

lookKIT

DAS MAGAZIN FÜR FORSCHUNG, LEHRE, INNOVATION
THE MAGAZINE FOR RESEARCH, TEACHING, INNOVATION
AUSGABE/ISSUE #04/2023
ISSN 1869-2311



UNSER UNIVERSUM

AUF DER SPUR: SUCHE NACH DER DUNKLEN MATERIE
ON THE TRACK: SEARCHING FOR DARK MATTER

AUF DEM WEG: TECHNOLOGIEN FÜR DIE KERNFUSION
ON THE WAY: TECHNOLOGIES FOR NUCLEAR FUSION

AUF DER KIPPE: UNSER KLIMASYSTEM
ON THE BRINK: OUR CLIMATE SYSTEM

Gestalte mit uns die Technologie von morgen

Schreibe deine Zukunft neu.

Werde jetzt Teil unseres starken Netzwerks aus IT-Expert*innen! Gestalte die digitale Welt von morgen und treibe Themen wie Cloud, Data sowie Transformation mit Schwerpunkt SAP oder auch Salesforce voran. Wir bieten dir ein inspirierendes Team, flexible Karrieremöglichkeiten sowie die Freiheit, mit deiner Arbeit für dich und andere Perspektiven zu schaffen.

Erfahre jetzt mehr über uns und deine Einstiegsmöglichkeiten:
capgemini.com/de-de/karriere/



**GET THE FUTURE
YOU WANT**

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

das Universum fasziniert Menschen schon immer. Wie hat es sich entwickelt, woraus besteht es und welche Kräfte wirken darin? Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT arbeiten an vielen grundlegenden Fragen zur Natur unseres Universums. Dafür können sie am KIT einzigartige, große Forschungsinfrastrukturen nutzen.

„Unser Universum“ ist auch der Titel des Wissenschaftsjahres 2023 des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. In der neuen Ausgabe von lookKIT geben wir Ihnen einen Einblick, wie am KIT daran gearbeitet wird, die kleinsten Strukturen der Materie aufzuklären oder einen besonderen Blick auf das kosmische Geschehen zu werfen.

Nach sehr flüchtigen Elementarteilchen, sogenannten Neutrinos, suchen Forschende des KIT mit dem IceCube-Experiment am Südpol. Teil des Detektors ist das ewige Eis, mit dem die Teilchen wechselwirken (ab Seite 29).

Humboldt-Professor Markus Klute, Leiter des Instituts für Experimentelle Teilchenphysik (ETP) des KIT, hat dazu beigetragen, einem essenziellen Puzzleteil im Standardmodell der Teilchenphysik auf die Spur zu kommen: dem Higgs-Boson. Im Interview erklärt er, warum Grundlagenforschung einem Marathonlauf gleicht (ab Seite 10).

Die Eigenschaften der sogenannten Dunklen Materie und der Dunklen Energie gehören zu den größten Rätseln des Universums. Forschende am KIT wollen mit dem XENON-Experiment Licht ins Dunkel bringen (ab Seite 14).

Mit KITTEN haben Forschende am KIT ein Testfeld geschaffen, mit dem sie große Forschungsinfrastrukturen energiesparender und nachhaltiger machen wollen. Professorin Anke-Susanne Müller, Leiterin des Instituts für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT) des KIT, und Tenure-Track-Professor Giovanni De Carne vom Institut für Technische Physik (ITEP) des KIT, erzählen im Interview, warum das Projekt in Europa einzigartig ist und wie die Ergebnisse den Energie-Fußabdruck in vielen Branchen verbessern werden (ab Seite 32).

Die Kernfusion soll eines Tages zur Energieversorgung beitragen und das mit geringer Belastung von Klima und Umwelt. Forschende am KIT entwickeln Technologien, um das „Kraftwerk“ Sonne auf der Erde nachzubilden (ab Seite 36).

Viel Vergnügen bei der Lektüre!

Ihr



Prof. Dr. Oliver Kraft

(in Vertretung des Präsidenten des KIT // Acting President of KIT)

**DEAR READER,**

Humankind has always been fascinated by the universe. How has it evolved, what is it made of, and what forces are at work? KIT scientists are working on many fundamental questions about the nature of our universe, with the benefit of KIT's unique large-scale research infrastructures.

“Our Universe” is the theme of Science Year 2023, as proclaimed by the German Federal Ministry of Education and Research. This new edition of lookKIT gives you insights into how KIT researchers strive for tracking down the smallest structures of matter as well as taking a special look at cosmic events.

The IceCube experiment at the South Pole provides an ideal setting for finding highly volatile elementary particles, known as neutrinos. The particles interact with the perpetual ice, which, in a way, contributes to their detection (read more on page 26).

Humboldt Professor Markus Klute, Head of the Institute of Experimental Particle Physics (ETP) at KIT, played a central role in the discovery of the Higgs Boson, an essential piece for the Standard Model of particle physics. In our interview, he explains why basic research is like running a marathon (the article starts on page 12).

The properties of so-called Dark Matter and Dark Energy are among the greatest mysteries of the universe. With their XENON experiment, KIT researchers aspire to bring light into the darkness (see page 16).

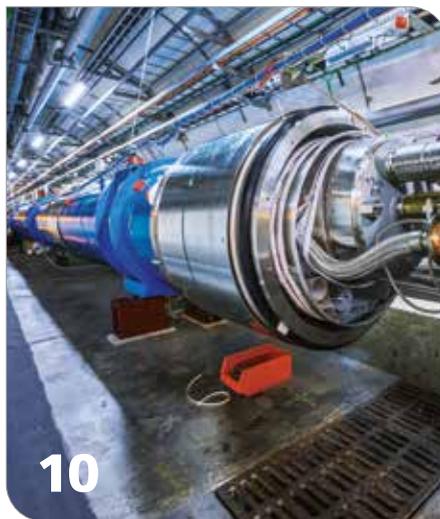
The KITTEN test center, established by scientists at KIT, helps to make large-scale research infrastructures more energy-efficient and sustainable. In our interview, Professor Anke-Susanne Müller, Head of KIT's Institute for Beam Physics and Technology (IBPT), and tenure-track professor Giovanni de Carne from the Institute of Technical Physics (ITEP) of KIT explain why the project is unique in Europe and how the resulting findings will improve the energy footprint of many industries (the interview starts on page 34).

Nuclear fusion, an energy source that has little impact on the climate and the environment, is potentially an important source of energy for the future. KIT scientists are developing technologies to mimic the “power plant” sun on Earth (see page 38).

Enjoy your reading!

Yours,

INHALT / CONTENT



36 – 39
KERNFUSION: TECHNOLOGIEN FÜR FUSIONSREAKTOREN
Nuclear Fusion: Technologies for Fusion Reactors

40 – 43
AUF DER KIPPE: WIE SICH UNSERE WELT DURCH DEN KLIMAWANDEL VERÄNDERN KÖNNTE
At the Tipping Point: How Climate Change Might Change Our World

44 – 45
NACHRICHTEN
News

BLICKPUNKT / FOCUS

10 – 13
INTERVIEW: „GRUNDLAGENFORSCHUNG IST EIN MARATHONLAUF“
Interview: “Fundamental Research Is a Marathon”

14 – 17
DUNKLE MATERIE: DER UNSICHTBARE TEIL DES UNIVERSUMS
Dark Matter: The Invisible Part of the Universe

18 – 21
THEORETISCHE PHYSIK: „MANCHE MÜSSEN DENKEN, DASS WIR TOTAL IRRE SIND“
Theoretical Physics: “People Might Think That We Have Gone Crazy”

22 – 25
EINSTEIN-TELESKOP: MIT HIGHTECH INS UNIVERSUM LAUSCHEN
Einstein Telescope: High Tech for Listening to the Universe

