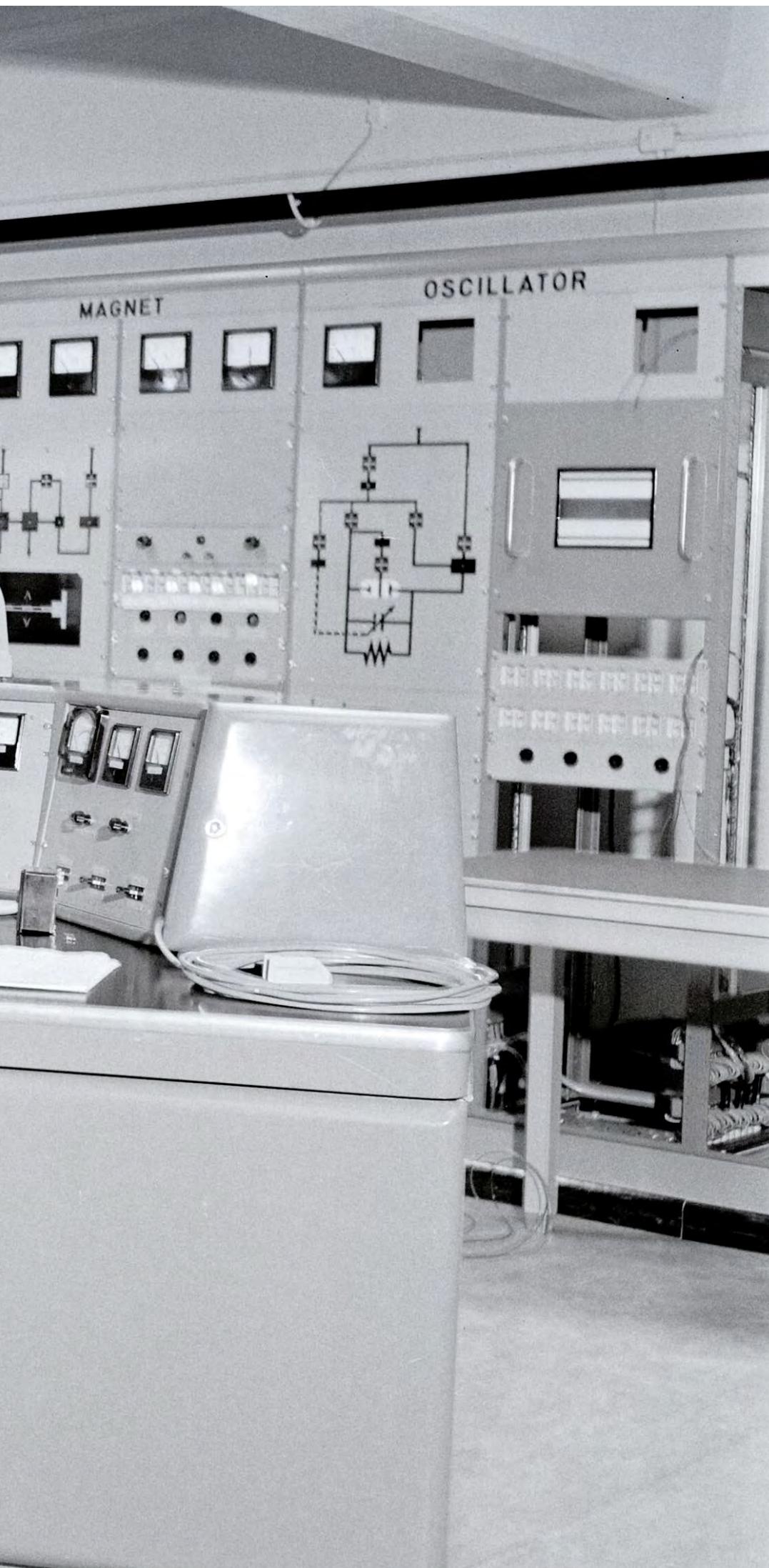


Blick zurück

Woraus besteht unser Universum und wie funktioniert es? Mit dieser Frage beschäftigen sich seit 70 Jahren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am CERN. Das Foto zeigt ein Forscherteam am ersten CERN-Zyklotron 1957, drei Jahre nach der Gründung der Organisation. Seitdem hat die internationale Forschungsgemeinschaft in der Teilchenphysik viel erreicht: „I think we have it!“ Mit diesen Worten verkündete Professor Rolf-Dieter Heuer, damaliger Direktor des CERN, am 4. Juli 2012 den lang ersehnten Nachweis des Higgs-Bosons am Genfer Teilchenbeschleuniger. Solche Meilensteine der Forschung wären ohne internationale Zusammenarbeit unmöglich. Professorin Kathrin Valerius vom Institut für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT berichtet über die vielen Kooperationen in der Teilchen- und Astroteilchenphysik am KIT, unter anderem mit CERN.

Looking Back

What is our universe made of and how does it work? This question has been the focus of research at CERN for 70 years. The photo shows a team of researchers at the first CERN cyclotron in 1957, three years after the organization was founded. Since then, the international research community has achieved a lot in particle physics: “I think we have it!” These were the words of Professor Rolf-Dieter Heuer, then Director of CERN, when he announced the long-awaited evidence of the Higgs boson at the Geneva particle accelerator on July 4, 2012. Such milestones in research would be impossible without international cooperation. Professor Kathrin Valerius from KIT’s Institute for Astroparticle Physics (IAP) tells us about the many collaborations in particle physics and astroparticle physics at KIT, including those at CERN.

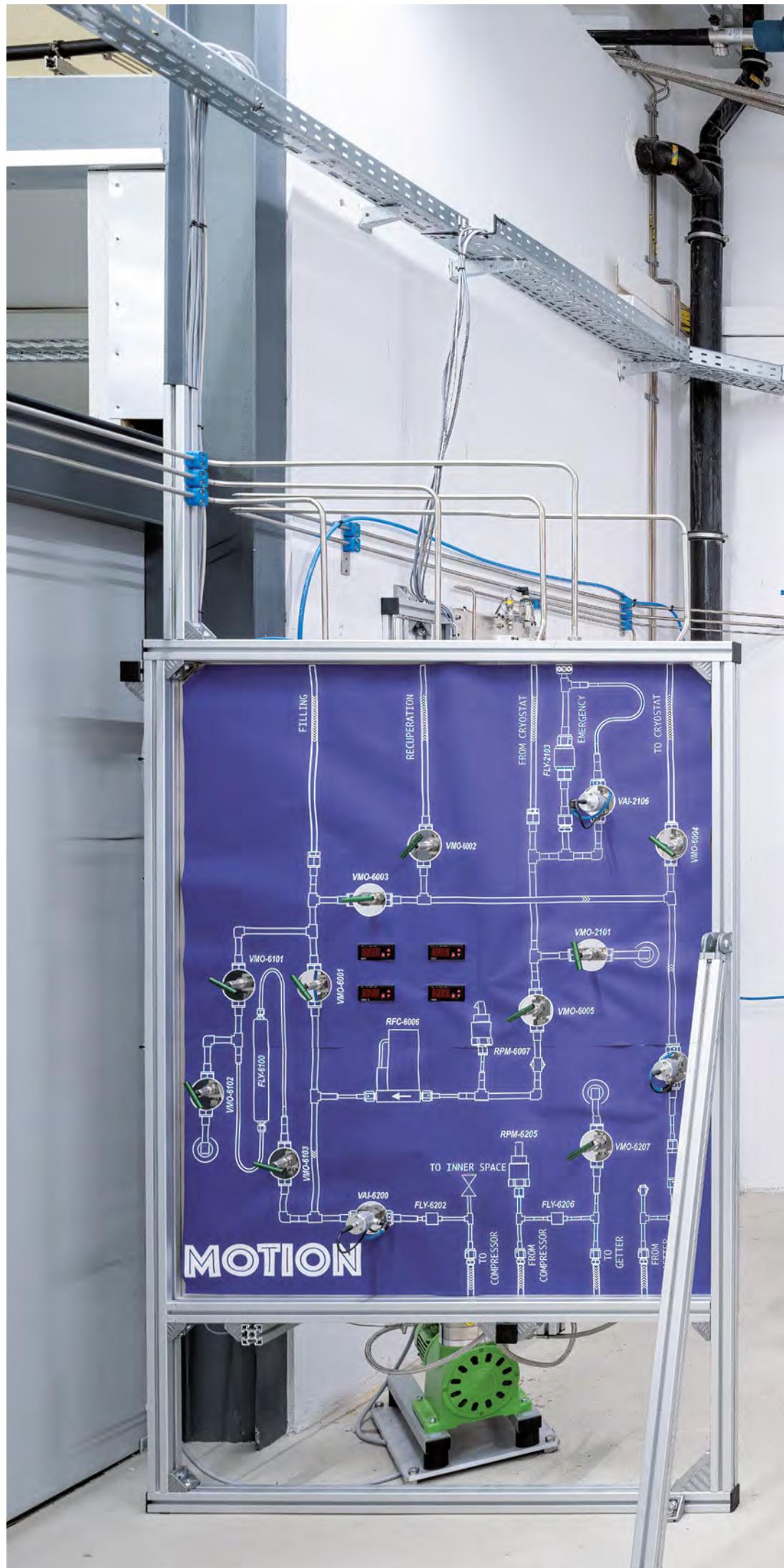


Blick nach vorn

Mit der Frage, woraus unser Universum besteht, beschäftigt sich auch Dr. Yanina Biondi vom Institut für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT. Genauer gesagt: Sie forscht zu Dunkler Materie. Ohne die unsichtbaren Teilchen würde unser Universum in der Theorie auseinanderfliegen – bewiesen ist die Existenz jedoch nicht. Im internationalen XENONnT-Experiment, an dem Forschende des KIT mitarbeiten, ist man den Teilchen auf der Spur. Mit sogenannten „Partikel-Crashtests“ wird nach Zusammenstößen der unbekannt Teilchen mit bekannten Atomkernen und dem damit einhergehenden winzigen Energieübertrag gesucht. Dafür entwickelt Biondi Detektoren. Der abgebildete MOTION Kryostat ist eine Testanlage am KIT und dient zur Entwicklung eines 60 Tonnen Xenon umfassenden Detektors.

Looking Ahead

The composition of our universe is also the question that drives Dr. Yanina Biondi from the Institute for Astroparticle Physics (IAP) at KIT. To say it more precisely: She is conducting research on dark matter. In theory, our universe would fly apart without these invisible particles – but their existence has not been proven yet. The international XENONnT experiment, in which KIT researchers are involved, aims to unveil the mystery of these particles. With so-called “particle crash tests”, the researchers try to detect collisions of the unknown particles and known atomic nuclei and the resulting minimal energy transfer. Biondi is developing suitable detectors for this purpose. The MOTION cryostat shown here is a test facility at KIT used to develop an 60-ton xenon detector.





Von Neugier getrieben

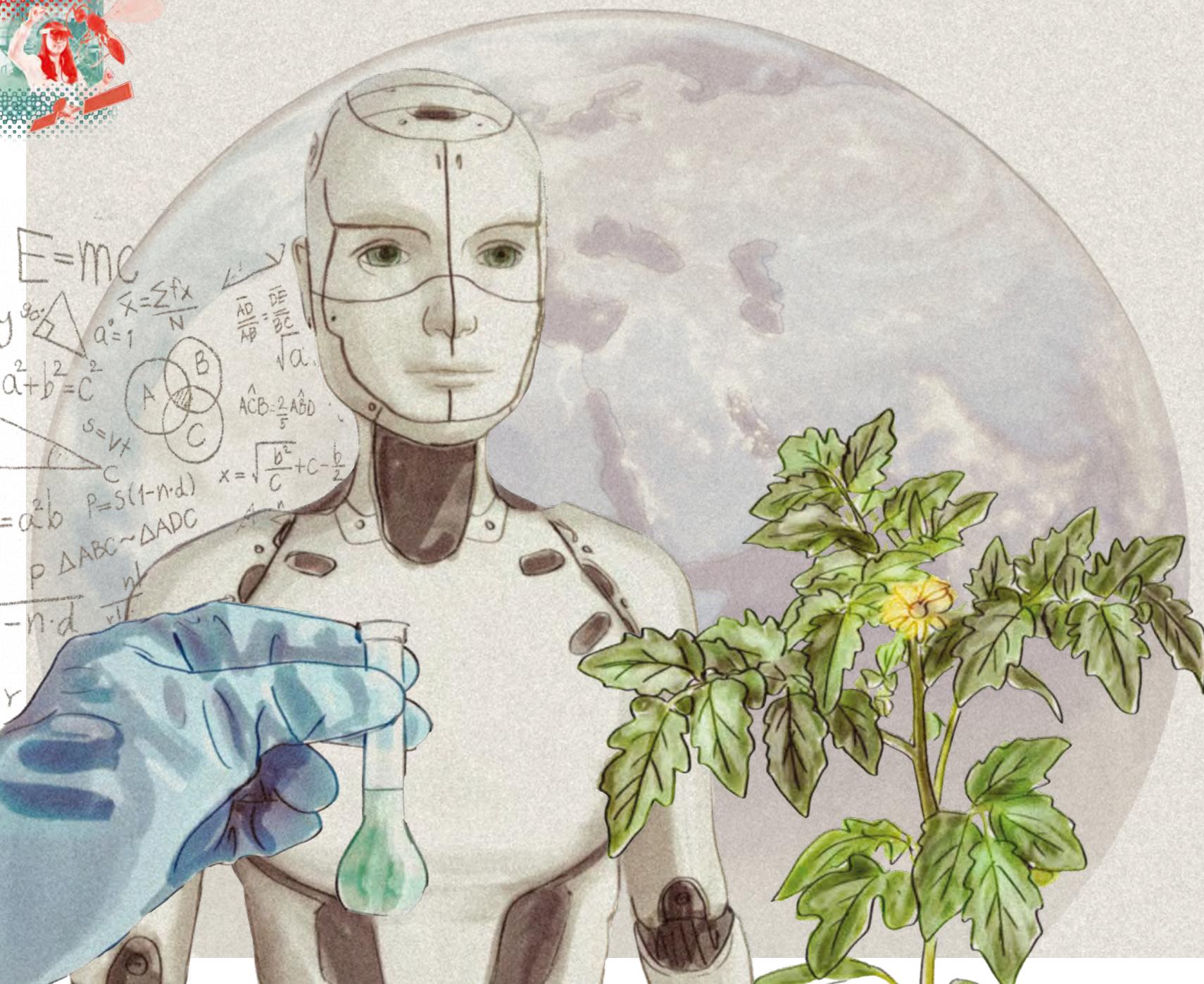
FÜNF WISSENSCHAFTLERINNEN UND WISSENSCHAFTLER AUS DER GRUNDLAGENFORSCHUNG ERZÄHLEN VON IHRER LEIDENSCHAFT FÜR IHR FACH

UNTER REDAKTIONELLER MITARBEIT VON MAXIMILIAN FERBER // TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

Grundlagenforschung ist die wissenschaftliche Neugier in Reinform. Sie zielt darauf ab, unser Wissen zu erweitern und die fundamentalen Prinzipien unserer Welt, unseres Universums zu verstehen. Die Forschung ist meist abs-

trakt und langwierig, doch die gewonnenen Erkenntnisse sind das Fundament von Innovationen und Erfindungen, die unseren Alltag prägen. Elektrizität, Internet, GPS, Impfstoffe, Wettervorhersagen – all das wäre ohne Grund-

lagenforschung nie möglich geworden. Fünf Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT aus der Mathematik, Physik, Chemie, Biologie und Informatik erzählen, was sie an Grundlagenforschung begeistert.





CHEMIE

Professorin Stefanie Dehnen

Zur Person: Professorin Stefanie

Dehnen ist geschäftsführende Direktorin des Instituts für Nanotechnologie (INT) des KIT. Sie forscht zu Design und Synthese neuer Stoffklassen, mit denen sich innovative und nachhaltige Materialien möglichst effizient, umwelt- und ressourcenschonend herstellen lassen.

Als Chemikerin beschäftigen Sie sich mit dem Wandel und den Grundlagen von Stoffen. Wie hilft Chemie dabei, die Welt zu verstehen, und was fasziniert Sie an der Chemie?

Dehnen: Alles um uns herum ist „Chemie“ und wir selbst bestehen aus unzähligen chemischen Verbindungen unterschiedlichster Komplexität. Wenn wir Chemie verstehen, kommen wir uns selbst auf die Spur und lernen unsere Umwelt besser kennen – und gehen dann mit beidem sorgsamer um. Das ist aber nur ein

Aspekt, denn als Chemikerinnen und Chemiker sind wir in der Lage, im Labor grundlegend Neues zu erschaffen. Wir können mit Elementen des gesamten Periodensystems „spielen“. Dabei

finden wir heraus, welche bisher unbekannt Kombinationen mit unseren Synthesetechniken zugänglich sind und welche Eigenschaften sich daraus für die neuen Substanzen ergeben.

Das bringt uns einerseits faszinierende, unvorhergesehene Erkenntnisse und hilft uns andererseits gezielt bei der Lösung von globalen Problemen. Durch chemische Forschung weiß man zum Beispiel, wie man CO₂ bindet, Wasser aus der Wüstenluft extrahiert, Solarzellen effizienter oder Dünger umweltverträglicher macht. Daher ist chemisches Fachwissen für unsere Zukunft unverzichtbar. Jede neue Verbindung in unseren Händen ist ein Geschenk.

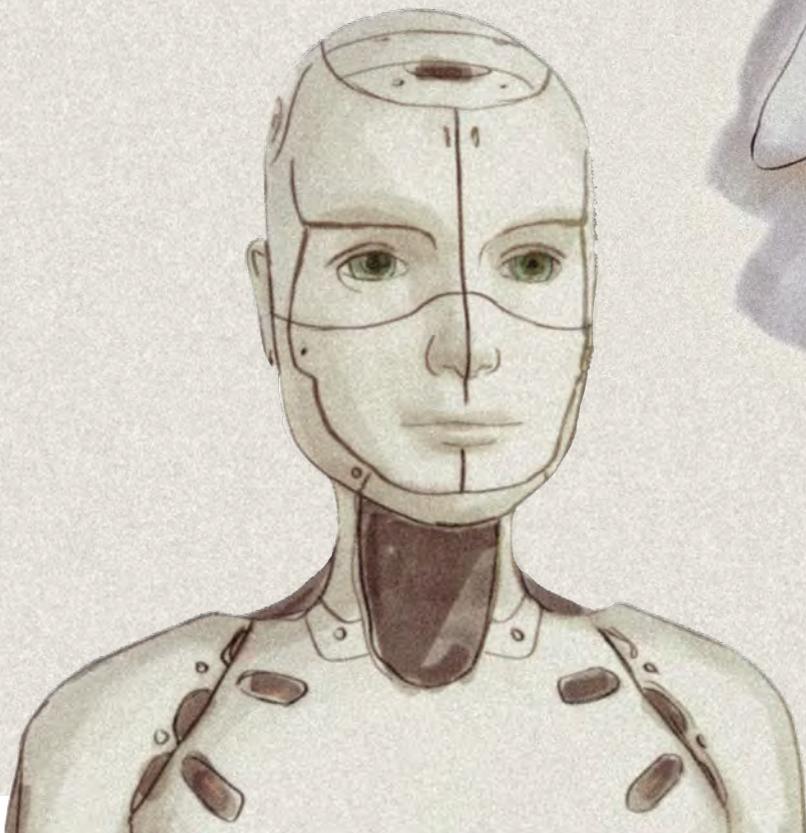
INFORMATICS

Professor Dorothea Wagner

Personal details: Dorothea Wagner, who conducted research at KIT's Institute of Theoretical Informatics (ITI) until April 2024, delved deep into fundamental questions of algorithmics. She is the first scientist to be appointed KIT Senior Professor after retirement.

When you graduated in informatics in 1983, modern computer science had existed for 30 years only. What was it exactly that inspired you to tackle a scientific career in this young discipline back then, and how do you judge the rapid developments in retrospect?

Wagner: At the time, I was fascinated by the mathematical principles, especially graph theory. Problems on graphs or networks can often be explained very easily and comprehensibly, but solving them through algorithms turns out to be very difficult. Algorithms for the design of complex microchips had just become highly topical, and I was tremendously excited about the prospects of using classical graph algorithms in this field. Since then, the connection between basic research in algorithmics and the design of algorithms for a wide range of applications has kept a hold on me. Indeed, until a few years ago, the term "algorithm" was hardly known outside the field of informatics. This has changed fundamentally, especially due to the rapid progress in artificial intelligence. However, I'm never very happy when I hear people mixing up the terms "artificial intelligence" and "algorithms" or using them interchangeably, or when somebody says that algorithms are "dangerous".



BIOLOGY

Professor Holger Puchta

Personal details: Professor Holger Puchta is Head of KIT's Joseph Gottlieb Kölreuter Institute for Plant Sciences (JKIP) and has been conducting research in the fields of biochemistry and molecular biology for decades. He is a pioneer of genetic engineering with a focus on the use of CRISPR/Cas gene scissors in plants.

Biology is the research into living organisms and you are a biology researcher who uses genetic engineering to intervene in the genomes of those organisms. What is the societal significance of researching the fundamentals of biology and where are the limits of research?

Puchta: Like animals and plants, we humans are living beings. So what could be more exciting than exploring the fundamental principles of life? Applying this knowledge enables advances in medicine and food security that make life better for all of us. Genetics in particular has made incredible progress in recent decades, and now not only our own genome, but that of all forms of life, is an open book. Natural changes in the genome are the basis of evolution and at the origin of humankind. The development of molecular scissors now allows us to modify genomes in a targeted manner. As scientists, we are responsible for considering negative consequences of our work and weighing ethical concerns. I am therefore personally against any intervention in the human germline. But I also think that it would be ethically questionable to reject the new technologies in general and thus prevent us from finding cures for diseases and making our environment more sustainable.



PHYSIK

Professorin Margarete Mühlleitner

Zur Person: Margarete Mühlleitner leitet das Institut für Theoretische Physik (ITP) des KIT und forscht zum Standardmodell der Teilchenphysik sowie Modellen jenseits davon. Dabei widmet sie sich der Erforschung der Eigenschaften des Higgs-Bosons, um so die Zusammenhänge unseres Universums zu verstehen.

Was treibt Sie an, die Grundlagen unseres Universums zu verstehen, und wie gehen Sie damit um, dass das der Menschheit wohl nie vollständig gelingen wird?

Mühlleitner: Die Entwicklung des Universums gehört zu den größten Fragen der Menschheit. Bei der Reise zurück in die Vergangenheit ist es unglaublich spannend zu sehen, wie sich nach dem Urknall aus einer einfachen Struktur, aus einer „Ursuppe“, die aus elementaren Teilchen besteht, im Laufe der Zeit die komplexen Strukturen – Elemente, Moleküle, Planeten, unsere Erde, Galaxien – entwickelt haben. Beim Aufbau dieser komplexen Strukturen werden einfache Gesetzmäßigkeiten befolgt, die darauf beruhen, dass Symmetrien eingehalten werden, die sich mathematisch beschreiben lassen. Das Studium des Universums erlaubt es uns, diese zu entdecken, zu verstehen und so Vorhersagen für zukünftige Entwicklungen zu treffen. Auch wenn wir möglicherweise nie alles verstehen werden, so werden wir immerzu angehalten, neue Fragen zu stellen, und lernen dabei beständig dazu. Dies gibt uns Ideen für neue Erklärungen und möglicherweise auch Ansätze für Lösungen von Problemen, die mit der eigentlichen Frage ursprünglich gar nichts zu tun hatten.



ILLUSTRATIONEN: DOMINIKA ROGOCKA, MODUS-MEDIA.DE

ANZEIGE

Studieren mit Zukunft
im Sinn.

Für sichere
& saubere Energie
überall und jederzeit.

Mit dem berufsbegleitenden Masterstudium
Energy Engineering & Management
die Energiewende aktiv mitgestalten.
Mehr über diesen und weitere spannende
Studiengänge: hectorschool.kit.edu/EEM



HECTOR SCHOOL
OF ENGINEERING & MANAGEMENT

KIT
Karlsruhe Institute of Technology

Dr. Benjamin Dörich vom Institut für Angewandte und Numerische Mathematik (IANM) des KIT



FOTO: TANJA MEISSNER

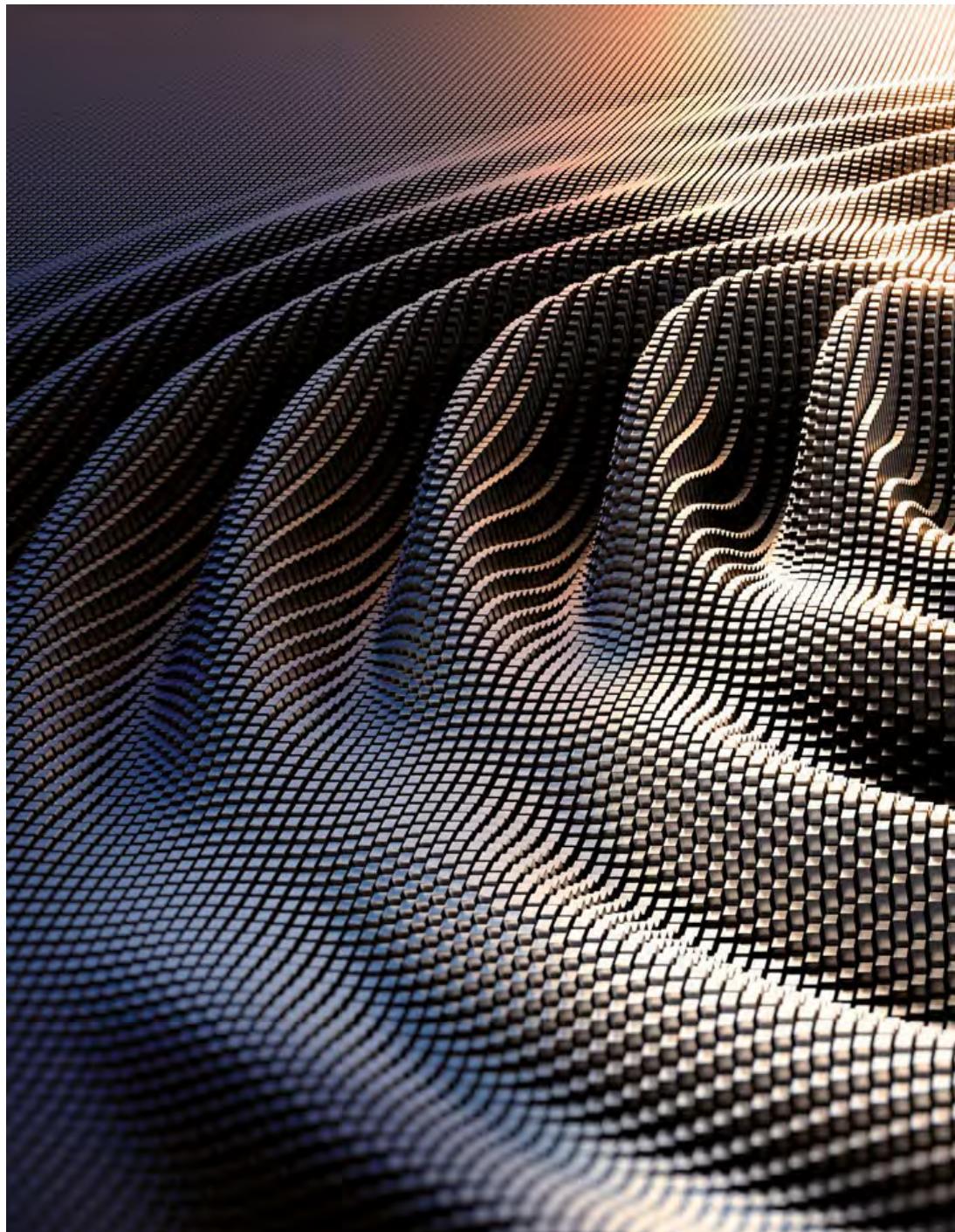
Dr. Benjamin Dörich from KIT's Institute for Applied and Numerical Mathematics (IANM)

Dr. Björn de Rijk vom Institut für Analysis (IANA) des KIT



FOTO: KIRA HEID

Dr. Björn de Rijk from KIT's Institute for Analysis (IANA)



Die Formel hinter der Welle

DER SONDERFORSCHUNGSBEREICH WELLENPHÄNOMENE:
MIT MATHEMATIK DER NATUR AUF DER SPUR

VON CHRISTOPH KARCHER





FOTO: PETERSCHREIBER.MEDIA/STOCK.ADOBE.COM

Wellen faszinieren nicht nur Surferinnen und Surfer, sie ziehen auch manche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in ihren Bann. Allerdings beschränkt sich deren Interesse nicht auf Meereswellen. „Wellen sind überall. Wer sie versteht, versteht die Natur“, sagt Dr. Björn de Rijk vom Institut für Analysis (IANA) des KIT und Nachwuchsgruppenleiter am Sonderforschungsbereich (SFB) Wellenphänomene. Seit fast zehn Jahren beschäftigt sich dort ein interdisziplinäres Team mit Wasser-, Schall-, Druck- und elektromagnetischen Wellen sowie mit abstrakten Phänomenen, die viele Menschen auf den ersten Blick nicht als Welle erkennen

würden. Wellen bestimmen unseren Herzschlag, rasen durch Glasfaserkabel und sogar die Vegetation am Rande von Wüsten zeigt sich auf Satellitenaufnahmen in Form periodischer Wellenmuster. Wellen sind ein grundlegendes physikalisches Phänomen, das in vielen wissenschaftlichen und technologischen Bereichen eine wichtige Rolle spielt.

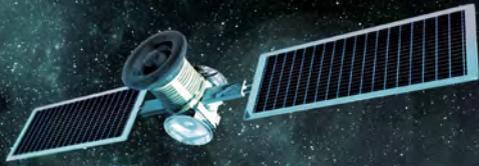
Was ist überhaupt eine Welle?

Das Team am SFB betreibt Grundlagenforschung. De Rijk versucht mit seinen Kolleginnen und Kollegen, das reale Verhalten von Wellen theoretisch abzubilden. Sie analysieren Wellen und simulieren sie numerisch, also

durch Berechnungen. Für eine einfache, allgemeine Definition sind Wellenphänomene zu vielfältig und komplex. De Rijk und Dr. Benjamin Dörich, ebenfalls Nachwuchsgruppenleiter am SFB, versuchen aber eine Annäherung: „Es kommt auf die spezielle Anwendung an“, sagt Dörich. „In der Kommunikation per Radio- oder Lichtwelle kann man sich eine Welle als Informationsträger vorstellen, der sich über Zeit und Raum ausbreitet und dabei nicht einfach abklingt. Ein Wellenberg im Wasser kann ein festes Profil sein, das sich in der Zeit stabil mit einer festen Geschwindigkeit fortbewegt, sich vorwärts schiebt, ohne seine Form zu verändern.“ Es gibt aber einen gemeinsamen Nenner, der für die beiden Mathematiker relevant ist: „Mit einer zeitlichen Veränderung ist auch eine räumliche Veränderung der Welle verbunden“, so de Rijk. „Das können wir für alle Wellen mit partiellen Differentialgleichungen beschreiben. Diese koppeln Veränderungen in Zeit und Raum. Diese Gleichungen sind die Grundlage, mit der wir Wellen mathematisch beschreiben.“

Wichtig für Herzschrittmacher und Brücken

„Wellendynamik tritt typischerweise im Übergangsbereich zwischen stabilen und chaotischen Zuständen auf“, sagt de Rijk. Was dabei passiert, ist für die Wissenschaft interessant, aber auch für technische Anwendungen, vom Herzschrittmacher bis zum Mobilfunk. Eine Aufgabe des SFB ist es, neue numerische Verfahren zu entwickeln sowie vorhandene Methoden zu überprüfen und zu verbessern; zum Beispiel computergestützte



The Formula behind the Wave

The Collaborative Research Center “Wave Phenomena” Decoding Nature’s Secrets through Mathematics

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

“Waves are all around us, understanding their behavior is key to understanding nature,” says Dr. Björn de Rijk from KIT’s Institute for Analysis (IANA), Head of a junior research group at the Collaborative Research Center (CRC) “Wave Phenomena”. For almost ten years, an interdisciplinary team has been conducting research on water, sound, pressure, and electromagnetic waves as well as abstract phenomena that many people would not naturally associate with waves. Waves are fundamental physical phenomena that play a crucial role in science and technology.

The researchers are trying to develop theories and methods that can reproduce the real-world behavior of waves. For this purpose, they analyze wave propagation and simulate it numerically. Wave phenomena are too diverse and complex to be defined generally: “In communication based on radio or light waves, a wave can be thought of as an information carrier that propagates through time and space and does not simply fade away. A water wave can have a fixed profile that propagates with a fixed speed without changing its shape,” says Dr. Benjamin Dörich, also Head of a junior research group at the CRC. But all waves share a common property: “A temporal change is always associated with with a spatial change of the wave,” says de Rijk. “Partial differential equations help us to describe this phenomenon for all types of waves by coupling changes in time and space. Based on these equations, we can describe wave propagation mathematically.”

“Wave dynamics typically occurs in the transition phase between stable and chaotic states,” explains de Rijk. The associated processes are interesting for science, but also for technical applications – from pacemakers to mobile communications. The tasks of the CRC include developing new numerical methods as well as testing and improving existing methods. “Our ultimate goal is to boost our understanding of waves so that we can eventually control them under certain conditions for technical or medical applications,” says Dörich. ■

Die Grundlagenforschung des SFB beschäftigt sich auch mit technischen Anwendungen, wie zum Beispiel dem Mobilfunk oder Satelliten

The CRC’s basic research also addresses technical applications, such as mobile communications or satellites



FOTO: MARKUS BREIG

Als Familienunternehmen sind wir mit über 800 Mitarbeitenden an sieben Standorten in Baden-Württemberg tätig. Unser Leistungsspektrum erstreckt sich vom Tief-, Erd- und Straßenbau über den Ingenieur- und Roh- bis zum Schlüsselfertigbau.

WIR SIND FÜR DICH DER RICHTIGE ARBEITGEBER, WENN:

- dir ein wertschätzendes Miteinander und eine professionelle Zusammenarbeit auf Augenhöhe wichtig sind,
- dir der achtsame Umgang mit deinen eigenen Ressourcen, deinem Team und ebenso den zur Verfügung stehenden Arbeitsmitteln am Herzen liegt,
- du in einem erfolgreichen Umfeld deine Leistung unter Beweis stellen und ziel- und lösungsorientiert zu unserer gemeinsamen Zukunftsfähigkeit beitragen möchtest.

Wir freuen uns auf deine Bewerbung@schleith.de!

STARTE DEINE STORY BEI UNS ALS:

- WERKSTUDENT (M/W/D)
- PRAKTIKANT (M/W/D)
- BACHELORAND (M/W/D)
- MASTERAND (M/W/D)

ODER DIREKT NACH DEINEM STUDIUM ALS:

- JUNIOR BAULEITER (M/W/D)
- TRAINEE (M/W/D) KALKULATION

WALDSHUT-TIENGEN

STEISSLINGEN

RHEINFELDEN

UMKIRCH

ACHERN

MANNHEIM

KARLSRUHE

ANZEIGE

Modelle, mit denen Ingenieurinnen und Ingenieure Schwingungen an Brücken berechnen, ohne teure oder riskante Experimente durchführen zu müssen.

Damit diese Simulationen die Realität möglichst verlässlich abbilden, nimmt Dörich die Algorithmen dahinter mit mathematischer Akribie unter die Lupe und berechnet etwa sogenannte Konvergenzraten, um nachzuweisen, wie viel genauer eine Simulation wird, wenn man beispielsweise das Gitternetz des digitalen Modells verfeinert oder mehr Rechenleistung einsetzt. „Unser Endziel ist es, Wellen irgendwann so gut zu verstehen, dass wir sie unter bestimmten Bedingungen in technischen oder medizinischen Anwendungen steuern können“, so Dörich.

Faszination für Grundlagenforschung

Der SFB bringt Menschen aus den Bereichen Mathematik, Optik und Photonik, biomedizinische Technik und angewandte Geophysik zusammen. „Die fachübergreifende Zusammenarbeit ist ein großer Gewinn“, sagt Dörich. „Typisch ist, dass jemand aus einem anderen Bereich, etwa aus der Elektrotechnik, an uns Mathematikerinnen und Mathematiker eine Frage heranträgt. Zum Beispiel, wie Daten effizienter in Glasfaserkabeln übertragen werden könnten. Wir abstrahieren dann das Problem auf die grundlegenden Eigenschaften, die dafür relevant sind und kommen zu Ergebnissen, die oft auch auf andere Felder übertragbar sind.“ Dabei braucht es Ausdauer und Hartnäckigkeit, bis aus Neugier und einer ersten Fragestellung ein Resultat entsteht.

Die Arbeit am SFB hat für beide Wissenschaftler wenig mit dem Klischee von Mathematikern zu tun, die alleine im stillen Kämmerchen sitzen. „Es ist eigenständiges Nachdenken, aber vor allem intensiver Austausch“, sagt Dörich. „Wir lesen aktuelle Veröffentlichungen, sind auf Tagungen, teilen Ideen mit anderen und lassen uns inspirieren. Am meisten Spaß macht das gemeinsame Tüfteln an der Tafel – mehrere Gehirne schaffen mehr als eins!“

In zehn Jahren viel erreicht

Auch wenn zehn Jahre in der Grundlagenforschung eine kurze Zeit sind, hat das Team des SFB seit der Gründung viel erreicht – sowohl bedeutende wissenschaftliche Ergebnisse als auch in der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Zahlreiche ehemalige Mitarbeitende haben inzwischen feste Positionen an Universitäten außerhalb von Karlsruhe und tragen zu einer weltweiten Verbreitung der Erkenntnisse des SFB bei.

„Grundlagenforschung zu einem so vielschichtigen Phänomen wie Wellenausbreitung ist faszinierend“, so de Rijk. „Das ist eine tiefgehende Arbeit, die Aussagen mit Bestand ermöglicht. Was in der Mathematik einmal bewiesen wurde, gilt für immer. Diese Gewissheit schafft Vertrauen in die Forschung.“ ■

 bjoern.rijk@kit.edu
benjamin.doerich@kit.edu

Heinrich Hertz erbrachte 1887/1888 den Nachweis für elektromagnetische Wellen an der Vorläufereinrichtung des KIT

In 1887/1888, Heinrich Hertz proved the existence of electromagnetic waves at the precursory institution of KIT

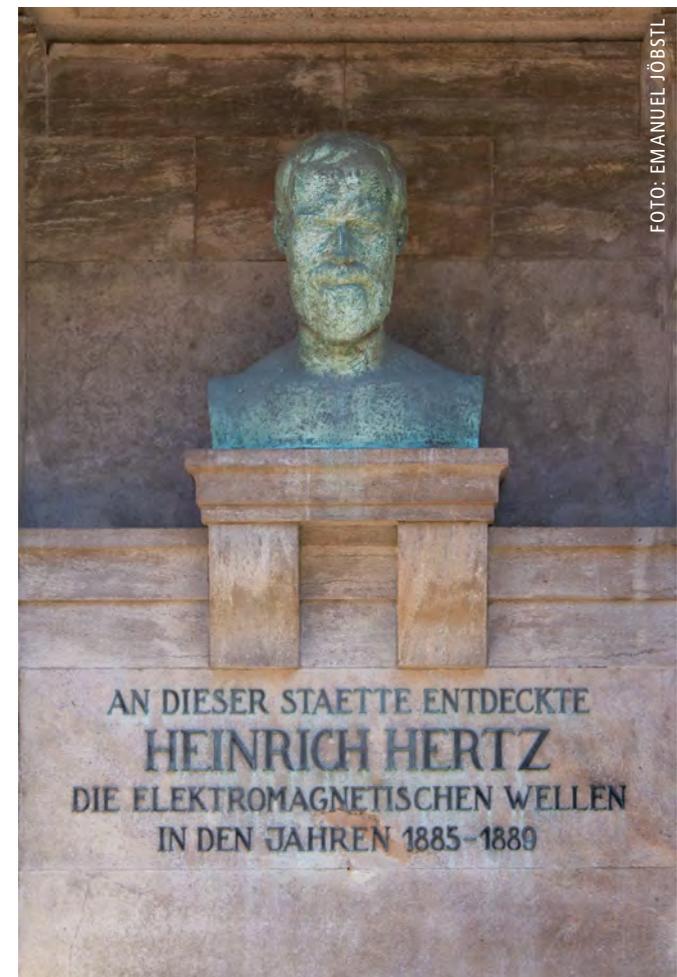


FOTO: EMANUEL JÖBSTL

COMPLEX MYSTERIES: A Challenge for Many Minds



FROM SWITZERLAND TO ARGENTINA TO ANTARCTICA: FUNDAMENTAL RESEARCH BENEFITS FROM VALUABLE KIT CONTRIBUTIONS TO INTERNATIONAL LARGE-SCALE RESEARCH PROJECTS IN PARTICLE AND ASTROPARTICLE PHYSICS

BY AILEEN SEEBAUER // TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN
HUNGER/ALTMANN GBR

Be it dark matter, neutrinos, or cosmic radiation – our universe is still full of mysteries. However, it has been a long time since even the cleverest individual could solve them by working alone. Today, the pooling of resources and expertise is indispensable when unraveling mysteries in fundamental particle physics research. As a research center of the Helmholtz Association and an university of excellence, KIT plays a key role in international cooperation; large-scale research infrastructures enable reliable, strong, and future-oriented collaboration. This includes experiments such as KATRIN at KIT, XENONnT in Italy, Belle-II in Japan, the particle detectors at CERN in Geneva, the Pierre Auger Observatory in Argentina, and the IceCube neutrino telescope at the South Pole.

FOTO: MARKUS BREIG



FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

KATRIN as a Showcase Project for International Cooperation

“The Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment (KATRIN) is a good example of international cooperation,” explains Kathrin Valerius, Professor of Experimental Astroparticle Physics and one of the KATRIN spokespersons. Established at KIT, the project aims to measure the mass of neutrinos with unprecedented precision. “To meet this challenge, KATRIN has secured the combined expertise of around 200 researchers from over 20 institutions in seven countries,” says Valerius. International cooperation in this field is indispensable for several reasons: The development of highly specialized equipment, such as a spectrometer the size of an apartment building and ultra-precise calibration instruments, requires the expertise and workforce of groups dispersed around the globe. Many heads are also needed for analyzing the large amount of data

*Professor Kathrin Valerius
from KIT'S Institute for
Astroparticle Physics (IAP)*

*Professorin Kathrin Valerius
vom Institut für Astroteilchenphysik
(IAP) des KIT*

generated by the experiment and getting the results published.

Challenges in Particle Physics

In particle physics, large collaborations involving several thousand scientists are key to making breakthrough discoveries possible. This was exemplified by the detection of the Higgs boson at the the Large Hadron Collider (LHC) at CERN. “The great number of researchers working on a single project is due to the complexity and size of the challenges,” says Valerius. “We are developing and operating high-performance research facilities,” explains the physicist. “In astroparticle physics, too, we depend on international cooperation to embrace all aspects of an experiment – from planning and setup to the scientific yield. For the future XLZD experiment, which is targeted at the search for dark matter, for example, three collaborations recently joined forces to form a new unit that is striving to realize the planned detector.”

1 Paper – More Than 2,100 Researchers Involved

“International cooperation is also about reconciling different cultures and opinions,” explains Valerius. This resonates with the teams and working groups distributed all over the world. “The average number of authors for a

Control center of the IceCube detector at the South Pole: The pattern and amount of light recorded by the sensors indicate the direction and energy of the particle

Kontrollzentrum des IceCube-Detektors am Südpol: Die Muster und Lichtmenge, die von den Sensoren aufgezeichnet werden, zeigen die Richtung und Energie des Teilchens an

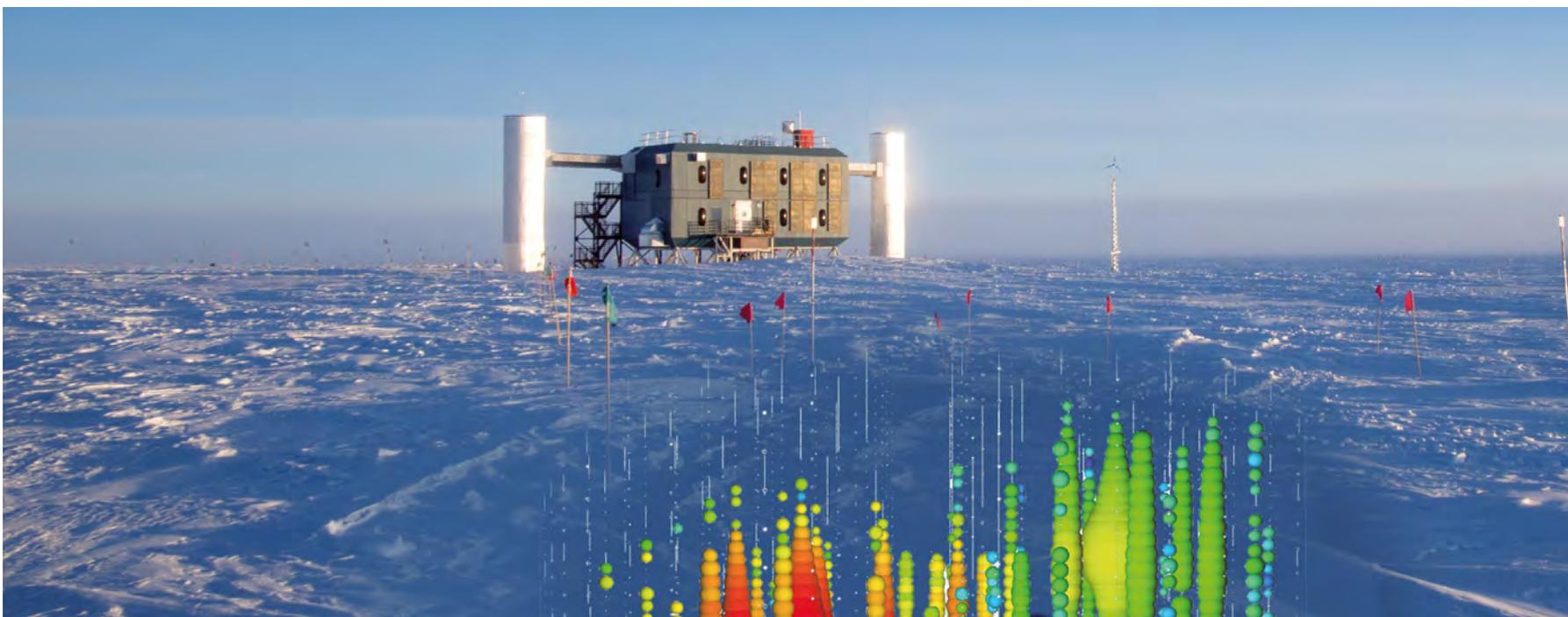




FOTO: MARKUS BREIG

Komplexe Rätsel fordern viele Köpfe

Von der Schweiz über Argentinien bis hin zur Antarktis: In internationalen Großforschungsprojekten in der Teilchen- und Astroteilchenphysik leistet das KIT wertvolle Beiträge zur Grundlagenforschung

Researchers study the mass of neutrinos in the KATRIN experiment
Mit dem KATRIN-Experiment untersuchen Forschende die Masse von Neutrinos

Ob Dunkle Materie, Neutrinos oder kosmische Strahlung – unser Universum steckt noch voller Geheimnisse. Um solche Rätsel in der Grundlagenforschung der Teilchenphysik zu lösen, braucht es gebündelte Ressourcen und Kompetenzen. Als Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft und als Exzellenzuniversität hat das KIT in der internationalen Zusammenarbeit eine Schlüsselposition: Großforschungsinfrastrukturen bieten Raum für starke und zukunftsfähige internationale Kooperationen. Dazu zählen zum Beispiel Experimente wie KATRIN am KIT, XENONnT in Italien, Belle-II in Japan, die Teilchendetektoren am CERN in Genf, das Pierre-Auger-Observatorium in Argentinien sowie das Neutrinoteleskop IceCube am Südpol.

So arbeitet das Karlsruher Tritium Neutrino Experiment (KATRIN) daran, die Masse von Neutrinos mit bisher unerreichter Präzision zu bestimmen. „Um diese Herausforderung zu bewältigen, bringt KATRIN rund 200 Forschende aus über 20 Institutionen in sieben Ländern zusammen“, erklärt Co-Sprecherin Kathrin Valerius, Professorin für experimentelle Astroteilchenphysik. Es brauche die Expertise und Arbeitskraft aller, um hoch spezialisierte Geräte wie das mehrfamilienhausgroße Spektrometer zu entwickeln, die Daten zu analysieren oder Resultate zu veröffentlichen.