26 – 30
NEUTRINOS: SEARCHING FOR GHOST PARTICLES IN THE ANTARCTIC ICE
Neutrinos: Suche nach Geisterteilchen im ewigen Eis

32 – 35
TESTFELD KITTEN: ENERGIEEFFIZIENZ GANZ GROSS GEDACHT
Test Center KITTEN: Thinking Really Big about Energy Efficiency

ORTE / PLACES

46 – 50
PIERRE-AUGER-OBSERVATORIUM: DAS GEHEIMNIS DER KOSMISCHEN STRAHLUNG
Pierre Auger Observatory: The Secret of Cosmic Rays

51
AUGENBLICKIT: INFORMATIKOM VEREINT INFORMATIK UND WISSENSCHAFTSKOMMUNIKATION
AUGENBLICKIT: InformatiKOM Combines Computer Science and Science Communication

WEGE / WAYS

52 – 55
CHATGPT: EINE MACHTVOLLE SOFTWARE
ChatGPT: A Powerful Software





56
AUSGRÜNDUNG: EKG FÜR DIE BAHN
Startup: An ECG For Rail Vehicles

GESICHTER / FACES

58 – 60
BATTERIEFORSCHER: TESLA WAR NICHT SPANNEND GENUG
Battery Researcher: Tesla Was Not Thrilling Enough

61
AUF EINE FRAGE: GIBT ES IN DER NÄHE DES NORDPOLS WARMER QUELLEN?
Just a Question: Are There Really Hot Springs Near the North Pole

62
INTERNATIONAL AFFAIRS: EUCOR-MOBILAB ROADSHOW

HORIZONTE / HORIZONS

64 – 69
RÜCKBLICK: KIT SCIENCE WEEK 2023
Review: KIT Science Week 2023

70
ALUMNAE HEUTE: VON DER PHYSIK ZUM WISSENSCHAFTSMANAGEMENT
Alumni Today: From Physics to Science Management

71
IMPRESSUM
Imprint

In eigener Sache: die lookKIT-Leserbefragung

Liebe Leserinnen und Leser,

viermal im Jahr erhalten Sie unser Forschungsmagazin lookKIT, vollgepackt mit Wissenschaft aus dem KIT.

Es ist uns wichtig, uns stetig weiterzuentwickeln und unser Magazin an die Bedürfnisse unserer Leserinnen und Leser anzupassen. Dafür benötigen wir Ihr Feedback! Wir freuen uns daher sehr, wenn Sie an unserer Onlineumfrage teilnehmen.

Der Fragebogen ist bis Anfang Februar 2024 freigeschaltet, die Beantwortung dauert circa zehn Minuten. Selbstverständlich werden Ihre Angaben anonymisiert erfasst und ausgewertet.

Um an der Befragung teilzunehmen, nutzen Sie bitte untenstehenden Link oder scannen Sie den QR-Code.

Wir freuen uns auf Ihr Feedback!

Monika Landgraf
Chief Communication Officer, Leiterin Gesamtkommunikation des KIT
Carola Mensch, verantwortliche Redakteurin lookKIT

We Value Your Feedback! The lookKIT Reader Survey

Dear reader,

Four times a year, our lookKIT research magazine provides you with a wealth of scientific information from KIT.

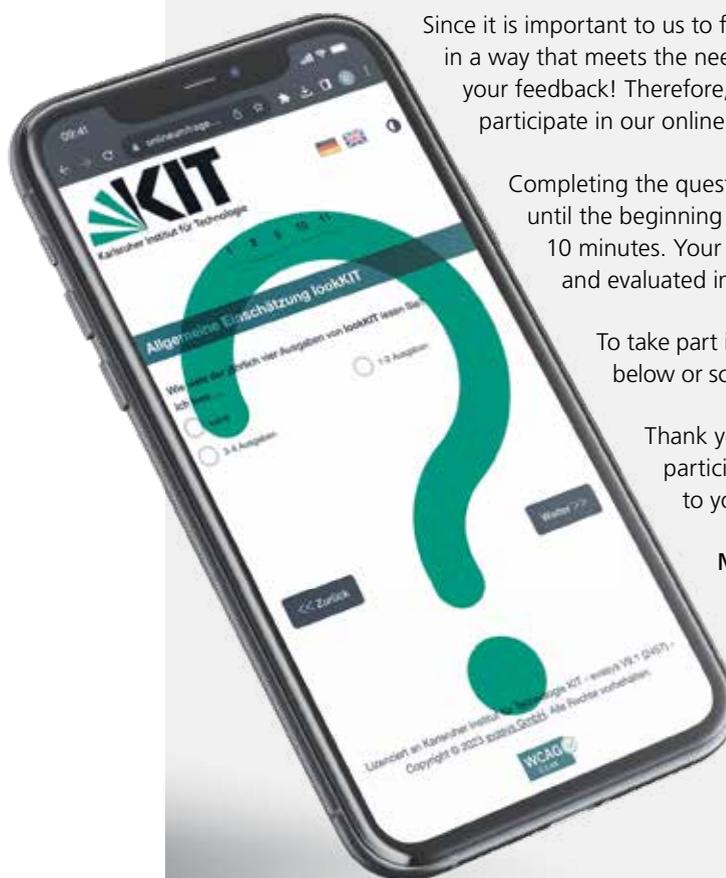
Since it is important to us to further develop our magazine in a way that meets the needs of our readership, we need your feedback! Therefore, we would like to invite you to participate in our online reader survey.

Completing the questionnaire, which will be online until the beginning of February, will take about 10 minutes. Your information will be collected and evaluated in anonymized form, of course.

To take part in the survey, please use the link below or scan the QR code.

Thank you very much for your participation – we look forward to your feedback!

Monika Landgraf
Chief Communication Officer, Head of Corporate Communications of KIT
Carola Mensch
lookKIT Editor in Charge



Hier geht's zur Umfrage »



onlineumfrage.kit.edu/evasys/online.php?p=Z9RTJ



Ganz weit weg

Wie in einem Traum ragt der Pferdekopf aus dem Nebelmeer. Die weiß-orange kalte Gas- und Staubwolke im Orion hüllt junge Sterne wie in einen Kokon ein. Das Foto ist eines der ersten Bilder der europäischen Weltraumsonde Euclid. Der Pferdekopfnebel wurde schon von vielen anderen Teleskopen aufgenommen, doch nie zuvor hat ein Weltraumteleskop mit einer Einzelaufnahme einen solch großen Abschnitt des Himmels mit einer derartigen Bildschärfe abgebildet. Die Sonde der Europäischen Weltraumorganisation ESA soll Dunkle Materie und Dunkle Energie im Weltall erforschen. Mit rund 95 Prozent bilden diese Komponenten den Hauptbestandteil des Universums. Euclid wird dafür mehr als ein Drittel des Himmels durchmustern und eine dreidimensionale Karte von der Verteilung der Galaxien im Universum erstellen, die sich über zehn Milliarden Lichtjahre erstreckt. Die Euclid-Daten sollen die Eigenschaften der Dunklen Materie und der Dunklen Energie genau bestimmen, um die derzeit anerkannte kosmologische Theorie zu verfeinern und gegebenenfalls Abweichungen innerhalb der Allgemeinen Relativitätstheorie zu erkennen.