Kollaborationen mit mehreren Tausend Mitgliedern hätten in der Teilchenphysik erst bahnbrechende Entdeckungen wie die des Higgs-Teilchens ermöglicht, so die Physikerin. Oft könnten nur so alle Bereiche eines Experiments abgedeckt werden, von der Planung bis zur wissenschaftlichen Ernte. „Und es geht auch darum, unterschiedliche Kulturen und Meinungen zusammenzuführen.“ So könnten an einem Paper des Large Hadron Collider (LHC) am CERN im Schnitt etwa 2 100 Autorinnen und Autoren beteiligt sein.

Experimente wie IceCube oder das Pierre-Auger-Observatorium könnten sogar richtige Abenteuer und wertvolle Erfahrungen für junge Forschende bringen – und vielleicht eine Reise an den Südpol, sagt Valerius. „Die Rätsel des Universums haben keine Ein-Personen-Lösung. Wir arbeiten über Grenzen und Ozeane hinweg. So kommen wir den fundamentalen Fragen des Kosmos immer näher.“ ■

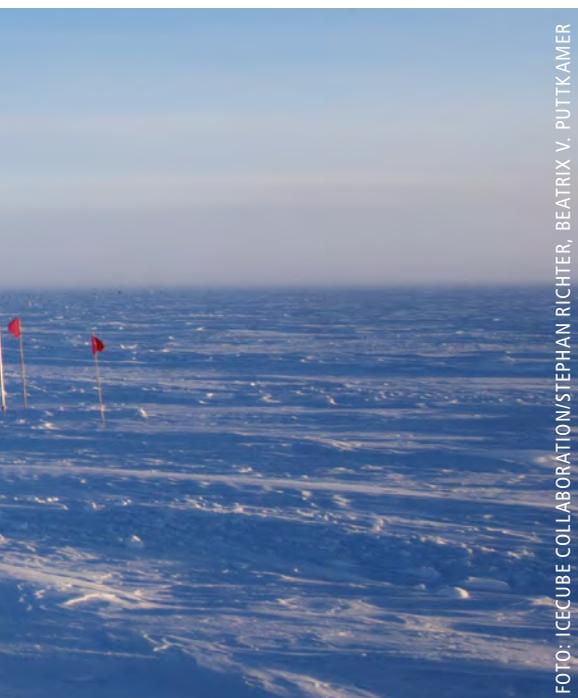


FOTO: ICECUBE COLLABORATION/STEPHAN RICHTER, BEATRIX V. PUTTKAMER

Digital optical modules (DOMs) are installed deep in the ice in the IceCube experiment. They detect Cherenkov radiation produced when a neutrino interacts with the ice

Digitale optische Module (DOMs) sind beim IceCube-Experiment tief im Eis angebracht und spüren Cherenkov-Strahlung auf, die bei der Wechselwirkung eines Neutrinos im Eis entsteht



FOTO: MAGALI HAUSER



FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

The Large Hadron Collider (LHC) at CERN in Geneva is the largest and most powerful particle accelerator in the world

Der Large Hadron Collider (LHC) am CERN in Genf ist der größte und leistungsstärkste Teilchenbeschleuniger der Welt

paper written by the CMS collaboration working on the LHC is around 2 100. To get this done properly, excellent organization and efficient communication are musts," the physicist says. The CMS team at KIT is currently preparing a detector upgrade to be completed by 2028. "While this may seem a long way off, the operations in the international setting have to complement each other perfectly – a huge task for the upgrade coordinator, who spends most of his working time at CERN," adds Valerius. "This is a special feature of major international projects such as the experiments at CERN, KATRIN, or (in the future) XLZD: You not only have to think as a researcher, but also as a manager with a coordinating function."

Working Abroad – an Adventure for Young Scientists

"With its involvement in experiments such as IceCube or the Pierre Auger Observatory, KIT offers true adventures in fundamental particle physics research," says Valerius. Young researchers can travel to Argentina or Japan to work on the detector setup or for measurements; From time to time, they even get the chance to conduct their research at the South



FOTO: CERN

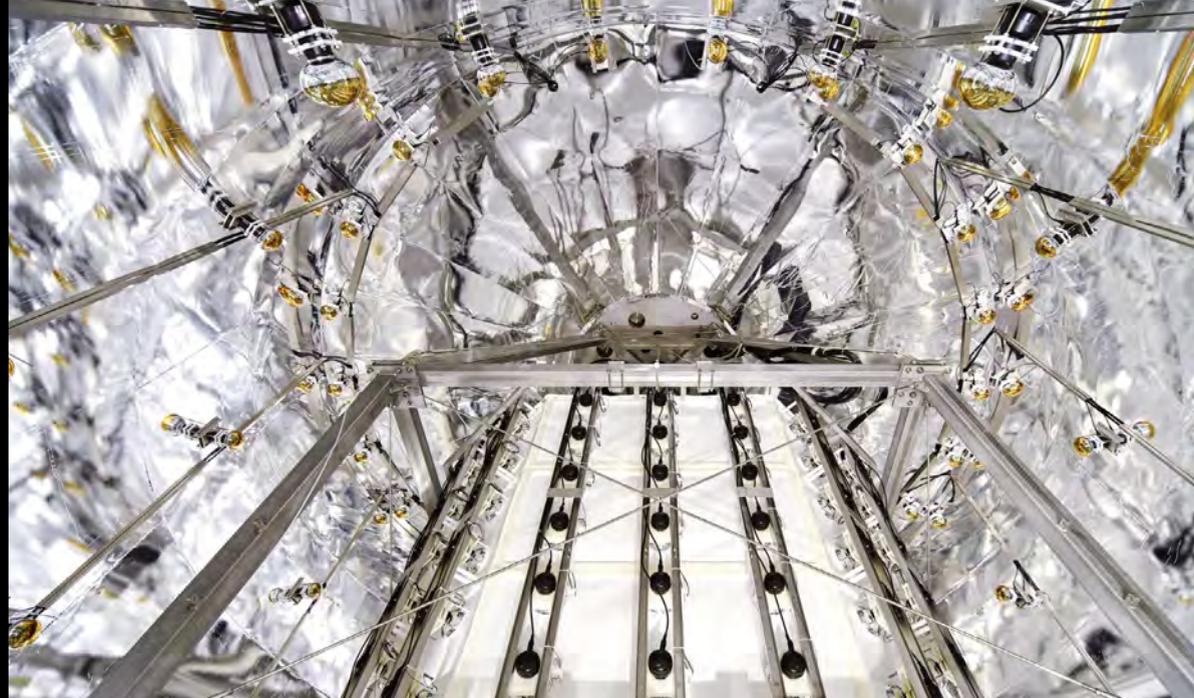
Pole. What is more, KIT offers on-site research stays for international students and doctoral researchers who, for example, take part in the KATRIN experiment. "The young researchers who come together in our international projects benefit from the valuable experience gained in these collaborations for their future career. The diversity of research teams is one of the strong points that characterizes particle and astroparticle physics at KIT."

"A Single Person Is not Able to Solve the Mysteries of the Universe"

"Fundamental research in particle physics has recently made significant progress, just to name the discovery of the Higgs boson as an

example. All of this is only possible by pooling resources and expertise from many countries," states Valerius. "A single person is not able to solve the mysteries of the universe. It is thanks to international cooperation that we can conduct the kind of research we are doing now. Our work extends across borders, and even oceans. This allows us to come closer to solving the fundamental questions of the cosmos." ■

@ kathrin.valerius@kit.edu



WAS IST DUNKLE MATERIE?

VON REGINA LINK // TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR // PORTRAIT: LISA JUNGHEIM, FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

Eigentlich müsste das Universum auseinanderfliegen. Unser Sonnensystem, wir alle sollten nicht existieren, denn am Anfang war der Urknall, dessen Energie Materie stetig auseinandertreibt. „Wenn die Dunkle Materie nicht existierte, hätten die Komponenten, aus denen wir bestehen, nicht zusammenkommen können – von den Planeten über die Atmosphäre bis zur

Entstehung von Organismen auf der Erde. Es gibt absolut keinen Weg, das sonst zu erklären“, sagt Dr. Yanina Biondi vom Institut für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT.

Ein Etwas, das Anziehung ausübt und Massen verlangsamt, quasi ein „Weltallkleber“, kann das erklären. Dunkle Materie ist streng genommen gar nicht dun-

kel, sondern unsichtbar, denn sie reagiert nicht auf Licht. Weder spiegelt sie es, noch nimmt sie es auf, noch lässt sie es passieren. Sie besteht vermutlich aus ungeladenen Elementarteilchen mit gänzlich neuen Eigenschaften. Dunkle Materie umhüllt Galaxien wie ein unsichtbarer Mantel. Dass sie 85 Prozent der im Universum vorhandenen Masse ausmacht, können Forschende nur aus Gravitationseffekten herleiten, die sich anders nicht erklären lassen. Eine Methode sie zu entdecken, ist der „Partikel-Crashtest“: Stießen die unbekanntenen Teilchen mit Atomkernen bekannter Teilchen zusammen, hinterließen sie winzige Spuren – kleine Lichtblitze, die Detektoren aufnehmen können. Genau diese Energiefunken will das internationale XENONnT-Experiment finden, an dem das KIT beteiligt ist.

Abgeschirmt vor Störstrahlung wartet tief unter dem Gran-Sasso-Massiv in Italien ein Tank mit sechs Tonnen flüssigem Xenon auf Zusammenstöße. Yanina Biondi arbeitet an Detektoren, die das Resultat des Partikel-Crashes messen. Im Folgeprojekt XLZD wird das Tankvolumen verzehnfacht werden, um die Treffer-Wahrscheinlichkeit zu erhöhen. „Ich hoffe, dass wir in den nächsten 15 Jahren fündig werden“, so Biondi. Dass Beweise für die Dunkle Materie noch ausstehen, frustriert die Physikerin nicht: „Es ist gut, dass wir in einer Zeit leben, in der noch nicht alles bekannt ist, sonst wäre das sehr langweilig.“ ■

WHAT IS DARK MATTER?

Actually, the universe should disintegrate in all directions – our solar system and all of us should not exist because, in the beginning, there was the Big Bang, whose energy is constantly driving matter apart. “If Dark Matter did not exist, the components that make us up could not have come together – from the planets and the atmosphere up to the formation of organisms on Earth. There is absolutely no other way to explain it,” says Dr. Yanina Biondi from the Institute for Astroparticle Physics (IAP) at KIT.

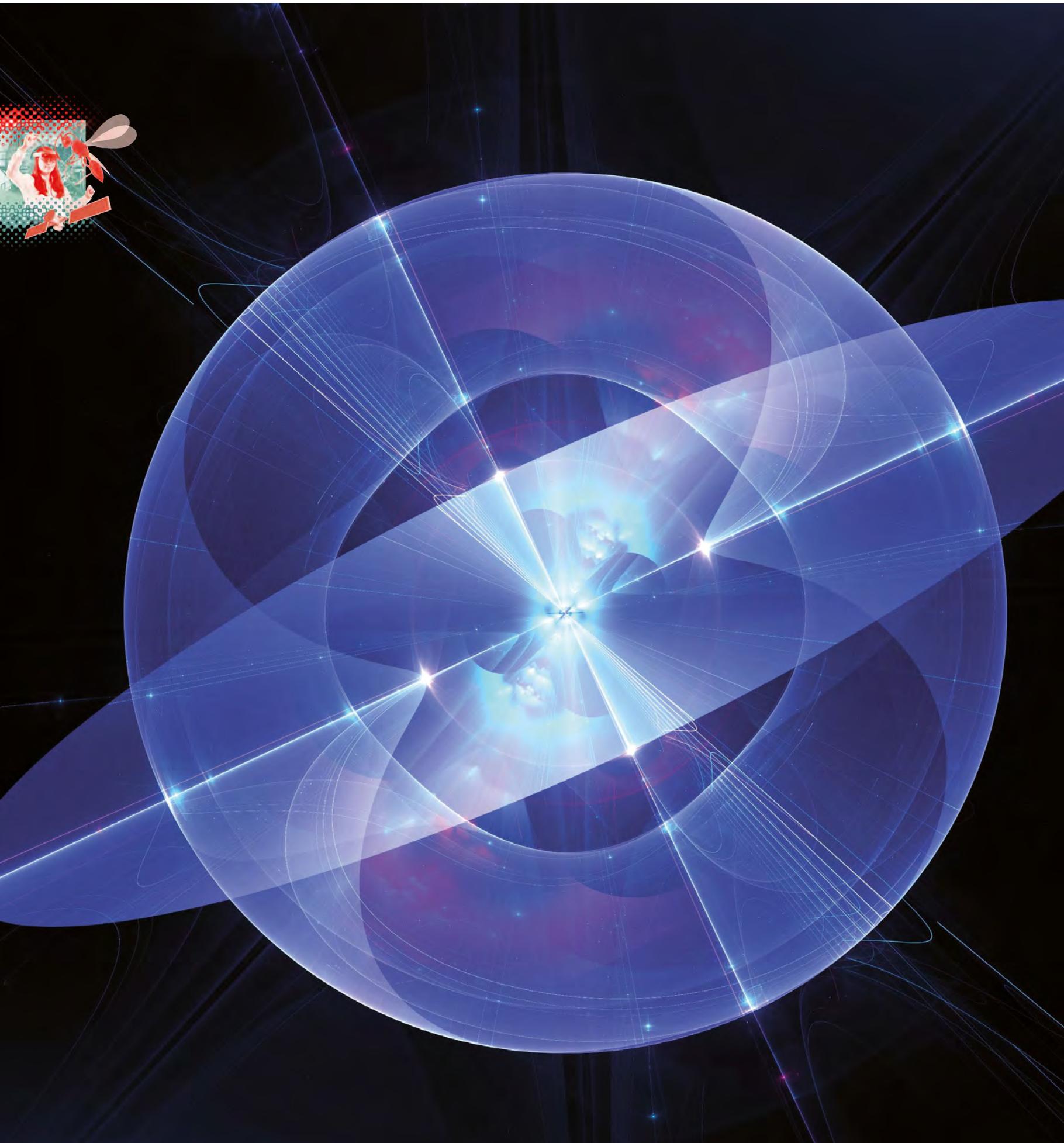
Something that exerts attraction and slows down masses, some kind of “space glue”, is the answer. Strictly speaking, Dark Matter is not dark at all, but invisible, because it does not react to light, neither reflecting it, nor absorbing it, nor allowing it to pass through. It probably consists of uncharged elementary particles with completely new properties. Dark Matter envelops galaxies like an invisible cloak. While it makes up 85 percent of all the mass in the universe, this fact could only be deduced by researchers from otherwise inexplicable gravitational effects. One method of discovering Dark Matter is the “particle crash test”: If the unknown particles collide with the atomic nuclei of known particles, there are tiny traces, i.e. small flashes of light that can be picked up by detectors. It is precisely these energy sparks that the international XENONnT experiment, in which KIT is involved, aims to find.

Shielded from interference radiation, a tank containing six tons of liquid xenon is waiting for collisions deep beneath the Gran Sasso massif in Italy. Yanina Biondi works on detectors that measure the result of the particle collisions. In the XLZD follow-up project, the tank volume will be increased tenfold in order to increase the probability of a hit. “I hope that we will find something in the next 15 years,” says Biondi. The fact that there is still no evidence of Dark Matter does not bother the physicist: “It’s good that we live in a time where not everything is known yet, otherwise it would be very boring.” ■

@ yanina.biondi@kit.edu

AUF EINE FRAGE 





„Das wird unser **Leben** verändern“

WIE DIE INITIATIVE „CHEM4QUANT“ DEN WEG FÜR
ZUKÜNFTIGE QUANTENTECHNOLOGIEN EBENEN WILL

VON DR. SIBYLLE ORGELDINGER

Computer mit gigantischer Rechenleistung, Sensoren von höchster Empfindlichkeit, Kommunikation nach strengsten Sicherheitsstandards, Simulationen von bisher unerreichter Komplexität und Genauigkeit: Quantenphänomene versprechen eine ganz neue Generation von Technologien. Wie Forschende des KIT, der Universität Ulm und der Universität Stuttgart in ihrer gemeinsamen Initiative Chem4Quant hochpräzise Materialstrukturen für zukünftige Quantentechnologien aufbauen wollen, erklärt der Sprecher der Initiative, Professor Mario Ruben vom KIT.

lookKIT: Das KIT und seine Partner haben mit der Initiative Chem4Quant das Finale der Förderlinie „Exzellenzcluster“ in der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder erreicht. Welchen Ansatz verfolgen Sie?

Professor Mario Ruben: Wir gehen vom Kleinen zum Großen – von Atomen über Moleküle zu Materialien. Dieser Bottom-up-Ansatz kommt aus der Chemie und unterscheidet sich fundamental von den bisher in der Quantentechnologie verfolgten Top-down-Ansätzen. Er ermöglicht uns, atomgenaue Materialstrukturen herzustellen, ihre Quanteneigen-

schaften präzise zu planen und Quantenbits in elektrischen oder photonischen Bauteilen genau da zu positionieren, wo wir sie haben wollen – und das mit einer Präzision unterhalb der Nanometerebene. Dieses hohe Maß an Kontrolle ist entscheidend dafür, dass Quantentechnologien letztendlich nutzbar gemacht werden können. Zusammenfassend gesagt: Chem4Quant kombiniert synthetische Chemie mit Quantenphysik.

Welche Möglichkeiten würde die Förderung als Exzellenzcluster eröffnen?

Der Exzellenzcluster würde ab Januar 2026 für sieben Jahre mit hohen Beträgen gefördert. Mit den Universitäten Ulm und Stuttgart verfügen wir über erfahrene Partner, die bereits erfolgreich Quantensensoren entwickelt haben. Das Nutzbarmachen von Quantenphänomenen mithilfe von Quantentechnologien eröffnet einzigartige Chancen in vielen zukunftssträchtigen Bereichen wie Hochleistungsrechnen, Messtechnik, Bildgebung, Kommunikation, Medizin- und Umwelttechnik. Jetzt ist der passende Moment, diese Chancen für Forschung und Industrie am Standort Deutschland und besonders in Baden-Württemberg zu nutzen. Wir am KIT verfolgen als eine von wenigen Forschungseinrichtungen



FOTO: MARKUS BREIG

Professor Mario Ruben ist Leiter der Forschungsgruppe „Molekulare Quantensysteme“ am Institut für QuantenMaterialien und Technologien (IQMT) und am Institut für Nanotechnologie (INT) des KIT sowie Sprecher von Chem4Quant

Professor Mario Ruben heads the research group “Molecular Quantum Systems” at KIT’s Institute for Quantum Materials and Technologies (IQMT) and Institute of Nanotechnology (INT). He also is spokesperson of Chem4Quant

weltweit einen Bottom-up-Ansatz in den Quantenwissenschaften, und das schon seit rund 15 Jahren.

Was ist unter Quantenphänomenen zu verstehen?

Dieser Begriff bezieht sich auf Erscheinungen, die sich durch Theorien der klassischen Physik nicht erklären lassen. Dazu gehört beispielsweise der Welle-Teilchen-Dualismus: Objekte der Quantenphysik weisen Eigenschaften von klassischen Wellen und zugleich Eigenschaften von klassischen Teilchen auf. Ein anderes Beispiel: Quantenteilchen scheinen aufgrund ihres Wellencharakters an mehreren Orten gleichzeitig zu sein. Sind Quantenteilchen miteinander verschränkt, bleibt die Verschränkung auch bei räumlicher Trennung bestehen. Diese Quantenphänomene sind höchst empfindlich und zerfallen durch Wechselwirkung mit der Umgebung leicht wieder. Um die Quanteneigenschaften nutzbar zu machen,

müssen wir ihre kohärenten Zustände vor Einflüssen aus der Umgebung schützen. Meine Forschungsgruppe am IQMT des KIT entwickelt auf der Basis von Europium, das zu den Lanthaniden gehört, atomgenaue Materialstrukturen mit präzise einstellbaren Quanteneigenschaften. Da sich Europium mit Licht ansteuern lässt, können wir so optisch adressierbare Qubits verwirklichen.

Was ist ein Qubit?

Qubit steht für Quantenbit, die kleinste Recheneinheit eines Quantencomputers. Dank einer speziellen Quanteneigenschaft, der Quantensuperposition, kann es sich gleichzeitig in vielen verschiedenen Zuständen zwischen 0 und 1 befinden. Wir sprechen von Überlagerungszuständen. Daher können Quantencomputer Daten massiv parallel prozessieren und ihre Rechenleistung gegenüber digitalen Computern, die nur mit 0 und 1 rechnen, steigt exponentiell.

Lanthanide, insbesondere Europium, haben außergewöhnliche magnetische und optische Eigenschaften, die in der Quantenforschung genutzt werden

Lanthanides, in particular europium, have extraordinary magnetic and optical properties that are used in quantum research

Welche weiteren Anwendungen, neben Quantencomputing, lassen sich mithilfe von Quantenphänomenen verwirklichen? Quantensensoren mit Abmessungen im Nanometerbereich versprechen Fortschritte in der Umwelt- und der Materialtechnik. Sie funktionieren nach einem einfachen Prinzip: Wenn der empfindliche kohärente Zustand durch eine Interaktion mit der Umwelt zerfällt, hat der Sensor etwas detektiert. Eine weitere Anwendung ist die Quantenkommunikation: Sie nutzt Quanteneigenschaften, genauer gesagt verschränkte Photonen, zur Kryptografie. Sobald jemand versucht, die Informationen zu entschlüsseln, zerfällt die Verschränkung und die Kommunikation bricht ab. Wir testen diese Form der Kommunikation am KIT mit einem Glasfaserkabel zwischen dem Campus Nord und dem Campus Süd, das noch in diesem Jahr verlegt wird. Schließlich gibt es noch eine vierte Anwendung – die Quantensimulation. Sie setzt Quantensysteme ein, um die Eigenschaften von realen Materialsystemen zu erforschen. Wann genau alle diese Anwendungen marktreif entwickelt sein werden, lässt sich natürlich nicht vorher-sagen.

Zum Abschluss eine persönliche Frage: Was motiviert Sie zur Forschung auf einem derart herausfordernden Gebiet?

Meine natürliche Neugier. Ich bin ausgebildeter Chemiker, finde es aber äußerst faszinierend, an der Schnittstelle zwischen Chemie und Physik zu arbeiten. Die ersten Quanteneffekte wurden vor mehr als 100 Jahren entdeckt. Das war die erste Quantenrevolution. Vor rund 20 Jahren begann die zweite Quantenrevolution: Wir versuchen nun, Quantenphänomene aktiv nutzbar zu machen, indem wir sie isolieren, kontrollieren und die im Quantensystem prozessierte Information auf die makroskopische Welt übertragen. Das wird unser Leben verändern. Daran teilzuhaben, begeistert mich und treibt mich immer wieder aufs Neue an. ■

@ mario.ruben@kit.edu

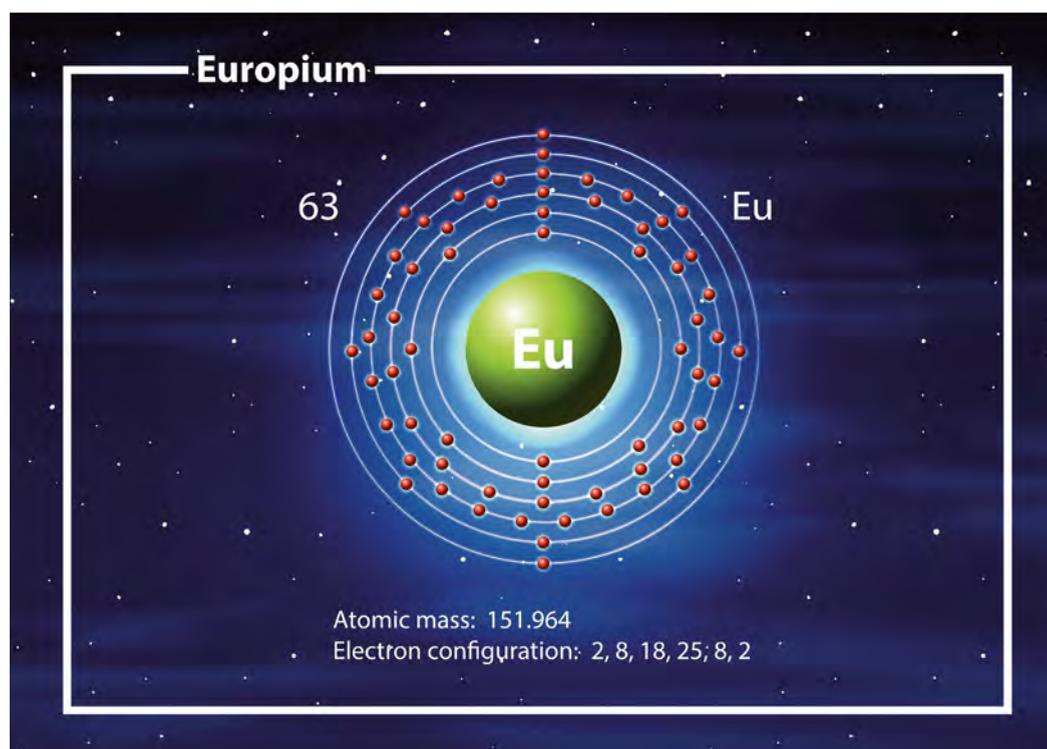


FOTO: PANTHERMEDIA/MATTHEW COLE

“This Will Change Our Lives”

“Chem4Quant” Initiative to Pave the Way for Future Quantum Technologies

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

Computers with enormous computing power, sensors with extreme sensitivity, communication according to the strictest security standards, simulations of unparalleled complexity and accuracy: Thanks to quantum phenomena, a new generation of technologies will emerge. Chem4Quant is an initiative under which researchers from KIT and the universities of Ulm and Stuttgart want to develop high-precision material structures for future quantum technologies. The research consortium has reached the final stage in “Cluster of Excellence” funding competition launched by the German federal and state governments.

Professor Mario Ruben, spokesperson for the initiative from the Institute for Quantum Materials and Technologies (IQMT) and the Institute of Nanotechnology (INT) at KIT, explains that Chem4Quant combines synthetic chemistry with quantum physics. Unlike previous top-down approaches in quantum technology, this initiative uses a bottom-up approach from chemistry. “We go from small to large – from atoms to molecules to materials.” KIT has been pursuing this approach for 15 years as one of only a few research institutions worldwide.

The objective is to produce material structures with an accuracy at the atomic level whose quantum properties are precisely plannable, as well as quantum bits that can be positioned accurately in electrical or photonic components. Quantum bits, also called qubits, are the basic computational unit of a quantum computer. A quantum bit can assume different states between 0 and 1 at the same time. This is the reason why quantum computers that process data in parallel are expected to exhibit exponentially increasing computing power compared to digital computers.

Other applications are quantum sensors for environmental and materials engineering, quantum simulations for real material systems, and quantum communication: “It uses quantum properties, entangled photons, for cryptography. As soon as someone tries to decipher the information, the entanglement collapses and the communication breaks down,” says Ruben. We will test this form of communication at KIT using a fiber-optic cable between Campus North and Campus South, which will be routed yet this year.” ■



Vielfalt neu entdeckt

WIE AUTOMATISIERUNG
UNSER WISSEN ÜBER
DIE BIODIVERSITÄT
REVOLUTIONIERT

VON DR. MARTIN HEIDELBERGER

Viele kennen es von Smartphone-Apps – mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI) lassen sich heute Krabbeltiere auf Knopfdruck bestimmen. „So ähnlich funktioniert auch die Insektenerkennung mit unserem Diversity Scanner“, erklärt Professor Christian Pylatiuk vom Institut für Automation und angewandte Informatik (IAI) des KIT und tätschelt ein Rack auf seinem Schreibtisch, das mit Kabeln, Optiken und reichlich robotischer Kinematik bestückt ist. „Aber wie man leicht erkennen kann, hören die Gemeinsamkeiten damit auch schon wieder auf.“

Der Diversity Scanner arbeitet mit hochauflösenden Fotos, die beim Trainieren der KI mit eindeutigen DNA-Markern verknüpft wurden, weshalb die Technologie aus dem KIT so gut wie keine Fehler macht. Zudem verfügt der Scanner über robotische Funktionalität: In

Serie geschaltet, kann die Hardware gleichzeitig Tausende von Individuen vollautomatisch bestimmen. „In der Biodiversitätsforschung ist es damit erstmals möglich, die Entwicklung ganzer Populationen quantitativ zu verfolgen, ihre Interaktionen über die Zeit zu beobachten oder im Detail zu untersuchen, wie sie auf den Klimawandel reagieren.“

Nebenbei sorgt der Diversity Scanner auch für neue Entdeckungen: „Das ist schon mehrfach passiert, wenn unsere Forschungspartner vom Berliner Naturkundemuseum ihre Proben auswerten“, berichtet Pylatiuk. Im ersten Schritt werden dabei in Ethanol konservierte Insekten aus wissenschaftlichen Fallen auf einen beleuchteten Träger geschüttet und verteilt. Anschließend lokalisiert, fotografiert, vermisst und klassifiziert der Scanner jedes Exemplar und pipettiert es danach, weiter vollautomatisch, in vorbereitete Röhrchen. Der Diversity





FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

Im Levitator erzeugen stehende Ultraschallwellen ein steuerbares Feld, wodurch die Wespe schwebt. Mit einem Virtual-Reality-Headset betrachtet und steuert Nathalie Klug den digitalen Zwilling der Wespe

In the levitator, standing ultrasonic waves generate a controllable field, causing the wasp to levitate. Nathalie Klug uses a virtual reality headset to examine and control the wasp's digital twin

Scanner kann dann feststellen, ob es sich um ein Insekt handelt, das zu den 70 am häufigsten vorkommenden Insektenarten in Deutschland gehört oder nicht – auch bei ganz kleinen Insekten unter 0,3 Zentimetern. Eine anschließende DNA-Untersuchung stellt dann fest, ob es sich um eine bisher unentdeckte Art handelt. „Forschende gehen davon aus, dass aktuell nur 10 Prozent der in Deutschland vorkommenden Insektenarten bekannt sind“, sagt Pylatiuk. „Die anderen 90 Prozent, die herumfliegen und herumkrabbeln – da weiß kein Mensch, was das eigentlich ist. Man spricht auch von Dark Taxa.“ Dank der Automatisierung in der Naturforschung werden diese nun erstmals systematisch untersucht.

Von Zebrafischen, dem CERN und Levitatoren

Die Geschichte des Diversity Scanners aus Karlsruhe beginnt 2012 mit Zebrafischen, ge-

nauer gesagt mit deren Eiern. Gemeinsam mit Zellbiologinnen und Zellbiologen des KIT entwickelte Christian Pylatiuk automatisierte Technologien, um diese zu sortieren und zu untersuchen. Das wiederum erregte Aufmerksamkeit in Berlin: „Die Kolleginnen und Kollegen dachten sich: Was das KIT mit winzigen Eiern hinbekommt, das könnten die doch auch mit Insekten schaffen“, so Pylatiuk. Ab 2020 arbeitete das KIT dann gemeinsam mit einer Arbeitsgruppe um Professor Rudolf Meier aus dem Museum für Naturkunde – Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung an Automatisierungslösungen für die Naturforschung. 2024 kam mit dem europäischen Kernforschungszentrum CERN noch ein weiterer prominenter Kooperationspartner hinzu. Gefragt war die Expertise der Teilchenforschung im Umgang mit großen Datensätzen. Heute ist der Diversity Scanner in dieselbe Dateninfrastruktur integriert, die

Es begann mit Zebrafischen: Ziel war es, die Eier der Zebrafische automatisiert zu untersuchen und zu sortieren. Das machte das Berliner Naturkundemuseum aufmerksam

It started with zebrafish: The aim was to automatically examine and sort the eggs of zebrafish. This attracted the attention of the Berlin Museum of Natural History

auch für die Datenflut aus Beschleunigerexperimenten verwendet wird.

Doch damit ist die Geschichte des Diversity Scanners noch nicht abgeschlossen: Im Büro nebenan untersucht Nathalie Klug (IAI) einen winzigen Käfer. Sie wirbelt ihn durch die Luft, legt ihn auf den Panzer und zieht ihn zu monströser Größe. „So hat man den besten Blick auf die Haare an den Füßen“, erklärt die Doktorandin und vergrößert die Käferfüße noch weiter. Allerdings nutzt sie keine Lupe oder Mikroskop, sondern ein Virtual-Reality-Headset, und sie betrachtet auch keinen echten Käfer, sondern ein virtuelles Modell: „Dank digitaler Zwillinge muss heute niemand mehr mit aufgespießten Insekten hantieren.“ Der echte Käfer schwebt derweil in einer kleinen Kiste, dem sogenannten Levitator, und dreht sich gravitatisch im Kreis. Möglich machen das stehende Ultraschallwellen, die ein steuerbares Feld erzeugen. Klug entwickelt den Levitator, um möglichst hochaufgelöste und vollständige 3D-Modelle der Insekten zu erzeugen. Rund um den Diversity Scanner entsteht aus solchen Projekten gerade eine ganze Gerätefamilie, immer mehr Hardware mit neuen Fähigkeiten kommt hinzu. Zurzeit arbeitet das Team von Pylatiuk etwa auch an einem Scanner, mit dem winziges Plankton in Meerwasserproben vollautomatisch bestimmt werden kann.

Diversity Rediscovered

How Automation Is Revolutionizing Our Knowledge of Biodiversity

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

Many smartphone app users are already familiar with the technology: With the help of artificial intelligence (AI), crawling animals can be identified at the touch of a button. “This is similar to identifying insects with our Diversity Scanner,” explains Professor Christian Pylatiuk from KIT’s Institute for Automation and Applied Informatics (IAI). The Diversity Scanner uses high-resolution photos that are linked to unique DNA markers during the AI training phase. Moreover, the scanner is coupled to robots: The hardware is connected in series so it can simultaneously identify thousands of specimens in a fully automatic way. “For the first time in biodiversity research, it is now possible to quantitatively track the development of entire populations, observe their interactions over time, or investigate in detail how they react to climate change.”

Insects preserved in ethanol are poured onto and dispersed over an illuminated carrier. The scanner then localizes, photographs, measures, and classifies each specimen and, still working fully automatically, pipettes it into a prepared tube. Along the way, the Diversity Scanner enables new discoveries. Researchers assume that they still know only 10 percent of the insect species that are native in Germany, the other 90 percent are unknown. Thanks to automation in wildlife research, they are now being investigated for the first time in a systematic way.

CERN (European Organization for Nuclear Research) joined the Berlin Naturkundemuseum (Natural History Museum) in 2024 as a collaborative partner. CERN is contributing their renowned expertise in handling large data sets. Today, the Diversity Scanner is integrated into the same data infrastructure that also processes the flood of physics data from accelerator experiments.

Nathalie Klug, also from the IAI, is a member of Pylatiuk’s team. She is developing the Levitator, which will be used to generate complete 3D models of the insects with the highest possible resolution. These models can then be viewed using a virtual reality headset. “Just as engineers once built the Hubble Space Telescope, which provided astronomy with breathtaking images of the universe, making aspects of basic research and many discoveries possible in the first place, new technologies are now revolutionizing our understanding of nature,” says Pylatiuk. ■

Hubble-Moment für die Biodiversitätsforschung

Es ist die Kombination aus fortgeschrittener Automatisierung, Genetik, KI und Big Data, die heute ein neues Zeitalter der Entdeckungen in der Naturkunde und Biodiversitätsforschung einleitet und ganz neue Fragestellungen ermöglicht. Der Fortschritt in der Wissenschaft vollzieht sich oft in solchen Schüben, bei denen sich Technologie und Entdeckung gegenseitig bedingen, meint Pylatiuk: „So wie Ingenieurinnen und Ingenieure einst das Hubble-Weltraumteleskop gebaut haben, das der Astronomie atemberaubende Bilder des Universums lieferte und Aspekte der Grundlagenforschung sowie viele Entdeckungen erst möglich machte, so revolutionieren neue Technologien gerade unser Verständnis der Natur.“ ■



Professor Christian Pylatiuk und Nathalie Klug vom Institut für Automation und angewandte Informatik (IAI) des KIT

Professor Christian Pylatiuk and Nathalie Klug from KIT's Institute for Automation and Applied Informatics (IAI)

@ pylatiuk@kit.edu
nathalie.klug@kit.edu

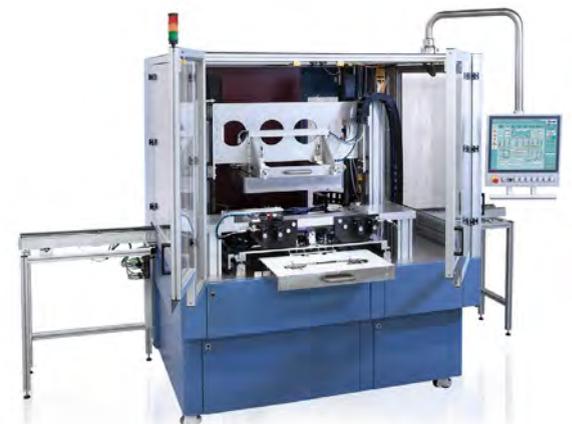
ANZEIGE

Die Firma LIWO (Lippok & Wolf GmbH) gehört zu den führenden Anbietern von Dicht- und Funktionsprüfanlagen. Sowohl klassische Helium- und Delta-P-Prüfmaschinen als auch Funktionsprüfstände für beispielsweise elektrische Bauteile werden hergestellt.

Als Technologieführer für integrierte Systemlösungen in unterschiedlichsten Märkten der Prüfautomation bietet LIWO ein umfassendes Leistungsspektrum. Ständige Investitionen in Forschung und Entwicklung stärken einen kompromisslosen Qualitätsanspruch, von dem inzwischen Kunden in ganz Europa, Amerika sowie Asien profitieren. Langjährige Partnerschaften und ein umfassendes Netzwerk an Automatisierungspartnern sichern auch zukünftig den Erfolg von LIWO.

Durch das breit aufgestellte Portfolio unterschiedlichster Prüftechnologien und einem hohen Anteil an Eigenfertigung bietet LIWO seinen Kunden passende Lösungen für Prüfprozesse und Prüfautomatisierungen. Daneben zeichnet sich LIWO durch ausgesprochen gute Qualität und engagierte, hoch qualifizierte Mitarbeiter aus. 1976 gegründet, ist Lippok & Wolf in Welzheim, im östlichen Großraum Stuttgarts, ansässig und mit über 40 fest angestellten Mitarbeitern auf rund 2.000 m² Unternehmensfläche für seine Kunden im Einsatz.

LIWO
PRÜFAUTOMATION



LIWO Helium Prüfanlage zur Dichtheitsprüfung von Bipolarplatten für Wasserstoff Brennstoffzellen.

Weitere Informationen

www.liwo.de



Der **Zellkern** als Vorbild für **Mikrochips** der Zukunft?



WIE DNA-BASIERTE INFORMATIONSSYSTEME DIE BIOMEDIZIN VERÄNDERN SOLLEN

VON HEIKE MARBURGER

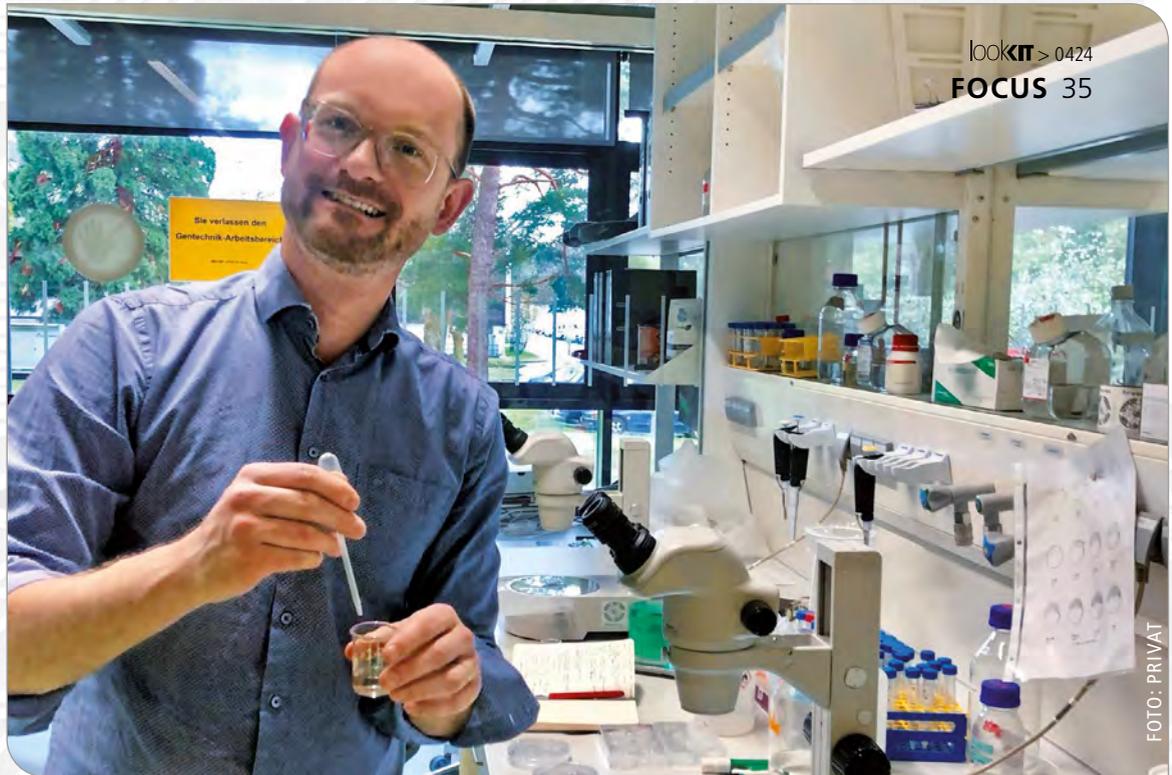


FOTO: PRIVAT

Computerchips spielen heute eine Schlüsselrolle in fast allen Aspekten des Alltags. Als Herzstück moderner Technologien regeln sie die Funktion von Haushaltsgeräten, koordinieren die verschiedenen Systeme in Fahrzeugen und ermöglichen den Betrieb von Handys und Laptops. Ein ähnliches Prinzip kommt auch in biologischen Organismen zum Einsatz: Ihr zentraler Computerchip ist der Zellkern mit der darin enthaltenen DNA. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am KIT arbeiten daran, ein besseres Verständnis dieser DNA-basierten Informationssysteme zu entwickeln und damit zukünftig die Steuerung biotechnologischer und biomedizinischer Anwendungen zu ermöglichen.

Professor Lennart Hilbert untersucht mit seiner Forschungsgruppe „Computational Architectures in the Cell Nucleus“ am Institut für Biologische und Chemische Systeme (IBCS) des KIT, wie die Prozesse im Zellkern genau funktionieren. Das Ziel der Forschenden ist es, eine DNA-basierte Hardware für die Zukunft zu entwickeln. „Wir wissen, dass jede unserer Zellen ein Informationssystem ist, das die DNA als zentralen Datenspeicher benutzt. Wir wollen diese bestehenden Systeme, die von der Evolution gestaltet wurden, verstehen, von der Natur lernen und ihre Funktionsweise kopieren. Mit diesem Wissen könnten wir dieselben Funktionen in einfacheren Systemen nachbauen“, erläutert Hilbert.

Bisher gebe es zum Beispiel in der biologischen Medizintechnologie noch keine zufriedenstellenden Möglichkeiten, Chips zu verbauen. Eine neue DNA-basierte Hardware müsse allerdings auf physikalischen Prinzipien basieren, die sich deutlich von elektronischer

Professor Lennart Hilbert leitet die Forschungsgruppe „Computational Architectures in the Cell Nucleus“ am Institut für Biologische und Chemische Systeme (IBCS) des KIT

Professor Lennart Hilbert heads the research group “Computational Architectures in the Cell Nucleus” at KIT’s Institute of Biological and Chemical Systems (IBCS)

Hardware unterscheidet, so der Systembiologe. Die Informationsverarbeitung müsse zum Beispiel in Flüssigkeit stattfinden und nicht in einer statischen Architektur.

Der Zellkern: Seit Jahrzehnten bekannt, aber noch nicht enträtselt

Wie der Zellkern genau aufgebaut ist, wissen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler schon seit Jahrzehnten. Er speichert und verwaltet den Zugriff auf mehr als ein Gigabyte DNA-codierter Informationen. Der Zugriff darauf erfolgt parallel, die Prozesse, die auf den genetischen Informationen basieren, sind vollständig in die Zellfunktion integriert. „Das sind sehr verlässliche Muster, die wir sehen können. Was diese Architektur für die Zelle genau leistet, versuchen wir durch unsere Grundlagenforschung herauszufinden“, erklärt Hilbert.

Das gezielte Auslesen von Informationen hängt mit der dreidimensionalen Organisation der DNA im Zellkern zusammen, vermuten die Forschenden. Einige Regionen des Genoms werden entfaltet, andere verdichtet. Diese adaptive 3D-Organisation der DNA könnte für eine effektive Informationsverarbeitung im Zellkern von zentraler Bedeutung sein. Das Team um Hilbert untersucht nun, welche physikalischen Prinzipien der 3D-Organisation zugrunde liegen und wie sie den Zugang zu bestimmten Abschnitten des genetischen Codes steuert. Für ihre Arbeit experimentieren die Forschenden mit Wirbeltier-

zellen, nutzen hochauflösende Mikroskopie sowie Computersimulationen und physikalische Modellierungen.

Das KIT als ideale Umgebung dank interdisziplinärer Zusammenarbeit

Bei ihrer Arbeit profitiere die Forschungsgruppe vor allem vom interdisziplinären Umfeld am KIT, so Hilbert. Hinzu komme die Möglichkeit, genügend Zeit und Ressourcen für Grundlagenforschung zu erhalten, um sich mit biologischen Systemen auseinanderzusetzen. Das KIT biete der Arbeitsgruppe die ideale Umgebung, um aus ihrer Forschung eine Technologie zu entwickeln und die Ergebnisse umzusetzen.

„Wir können hier sehr viele andere Forschungsdisziplinen einbinden und gleichzeitig auch bedienen. Das betrifft vor allem die Optik und Photonik: Von dort bringt uns jedes neue Mikroskop, jede Anwendung die manipulieren kann, weiter. Bei den Experimenten ist die Zusammenarbeit mit der Biotechnologie entscheidend. Nicht zuletzt profitieren wir von den Instituten am KIT mit sehr fortgeschrittenen Datenanalysemöglichkeiten, Maschinellem Lernen und Künstlicher Intelligenz“, führt Hilbert aus. Auch die Möglichkeit, die in der Forschungsgruppe entwickelten Simulationen und Analysen in Zusammenarbeit mit Spezialistinnen und Spezialisten des Scientific Center for Computing auf Großrechner des KIT zu transferieren, sei unendlich wertvoll.



FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

*Professor Lennart Hilbert und
Professor Jan S. Hesthaven,
Präsident des KIT*

*Professor Lennart Hilbert and
Professor Jan S. Hesthaven,
President of KIT*

Hoffnung für die Krebstherapie?

Eine mögliche Anwendung der Forschungsergebnisse sieht der Wissenschaftler unter anderem in der Krebstherapie: „Es gibt Krebstherapien, bei denen die körpereigenen Immunzellen der Patientinnen und Patienten so programmiert werden, dass sie bestimmte Oberflächenproteine der Krebszellen erkennen und gezielt angreifen können.“ Derzeit werden mit großem Aufwand ein oder zwei Zielproteine in Zellen einprogrammiert. Mit einer intelligent programmierbaren Immuntherapie könnte es gelingen, dass in ein und derselben Immunzelle 100 Zielproteine gespeichert werden. Je nach Entwicklungsstadium des Tumors könnte dieser damit dann bekämpft werden und wenn eine Resistenz entsteht, sogar auf ein neues Ziel umgeschaltet werden. „Mit den injizierten DNA-Mikrochips könnte man über die Blutabnahme einen Bericht erhalten, inwiefern der Tumor fortgeschritten ist und ob andere Medikamente zu gegeben werden sollten. Damit wäre eine programmierbare Therapie möglich, die einem so komplexen System wie einem sich entwickelnden Tumor gewachsen ist“, erklärt Hilbert.

Dass die Arbeit mit DNA auch ethische Fragen aufwirft, dessen sind sich die Forschenden bewusst. So sei die nicht ethisch autorisierte Modifikation des Erbguts von Kindern zurecht ein absolutes Tabu in der Genetik, meint Hilbert. Gleichzeitig gibt der Wissenschaftler zu bedenken, dass in Zukunft auch die Möglichkeit bestehen könnte, durch neue Techniken Erbkrankheiten zu unterbinden und den betroffenen Individuen ihr Schicksal zu erleichtern. ■

Can the Cell Nucleus Serve as a Blueprint for Future Microchips?

How DNA-based Information Systems Are Expected to Change Biomedicine

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

Computer chips controlling modern technologies are comparable to the cell nucleus and the DNA it contains in biological organisms. With his research group “Computational Architectures in the Cell Nucleus” at KIT’s Institute of Biological and Chemical Systems (IBCS), Professor Lennart Hilbert investigates how the processes in the cell nucleus work. The aim is to develop DNA-based hardware for the future. “We know that each of our cells is an information system that uses the DNA as a central data storage medium. We want to understand these systems designed by evolution, learn from nature, and copy the way they work,” explains Hilbert.