So Far Away

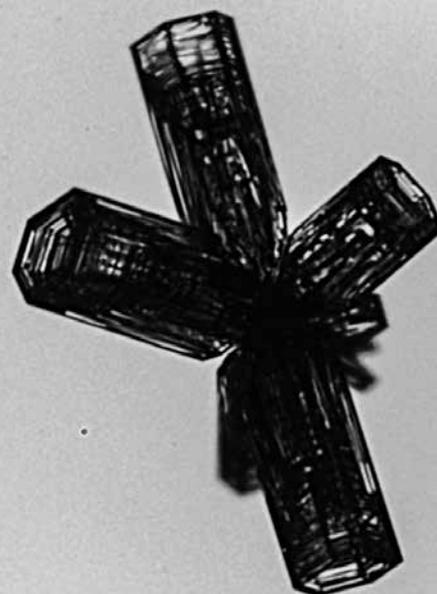
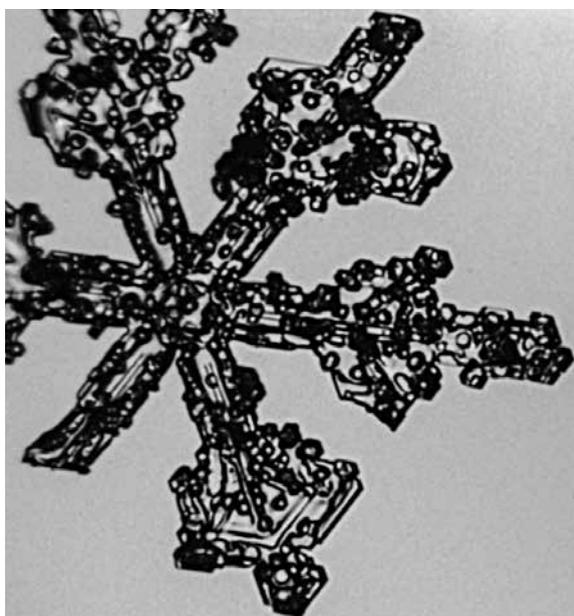
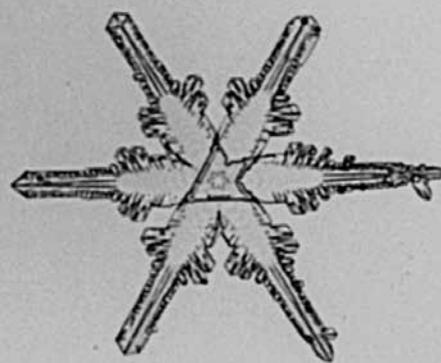
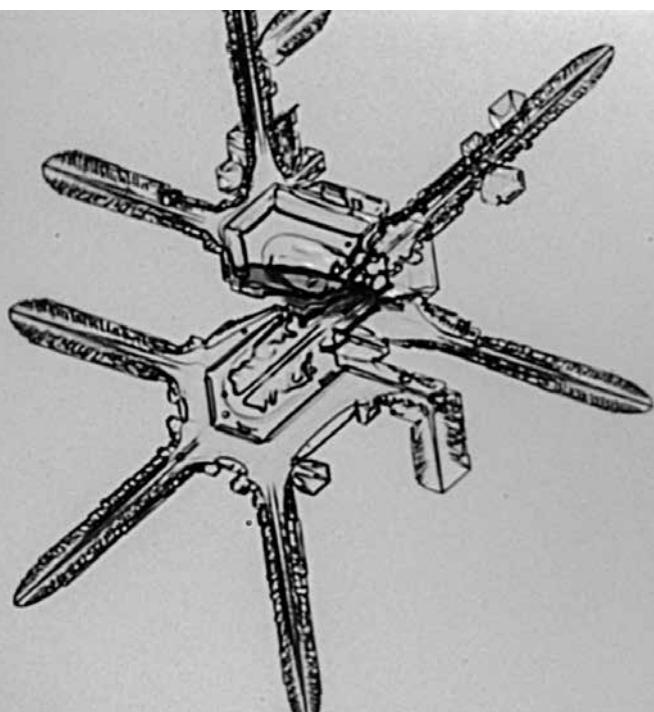
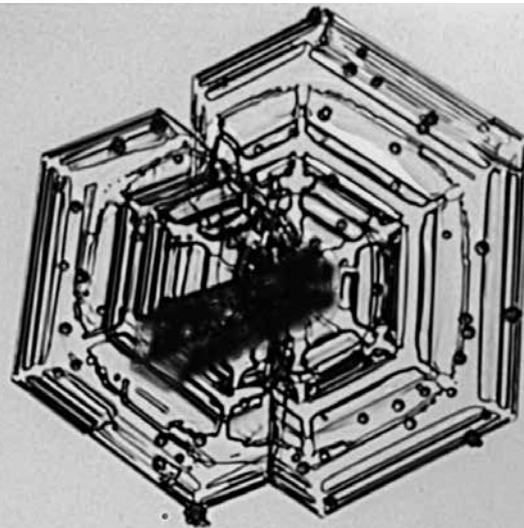
Like in a dream, the Horsehead emerges from the sea of nebulae. The cold cloud of gas and dust visible in white-orange colors is part of the Orion Nebula and envelops young stars like a cocoon. The photo is one of the first images captured by the European Euclid spacecraft. Many other telescopes have captured images of the Horsehead Nebula, but none of them have been able to produce such a sharp and wide image with just one observation. The objective of the Euclid mission by the ESA (European Space Agency) is to better understand Dark Energy and Dark Matter. These components make up about 95 percent of the universe. Euclid will scan more than a third of the sky and generate a three-dimensional map showing the distribution of galaxies in the universe, covering ten billion light-years. The data provided by Euclid will be used to precisely determine the properties of Dark Matter and Dark Energy. Based on the insight gained, the researchers hope to enhance the currently recognized cosmological theory and detect possible deviations within the General Theory of Relativity.





lookIT > 0423

8 BLICKPUNKT

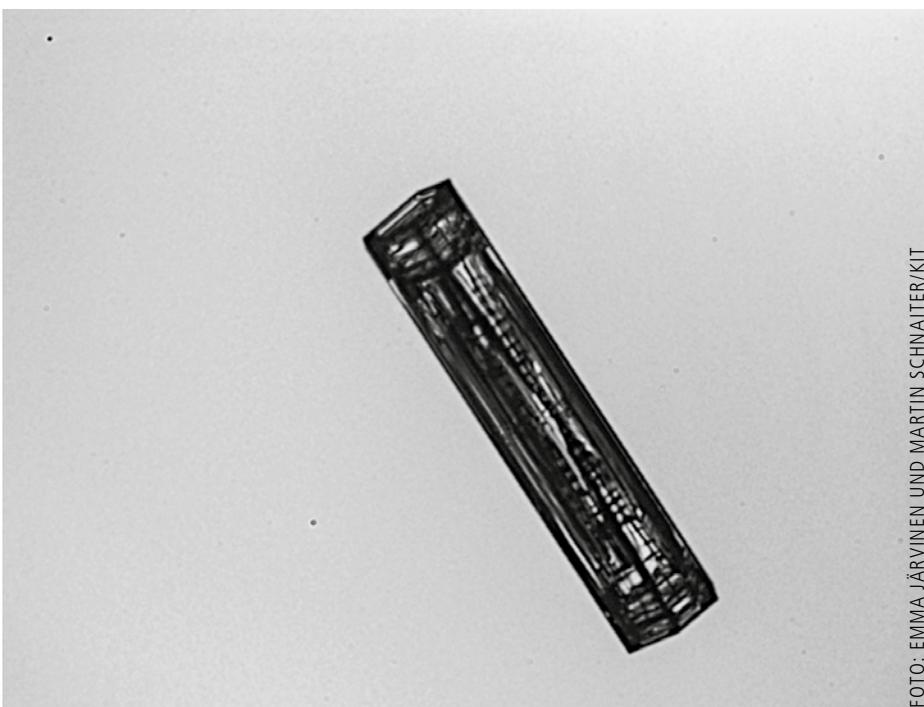
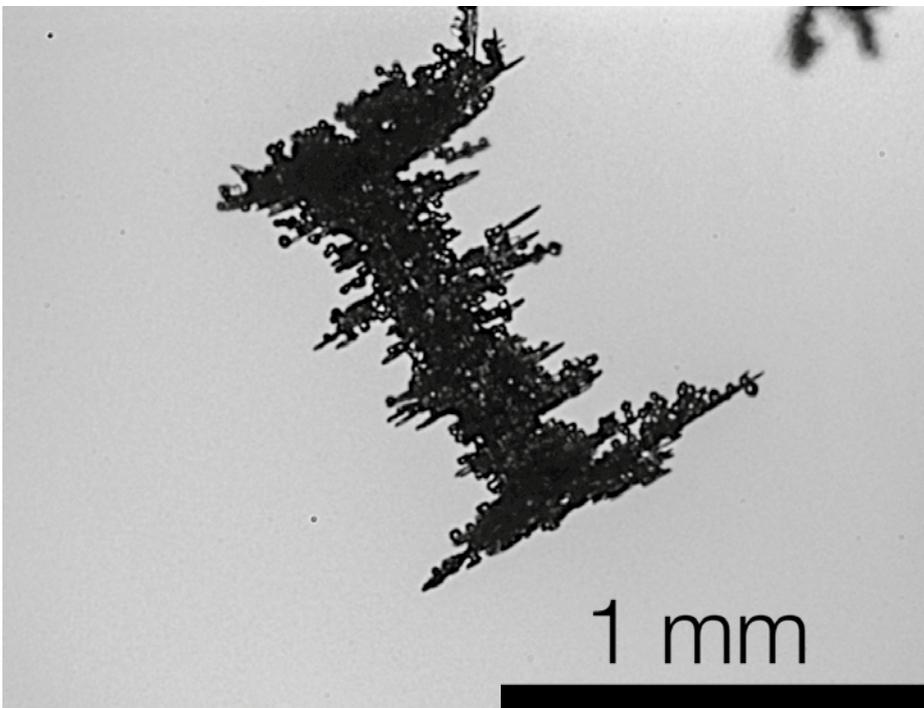
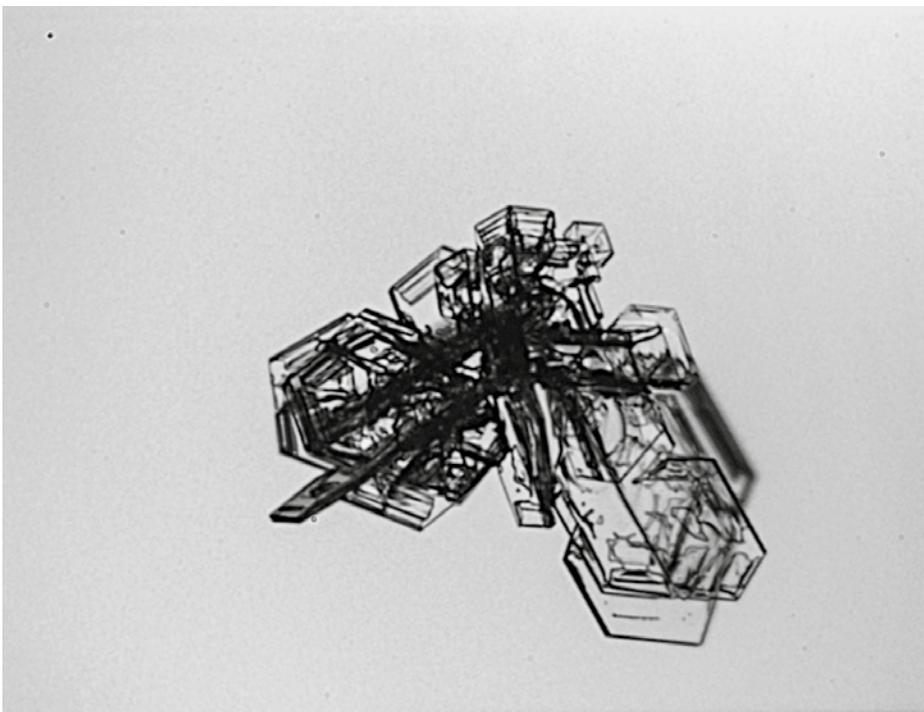


Ganz nah dran

Faszinierende Strukturen lassen sich nicht nur beim Blick in die Weiten des Alls entdecken, sondern auch, wenn wir hier auf der Erde ganz genau hinsehen. Eiskristalle sind atemberaubende, von der Natur geschaffene Kunstwerke – jedes für sich einzigartig. Doch hinter der Pracht verbirgt sich auch eine Gefahr: Bestimmte Eiskristalle können schwere Schneefälle auslösen, die den Verkehr lahmlegen und die Sicherheit beeinträchtigen können. Um diese Phänomene besser zu verstehen und die Schneefallvorhersage zu optimieren, führen Forschende des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung – Department Atmosphärische Aerosol Forschung (IMK-AAF) des KIT zusammen mit einem internationalen Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern eine umfassende Studie durch. Unter anderem erstellten die Forschenden während eines Messflugs hochauflösende stereoskopische Bilder von einzelnen Eiskristallen. Die Aufnahmen enthüllen die mikrophysikalischen Eigenschaften der Keimzellen von Schneestürmen. Mithilfe dieser Erkenntnisse sowie der genauen Ortsbestimmung der Keimzellen lassen sich Schneestürme präziser vorhersagen.

So Close

Fascinating structures can be detected not only in the vastness of outer space, but also here on Earth – you just must look very closely. Ice crystals are breathtaking works of art crafted by nature; no two of them are identical. Beneath this splendor, however, lies a hidden danger. Certain ice crystals have the power to trigger heavy snowfall, which can endanger transportation and public safety. To better understand these phenomena and enhance snowfall forecasting, researchers of KIT's Institute of Meteorology and Climate Research – Department Atmospheric Aerosol Research (IMK-AAF), together with a team of international scientists, embarked on a comprehensive study. Some of the stunning results were high-resolution stereoscopic images of single ice crystals captured by an instrumented aircraft. These images revealed the microphysical properties of snowstorm embryos. By pinpointing the precise locations of these embryos, lives can potentially be saved through enhanced forecasting capabilities.



Der Large Hadron Collider (LHC) der Europäischen Organisation für Kernforschung CERN in Genf ist der größte und leistungstärkste Teilchenbeschleuniger der Welt

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

„Grundlagenforschung ist ein Marathonlauf“



Markus Klute hat dazu beigetragen, einem der letzten Puzzleteile im Standardmodell der Teilchenphysik auf die Spur zu kommen. Die Arbeit seines Forschungsteams und vieler anderer Forschender ermöglichte es, die Existenz des theoretisch vorhergesagten Higgs-Bosons experimentell nachzuweisen. 2011 kam Klute mit einer Alexander-von-Humboldt-Professur, Deutschlands höchst dotiertem internationalen Forschungspreis, ans KIT. Dort leitet er das Institut für Experimentelle Teilchenphysik (ETP). Sein Team ist Teil des Compact-Muon-Solenoid-Experiments (CMS), einem der bedeutendsten Elementarteilchenforschungsprojekte am Large Hadron Collider (LHC) am CERN.

lookKIT: „I think we have it!“ – Mit diesen Worten verkündete der Direktor des CERN,

HUMBOLDT-PROFESSOR MARKUS KLUTE ZU DEN OFFENEN FRAGEN DER ELEMENTARTEILCHENPHYSIK

VON DR. STEFAN FUCHS

Professor Rolf-Dieter Heuer, am 4. Juli 2012 strahlend einen Meilenstein in der Wissenschaftsgeschichte: Das lange gesuchte Higgs-Boson war am Genfer Teilchenbeschleuniger nachgewiesen worden. Können Sie sich erinnern, wie es war, als Ihr Team in seinen Daten die erste Spur des sogenannten Gottesteilchens entdeckte? Professor Markus Klute: Wir wussten schon Mitte Juni, dass wir auf etwas gestoßen waren. Die zwei Wochen bis zum 4. Juli waren extrem spannend. Unser Team hat buchstäblich Tag und Nacht gearbeitet, um die Daten aus dem CMS-Experiment zu entschlüsseln. Dann war die brennende Frage, was die Kolleginnen und Kollegen beim ATLAS-Experiment gesehen haben. Am 4. Juli saß ich im Flugzeug auf dem Weg nach Melbourne. Dort fand eine große internationale Konferenz statt. Die Scientific Community wollte wissen, was wir entdeckt hatten. Unsere Detektoren

zeigten zwei verdächtige Signaturen – augenscheinlich wurde das Higgs-Boson erzeugt und zerfiel gleich wieder.