New DNA-based hardware would follow physical principles that are significantly different from electronic hardware. Information processing, for example, would take place in a liquid medium instead of a static architecture. The exact structure of the cell nucleus has been known to scientists for decades. “Through our fundamental research, we are trying to find out how exactly this architecture serves the cell,” says Hilbert. The researchers assume that the targeted reading of information is linked to the three-dimensional organization of the DNA in the cell nucleus. The team is investigating the physical principles underlying this 3D organization and how it controls access to specific sections of the genetic code. For their work, the researchers experiment with the cells of vertebrates, using high-resolution microscopy as well as computer simulations and physical modeling.

Their research could pave the road for innovative approaches in cancer therapy: “There are cancer therapies where the patient’s own immune cells are programmed in such a way that they can recognize and specifically attack certain surface proteins of cancer cells.” With an intelligently programmable immunotherapy, it could be possible to store 100 target proteins in one single immune cell. Depending on the stage of tumor development, this therapy could be used to fight the tumor and even be able to react to resistance. Using the injected DNA microchips, tumor progression might be determined from a blood sample and therapy adapted accordingly. ■

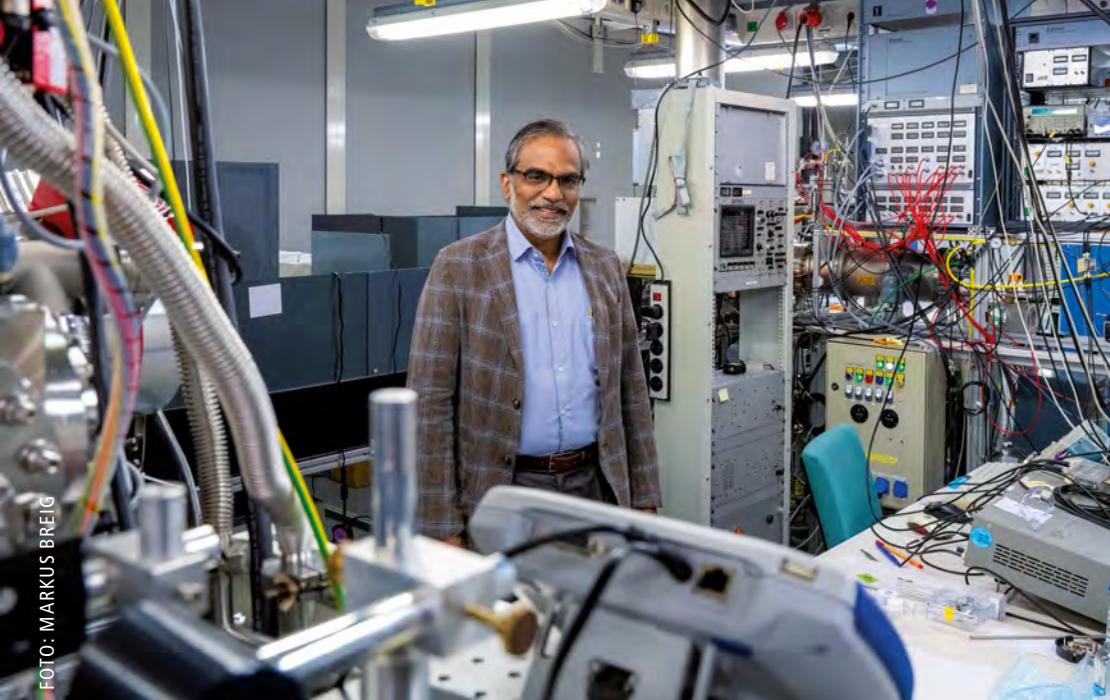


FOTO: MARKUS BREIG



FOTO: CHIARA BELLAMOLI



FOTO: MARKUS BREIG

A PATH TOWARD GREATER COLLABORATION IN THE FUTURE

KIT INTERNATIONAL EXCELLENCE AWARD FOR PROFESSOR THALAPPIL PRADEEP

BY REGINA LINK // TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

For Professor Thalappil Pradeep of the Indian Institute of Technology Madras, being the recipient of the first-ever KIT International Excellence Award offers several opportunities: "I see it as a path to connecting institutions in a natural way and thus ensuring further collaboration in the future." This path goes far beyond his own research, which deals with nanomaterials. "Whenever he visits us, I bring him into contact with experts from different disciplines. This time, he met researchers from quantum physics and sustainability research; next time, the focus will be on water," says Professor Manfred Kappes, Head of the Physical Chemistry of Microscopic Systems department of KIT's Institute for Physical Chemistry. Some of these meetings concern international teaching: "Yesterday, for example, we had a meeting with Professor Thomas Hirth, Vice President Transfer and International Affairs. We talked about a joint program for research-oriented teaching, with a focus on sustainability," says Pradeep.

The chemist, specializing in physical chemistry, is no stranger to KIT. Manfred Kappes and his team have been working with Thalappil Pradeep's research group on novel metallic nanometal compounds for over four years. "These are very small pieces of metal that have completely different properties than those we are usually familiar with," says Pradeep. In the Karlsruhe laboratory, the fundamental properties of such nanoparticles are

made visible by trapping them in a vacuum so that they cannot react with each other or their environment. The researchers then use various methods, such as mass spectrometry, to investigate the properties of these nanoparticles. "In our laboratories, we examine the particles, especially in solutions and in condensed form. We can combine the findings on how these compounds behave in isolation and in solution to understand new properties," says Pradeep. "My other research focus is to use these properties for the production of clean drinking water. We have developed filters made from various nanomaterials. Over 12 million people have used these filters so far and now enjoy clean drinking water," says Pradeep. For Manfred Kappes, this aspect in particular is inspiring: "I have spent my research life trying to understand processes. It is very stimulating for me to see how someone is leveraging them – to put it simplistically – to save the world." The International Excellence Award also aims to promote young scientists. The

award therefore includes an annual scholarship for a young researcher from the awardee's group as well as material resources of up to 50,000 euros for a research project at the host institute of KIT. Since July of this year, Dr. Jayoti Roy continued her research on nanomaterials in Professor Kappes' group. She is working on the coatings of nanoparticle surfaces. These coatings are intended to prevent the compounds from combining into larger units and reacting with their environment. Jayoti Roy is investigating whether stabilization can be improved by changing the composition of the surface molecules. For the young scientist, this is a perfect way to enhance her career after her doctorate: "The opportunities that have arisen through the Excellence Award are a great chance for me." And they offer young scientists the chance to find role models, believes Thalappil Pradeep: "For me, my doctoral supervisor was an outstanding figure. Coming into contact with such scientific personalities makes a difference for younger people." ■

International Excellence Grants at KIT

The award is part of the International Excellence Grants (IEG) initiative within the framework of the successful University of Excellence concept of KIT. It is aimed at promoting international collaboration in top-level research and attracting international researchers to KIT.



KIT TECHNOLOGY ASSESSMENT EXPERT SPEAKS AT UN COMMISSION

Professor Armin Grunwald, Head of the Institute for Technology Assessment and Systems Analysis (ITAS) at KIT, gave a speech at the United Nations. Invited by the “Science and Technology for Development” commission, he advised national representatives on the methods, findings, and experiences of technology assessment and on how politics can improve decision-making and participation in the field of new technologies. “The focus was on the contribution technology assessment can make to sustainable development, particularly with regard to climate change, the energy transition, and digital transformation,” says the scientist. The expert meeting was intended to prepare for a conference of ministers for research and technology from all of the UN member states in April 2025. Grunwald and his team also advise the German Bundestag, the European Parliament, and the EU Commission. The scientist is a member of the German Ethics Council, Co-Chairman of Nationales Begleitgremium (National Citizens’ Oversight Committee, which mediates in the search for the final repository for radioactive waste), and a member of the Executive Committee of Acatech – National Academy of Science and Engineering.

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR



FOTO: INTL

HEINRICH-HERTZ-GASTPROFESSUR 2024 FÜR CORDELIA SCHMID

Das KIT und der KIT Freundeskreis und Fördergesellschaft e.V. (KFG) haben die Heinrich-Hertz-Gastprofessur 2024 an Dr. Cordelia Schmid, Forschungsdirektorin am französischen Forschungsinstitut INRIA, verliehen. Ausgezeichnet wurde die Informatikerin für ihre Forschungsleistungen auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz (KI). Im Rahmen der Verleihung hielt sie im Oktober einen öffentlichen Vortrag und stellte dabei ihre aktuelle Forschung zu KI-Systemen vor, die große Datenmengen von Bildern, Bewegtbild und Sprache gleichzeitig und effektiv verarbeiten können. Schmid erläuterte, wie der Lernprozess und die Wissensspeicherung solcher KI-Systeme funktionieren und zeigte, wie vielfältig diese eingesetzt werden können. Darüber hinaus leitete Schmid das Seminar „Multimodales Schlussfolgern zum Verstehen von Video-Bilddatenströmen und Generierung von 3D-Szenen“ für Studierende des KIT. Die Heinrich-Hertz-Gastprofessur ehrt einmal im Jahr eine herausragende Persönlichkeit aus Wissenschaft, Wirtschaft, Kultur oder Politik für ihre Leistungen und Beiträge in Forschung und Gesellschaft.

NATRIUM-IONEN-BATTERIEN FÜR EUROPA

Natrium-Ionen-Batterien gelten als nachhaltigere Alternative zu lithiumbasierten Speichern. Natrium ist nicht nur kostengünstig und reichlich vorhanden, sondern lässt sich auch einfach recyceln. Die Herausforderung besteht allerdings darin, die neue Technologie in industriell nutzbare und skalierbare Zellen zu überführen. Hier setzt das Projekt ENTISE an, in dem Unternehmen und Hochschulen gemeinsam an dem Ziel einer europäischen Fertigung von Natrium-Ionen-Batterien arbeiten. „Bislang sind Natrium-Ionen-Speicher in der europäischen Batterieindustrie noch nicht in großem Maßstab angekommen“, sagt Professor Maximilian Fichtner vom Institut für Nanotechnologie (INT) des KIT sowie Direktor des Helmholtz-Instituts Ulm. „Das liegt unter anderem daran, dass die Materialkonzepte noch nicht ausgereift sind. Wir haben uns deshalb vorgenommen, die Speicherkapazität und die Zyklenfestigkeit noch weiter zu optimieren. Zum anderen wollen wir genug Material herstellen, um praxistaugliche Labormuster bis hin zu Prototypen im Rundzellendesign zu fertigen und so eine industrielle Produktion vorzubereiten.“

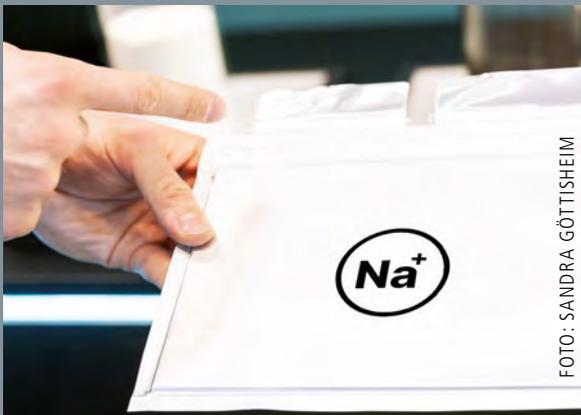


FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

+++ NACHRICHTEN | NEWS +++



FOTO: LMI

ROBERT HABECK UND CEM ÖZDEMİR INFORMIERTEN SICH BEI DER THESSALONIKI INTERNATIONAL FAIR AM STAND DES KIT

Effiziente Strom- und Wärmeversorgung, nachhaltige Mobilität oder Lösungen gegen Energiearmut – diese und weitere Themen präsentierten Forschende des KIT auf der Thessaloniki International Fair (TIF) in Griechenland, bei der Deutschland Gastland war. Bei seinem Besuch des „German Pavilion“ tauschte sich Robert Habeck, Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz, mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des KIT über ihre aktuelle Forschung aus. Auch Cem Özdemir, Bundesminister für Ernährung und Landwirtschaft und Bundesminister für Bildung und Forschung, besuchte den Stand des KIT. „Das KIT kooperiert mit Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft auf der ganzen Welt, unter anderem auch in Griechenland. Die Messe ist eine hervorragende Plattform, um den Transfer in die Industrie und Gesellschaft zu fördern, Innovationen vorzustellen, Beziehungen mit Einrichtungen in Thessaloniki zu pflegen und neue Kontakte zu knüpfen“, sagt Professor Thomas Hirth, Vizepräsident Transfer und Internationales des KIT.

3, 2, 1 ... 200! BUNTES PROGRAMM FÜR ALLE

Nach Jahren intensiver Vorbereitung steht nun das Jubiläumsjahr des KIT vor der Tür. Mit einem ganz speziellen Neujahrskonzert starten am 6. Januar 2025 die Feierlichkeiten rund um das 200-jährige Bestehen einer der ältesten Technischen Universitäten Deutschlands. Für das Kernteam, welches das Jahr 2025 organisiert, bedeuten die letzten Wochen der Vorbereitung eine Mischung aus Anspannung und großer Vorfreude: „So viele Kolleginnen und Kollegen haben Ideen eingebracht, Lösungen gefunden und Überstunden gesammelt, damit es ein tolles Jahr wird“, so Projektleiterin Wiebke Reiß. „Es ist schön, dass die zahlreichen Veranstaltungen, die wir uns im Kopf ausgemalt haben, nun Wirklichkeit werden und wir somit unser KIT ein ganzes Jahr lang gebührend feiern können!“ Unter dem Motto „Wir gestalten Zukunft. Forschung | Lehre | Transfer“ sind alle eingeladen, mitzumachen. Ausstellungen, Experimente, Besichtigungen, multimediale Erlebnisse, Fest- und Dialogveranstaltungen: Im Programm ist für alle gesorgt – vor Ort und im Netz, für Nerds und Neulinge, für Groß und Klein!

Alle Informationen unter:
www.200jahre.kit.edu



FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

+++ PODCAST +++



FOTO: LISA JUNGHEIM

NACHGEFRAGT – WISSEN, WIE'S LÄUFT

Sie tragen uns täglich über Flüsse, Täler und Autobahnen, ohne dass wir ihnen groß Aufmerksamkeit schenken – unsere Brücken. Doch mittlerweile sind viele von ihnen in einem schlechten Zustand. Risse, Rost und wackelnde Fundamente – der Wartungsbedarf ist hoch und das geht ins Geld. Im Podcast „Nachgefragt – wissen, wie's läuft“ spricht Moderatorin Gabi Zachmann, STS-Gesamtkommunikation, mit jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die für ihr Thema brennen. Die Forschenden stellen sich Fragen rund um ihr Fachgebiet und erklären komplexe Zusammenhänge einfach und verständlich. In der zehnten Folge erklärt Dr. Matthias Müller, Brückenforscher bei der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine (VAKA) des KIT, warum eine Brückensanierung nicht nur Materialien und Arbeitsstunden sondern auch Zeit kostet. Die verlorenen Arbeitsstunden im Stau summieren sich, genauso wie der Stresspegel der Wartenden.



Link:
<https://open.spotify.com/show/156xmPqwoN92NpofBOGi15?si=8a029ac62aca4da7>





„Die Erde
stellt uns vor
ein **Rätsel** ...

... und wir
wollen es
lösen!“

EINE DETEKTIVGESCHICHTE
UM EIN RÄTSELHAFTES
SEISMISCHES SIGNAL
VON SANDRA WIEBE





In der Messkammer des Black Forest Observatory (BFO) zeichnen empfindliche Instrumente seismische Aktivitäten auf

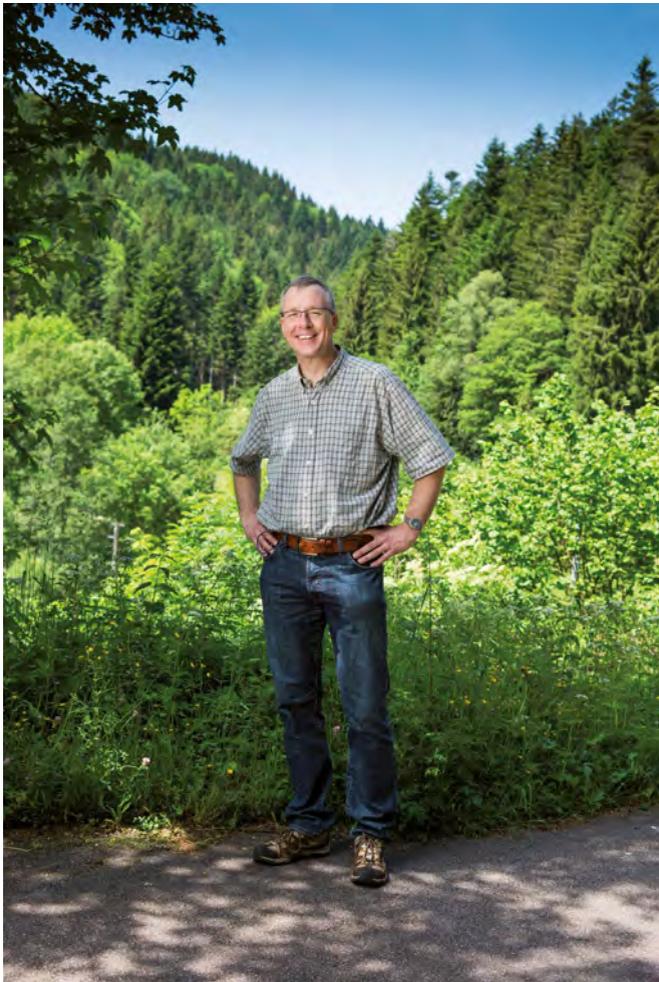
Sensitive instruments record seismic activity in the measuring chamber of the Black Forest Observatory (BFO)



FOTOS: MARKUS BREIG

Mitten im Schwarzwald, in einem stillgelegten Erzbergwerk, befindet sich das Black Forest Observatory (BFO). Rund 150 Meter unter der Erdoberfläche verbirgt sich eine von Granit umschlossene Messkammer, in der empfindliche wissenschaftliche Instrumente, die Seismometer, Schwingungen aufzeichnen, welche die Erde durchdringen. Die Geräte messen die seismischen Wellen in der Regel bei Erdbeben. Doch auch Bewegungen großer Wasser- oder Erdmassen können solche Wellen erzeugen. Forschende des KIT und der Universität Stuttgart betreiben das Observatorium und werten die Messdaten aus.

Im September 2023 registrierten die Seismometer ein bis dahin unbekanntes Signal. „Es sah ganz anders aus als ein Erdbeben. Die Wellen eines Erdbebens treten in einzelnen, voneinander abgegrenzten Impulsen und Gruppen auf. Der gesamte Wellenzug dauert in der Regel einige Minuten bis zwei Stunden, selten länger“, erklärt Dr. Thomas Forbriger vom Geophysikalischen Institut (GPI) des KIT. Das plötzliche, starke Signal bestand jedoch aus einer Schwingung mit einer einzigen dominanten Frequenz, wie ein monotones Brummen, das sehr langsam abklingt. „An einigen Messstationen konnten wir es ganze neun Tage beobachten! Das ist sehr ungewöhnlich. Zuerst dachten wir, mit unseren Messgeräten stimme etwas nicht. Messstationen weltweit haben



*Dr. Thomas Forbriger
vom Geophysikalischen
Institut (GPI) des KIT*

*Dr. Thomas Forbriger
from KIT's Geophysical
Institute (GPI)*

das Signal aber ebenfalls beobachtet. Wir wollten dann natürlich die Ursache herausfinden. Das Lösen eines Rätsels, das uns die Natur selbst gestellt hat, ist Grundlagenforschung im reinsten Sinne!“

Erste Mission: Signalquelle lokalisieren

Um seismische Signale orten zu können, muss man wissen, welche Messstationen sie wann und mit welcher Intensität registriert haben – denn je weiter die Quelle entfernt ist, desto später und schwächer kommen die Wellen an. „Es wurde schnell klar, dass die Wellen aus Nordost-Grönland kamen“, erklärt Forbriger.

Die Forschenden vernetzten sich mit rund 100 Kolleginnen und Kollegen der Seismologie und anderer Erdwissenschaften, auch vor Ort in Grönland. Gemeinsam kombinierten sie Seismometer- und Infraschalldaten, Feldmessungen, Boden- und Satellitenbilder, Simulationen von Tsunamiwellen sowie Bildmaterial des dänischen Militärs, um dem Phä-

nomen auf den Grund zu gehen. „Dank dieser disziplinübergreifenden Zusammenarbeit konnten wir das Ereignis und seine außergewöhnliche Abfolge rekonstruieren“, so Forbriger.

Zweite Mission: Signalquelle identifizieren

Durch das Eingrenzen auf Nordost-Grönland und die Berichte über einen großen Tsunami im abgelegenen Dickson-Fjord war schnell klar, dass sich dort am Tag des Signals ein massiver Erdbeben ereignet hatte. Auslöser war der Einsturz eines Berggipfels, der sich zuvor 1 200 Meter über den Fjord erhob. „Das Volumen des herabstürzenden Materials war enorm – mehr als 25 Millionen Kubikmeter. Das ist genug, um 10 000 olympische Schwimmbecken zu füllen“, sagt Kristian Svennevig vom Geologischen Dienst von Dänemark und Grönland (GEUS), der die Untersuchungen koordinierte. Die herabstürzende Masse verursachte einen anfangs 200 Meter hohen Megatsunami, der dann aus dem Fjord hinauslief. Außerhalb des Fjords beschädigten vier Meter hohe Wasserwellen eine Forschungsbasis auf der 70 Kilometer entfernten Insel Ella und zerstörten kulturelle sowie archäologische Stätten im gesamten Fjordsys-

*Das BFO befindet sich
in einem stillgelegten
Erzbergwerk mitten
im Schwarzwald*

*The BFO is located in a
disused ore mine in the
middle of the Black
Forest in Germany*



tem. Der Tsunami war einer der höchsten in der jüngeren Geschichte. „Jetzt meinten wir zu wissen, was dieses besondere seismische Signal ausgelöst hatte“, erklärt Forbriger. „Aber wir wussten immer noch nicht, wie es neun Tage lang anhalten konnte.“

Dritte Mission: Rätsel lösen

„Mithilfe der Beobachtungen und der Messdaten direkt aus dem Fjord konnte schließlich ein realistisches hochaufgelöstes numerisches Modell des Tsunamis im Fjord erstellt werden, um das Ereignis zu rekonstruieren“, berichtet Forbriger. Das Modell ergab, dass eine „Seiche“ für die global messbaren Schwingungen verantwortlich war, die der massive Erdbeben verursacht hatte. Das Phänomen ähnelt dem Hin- und Herschwappen von Wasser in einer Badewanne, das entsteht, wenn man auf einer Seite einsteigt und dabei das Wasser verdrängt. „An einem Wochenende habe ich das sogar in meiner Badewanne nachgestellt, um zu messen, wie schnell die Schwingung darin abklingt“, erinnert sich Forbriger lachend.

Die Berechnungen ergaben, dass das Wasser mit einer Periode von circa 90 Sekunden quer zum Fjord hin- und herschwappte, was der Schwingungsperiode der beobachteten seismischen Wellen entspricht. „Dass er zu einer solchen Schwingung fähig ist, scheint eine besondere Eigenschaft des Dickson-Fjords zu sein. In der wissenschaftlichen Literatur gibt es bisher praktisch keine Berichte über Schwappschwingungen dieser Frequenz, die derart langsam abklingen“, betont Rudolf Widmer-Schnidrig von der Universität Stuttgart. Die Bewegungen der großen Wassermasse erzeugten seismische Wellen, die an den nächstgelegenen Messstationen über neun Tage lang messbar waren.

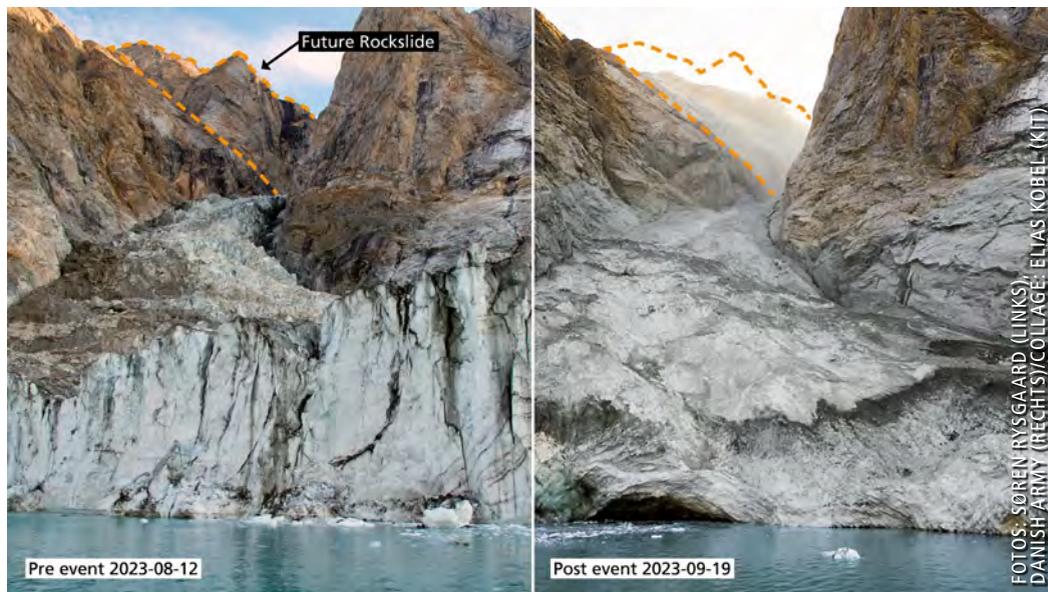




FOTOS: MARKUS BREIG

Mehr als 25 Millionen Kubikmeter Material stürzten in den Fjord und verursachten einen 200 Meter hohen Tsunami

More than 25 million cubic meters of material crashed into the fjord, causing a 200-meter-high tsunami



FOTOS: SØREN RYSGAARD (LINKS), DANISH ARMY (RECHTS)/COLLAGE: ELIAS KOBEL (KIT)

Die Wellen liefen um die Erde und waren bis in die Antarktis in fast 20 000 Kilometern Entfernung beobachtbar.

Vierte Mission: Ursache klären und in die Zukunft blicken

„Auf Satellitenbildern konnten wir erkennen, dass sich der Gletscher am Fuß des Berges in den letzten Jahrzehnten stark ausgedünnt hat“, berichtet Forbriger. „Der Erdbeben und der Tsunami waren zudem die ersten, die in Nordost-Grönland beobachtet wurden.“ Die Forschenden führen das Ereignis auf den Klimawandel zurück. „Bei diesem Ereignis hatten wir Glück, dass keine Menschen verletzt wurden. Aber angesichts des sich rasant beschleunigenden Klimawandels wird es wichtiger denn je sein, auch Regionen, die bisher als stabil galten, zu charakterisieren und zu überwachen“, sagt Svennevig. Forbriger weist darauf hin: „Auch stärker besiedelte Regionen sind inzwischen von massiven Felsstürzen bedroht.“ Die Forschenden planen deshalb weitere Instrumente im Dickson-Fjord zu installieren, um das Gebiet noch besser zu verstehen und künftig die von solch massiven Erdbeben und Tsunamis ausgehenden Gefahren besser einschätzen zu können. ■

@ thomas.forbriger@kit.edu

Erklärvideo zum seismologischen Ereignis (auf Englisch) / Explanatory Video on the Seismological Event:



“The Earth Presents Us with a Puzzle – We Want To Solve It!”

A Detective Story: The Case of the Mysterious Seismic Signal

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

In the heart of the Black Forest in Southern Germany, the Black Forest Observatory (BFO) can be found in an abandoned ore mine. Around 150 meters below the Earth’s surface, in a measuring chamber enclosed by granite, seismometers record vibrations that penetrate the Earth. In September 2023, the seismometers detected a previously unknown signal that was not at all typical of an earthquake. The sudden, strong signal was an oscillation with a single dominant frequency, like a monotonous hum that died away very slowly. “At some measuring stations, we could observe it for as long as nine days! This is very unusual,” states Dr. Thomas Forbriger from KIT’s Geophysical Institute (GPI). The signal was also recorded by other measuring stations around the world. Soon, 100 scientists around the globe jointly began detective work to understand the mysterious signal.

It did not take long to find the origin of the signal: The northeastern part of Greenland. On the day the mysterious signal was recorded, a massive rockslide took place. It was triggered by the collapse of a mountain peak that had previously risen 1,200 meters above a fjord. 25 million cubic meters of falling mass caused a mega-tsunami with an initial height of 200 meters. According to the scientists’ findings, this tsunami was one of the highest in recent history. Thus, the origin of the signal was found, but the researchers wondered why the signal had persisted for nine days.

They created a realistic high-resolution numerical model of the tsunami to reconstruct the event. The model showed that these vibrations, which could be measured around the world, had been caused by a “seiche” (standing wave), which in turn resulted from the massive rockslide. This phenomenon is like water slopping back and forth in a bathtub when you step in on one side and thereby displace the water. The researchers’ calculations revealed that the water had slopped back and forth across the fjord with a period of about 90 seconds, corresponding to the oscillation period of the observed seismic waves. The movements of these huge masses of water generated seismic waves that could still be measured nine days later at the nearest measuring stations. The waves circled the Earth and they could even be detected in Antarctica, which is almost 20,000 kilometers away. The researchers trace the rockslide back to climate change. Forbriger points out: “Not only Greenland, but also more densely populated regions are now threatened by massive rockfalls.” ■

Hirnforschung in der Petrischale

NEUROBIOLOGIN SIMONE MAYER
ARBEITET MIT ORGANOIDEN: AN DEM
ORGANARTIGEN GEWEBE LASSEN SICH
KRANKHEITSPROZESSE NACHVOLLZIEHEN

VON ANTJE KARBE



*Professorin Simone Mayer
 und Doktorandin
 Daria Andreeva*

*Professor Simone Mayer
 and doctoral researcher
 Daria Andreeva*

FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

100 Milliarden Nervenzellen, die miteinander kommunizieren: Wie geht das und welche Einflüsse nehmen hier Gene und Umwelt? Die Entwicklung des menschlichen Gehirns fasziniert Simone Mayer schon immer. Heute beschäftigt sich die Biologin vor allem mit Fehlentwicklungen im Gehirn und der Suche nach Therapien. Sie forscht als Professorin für Systemische Zelluläre Neurobiologie am Zoologischen Institut (ZOO) und am Institut für Biologische und Chemische Systeme – Funktionelle molekulare Systeme (IBCS-FMS) des KIT.

Das Gehirn ist nicht nur ein Wunderwerk, es sieht auch fantastisch aus, zumindest auf den Bildern von Santiago Ramón y Cajal. Der spanische Anatom und Nobelpreisträger studierte Neuronen unter dem Mikroskop und zeichnete sie nach. Mayer zeigt die Abbildung einer Zelle, die sich wie ein Baum immer feiner verästelt. „Eine filigrane und sehr schöne Struktur“, findet sie.

Die Synapsen als Schaltstellen zwischen Neuronen waren Thema ihrer Promotion am Max-Planck-Institut für experimentelle Medizin in Göttingen. Danach forschte sie an der University of California in San Francisco an neuronalen Stammzellen, die sich zu verschiedenen Zelltypen des Nervensystems entwickeln können. Dort verfolgte sie auch das neue Forschungsfeld zur Herstellung von Organoiden: dreidimensionale Zellstrukturen, die aus Stammzellen gezüchtet werden. Solche organartigen, wenige Millimeter großen Gewebe haben viele Eigenschaften ausgereifter oder sich entwickelnder menschlicher Organe.

Weil sich mit ihnen körperliche Prozesse, beispielsweise aus dem Darm oder der Hirnentwicklung in der Schwangerschaft, in einer

Petrischale nachvollziehen lassen, gelten Organoide als das neue Tool der Biomedizin. „Sie könnten viele Tierversuche ersetzen“, sagt Mayer. „Gerade in der Hirnforschung lassen sich Erkenntnisse aus Tiermodellen oft nicht in erfolgreiche klinische Studien übertragen, weil das menschliche Gehirn so viel komplexer ist.“

Entwicklungsstörungen im Gehirn verstehen

Am Hertie-Institut für klinische Hirnforschung in Tübingen arbeitete sie selbst mit Organoiden. Ihre Arbeitsgruppe „Molekulare Hirnentwicklung“ modellierte unter anderem Entwicklungsstörungen des Gehirns. „Unser Ziel ist es, ein besseres Verständnis solcher Erkrankungen zu erreichen und Grundlagen für neue Therapien zu schaffen“, erklärt Mayer. Wenn die Forscherin von ihrer Karriere erzählt, wird klar, dass auch Forschungsschwerpunkte eine Genese haben: Letztlich führte die Begegnung mit der Tübinger Kinderneurologin Ingeborg Krägeloh-Mann dazu, dass Simone Mayer heute auf die Erkrankung „Pontocerebelläre Hypoplasie“ (PCH) spezialisiert ist. Die Tübinger Neuropädiatrie forschte bereits klinisch zu dem seltenen Gendefekt (1 Fall:200 000 Geburten) und pflegte Kontakte



FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

Simone Mayer ist Professorin für Systemische Zelluläre Neurobiologie am Zoologischen Institut (ZOO) des KIT

Simone Mayer, Professor of Systemic Cellular Neurobiology at KIT's Zoological Institute (ZOO)

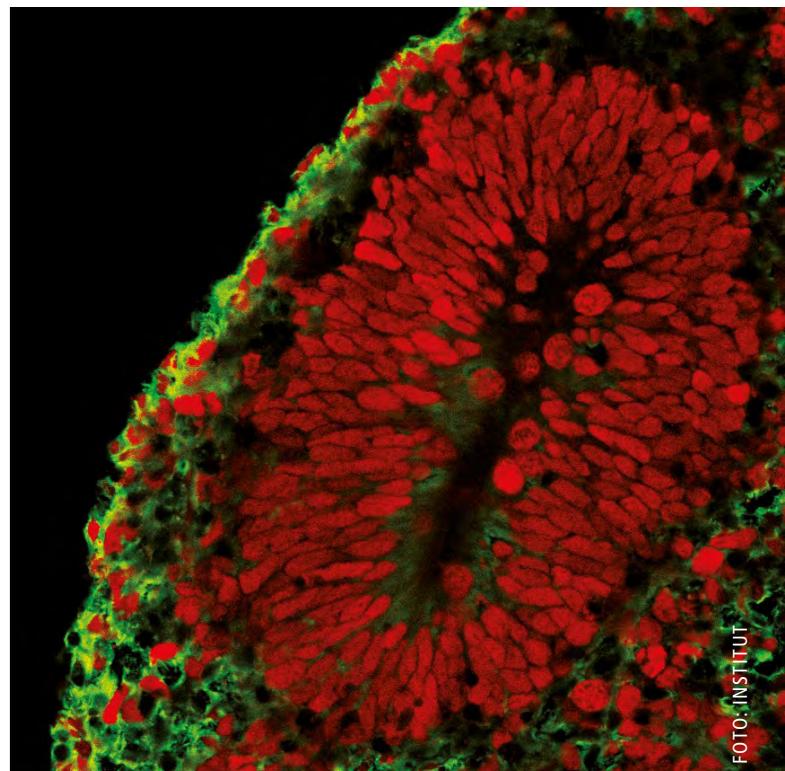


FOTO: INSTITUT

Mikroskopieaufnahme eines Kleinhirnorganoids, gefärbt mit Antikörpern gegen neuronale Stammzellen (rot) und Neuronen (grün)

Microscopy of a cerebellar organoid, stained with antibodies against neuronal stem cells (red) and neurons (green)

zu Familien – derzeit sind in Deutschland rund 80 Menschen betroffen.

Bei PCH führt ein vertauschter DNA-Baustein zu einem unterentwickelten Kleinhirn (Cerebellum) und starken geistigen sowie körperlichen Einschränkungen. Betroffene erreichen selten das Erwachsenenalter. „Die Genetik und der klinische Verlauf waren bekannt, aber über die molekularen und zellulären Grundlagen wusste man wenig“, erzählt Mayer, deren Arbeit sich auf PCH2 konzentriert, die häufigste Ausprägung des Gendefekts. Um die Forschung dazu anzuschieben, sammelte der Elternverein PCH-Familien e.V. eine fünfstellige Spendensumme und stellte Hautzellen der erkrankten Kinder zur Verfügung, aus denen Stammzellen für die Herstellung von Organoiden generiert wurden. „So haben wir nun ein menschliches Modell der Erkrankung, mit dem wir die Krankheitsentstehung nachvollziehen möchten.“

Eine besondere Kreuzfahrt

Besonders wertvoll war für Simone Mayer der persönliche Kontakt zu den Familien, die sie im Juli 2024 bei einer Skandinavien-Kreuzfahrt kennenlernen konnte. Dank Spenden aus der Vereinskasse startete die „Cruise4Li-

fe“ mit fast 300 Reisenden, darunter 28 PCH-Familien und Pflegeteams sowie Forschende aus der Neurobiologie und Medizin. „Es war eine emotionsgeladene Zeit“, sagt Mayer. Für die Forschenden sei es wichtig gewesen, die Heterogenität der Krankheit zu sehen. Die Eltern hätten den Austausch genossen und es habe sich gezeigt, dass PCH-Kinder untereinander eine besondere Verbindung haben. „Alle waren begeistert und haben neue Einblicke gewonnen.“

Darüber hinaus ist vieles mehr in der PCH-Forschung passiert: Von der Chan-Zuckerberg-Initiative konnten zwei Millionen Euro eingeworben werden. Mayer und zwei Eltern aus dem Verein wurden mit dem Eva Luise Köhler Forschungspreis ausgezeichnet und gründeten zudem ein Netzwerk für Forschende. Ziel ist, bis 2030 eine Therapie gegen PCH zu finden. Mindestens, so Mayer, wolle man bis dahin den Krankheitsverlauf verstehen und Symptome mit Medikamenten lindern können.

Neue Wege am KIT

Das Thema wird sie am KIT weiter begleiten, wo sie seit Februar 2024 forscht und lehrt. Auch hier sieht die Biologin Bedarf an Orga-

noid-Forschung: „Beispielsweise sind Studierende daran interessiert, die nicht mit Tierversuchen arbeiten wollen.“ Umgekehrt bietet eine technische Universität mit Disziplinen wie Materialwissenschaften und Ingenieurwissenschaften Chancen, Organoid-Kulturen weiter zu verbessern. Mayer sieht viele Anknüpfungsmöglichkeiten, unter anderem im Exzellenzcluster „3D Matter Made to Order“ und dem Organoid Center von 3ROCKIT, das zum neuen KIT-Zentrum Health Technologies gehört und an Ersatzmethoden für Tierversuche arbeitet.

Vor allem freut sich die Wissenschaftlerin über reges Interesse der Kolleginnen und Kollegen am KIT: „Ich wurde mit offenen Armen aufgenommen und denke, es bieten sich viele Gelegenheiten, über den Tellerrand meiner eigenen Disziplin zu schauen.“ ■

@ simone.mayer@kit.edu

Brain Research in a Petri Dish

Neurobiologist Simone Mayer Uses Organ-like Tissues, Called Organoids, to Understand Disease Processes

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

Simone Mayer has always been fascinated by the development of the human brain. The biologist is primarily interested in pathological changes and the search for therapies. She pursues her research as a Professor of Systemic Cellular Neurobiology at KIT's Zoological Institute (ZOO).

Her objects of study are organoids, 3-dimensional cell structures that are derived from stem cells. These organ-like tissues, which are only a few millimeters in size, have many properties that characterize mature or developing human organs. Organoids are a new tool in biomedicine because they can be used to reproduce processes in a Petri dish for tissues such as the intestine or the brain as it develops during pregnancy.

At the Hertie Institute for Clinical Brain Research (HIH) in Tübingen, she worked with organoids to model developmental disorders of the brain. Her focus of research is the rare genetic defect "pontocerebellar hypoplasia" (PCH). In PCH, a swapped DNA building block results in an underdeveloped cerebellum, causing severe mental and physical impairments. Affected individuals rarely reach adulthood; around 80 persons in Germany currently have the disorder. "The genetics and the clinical course were known, but there is little knowledge about the molecular and cellular background," says Mayer, whose work focuses on PCH2, the most common form of this genetic defect.

To promote research into this disease, parents of children with PCH founded an association that has collected donations totaling five digits and provided skin cells from the afflicted children. These cells were used to generate stem cells for the production of organoids. "We obtained a human model of the disease that helps us understand how the disease develops." The aim is to find a PCH therapy by 2030. Mayer hopes that it will be possible by then to understand the course of the disease and to find suitable medication to alleviate the symptoms. ■

Zellkulturenarbeiten in der Arbeitsgruppe von Simone Mayer lassen Nervenzellen in der Petrischale entstehen

Cell culture experiments in Simone Mayer's research group allow neurons to grow in the Petri dish



FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

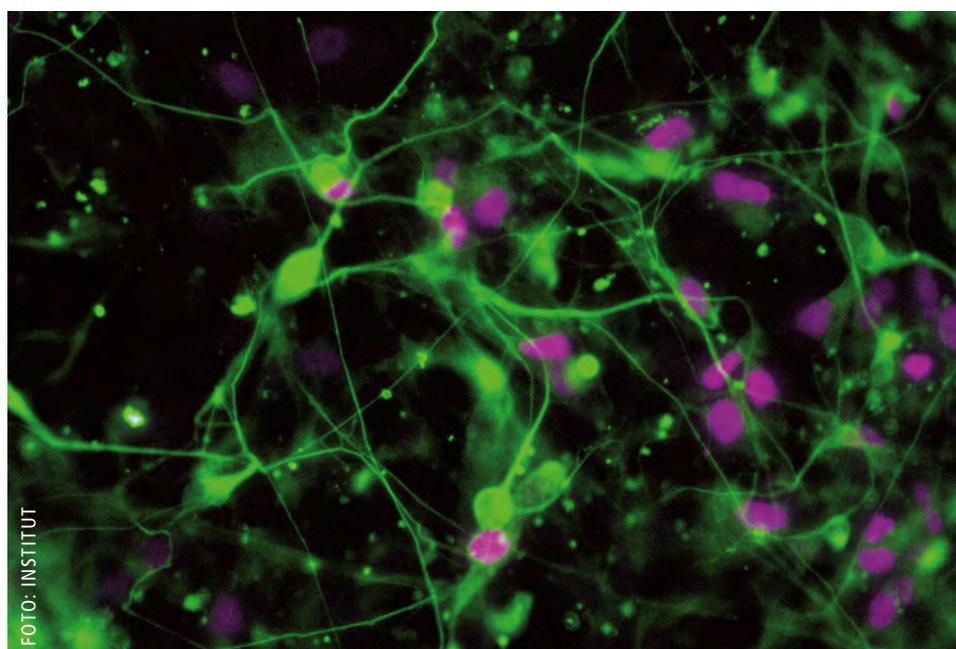
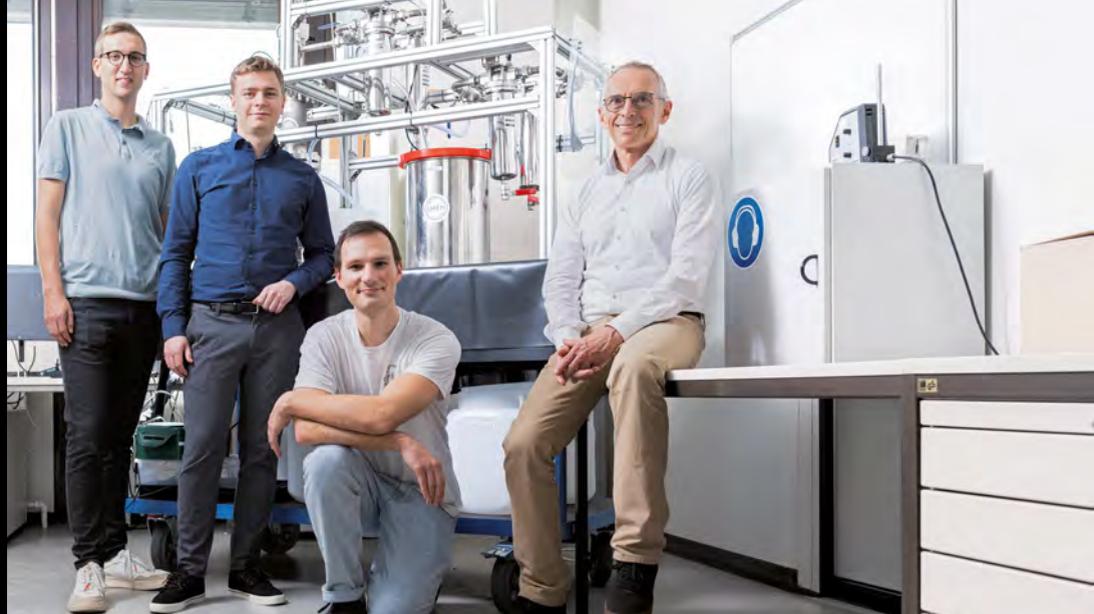


FOTO: INSTITUT



VOM BETONABFALL ZUM WERTVOLLEN ROHSTOFF

DAS START-UP REMENT STEHT FÜR NACHHALTIGES BETON-UPCYCLING

VON ASMA HALAC // TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR // FOTOS: AMADEUS BRAMSIEPE

CO₂-negatives und sortenreines Upcycling von Abbruchbeton – das ist die Mission der Ausgründung Rement. Mit ihrer innovativen Technologie wandelt sie Betonabfälle in höherwertige Rohstoffe um. Die Idee des Start-ups entstand vor zwei Jahren, als Felix Baur, der seit 2021 am KIT Chemieingenieurwesen studiert, begann, sich im Studium intensiv mit der Zementchemie auseinanderzusetzen: „Die Zementindustrie ist einer der größten CO₂-Emittenten weltweit. Ich wollte eine Lösung finden, um diese Emissionen zu reduzieren.“

Die innovative Technologie zielt darauf ab, Beton in seine Einzelteile zu zerlegen. „Durch die Zugabe von CO₂ in Wasser erzeugen wir Kohlensäure, die den stark basischen Zement zersetzt. Dabei wird Calciumcarbonat freigesetzt, während der Sand im Reaktor zurückbleibt“, erklärt Baur das Verfahren. Diese Methode ermöglicht eine umweltfreundliche Trennung der Materialien, wodurch wertvolle Rohstoffe zurückgewonnen werden.

„Die Rückmeldungen aus der Bau- und Zementindustrie sind durchweg positiv“, berichtet Robert Schleinhege, Alumni des KIT und Mitgründer von Rement. Auch kleine und mittelständische Recyclingunternehmen könnten durch die Technologie von traditionellen Lösungen zu einem höheren Wertschöpfungsgrad übergehen. Der bisherige Weg gestaltete sich jedoch als herausfordernd: „Eine der größten Hürden war die Finanzierung“, berichtet Baur. Dank der Unterstützung des KIT Innovation Hubs und dem Gewinn des Grün-

dungswettbewerbs GROW konnte der erste Prototyp entwickelt und erfolgreich im Labor getestet werden.

„Aktuell arbeiten wir an der Pilotierung am Institut für Massivbau und Baustofftechnologie des KIT und dann sollen die ersten Praxistests folgen“, erklärt Schleinhege. Die Finanzierung dafür ist gesichert.

„Wir sind aktiv auf der Suche nach Industriepartnern, um unsere Technologie weiterzuentwickeln und praktisch umzusetzen.“ Obwohl der Schritt in die Selbstständigkeit herausfordernd war, würde Baur diesen immer wieder wagen: „Wenn du eine Idee hast, probiere sie einfach aus – du hast nichts zu verlieren!“ ■

CONCRETE WASTE TURNED INTO A VALUABLE RAW MATERIAL

THE REMENT STARTUP STANDS FOR SUSTAINABLE CONCRETE UPCYCLING

CO₂-negative upcycling of concrete from demolition sites without mixing in other materials – this is the mission of the Rement spinoff. It uses an innovative technology to convert concrete waste into higher-grade raw materials. The idea for the startup was born two years ago when Felix Baur, who has been studying chemical engineering at KIT since 2021, began to focus intensively on cement chemistry: “The cement industry is one of the most important CO₂ emitters worldwide. I wanted to find a solution to reduce these emissions.”

The innovative technology is aimed at breaking down concrete into its components. “By adding CO₂ to water, we produce carbonic acid, which decomposes the highly alkaline cement. Thus, calcium carbonate is released, while the sand remains in the reactor,” says Baur, explaining the process. This method enables an environmentally friendly separation of the materials, allowing valuable raw materials to be recovered.