Seitdem sind elf Jahre vergangen. Was haben wir inzwischen über die Natur des Higgs-Bosons gelernt?

Wir haben sehr viel mehr Daten aufgezeichnet und können präziser sagen, dass das Higgs-Boson tatsächlich so beschaffen ist, wie es theoretisch vorhergesagt wurde: elektronenartige Teilchen erhalten ihre Masse durch die Kopplung an ein Higgs-Feld. Die große Frage war, ob die Kopplung so aussieht wie vorhergesagt.

Die Scientific Community rund um die Experimente in Genf ist in der Forschungslandschaft einzigartig. 5 500 Menschen aus über 50 Ländern arbeiten eng zusammen. Teams mit unterschiedlicher Exper-

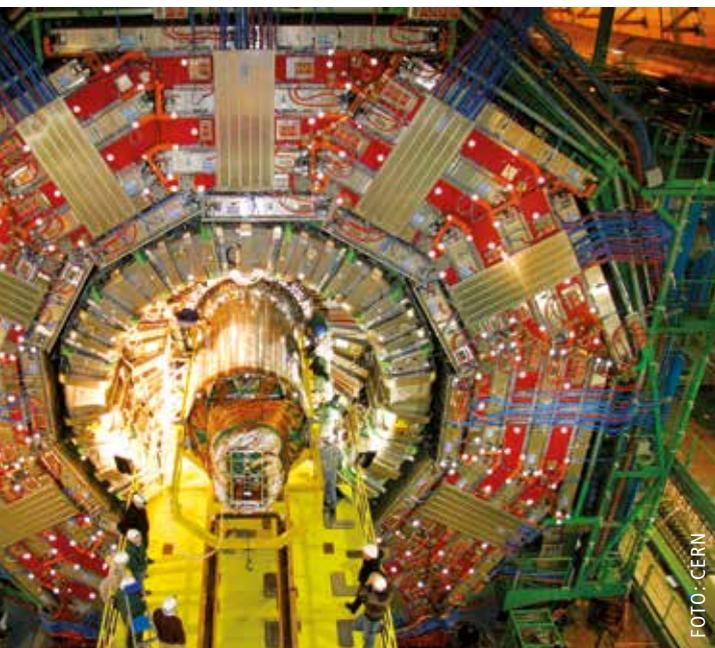


FOTO: CERN



FOTO: ROBERT FUGE

Der Detektor des CMS-Experiments, das die Struktur der Materie bei den höchsten derzeit im Labor verfügbaren Energien untersucht

The detector of the CMS experiment, which investigates the structure of matter at the highest energies currently available in the laboratory

tise, verschiedensten Kulturen und Charakteren verfolgen über viele Jahrzehnte ein gemeinsames Ziel. Wie kann diese besondere Wissenskultur funktionieren?

Das ist eben Großforschung – von der Anzahl der Leute, der Institute, der Länder, die beteiligt sind, bis hin zu den Kosten. Das hat mich schon als Student gereizt. So viele unterschiedliche Sichtweisen und Erfahrungen sind eine intellektuelle Herausforderung. Man lernt sehr viel. Aber wenn man ein Ziel wie die Entdeckung des Higgs-Bosons hat, rauft man sich zusammen und arbeitet über alle politischen und kulturellen Hindernisse hinweg eng als Team.

Welche Rolle spielt das Team des KIT im Rahmen des CMS-Experiments?

Wir sind eine der größten Universitätsgruppen, die an dem Experiment beteiligt ist. In der nächsten Stufe wollen wir bedeutend mehr Daten aufzeichnen. Der bestehende Detektor ist dafür nicht geeignet. Wir bauen deshalb Teile eines neuen Siliziumspurdetektors und ein neues Kalorimeter für einen sehr großen Detektor.

Nach der Aufrüstungsphase startet 2029 der erste Lauf. Was will man mit den größeren Datenmengen erreichen?

Zuerst werden wir den Detektor und den LHC kalibrieren. Im folgenden Jahrzehnt werden wir dann zwanzigmal mehr Daten aufzeichnen können. So wollen wir das Higgs-Boson noch genauer unter die Lupe nehmen.

Wird man auch mit höheren Energien arbeiten, um schwerere Teilchen zu erzeugen?

Dem LHC sind durch die verwendete Magnettechnologie Grenzen gesetzt. Um schwerere Teilchen zu finden, muss man einen neuen Beschleuniger bauen. Daran arbeiten wir auch. Da sind die Zeitskalen noch größer. Wir hoffen, dass wir in den 2040er-Jahren in Genf eine ganz neue Maschine mit einem Umfang von 100 Kilometern bauen können. Hier stellt sich natürlich auch die Frage der Finanzierbarkeit. Und wir müssen prüfen, ob so ein Tunnel in Genf überhaupt gebaut werden kann. Es werden bereits Probebohrungen durchgeführt. Man spricht zudem mit der ansässigen Bevölkerung, um Akzeptanz für die Bauarbeiten herzustellen.

Ähnlich wie beim Higgs-Boson läuft eine weitere fieberhafte Suche nach einem von der Theorie

Das CMS-Experiment

Der Compact Muon Solenoid (CMS) ist ein Detektor am Large Hadron Collider (LHC), dem Teilchenbeschleuniger der Europäischen Organisation für Kernforschung CERN bei Genf. Auf 27 Kilometern Umfang beschleunigt der LHC gegenläufige Protonenstrahlen fast bis auf Lichtgeschwindigkeit und bringt sie an vier Stellen entlang des Rings zur Kollision. An einem der Kollisionspunkte befindet sich der CMS-Detektor.

Das CMS-Experiment hat ein breit gefächertes Programm, das von der Untersuchung des Standardmodells (einschließlich des Higgs-Bosons) bis zur Suche nach zusätzlichen Dimensionen und Teilchen reicht, welche die Dunkle Materie ausmachen könnten. Obwohl es die gleichen wissenschaftlichen Ziele wie das ATLAS-Experiment verfolgt, kommen andere technische Lösungen und ein anderes Magnetsystem zum Einsatz.

Der CMS-Detektor ist um einen riesigen Solenoid-Magneten herum aufgebaut. Dieser hat die Form einer zylindrischen Spule aus supraleitendem Kabel, die ein Feld von vier Tesla erzeugt, was etwa dem 100 000-fachen des Erdmagnetfelds entspricht. Das Feld wird von einem „Joch“ aus Stahl begrenzt, das den Großteil des 14 000 Tonnen schweren Detektors ausmacht. Das System funktioniert als riesige Hochgeschwindigkeitskamera. Mit einer Rate von 40 Millionen Aufnahmen pro Sekunde werden dreidimensionale „Fotografien“ der Teilchenkollisionen angefertigt. ■



FOTO: MARKUS BREIG

Die Arbeit an der Großforschungseinrichtung CERN trägt dazu bei, herauszufinden, woraus das Universum besteht und wie es funktioniert

Work at CERN contributes to finding out what the universe is made of and how it works

“Fundamental Research Is a Marathon”

Humboldt Professor Markus Klute Addresses Open Questions of Elementary Particle Physics

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Professor Markus Klute has helped track down one of the last missing jigsaw pieces of the standard model of particle physics. Work by his team and many other researchers provided experimental proof of the existence of the theoretically predicted Higgs boson. In 2021, Klute came to KIT with an Alexander von Humboldt professorship, Germany's highest international research award. Here, he heads the Institute of Experimental Particle Physics (ETP). His team participates in the Compact Muon Solenoid Experiment (CMS), one of the most important elementary particle research projects at the Large Hadron Collider (LHC) of CERN.