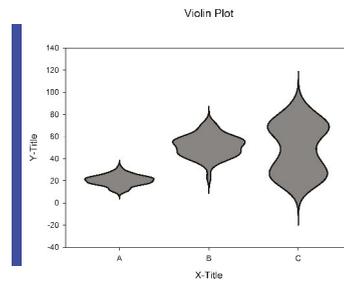
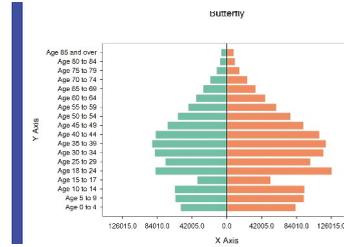
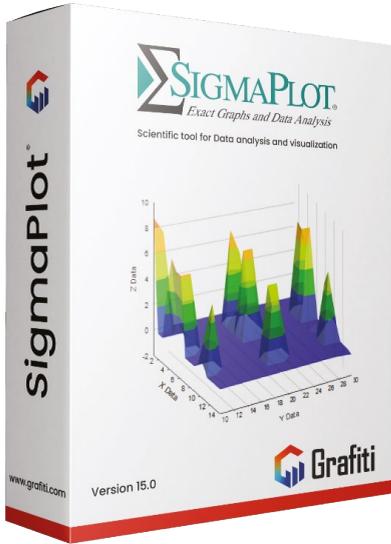
“The feedback from the construction and cement industries has been all positive,” states Robert Schleinhege, KIT alumnus and co-founder of Rement. Even small and medium-sized recycling companies can use this technology, achieving more added value than with traditional solutions. However, the path taken so far has turned out to be rather challenging: “One of the biggest hurdles was how to finance the project,” says Baur. Thanks to the support of the KIT Innovation Hub, and fueled by winning the GROW startup competition, the emerging company is working to develop the first prototype and test it in the laboratory.

“The next steps will be piloting and subsequent practical tests,” explains Schleinhege. The necessary funds have been secured. “We are actively looking for industrial partners that will help us further develop our technology and put it into practice.” Although the step into self-employment was challenging, Felix Baur would take it again without hesitating: “If you have an idea, just try it out – you have nothing to lose!” ■



New SigmaPlot V16

Designed Specifically to Meet the Needs of Scientists, Professional Researchers and Engineers



New SigmaPlot V16

New SigmaPlot V16 with new features like Violin Plot, Butterfly Plot and with enhanced big data handling capabilities.

Visit us at www.grafiti.com to get more information on this exciting new release.

Purchase a new license & avail a **15% discount** with promo code **LKPLOTT16** valid until **31st Jan. 2025**

Grafit GmbH

+49 (0) 211 5403 9646

saves.kontakt@grafiti.com



Study with Style.

Campus Kollektion

Verkaufsstellen:

Stephanus Buchhandlung, Karlsruhe, Cafeteria, Campus Nord

online bestellen unter:

www.kit-shop.de



Daten sammeln fürs Klima

MESSTATIONEN ERHEBEN KONTINUIERLICH DATEN, UM AUSTAUSCHPROZESSE ZWISCHEN DER LANDOBERFLÄCHE UND DER ATMOSPHERE BESSER ZU VERSTEHEN

VON ANTJE KARBE

Klimaforschung ist Grundlagenforschung. Solange wir nicht in der Zeit reisen können, ist die Menschheit darauf angewiesen, künftige Klimaszenarien zu berechnen. Um einschätzen zu können, welche Umweltbedingungen kommende Generationen erwarten und wie Ökosysteme darauf reagieren, braucht es in erster Linie Daten: Zu Parametern wie Temperatur, Niederschlägen oder dem Austausch von Treibhausgasen sowie ihren jeweiligen Wechselwirkungen.

So komplexe Fragestellungen in der Praxis greifbar zu machen, ist Dr. Rainer Gasches Job. Der Wissenschaftler ist seit fast zehn Jahren für die Technik an den Messstationen eines voralpinen Observatoriums zuständig, die das KIT in Oberbayern betreibt. Als Teil eines Teams tüftelt er unter anderem in Graswang, Fendt und Rottenbuch an ausgefeilten Aufbauten, betreut Messungen und stellt den Datenfluss an das Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Umweltforschung (IMKIFU), dem Campus Alpin des KIT in Garmisch-Partenkirchen, sicher.

Die Standorte seien sorgfältig gewählt, wie Gasche erklärt: „Sie liegen in drei Höhenlagen zwischen 600 und 900 Metern. Ihre mittlere Jahrestemperatur unterscheidet sich um etwa 2,5 Grad Celsius. So können wir verschiedene Klimabedingungen direkt vergleichen und sind nicht auf jahrelange Zeitreihen angewiesen, ein sogenannter „Space for Time-Ansatz.““ Zudem werden die je 300 Quadratmeter großen Flächen gemäht und gedüngt, um die intensive wie auch extensive Bewirtschaftung des Alpenvorlands zu simulieren.

Niederschläge und Neutronen

Rund um die Uhr werden hier Wetterdaten wie Temperatur, Windgeschwindigkeit und Sonneneinstrahlung aufgezeichnet. Darüber hinaus erfassen Eddy-Kovarianz-Stationen den Austausch von Treibhausgasen zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre. In kurzen Abständen messen die Aufbauten Turbulenzen („Eddies“) und den daran geknüpften Energie-, Wasserdampf- und CO₂-Austausch. Die Anlagen des „Cosmic Ray Neutron Sensing“ messen wiederum aus dem Boden „reflektierte“ Neutronen. Die Teilchen aus dem All reagieren sensibel auf Wasserstoffkerne,



Automatisiertes
Lysimeter-Messsystem
Automated lysimeter
system

deshalb lässt sich aus der Neutronenintensität einer Umgebung auf die mittlere Feuchte im Grund schließen. So wird die Bodenfeuchte auf einer großen Fläche erfasst und ergänzt dabei Punktmessungen vor Ort und Satellitenmessungen aus dem All.

Einzelne Bodenkerne aus den Stationen hat das Team auf „Zeitreise“ in wärmere Klimabedingungen geschickt: Diese wurden mit der Pflanzendecke im Ganzen entnommen und in sogenannten Lysimetern, großen Behältern, in

andere Versuchspartellen eingesetzt. Unter den höheren Temperaturen – und damit Klimawandelbedingungen – zeichnen Sensoren beispielsweise die Parameter des Wasserhaushalts auf: Wie viele Niederschläge gehen ein, wie viel Wasser versickert oder verdunstet? Ebenfalls unterirdisch installiert sind Sammelvorrichtungen in 10 bis 140 Zentimetern Tiefe, welche die Nährstoffe des Bodenwassers analysieren, unter anderem Nitratgehalt und Nitrataustrag in Richtung Grundwasser. Und auch der Austausch der Treibhausgase Kohlenstoffdioxid,

Das Eddy-Kovarianz-Messsystem misst den Austausch von Treibhausgasen zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre

The eddy covariance measurement system measures the exchange of greenhouse gases between the Earth's surface and the atmosphere



FOTOS: MARKUS BREIG

Der Campus Alpin ist seit 1962 in Garmisch-Partenkirchen beheimatet und gehört seit 2002 zum KIT. Die größte bayerische Klimafor-

Dr. Rainer Gasche vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Umweltforschung (IMKIFU)

Dr. Rainer Gasche from KIT'S Institute of Meteorology and Climate Research Atmospheric Environmental Research (IMKIFU)

Lachgas und Methan zwischen Boden und Atmosphäre wird an den Lysimetern bestimmt, hierfür sind Roboter und lasergestützte Technologien im Einsatz.

Bessere Zukunftsmodelle

An jedem Standort speist eine Vielzahl technischer Geräte Einzelwerte ein, die virtuell zusammengeführt und analysiert werden. Sie sind die Basis zur Kalibrierung von Prozessmodellen, die zur Berechnung von Zukunftsszenarien eingesetzt werden. „Früher hat man



solche Szenarien statistisch berechnet“, sagt Gasche. „Aber Entwicklungen sind selten linear, sondern von vielen Faktoren abhängig. Mit der prozessorientierten Modellierung versuchen wir, möglichst viele Einflüsse einzubeziehen und bessere Zukunftsprognosen zu entwickeln.“

Lassen die Ergebnisse schon Prognosen zu? „Der voralpine Bereich wird sehr sensitiv auf Temperaturänderungen reagieren“, ist er überzeugt. Dabei entstünden unerwartete Effekte: Weil Mikroorganismen bei Wärme vermehrt auf die Nährstoffe in Boden und Pflanzen zugreifen, könnte dies Ernteerträge erst mal steigern. „Langfristig besteht aber die Gefahr, dass die Nährstoffvorräte schrumpfen und Böden verarmen.“ Die Frage, wie viel Dünger Böden brauchen, wird dann immer wichtiger. Die Forschenden hoffen, mit ihren Daten zu einer nachhaltigen Bewirtschaftungsstrategie beitragen zu können.

Klimaforschung braucht Vernetzung

Längst geht Klimaforschung über lokale Grenzen hinaus, der Klimawandel ist schließlich ein globales Phänomen. So stehen Graswang, Fendt und Rottenbuch als Messplattform auch Forschenden anderer Einrichtungen zur Verfügung. Unter anderem nutzt das interdisziplinäre Projekt SUSALPS die Daten, um Unterstützungstools für eine nachhaltige Landwirtschaft zu entwickeln.

Die Messstationen sind in das bundesweite Netzwerk ICOS D (Integrated Carbon Observation System) mit anderen Observatorien eingebunden. Und sie sind Standorte des Projekts TERENO (Terrestrial Environmental Observatories), in dem verschiedene Helmholtz-Zentren Messergebnisse aus ganz Deutschland zusammentragen. „Bei TERENO werden über einen Zeitraum von jetzt 15 Jahren Daten erhoben – ungewöhnlich lange für ein Forschungsprojekt“, sagt Gasche. „Möglich ist das, weil sich die Helmholtz-Gemeinschaft der Grundlagenforschung verschrieben hat.“

Und so entsteht ein Jahr für Jahr wachsender „Datenteppich“, für den alle Beteiligten viel Geduld, Zeit und Feinarbeit aufbringen. Zu ihrer Arbeit gehört zudem ein gutes Stück Idealismus: Soll er doch für die nächste Generation eine optimale Grundlage sein, um auch praktisch mit den Folgen des Klimawandels umzugehen. ■



Rainer Gasche untersucht die Bodenkerne im Lysimeter

Rainer Gasche examines the soil cores in the lysimeter

Collecting Data for Climate Research

Every Day, Measurement Stations Capture Data to Support the Understanding of Atmospheric Processes and the Modeling of Future Scenarios

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

We need data to assess the environmental conditions future generations will face and how ecosystems will react to these conditions: For example, data is gathered on parameters such as temperature precipitation, the exchange of greenhouse gases, and on their interactions.

Researcher Dr. Rainer Gasche works on the practical aspects of such questions. He oversees the technical implementation of measurement stations located in a pre-alpine observatory operated by KIT in Southern Germany near KIT's Campus Alpine. Graswang, Fendt, and Rottenbuch are the stations where he and his team devise measuring setups and make sure that the flow of data to the Institute of Meteorology and Climate Research Atmospheric Environmental Research (IMKIFU) stays steady.

The stations are located at different altitudes ranging from 600 to 900 meters and vary in annual temperature up to 2.5 degrees. "This allows us to directly compare the climate conditions and relieves us of establishing time series models over years in a so-called space-for-time substitution," says Gasche. Moreover, parts of the experimental areas are mowed and fertilized to simulate both intensive and extensive farming in the Alpine foothills.

Weather data such as temperature and solar radiation are recorded here 24/7. The researchers also operate eddy covariance stations to record turbulences, so-called "eddies", and the associated exchange of energy, water vapor, and CO₂. Another technique, called Cosmic Ray Neutron Sensing, measures moisture in the ground using neutrons "reflected" by the soil. The team also samples individual soil cores with their vegetation cover at the stations and places them in "lysimeters" (large intact soil monoliths) in other experimental plots at lower altitude. With that the lysimeters are exposed to higher temperatures, i.e., climate change conditions, and sensors record all parameters of water balance.

The researchers rely on this data when calculating future scenarios. "We use process-oriented modeling to incorporate as many influencing factors as possible," says Gasche. The sites are also part of the "Tereno" (Terrestrial Environmental Observatories) project, which links data from many Helmholtz centers. "Tereno has been collecting data for almost 15 years now," adds Gasche. "This is only possible thanks to the commitment of the Helmholtz Association to fundamental research." ■



WELTWEIT ERSTE AGILE BATTERIEZELLFERTIGUNG ERÖFFNET

AGILES PRODUKTIONSSYSTEM SOLL INDUSTRIESTANDORT DEUTSCHLAND STÄRKEN

VON MELANIE KLAGMANN // TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR // FOTOS: AMADEUS BRAMSIEPE

Große Freude in den Gesichtern der Forschenden: Nach umfassenden Vorarbeiten und vier Jahren Arbeit am Forschungsprojekt AgiloBat wird die weltweit erste agile Batteriezellfertigung am KIT eröffnet. Das roboterbasierte und modular aufgebaute agile Produktionssystem ermöglicht es, Batteriezellen – etwa für die Elektromobilität oder Elektrowerkzeuge

– künftig flexibler herzustellen: „Wir haben in Deutschland nicht die Voraussetzungen, um in der rein kostengetriebenen Massenfertigung von Zellen und dem dazugehörigen Maschinenbau wettbewerbsfähig zu sein“, sagt Professor Jürgen Fleischer, Leiter des wbk Institut für Produktionstechnik am KIT. Er betont: „Die Eröffnung des Produktionssystems

in der Karlsruher Forschungsfabrik zeigt, wie wir uns mit einer hochflexiblen und ressourceneffizienten Produktion am Weltmarkt differenzieren und gezielt das margenstarke Premiumsegment und Nischenmärkte adressieren können.“ Zusammen mit Gästen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik eröffneten Vertreter der beteiligten Ministerien und des KIT die neue agile Batteriezellfertigungsline. Bei der Eröffnungsfeier erläuterten die Forschenden in Führungen an 13 Stationen die Funktionsweise und Hintergründe der agilen Batteriezellfertigung. Ein Highlight war dabei die Live-Demonstration an vier voll automatisierten Roboterzellen. „Diese Roboterzellen stellen eine Weltneuheit auf dem Gebiet dar. Sie dienen als lokale Trockenräume, auch Micro-environments genannt, zum Schutz der feuchtigkeitsempfindlichen Batteriematerialien“, erläutert Fleischer. Im Vergleich zu konventionellen Trockenräumen sei das zu entfeuchtende Raumvolumen deutlich kleiner und biete daher ein besonders hohes Energieeinsparpotenzial. Die Batteriezellfertigung haben die Forschenden im Projekt AgiloBat zusammen mit mittelständischen Maschinen- und Anlagenbauern entwickelt. Diese sollen nun gemeinsam eine wettbewerbsfähige Anlagentechnik entlang der gesamten Prozesskette anbieten können. ■

WORLD'S FIRST AGILE BATTERY CELL PRODUCTION FACILITY OPENED

AGILE PRODUCTION SYSTEM TO STRENGTHEN GERMANY AS AN INDUSTRIAL LOCATION

Faces of researchers filled with joy: Extensive preparations and four years of work on the AgiloBat research project have finally led to the opening of the world's first agile battery cell production facility at KIT. Robot-based and modularly designed, the agile production system enables the future production of battery cells – such as those used in electromobility applications or power tools – in a more flexible way: “The conditions in Germany do not allow us to be competitive in the purely cost-driven mass production of battery cells and the associated mechanical engineering field,” says Professor Jürgen Fleischer, Head of KIT's Institute of Production Science (wbk). He empathizes that “the opening of the production system in the Karlsruhe research factory shows how we can stand out on the global market with a highly flexible and resource-efficient production and address the high-margin premium segment as well as niche markets in a targeted way.”

In the presence of guests from business, science, and politics, the new agile battery cell production line was opened by representatives of the ministries involved and KIT. The opening ceremony featured guided tours along 13 stations, in which the researchers explained the operating principle and background of agile battery cell production. One highlight was a live demonstration involving four fully automated robot cells. “These robot cells are a world first in this field. They serve as local drying rooms, also known as micro-environments, which are used to protect the moisture-sensitive battery materials,” explains Fleischer. Compared to conventional drying rooms, the room volume to be dehumidified is significantly smaller and therefore has a particularly high energy-saving potential. The researchers developed the battery cell production in the AgiloBat project jointly with medium-sized machinery and equipment manufacturers. They should now be able to cooperatively offer competitive manufacturing equipment for the entire process chain. ■



Die Anlagentechnik
im Einsatz | Watch
the new technology
in operation:
[www.youtube.com/
watch?v=dQjQH4Awszc](https://www.youtube.com/watch?v=dQjQH4Awszc)



Juergen.Fleischer@kit.edu



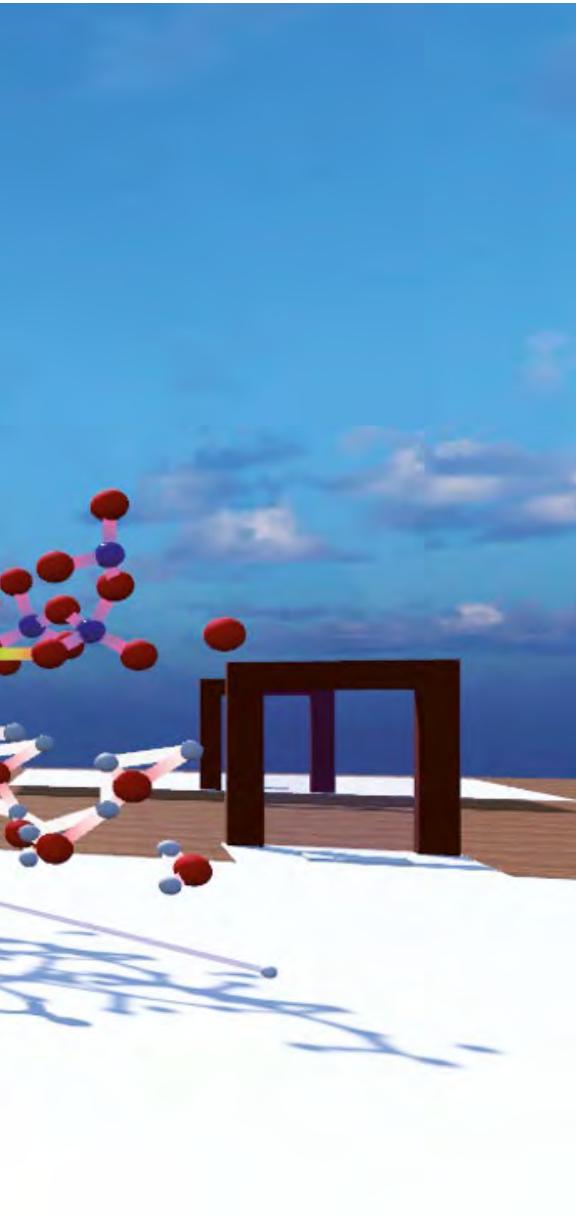
GRAFIK: INSTITUT

Virtuelles Materialdesign für mineralische Baustoffe

DEUTSCHLANDWEIT
EINZIGARTIGES LABOR
AM KIT VISUALISIERT
CHEMISCH-MINERALOGISCHE
ZUSAMMENHÄNGE UND
MACHT BERECHNUNGEN AUF
ATOMISTISCHER EBENE MÖGLICH

VON SABINE FODI

Überall wird gebaut – neue Straßen, Brücken und Gebäude. Unsere Infrastruktur entwickelt sich weiter und das bedarf einer Menge Material wie zum Beispiel Beton. Dieses Material soll in Zukunft nachhaltiger und langlebiger sein, doch die industrielle Entwicklung neuer Materialien kostet viel Zeit und Geld. Eine Abkürzung ermöglicht das am KIT neu aufgebaute „Virtuelle Labor für Material-Design mineralischer Baustoffe“. Dort berechnen Forschende die Eigenschaften neuer Materialien am Computer und überprüfen diese anschließend experimentell. Ziel ist es, neue Materialien mit ganz gezielten Eigenschaften wie Flüssigkeitsresistenz und Selbstheilung oder definierten Porenstrukturen zu entwickeln, um beispielsweise die Dauerbeständigkeit von mineralischen Baustoffen zu verlängern.



Im „Virtuellen Labor für Material-Design mineralischer Baustoffe“ können neue Materialien mit gezielten Eigenschaften entwickelt werden

New materials with specific properties can be developed in the “Virtual Laboratory for Material Design of Mineral-based Building Materials”



FOTOS: MAGALI HAUSER

Dr. Peter Thissen vom Institut für Massivbau und Baustofftechnologie (IMB) des KIT

Dr. Peter Thissen from KIT’s Institute of Concrete Structures and Building Materials (IMB)



Professor Frank Dehn, Leiter des Instituts für Massivbau und Baustofftechnologie (IMB) des KIT

Professor Frank Dehn, Head of KIT’s Institute of Concrete Structures and Building Materials (IMB)

Grenzflächen verstehen

Für die Entwicklung mineralischer Baustoffe ist es essenziell, die Grenzflächen zwischen den Mineralstrukturen und den umgebenden Medien wie zum Beispiel Wasser, Luft, Kohlenstoffdioxid oder salzhaltigen Lösungen zu verstehen. Denn dort finden die Reaktionen statt, welche die Eigenschaften der mineralischen Baustoffe maßgeblich bestimmen und beeinflussen. Die Modellierung der Grenzflächen auf atomarer Ebene ist komplex und zeitaufwendig, da 3D-Objekte mithilfe von 2D-Arbeitsabläufen erstellt werden müssen.

Dabei werden 2D-Abbildungen von Oberflächenstrukturen mittels Rasterkraft- oder Rasterelektronenmikroskopie erfasst, die als Basis für die 3D-Modellierung von Grenzflächen dienen. Zudem werden aus 3D-Kristallstrukturen von Mineralien 2D-Projektionen erstellt, um atomare Ebenen, Schnittstellen und De-

fekte darzustellen. Diese komplexen Arbeitsabläufe sind wesentlich für die effiziente und präzise Erstellung von 3D-Modellen komplexer atomarer Grenzflächen.

Visualisierung und aktive Manipulation

Das neu errichtete Virtual Reality (VR)-Labor am KIT vereinfacht die Erstellung dieser Modelle, da der virtuelle Arbeitsraum mit seinen experimentellen Daten und Hochleistungsrechnungen über eine direkte Implementierung sowohl die Visualisierung als auch die aktive Manipulation aller Materialien ermöglicht. Das VR-Labor fungiert dabei als Arbeitsraum und als grafische Bedienoberfläche für die implementierten Anwendungen. Das manuelle Festlegen von Atompositionen und -orientierungen stellt sicher, dass sich die Forschenden ganz auf das Thema konzentrieren können, anstatt mit einer Software zu arbeiten.

So ist es möglich, chemisch-mineralische Zusammenhänge über eine digitale Plattform zu visualisieren und Berechnungen auf atomistischer Ebene für mineralische Baustoffe – wie beispielsweise Beton – durchzuführen. Daraus lassen sich Struktur-Eigenschaftsbeziehungen ableiten und Rückschlüsse auf mechanische Eigenschaften ziehen. „Atome können quasi ‚von Hand‘ ausgetauscht und die Auswirkungen auf die chemischen Verbindungen sofort visualisiert werden“, beschreibt Dr. Peter Thissen vom Institut für Massivbau und Baustofftechnologie (IMB) des KIT die Vorteile des VR-Labors, das an einen Großrechner am Scientific Computing Center (SCC) des KIT angebunden ist.

Eigenschaften direkt verifizieren

„Nach der Visualisierung können die Eigenschaften der so optimierten Baustoffe im Experiment durch die am IMB ansässige Materi-



FOTO: MARKUS BREIG, AMADEUS BRAMSIEPE

Virtual Design of Mineral-based Building Materials

KIT Runs a Unique, Germany-wide Laboratory for the Visualization of Chemical-mineralogical Relationships that Enables Calculations at the Atomic Level

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

The industrial development of new materials is a costly and time-consuming process. A shortcut is provided by KIT's newly established "Virtual Laboratory for Material Design of Mineral-based Building Materials". Its researchers perform computer-assisted calculations of the properties of new materials and then test them experimentally. The aim is the targeted development of new materials with very specific properties, such as resistance to fluids and self-healing, or defined pore structures, which might, for example, increase the durability of mineral-based building materials.

When developing mineral-based building materials, it is crucial to understand the interfaces between the mineral structures and the surrounding media, such as water, air, CO₂, or saline solutions. Modeling these interfaces at the atomistic level is a complex and time-consuming task because 3D objects have to be created on the basis of 2D workflows. The newly established virtual reality (VR) laboratory at KIT simplifies the creation of these models, as the virtual workspace with its experimental data and high-performance calculations allows direct implementation. This enables researchers to both visualize and actively manipulate all materials. Here, the VR lab provides not only workspace, but also a graphical user interface for the implemented applications.

In this way, chemical-mineral interrelations can be visualized via a digital platform, and calculations for mineral-based building materials can be performed at the atomistic level. This, in turn, enables scientists to deduce relationships between the structure and properties of a material and to draw conclusions about its mechanical properties. "Atoms can be replaced, so to say, 'manually' and the effects on the chemical compounds can be visualized immediately," explains Dr. Peter Thissen from KIT's Institute of Concrete Structures and Building Materials (IMB). First ideas and results related to new materials have already emerged: Carbon-free, water-repellent rare-earth coatings for concrete surfaces can make load-bearing structures more durable and thus more sustainable. ■

alprüfungs- und Forschungsanstalt Karlsruhe (MPA Karlsruhe) verifiziert werden", fügt Professor Frank Dehn, Leiter des IMB, hinzu. Erste Ideen und Ergebnisse zu neuen Materialien liegen bereits vor; dabei geht es um kohlenstofffreie, wasserabweisende Beschichtungen mit Seltenen Erden für Betonoberflächen, um die damit hergestellten Tragwerke langlebiger und damit nachhaltiger zu machen.

Arbeitsabläufe beschleunigen

Die Implementierung zusätzlicher Funktionen wie die eines virtuellen Laborbuchs trägt dazu bei, den Arbeitsablauf im VR-Labor deutlich zu beschleunigen. Hintergrunddatenbanken werden in der Zukunft eine große Menge an chemischen Strukturen und Materialinformationen liefern, um die Vielfalt der Aufgaben, an denen im VR-Labor gearbeitet werden kann, weiter zu erhöhen.

Somit kann das VR-Labor nicht nur einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Leistungsfähigkeit mineralischer Baustoffe – insbesondere des Massenbaustoffs Beton – leisten, sondern durch den maßgeschneiderten Ansatz beim Materialdesign zur Ressourcenschonung sowie CO₂-Reduzierung und somit zu deren nachhaltiger Entwicklung beitragen. ■



„CHEMIE ERKLÄRT, WIE DAS LEBEN FUNKTIONIERT – DAS IST UNFASSBAR COOL“

JANA BOTT IST LEHRERIN UND WILL FÜR NATURWISSENSCHAFTEN BEGEISTERN

VON ASMA HALAC // TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR // FOTOS: JANA BOTT

Die künftigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sitzen heute im Klassenzimmer – dort, wo Jana Bott am Ernst-Sigle-Gymnasium ihre Begeisterung für die Fächer Biologie und Chemie an junge Menschen weitergibt. Sie ist Lehrerin und Alumna des KIT. Angefangen hat ihre Leidenschaft für das Unterrichten mit ihrer eigenen Biologie- und Chemielehrerin, die Bott während ihrer Schulzeit tief be-

eindruckte: „Damals dachte ich mir, dass ich genau diese Begeisterung auch weitergeben will.“

Für Bott ist es ein besonderes Privileg, die persönliche und fachliche Entwicklung ihrer Schülerinnen und Schüler begleiten zu dürfen. „Die größte Freude machen mir Nachrichten von ehemaligen Schülerinnen und Schülern wie ‚Frau Bott, ich studiere gerade Biologie und es ist genau

mein Ding!‘.“ Das bestärke sie darin, die Faszination für ihre Themen kreativ zu vermitteln. Dabei versucht sie den Unterricht anschaulich und einprägsam zu gestalten – wofür sie auch mal durch das Klassenzimmer hüpfte, um die saltatorische Erregungsleitung zu verdeutlichen. „Wenn Schülerinnen und Schüler Spaß haben, lernen sie nachhaltiger“, erklärt Bott.

Mädchen zur Wahl von MINT-Fächern zu motivieren, ist ihr ein besonderes Anliegen: „Ich zeige zum Beispiel gerne Videos von Wissenschaftlerinnen, die Themen spannend und zugänglich präsentieren.“ Bott hat selbst am KIT studiert: „Die strukturelle und mathematische Herangehensweise, die ich dort gelernt habe, wende ich in meinen Leistungskursen bis heute an.“

Die Lehrerin sieht auch Herausforderungen im Schulsystem. Große Klassen und veraltete Fachräume erschweren es, Experimente durchzuführen und Schülerinnen und Schüler praxisnah an die Fächer heranzuführen. Die Begeisterung für ein Fach lässt sich ihrer Meinung nach am besten wecken, wenn mehr Raum für eigenes Erleben und praktische Erfahrungen geschaffen wird.

Zum Abschluss betont Bott die Bedeutung der Grundlagen, die in der Schule gelegt werden. Ihr Wunsch ist es, das Image von Fächern wie Chemie zu verbessern, damit Schülerinnen und Schüler den Mut finden, sich auf diese spannenden Themen einzulassen, Hemmschwellen abzubauen und ihre Einstellung gegenüber dem Fach positiv zu verändern. ■

“CHEMISTRY EXPLAINS HOW LIFE WORKS – THAT’S INCREDIBLY COOL”

JANA BOTT IS A TEACHER WHO WANTS TO STIR HER PUPILS’ ENTHUSIASM FOR NATURAL SCIENCES

Future scientists are sitting in classrooms today – and classrooms are where Jana Bott shares her enthusiasm for biology and chemistry with young people attending Ernst Sigle grammar school. Jana Bott is a teacher and a KIT alumna. Her passion for teaching was awakened by her own biology and chemistry teacher, who made a deep impression on Bott during her school days: “At that time, I thought to myself that I wanted to pass along the same enthusiasm.”

Having the chance to take part in the personal and professional development of her pupils is a special privilege for Bott. “Getting messages from former pupils such as ‘Mrs. Bott, I’m currently studying biology and that’s exactly my thing!’ is the greatest pleasure for me.” This feedback encourages her to communicate her own fascination with natural sciences in a creative way. She tries to deliver vivid and memorable lessons to her pupils – this includes actions such as jumping around the classroom to illustrate saltatory conduction. “If schoolgirls have fun, they learn things more effectively,” explains Bott.

Motivating girls to choose STEM disciplines is a particular concern of hers: “For example, I like to show videos of female scientists who present topics in an exciting and accessible way.” Jana Bott pursued her own studies at KIT. “In my advanced courses, I still apply the structural and mathematical approach I learned at KIT.”

She also identifies challenges in the educational system. Large classes and outdated science labs make it difficult to perform experiments and introduce pupils to the subjects in a hands-on manner. The easiest way to stir enthusiasm among students is to create more space for personal and practical experience.

Bott emphasizes the importance of the foundations established at school. It is her wish to make disciplines such as chemistry more popular so that young people are encouraged to take up these exciting topics, break down barriers, and develop a positive attitude towards these disciplines. ■

@ Bt@esg.lb.schule-bw.de



IMPRESSUM / IMPRINT

Herausgeber/Editor
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
Prof. Dr. Jan S. Hesthaven, Präsident des KIT
Postfach 6980 // 76049 Karlsruhe // Germany
www.kit.edu

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

AUFLAGE/CIRCULATION

12 000

REDAKTIONSANSCHRIFT/EDITORIAL OFFICE

Stab und Strategie (STS)/Executive Office and Strategy
Leiterin: Dr. Julia Winter
STS-Gesamtkommunikation, Leiter (kommissarisch): Dr. Joachim Hoffmann
Kaiserstraße 12 // 76131 Karlsruhe

REDAKTION/EDITORIAL STAFF

Leonie Kroll (STS-Gesamtkommunikation, verantwortlich/responsible)
Tel./Phone: 0721 608-41159 // E-Mail: leonie.kroll@kit.edu

BILDREDAKTION/COMPOSITION OF PHOTOGRAPHS

Gabi Zachmann (STS-Gesamtkommunikation) und Dienstleistungseinheit
Campus Services, Medienproduktion/Media Production

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

Fachübersetzungen Hunger/Altmann GbR, Byron Spice

KORREKTORAT/PROOFREADING

Laura Jörger (STS-GK), Antje Karbe (STS-GK),
Maike Schröder (INTL)

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: Dominika Rogocka

DRUCK/PRINT

Stober Medien GmbH // Industriestraße 12 // 76344 Eggenstein

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



QES
Dieses Druckerzeugnis wurde mit
dem Blauen Engel ausgezeichnet

www.blauer-engel.de/uz195

lookKIT

Leinfelden-Echterdingen – wo sonst.



Wo sonst treffen Flughafen, Messe, Autobahn und B7 mit den unterschiedlichen Infrastruktureinrichtungen aufeinander und wo sonst kann man in einem der wirtschaftsstärksten Orte der Region in einem familienfreundlichen und familiären Team arbeiten? Die Stadt LE bietet Ihnen mit sowohl hochtechnisierten als auch kleinstädtisch geprägten Räumen ein vielfältiges und anspruchsvolles Aufgabenfeld.

Was erwartet Sie bei uns?

- Die vielen verschiedenen Bereiche wie Baurecht, Hoch- und Tiefbau sowie Stadt- und Verkehrsplanung in LE bieten spannende Chancen!
- Werden Sie Teil eines großen Teams, das innovative Lösungen für nachhaltige Infrastruktur, smarte Städte und moderne Mobilität entwickelt.
- Hier können Sie die Zukunft der Stadt Leinfelden-Echterdingen mitgestalten, Bauprojekte verwirklichen und dabei Lösungen entwickeln, die sowohl den gesellschaftlichen als auch den städtischen Anforderungen von morgen gerecht werden.

Ob Sie sich für die Planung komplexer Verkehrsnetze, die Realisierung neuer Gebäude oder die juristischen Aspekte des Bauwesens interessieren – Die Vielfalt und Bedeutung dieser Fachgebiete eröffnet Ihnen spannende Entwicklungschancen und die Gelegenheit aktiv an der Gestaltung lebenswerter Städte mitzuwirken. Machen Sie den nächsten Schritt und entdecken Sie, wie Sie mit Ihrem Know-how unsere Stadt verändern können!

Was bieten wir?

- Vergütung im Beschäftigungsverhältnis nach TVöD
- Übertarifliche Fachkräftezulage bei vorliegender Qualifikation
- LE CARD: steuerfreier Sachbezugswert für Tarifbeschäftigte von bis zu 35€ / Monat
- Flexible Arbeitszeiten, sowie die Möglichkeit mobil zu arbeiten
- Berufliche Qualifizierung, internes sowie externes Fortbildungsprogramm
- 75 % ÖPNV-Zuschuss, Dienstrad-Leasing
- Betriebliches Gesundheitsmanagement
- Betriebliche Altersvorsorge

Für weitere Informationen zum Aufgabengebiet, zu den Arbeitszeiten oder Tariflichen Auskünften stehen wir Ihnen in der Personalabteilung unter Tel.: 0711/1600-297, gerne zur Verfügung. Bei gleicher Eignung, Befähigung und fachlicher Leistung werden schwerbehinderte Menschen nach Maßgabe der gesetzlichen Vorgaben vorrangig berücksichtigt.

Haben wir Ihr Interesse geweckt?
Dann bewerben Sie sich bitte online unter
www.jobs-le.de

Stadt Leinfelden-Echterdingen
Personalabteilung
Marktplatz 1, 70771 Leinfelden-Echterdingen
www.leinfelden-echterdingen.de

WO IDEEN ECHTEN FREIRAUM FINDEN

Bei der ZELTWANGER Unternehmensgruppe legen wir Wert auf innovative und maßgeschneiderte Lösungen. Ob High-End Dichtheitsprüfungen oder fortschrittliche Automatisierung – dank unserer in-house Spezialisten bieten wir durchdachte und zukunftsfähige Prüftechnik. Unsere Kunden aus spannenden Zukunftsbranchen profitieren von unserer Expertise, die von der Entwicklung bis zur Inbetriebnahme und darüber hinaus reicht. Mit Freude an Technik und einem großen Gestaltungsspielraum nutzen wir gemeinsam unsere Stärken, um die Zukunft zu gestalten.

Einstiegsmöglichkeiten für Technikbegeisterte:

- + Praktikum
- + Werkstudententätigkeit
- + Abschlussarbeit
- + Fach- & Führungskräfte

**Wir brauchen Menschen
mit Leidenschaft**

ZELTWANGER Holding GmbH
Jopestr. 3 | 72072 Tübingen

MÖCHTEST DU DABEI SEIN?
Dann bewirb dich jetzt! →
[ZELTWANGER.DE/KARRIERE](https://www.zeltwanger.de/karriere)



WIR STEuern FAHRZEUGE SIE IHRE KARRIERE — MIT UNS



Bei ME MOBIL ELEKTRONIK entwickeln Sie die elektronischen Lenksysteme der Zukunft.

- ✓ Systementwicklung
- ✓ Automotive System Engineering
- ✓ Embedded Software

**Starten Sie Ihre Karriere bei
ME MOBIL ELEKTRONIK!**



ME MOBIL ELEKTRONIK GMBH
Bössingerstraße 33
74243 Langenbrettach

☎ 07946 9194-965



**Architektenkammer
Baden-Württemberg**

Danneckerstraße 54
70182 Stuttgart
T 0711 2196-0 | info@akbw.de

www.akbw.de



Sie möchten sich Architekt:in nennen?

Sie haben einen wunderbaren Beruf gewählt! Gutes Entwerfen war noch nie eine rein ästhetische Frage. In den letzten Jahren haben Architektur und Stadtplanung aber nochmal an Relevanz gewonnen. Architekt:innen, Stadtplaner:innen, Innenarchitekt:innen und Landschaftsarchitekt:innen tragen

wesentlich dazu bei, Klimaanpassung und soziales Gefüge baulich zu organisieren. Die Architektenkammer Baden-Württemberg bezieht gegenüber Stakeholdern in Politik und Gesellschaft Position: **für Nachhaltiges Bauen, für Ressourcenschonung, für eine neue Prozesskultur, für neue integra-**

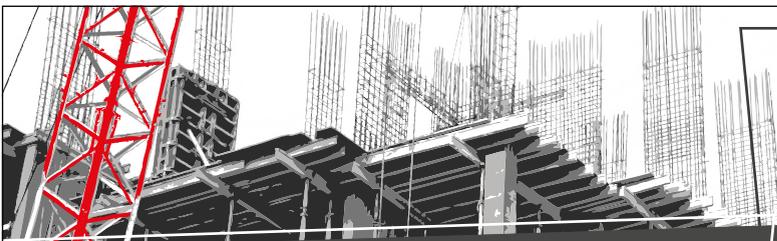
tive Arbeitsformen. Basis unseres Engagements sind unsere 26 100 Mitglieder in 42 Kammergruppen. Nutzen Sie die vielen Vorteile wie das Führen der Berufsbezeichnung Architektin bzw. Architekt, Beratungen, Fortbildungen oder Altersversorgung. **Seien Sie Teil der nächsten Generation Kammer!**

RSE +

Zukunft gestalten für Dich und andere.

Wir suchen
BIM-Koordinatoren
BIM-Manager
Architekten
Projektleiter (m/w/d)

www.rse.plus ■



Genug vom ewig gleichen Häusebau?
Bei uns warten außergewöhnliche Projekte
auf dich!

Hak dich ein und gestalte mit uns
die Industriegebäude von morgen!

FISHING FOR ENGINEERS

www.iberb.de/karriere

Ingenieurbüro Erb



Gesamtplanung Industrie- & Gewerbebau
Tragwerksplanung • Projektsteuerung



GESTALTE MIT
UNS DEINE
ZUKUNFT!

KERN & SOHN steht seit über 180 Jahren für
Präzision und Zuverlässigkeit im Bereich von
Waagen und Messtechnik.

KERN BENEFITS

- + Urlaubs- und Weihnachtsgeld
- + Betriebliche Altersvorsorge
- + Gesundheitsbonus
- + Flexible Arbeitszeitmodelle
- + Gezielte Schulungen und Weiterbildungsmöglichkeiten
- + Gratis Mineralwasser und Kaffee



KERN & SOHN GmbH
Stefanie Herter · Teamleader HR
Ziegelei 1 · 72336 Balingen-Frommern
Telefon +49 7433 9933-253
www.kern-sohn.com



PROFESSIONAL MEASURING



Entdecke die vielfältigen Chancen:

- ... im Marketing
- ... im technischen Bereich
- ... in der Logistik
- ... oder in vielen weiteren Bereichen

Wir freuen uns über deine Initiativbewerbung!

MÜNZING 
CREATING ADDITIVE VALUE

Wo **DEINE IDEEN**
zu den **INNOVATIONEN**
VON MORGEN werden.



Gestalte mit uns die
Zukunft der Chemie.

MÜNZING CHEMIE GmbH

www.munzing.com



Heidelberg ruft – Ihre Vision, unsere Stadt, **#teamheidelberg!**

Werden Sie Teil unseres Teams: Ob als Ingenieurin/Ingenieur (m/w/d)
in vielfältigen Fachbereichen oder als Architektin/Architekt (m/w/d)
– Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!



Mehr Infos



KVJS

Abschluss in der Tasche?

Wir bieten abwechslungsreiche Aufgaben in
Stuttgart, Karlsruhe und Freiburg!

Noch nicht auf Jobsuche?

Wir bieten spannende **Praktika** für die Schwerpunkte:
Leistungsverwaltung in den Bereichen Behinderung, Jugend und
Pflege, Wirtschaft und Finanzen, Personal und Organisation



KVJS
Kommunalverband
für Jugend und Soziales
Baden-Württemberg

www.kvjs.de/karriere

WIR SUCHEN (M/W/D):

- ▶ PRAKTIKANTEN
- ▶ AUSZUBILDENDE
- ▶ MASTERRANDEN
- ▶ YOUNG PROFESSIONALS
- ▶ INGENIEURE

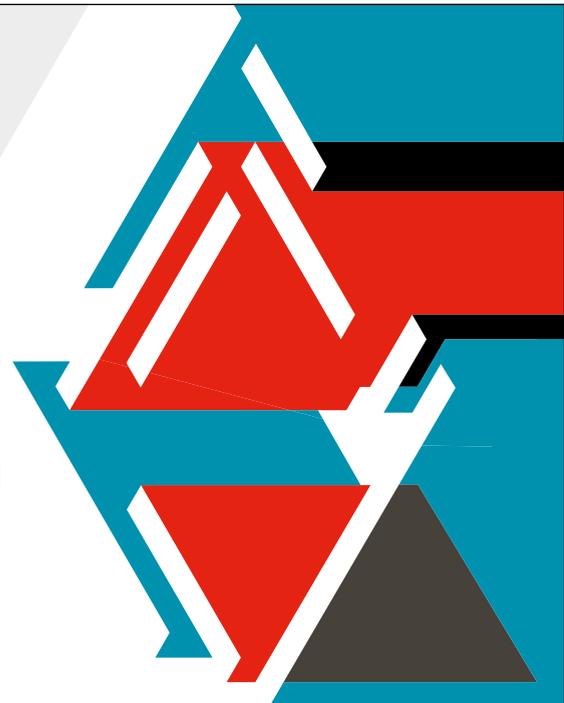
www.datwyler.com/de/unternehmen/karriere



DATWYLER HEALTHCARE SOLUTIONS



Bewerbungen, gerne per E-Mail an: Daniela Kolev, daniela.kolev@datwyler.com
Dätwyler Pharma Packaging Deutschland GmbH, Tornadostr. 4, 76307 Karlsbad



VEGA

**PRAXISSEMESTER,
ABSCHLUSSARBEIT
UND BERUFSEINSTIEG?
SICHER. MIT VEGA.**

Komm zum erfolgreichen Hersteller für innovative Füllstand- und Druckmess-technik – und bringe mit weltweit mehr als 2.400 Mitarbeitern neue Technologien und zukunftsweisende Sensoren voran.

www.vega.com/studium



Entdecke auch unseren

INNOVATION-HUB

in Karlsruhe!

EKATO

EKATO ist weltweit führend in der Rühr- und Mischtechnik. Als Berufseinsteiger, erfahrener Profi oder Student hast du bei uns die Chance, an innovativen Projekten mitzuwirken.

An unseren drei regionalen Standorten in Schopfheim und Lörrach bieten wir:

- PRAXISSEMESTER
- ABSCHLUSSARBEITEN
- FACH- UND FÜHRUNGSPPOSITIONEN

Bewirb dich jetzt und gestalte die Zukunft der Prozessindustrie mit!

ekato.career.com

So sieht bei uns Forschung & Entwicklung aus >



EKATO | Hohe-Flum-Str. 37 | 79650 Schopfheim | 07622 29-0 | www.ekato.com

DEINE
KARRIERE
BEI EKATO -
MISCH MIT!

DU BIST DIE ZUKUNFT

der Mobilität im Land.

Bauingenieur,
Verkehrsingenieur,
Projektsteuerer,
Praktikant

Jetzt bewerben!

(w/m/d)



sweg.de/deine-zukunft

Für unser Projektbüro Stuttgart
im Bereich Bahninfrastruktur

SWEG

Hilf uns dabei die Welt zu vernetzen!

Wir machen die Infrastruktur für
das Web! Mit Hightech-Lösungen
in der Kommunikationstechnologie,
sorgen wir dafür, dass sich die Welt
weiterdrehen kann.

Wir suchen Dich!

Elektronik-Entwickler
(m/w/d) für den Bereich
optische Datenübertragung

- ✓ Zukunftssicher
- ✓ Gute Bezahlung
- ✓ Direkt am Bodensee
- ✓ Flexible Arbeitszeiten
- ✓ Moderner Arbeitsplatz
- ✓ Homeoffice möglich



Details und mehr Infos unter:
dct-delta.de/karriere

Deine Bewerbung direkt an:
bewerbung@dct-delta.de

KÄRCHER

WANNA WOW WITH US?

Praktikum, Werkstudentenjob oder
Abschlussarbeit? Hauptsache WOW! We are
the Kärchers. Und hey, eins ist klar:
Jedes WOW - egal ob riesig oder winzig -
ist außergewöhnlich und einzigartig.
Genau wie Du.
WOW WITH US! kaercher.de/karriere



Mein Job

WEIL ICH DIE DIGITALE
ZUKUNFT MITGESTALTE!

BEWIRB DICH JETZT!

07822 77-15444 | [JOBS.EUROPAPARK.DE](https://jobs.europapark.de)

Mack
INTERNATIONAL



Z+F
Zoller+Fröhlich

Lust loszulegen und Neues kennenzulernen?

Zur Verstärkung unseres Teams suchen wir zum nächstmöglichen Zeitpunkt Sie als:

- + Entwicklungsingenieur
Embedded Linux (m | w | d)
- + Mitarbeiter Laserfertigung (m | w | d)
- + Mitarbeiter Reparatur im Bereich
2D / 3D Laserscanner (m | w | d)
- + Produktmanager (m | w | d)
- + Sales Specialist Laserscanning (m | w | d)
- + Werkstudenten und
studentische Mitarbeiter (m | w | d)



Interesse geweckt?
Dann senden Sie Ihre
Bewerbung an uns:

jobs@zofre.de

ERFÜLLT ARBEITEN BESSER LEBEN

SWIETELSKY

Innovationen zünden, Potenzial entfalten, Wertschätzung erfahren und gemeinsam immer besser bauen. Das ist mehr als einen Job.



LÖSUNGSORIENTIERT

SWIETELSKY fördert eine offene und innovative Arbeitskultur. Deine Mitarbeit bei modernen Bauwerken schafft Lebensqualität für viele Menschen. Zusammenarbeit ist der Schlüssel zum Erfolg.



MENSCHENORIENTIERT

Im Mittelpunkt stehen die Menschen. Gemeinsam möchten wir immer besser bauen. Dazu gehören Wissen, Fähigkeiten, Fleiß und Gespür. Deine Entwicklung liegt uns am Herzen.



ZUKUNFTSORIENTIERT

Bau mit uns an einer modernen Verkehrs-, Energie- und Klimawende. Gemeinsam möchten wir Ressourcen verantwortungsvoll nutzen, Lebensqualität verbessern und die Umwelt respektieren.



Du bist gefragt.
Finde deinen Platz bei uns!
wir-swietelskys.de



Forward. For all.

Dream big. With us.

In der richtigen Umgebung können sich deine Ideen in branchenverändernde Automobiltechnologien verwandeln und das Leben von Menschen auf der ganzen Welt verbessern. Wir können dir dabei helfen.

Gemeinsam werden wir die Zukunft der Mobilität gestalten.

magnacareers.com



Werde Teil
unserer
#Magnafamily