“My team was highly excited when it discovered the first traces of the so-called God Particle,” Klute remembers. “Our detectors revealed two suspect signatures. Apparently, the Higgs boson had been produced and decayed soon after.” Since then, researchers have learned a lot about the nature of this particle. “We have recorded many more data and are more precise in saying that the Higgs boson is indeed designed as predicted: Electron-like particles receive their mass by coupling to a Higgs field,” the physicist explains. In the next step, the team will collect even more data. The existing detector, however, will not be suited for this purpose. “We will build parts of a new silicon track detector and a new calorimeter by 2029,” Klute says. “In the next decade, we will then be able to record 20 times more data.”

The CMS team is also involved in the search for dark matter. Its expertise gained from data processing and analysis in the CMS experiment is helping the community of the DARWIN experiment to unveil the so-called weakly interacting massive particles. If this search for dark matter remains unsuccessful, it will not be devastating, Klute thinks: “The path leading there is exciting. We are building new detectors and developing methods to extract the maximum from the data with the help of artificial intelligence. But coupling of dark matter may be so small that we will not be able to detect it in the next or next but one generation of our experiments. In any case, we will have learned something new about nature.” Klute knows that fundamental research is a marathon. “We are always harvesting the fruits of the efforts made by previous generations. That is why it is so important to pass on the baton and to think about how work might continue after 2050.” ■

vorhergesagten Materieteilchen. Seit 90 Jahren wird von der Existenz einer unsichtbaren Materieart gesprochen: die Dunkle Materie. Diese wechselwirkt kaum mit der für uns sichtbaren Materie, macht aber einen Großteil der gesamten Materie im Universum aus. Ist das CMS-Team auch an dieser Suche beteiligt?

Es gibt am Institut für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT ein Team, das am DARWIN-Experiment beteiligt ist. Das Hauptziel dieses Experiments ist es, nach Dunkler Materie, sogenannten Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs) zu suchen. Die Forschenden wollen die schwache Wechselwirkung der Dunklen Materie durch Xenonkerne sichtbar machen. Wir helfen der Community des DARWIN-Experiments bei der Verarbeitung der anfallenden Daten. Dabei können wir unsere Erfahrungen am LHC einbringen. Daneben laufen am KIT Experimente, leichte Dunkle Materie durch die Wechselwirkung mit Heliumkernen aufzuspüren.

Wir wissen über die Dunkle Materie, dass sie über die Gravitation wechselwirkt. Deshalb hoffen wir, am LHC durch Einsatz hoher Energien Dunkle Materie erzeugen zu können, beispielsweise über den Zerfall eines Higgs-Bosons. Man würde sie allerdings nicht sehen, weil sie mit unseren Kameras nicht wechselwirkt. Wir versuchen es deshalb mit Tricks. Dabei muss man Annahmen machen. Etwa, dass das Higgs-Boson auch an die Dunkle Materie koppelt und man in dessen Zerfällen danach suchen kann. Die beste Hypothese ist im Augenblick, dass sie tatsächlich ein Teilchen ist oder mehrere verschiedene Teilchen, möglicherweise ein ganzer Teilchenzoo. Wir reden hier von sehr viel mehr Materie, als das Standardmodell der sichtbaren Materie darstellt. Und die ist ja auch sehr bunt und kommt in verschiedenen Formen vor. Warum sollte das bei der unsichtbaren Materie anders sein?

Es gibt einen Unterschied zwischen der Suche nach dem Higgs-Boson und der Jagd nach der Dunklen Materie. Das Higgs-Boson füllte eine Lücke im Standardmodell. Der Nachweis der Dunklen Materie aber würde das Standardmodell sprengen.

Das Standardmodell beschreibt die elektromagnetische, die schwache und die starke Wechselwirkung sehr präzise. Alles scheint zu passen. Aber es gibt Phänomene, die wir nicht erklären können: Dunkle Materie und Dunkle Energie, die für die Ausdehnung des

Universums verantwortlich sind. Wir wissen nicht, warum es mehr Materie als Antimaterie gibt. Fragen, für die wir keine guten Antworten haben. Das finde ich extrem spannend. Da ist etwas, das man entdecken muss.

Was wäre spannender: Wenn der Nachweis der Dunklen Materie gelingt oder wenn die Suche erfolglos bleibt?

Wir wollen natürlich etwas finden. Aber wenn die Natur das nicht hergibt, ist das nicht dramatisch. Der Weg dahin ist spannend. Wir bauen diese neuen Detektoren und entwickeln Methoden, um mit Künstlicher Intelligenz (KI) das Maximale aus den Daten herauszuholen. Vielleicht aber ist die Kopplung der Dunklen Materie so gering, dass wir auch in der nächsten oder übernächsten Generation der Experimente nichts nachweisen können. In jedem Fall haben wir dann etwas Neues über die Natur gelernt.

Das Design des CMS-Experiments stammt aus den 1980er-Jahren. 2009 begann der erste Lauf. 2012 gelang dann der Nachweis des Higgs-Bosons. Für 2040 gibt es die Pläne einer ganz neuen Maschine. Das übersteigt die Lebenszeit einer einzelnen Person. Ist das nicht ernüchternd, dass hier so deutlich wird, dass der Erkenntnisprozess in dieser Grundlagenforschung nicht abschließbar ist?

Grundlagenforschung ist ein Marathonlauf mit Stabübergabe an nachfolgende Generationen. Als ich als Diplomstudent in die Forschung eingestiegen bin, habe ich davon profitiert, dass sich Menschen 40 Jahre zuvor Gedanken gemacht haben, wie man diese Fragen angehen könnte. In den 80ern kam die Idee auf, die Infrastruktur am CERN für die Suche nach dem Higgs-Boson zu nutzen. 2010 begannen wir mit den ersten Hochenergie-Kollisionen. Die Zeitspannen sind sehr groß. Man erntet letztlich immer die Früchte der Anstrengungen vorhergehender Generationen. Deshalb ist es so wichtig, den Stab weiterzugeben und heute schon zu überlegen, wie es nach 2050 weitergehen könnte. ■

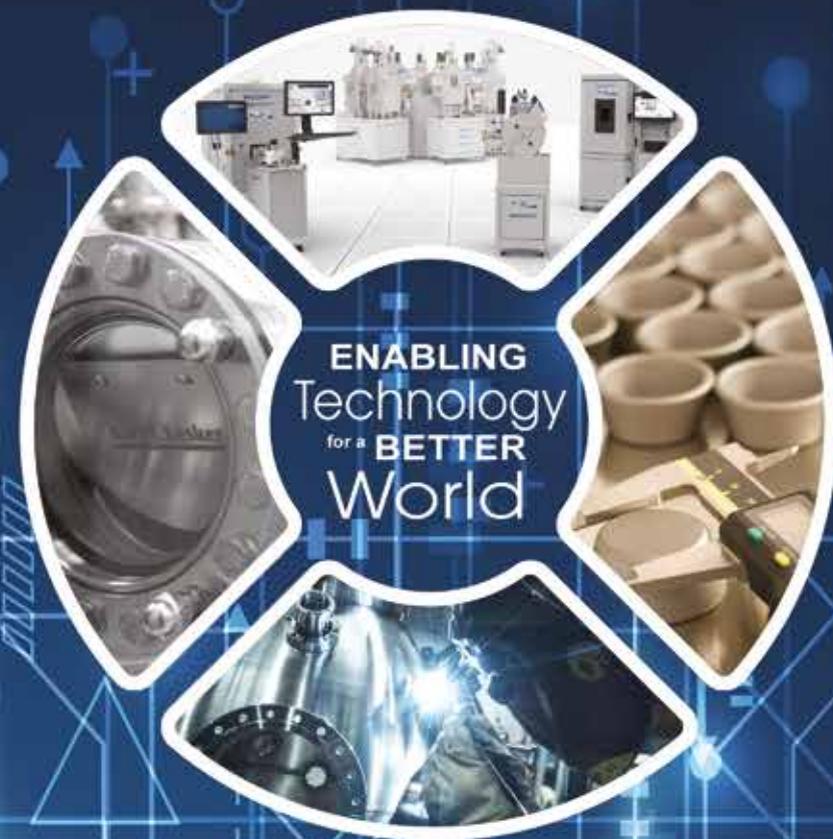
@ markus.klute@kit.edu

Kurt J. Lesker® Company

Unser Vertriebszentrum in Dresden ist für Sie da!



**Wir unterstützen Sie mit
Erfahrung und dem breitesten
Portfolio der Vakuumbranche**



ENABLING
Technology
for a BETTER
World

www.lesker.com

ANZEIGE

Der unsichtbare Teil des Universums

MIT DEM XENON-EXPERIMENT AUF DER SPUR DER DUNKLEN MATERIE

VON DR. JOACHIM HOFFMANN



Die Eigenschaften der sogenannten Dunklen Materie und der Dunklen Energie gehören zu den größten Rätseln des Universums. Beide wurden eingeführt, weil eine Vielzahl astronomischer Beobachtungen sonst nicht zu erklären ist. Nach heutigen Vorstellungen besteht das Universum zu fast drei Vierteln aus Dunkler Energie, von dem verbleibenden Viertel entfallen rund 80 Prozent auf Dunkle Materie und nur etwa 20 Prozent auf das für uns sichtbare Universum: Atome, aus denen wir, unsere Umwelt, Planeten und Sterne aufgebaut sind. Weder über die Natur der Dunklen Materie noch der Dunklen Energie gibt es bis heute gesicherte Erkenntnisse. Forschende am KIT wollen Licht ins Dunkel bringen.

Astrophysikalische und kosmologische Beobachtungen liefern starke Hinweise auf die Existenz der Dunklen Materie, vom Rotationsverhalten von Spiralgalaxien über den Zusammenhalt von Galaxienhaufen bis zur Entwicklung der Strukturen im Kosmos. „Ohne Dunkle Materie sähe unser Universum heute ganz anders aus“, sagt Professorin Kathrin Valerius, Leiterin der Abteilung Niedrigenergie-Universum am Institut für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT, und ergänzt: „Beispielsweise gäbe es keine stabilen Galaxien, wie wir sie beobachten. Deren äußere Sterne haben eine viel zu hohe Geschwindigkeit, sie hätten die Galaxien längst verlassen.“

Weltweit versuchen Forschende, den Eigenschaften der Dunklen Materie auf die Spur zu kommen. Die Dunkle Materie unterliegt nicht der elektromagnetischen Wechselwirkung, sie sendet also kein Licht aus, und sie unterliegt auch nicht der starken Wechselwirkung, die Atomkerne zusammenhält. Sie unterscheidet sich damit grundlegend von der bekannten „sichtbaren“ Materie. Bemerkbar macht sie sich vor allem durch die Gravitation. „Im Standardmodell der Ele-

mentarteilchen haben wir keine Erklärung – wir können aber ausschließen, dass es sich bei der Dunklen Materie um ein uns bereits bekanntes Teilchen handelt“, so Valerius. „Wir sind nun auf der Suche nach neuen, bisher unentdeckten Teilchen, die uns auch zu einem neuen Verständnis der Teilchenphysik führen könnten.“

Die möglichen Bausteine sind vielfältig

Es gibt eine große Vielfalt an Kandidaten für Bausteine der Dunklen Materie, zum Beispiel superschwere Neutrinos oder sogenannte Axionen, die milliardenfach leichter als Elektronen sein könnten. Weitere Möglichkeiten sind WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles), die eine tausendfach größere Masse als Protonen haben könnten, oder primordiale Schwarze Löcher, die sich mit dem Urknall gebildet haben könnten. Jede dieser Hypothesen geht mit unterschiedlichen Szenarien für die Entstehung, die Teilchenmasse und mögliche Wechselwirkungen der Dunklen Materie einher. Ebenfalls diskutiert wird die Hypothese, dass es gar keiner Dunklen Materie bedarf, sondern die Gravitationsgesetze sich auf großen kosmischen Skalen ändern.

Professorin Kathrin Valerius, Leiterin der Abteilung Niedrigenergie-Universum am Institut für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT

Professor Kathrin Valerius, Head of the Department „Low Energy Universe“ at the Institute for Astroparticle Physics (IAP) at KIT



FOTO: MARKUS BREIG



FOTO: XENON COLLABORATION



*Rechtes Bild / Right Photo:
Herzstück des XENONnT-Detektors,
mit dem die Forschenden nach Weakly
Interacting Massive Particles (WIMPs)
suchen: Die Kupferstruktur formt
ein elektrisches Feld im Innern.
In diesem werden Elektronen,
die durch Zusammenstöße von
WIMPs mit Xenon-Atomkernen
freigesetzt werden, durch das flüssige
Xenon nach oben geführt*

*The heart of the XENONnT detector
used to search for Weakly Interacting
Massive Particles (WIMPs): The copper
structure generate an electric field
inside. In this field, electrons
released by collisions between WIMPs
and xenon nuclei are guided upwards
through the liquid xenon*

*Mittleres Bild / Center Photo:
Blick in den Wassertank des
XENONnT-Detektors, der dazu
beiträgt, Störsignale abzuschirmen*

*View into the water tank of the
XENONnT detector, which helps
to shield interference signals*

Dr. Klaus Eitel, Leiter der Forschungsgruppe Dunkle Materie und Neutrinos am Institut für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT

Dr. Klaus Eitel, Head of the Dark Matter and Neutrinos research group at the Institute for Astroparticle Physics (IAP) of KIT



FOTO: XENON COLLABORATION



The Invisible Part of the Universe

Detecting Dark Matter with the XENON Experiment

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

According to our current understanding, nearly three quarters of the universe consist of dark energy. While dark matter makes up 80 percent of the remaining quarter, the visible universe accounts for only about 20 percent. The nature of dark matter and dark energy is still poorly understood. But without them, many astronomic observations cannot be explained. "Without dark matter, the stable galaxies we observe would not exist. Their outer stars have speeds that are too high and would have left the galaxies long ago," says Professor Kathrin Valerius, Head of the Department "Low-Energy Universe" at KIT's Institute for Astroparticle Physics (IAP).

Researchers worldwide are trying to unravel the properties of dark matter. A potential candidate is the weakly interacting massive particle (WIMP). "The models predicting WIMPs combine two important properties: The expected very low interaction rate of these particles and the existence of exactly the right amount of these particles in the early universe to explain the lacking contribution to the energy density of the universe," Dr. Klaus Eitel explains. He heads the Dark Matter and Neutrinos Group of IAP.

To study WIMPs, the researchers of KIT participate in the XENONnT experiment. It is conducted deep below the Apennine mountains at the Laboratori Nazionali del Gran Sasso, one of the world's biggest underground experimental labs. "We use about 10 tons of highly pure xenon gas liquefied at -100 degrees Celsius in a steel tank equipped with 500 highly sensitive light sensors," Eitel says. These light sensors detect the light emitted when a WIMP hits a xenon nucleus. The recoiling nucleus releases electrons that are passed to the surface by an electric field. There, they generate a second flash of light in a xenon gas atmosphere. "The combination of these two flashes of light with their intensities and time lag is characteristic of a recoiling nucleus and allows conclusions to be drawn with respect to the mass of the WIMP," Eitel adds.

KIT's XENON Group was established in 2020 and took part in the commissioning of the XENONnT detector. "Since then, we have contributed to collecting data and evaluating measurements," Eitel says. The next, even bigger experiment, called DARWIN, is now being planned. For that experiment, the detector will be expanded by a factor of 5. "KIT will contribute the expertise gained from other large-scale experiments, such as technologies from the KATRIN neutrino experiment," Valerius says. ■

Dr. Klaus Eitel, Leiter der Gruppe Dunkle Materie und Neutrinos am IAP, erläutert, warum WIMPs zu den am häufigsten gehandelten Kandidaten für die Dunkle Materie gehören: „WIMPs sind seit langem ein so attraktiver und viel gesuchter Kandidat, weil die theoretischen Modelle, die ihre Existenz vorhersagen, zwei sehr wichtige Eigenschaften vereinen: die erwartete sehr niedrige Wechselwirkungsrate dieser Teilchen und ihr Vorhandensein schon im frühen Universum in genau der richtigen Menge, um den fehlenden Beitrag zur Energiedichte des Kosmos zu erklären.“

Das XENON-Experiment

Diesem vielversprechenden Kandidaten könnte man tief unter Tage auf die Spur kommen: Abgeschirmt von den 1 400 Meter dicken Gesteinen des Apennins liegen tief unter dem Gran-Sasso-Massiv die Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), die zu den weltweit größten unterirdischen Versuchslaboren zählen. Die Felsen halten die kosmische Strahlung ab – Partikelschauer, die durch hochenergetische Teilchen aus dem Weltall in unserer Atmosphäre ausgelöst werden und auf die Erdoberfläche treffen. Die Abschirmung ist notwendig: In den LNGS befinden sich einige der empfindlichsten Experimente der Welt zur Untersuchung von Elementarteilchen und deren Wechselwirkungen.

Eines dieser Experimente ist XENONnT, das bisher größte und empfindlichste in den LNGS, mit dessen Hilfe etwa 180 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus weltweit mehr als 20 Institutionen nach WIMPs suchen. Aus Deutschland beteiligen sich For-

Rund 500 Photomultiplier-Röhren (PMTs) zeichnen die Lichtblitze auf, die bei den Zusammenstößen von WIMPs mit Xenon-Atomkernen entstehen

Around 500 photomultiplier tubes (PMT) record the flashes of light produced when WIMPs collide with xenon nuclei



FOTO: LUIGI DI CARLO FOR THE XENON COLLABORATION



FOTO: XENON COLLABORATION

Trägerstruktur für die PMT-Arrays

Support structure for the PMT arrays

„Die Kombination der beiden Lichtblitze in ihrer Stärke und ihrem zeitlichen Abstand ist dabei charakteristisch für einen gestoßenen Atomkern und kann sogar Hinweise auf die Masse des WIMPs geben“, so Klaus Eitel. „Um Störsignale durch Radioaktivität und durch kosmische Strahlung an der Erdoberfläche bestmöglich abzuschirmen, befindet sich der Detektor nicht nur tief unter Tage, sondern wird zusätzlich durch einen großen Wassertank geschützt.“

ter schwierigen Bedingungen in der Pandemie. „Seitdem tragen wir zur Datennahme und zur Auswertung der Messungen bei. Zum Beispiel befasst sich eine Doktorarbeit in unserer Gruppe mit der Frage, wie man mit dem XENONnT-Detektor die nächste galaktische Supernova durch ihr Neutrinosignal nachweisen und wie XENON damit zum globalen Supernova-Detektionsnetzwerk SNEWS beitragen könnte“, gibt Klaus Eitel den aktuellen Stand wieder.

schungsgruppen des KIT, der Universitäten Freiburg, Mainz und Münster sowie des Max-Planck-Instituts für Kernphysik in Heidelberg.

Gestoßene Atomkerne und Lichtblitze

Wenn Dunkle Materie das ganze Universum und insbesondere Galaxien ausfüllt, werden auch die Erde und die Sonne bei ihrem Umlauf um das galaktische Zentrum ständig von Dunkler Materie durchströmt. In manchen Fällen könnte die Dunkle Materie mit Atomkernen zusammenstoßen und einen Teil ihrer Energie abgeben. Diese Reaktionen wären extrem selten, außerdem lägen sie voraussichtlich in einem Energiebereich, wo sie von vielen anderen Ereignissen, etwa natürlicher Radioaktivität oder kosmischer Strahlung, überdeckt werden könnten. Entsprechend selektiv und empfindlich muss das Experiment ausgelegt sein.

„Wir nutzen dafür bei XENONnT fast zehn Tonnen hochreines, bei -100 Grad Celsius verflüssigtes Xenon-Gas in einem Edelstahltank, der mit 500 hochempfindlichen Lichtsensoren bestückt ist“, erklärt Klaus Eitel. Trifft ein WIMP einen Xenon-Atomkern, so werden die Xenon-Atome durch den gestoßenen Atomkern angeregt und emittieren einen Lichtblitz, den die Lichtsensoren, sogenannte Photomultiplier-Röhren (PMTs), registrieren. Gleichzeitig werden durch den sich bewegenden Atomkern auch Elektronen in der Flüssigkeit freigesetzt, die durch ein elektrisches Feld an die Oberfläche geleitet werden, wo sie in einer dünnen Xenon-Gas-Atmosphäre einen zweiten Lichtblitz erzeugen.

Aufbau unter erschwerten Bedingungen

XENONnT ist im Jahr 2021 in Betrieb gegangen. Die bisherigen Daten zeigen, dass XENONnT dank ausgeklügelter und technisch komplexer Anlagen eine extrem hohe Reinheit des Xenons und damit eine besonders lange „Überlebensdauer“ der zu messenden Elektronen erreicht. Das ist gerade dann wichtig, wenn die Detektoren immer größer und damit die Driftstrecken der Elektronen immer länger werden. Gleichzeitig zeigt XENONnT ein bisher weltweit unerreicht niedriges Untergrundniveau von Elektronenstreuung im Detektor, was insbesondere die Empfindlichkeit des Detektors auf Signale bei kleinsten Energien nahe der Nachweisschwelle verbessert. Damit kann XENONnT auch zusätzlich zur Jagd nach den WIMPs bereits spannende Suchen nach „neuer Physik“ durchführen, wie beispielsweise nach Axionen-Teilchen aus der Sonne, nach sogenannten „Dunklen Photonen“ oder nach magnetischen Eigenschaften des Neutrinos.

Die XENON-Gruppe am KIT war ab 2020 am Aufbau und an der Inbetriebnahme des XENONnT-Detektors beteiligt – teilweise un-

Nächste Generation bereits geplant

Während die laufende Generation von Xenon-Detektoren ihr wissenschaftliches Potenzial noch ausschöpft, laufen bereits die Planungen für die kommende Dekade: Das künftige DARWIN-Experiment soll neben der Suche nach WIMPs ein breites Spektrum von aktuellen physikalischen Fragen adressieren, beispielsweise ob Neutrinos ihre eigenen Antiteilchen sind. Dazu ist es nötig, die Größe des Detektors von aktuell rund zehn Tonnen Xenon um mindestens einen Faktor fünf zu erhöhen.

„Das KIT kann beim Aufbau von DARWIN seine ganze Erfahrung mit Großexperimenten einbringen“, blickt Kathrin Valerius in die Zukunft. „So können viele Technologien aus dem Neutrino-Experiment KATRIN am KIT in DARWIN einfließen und auch das technische wie wissenschaftliche Personal aus insgesamt drei Instituten des KIT bringt wertvolle Erfahrungen ein. Außerdem erweitert sich unser Team ständig: So konnten wir in diesem Jahr Yanina Biondi von der Uni Zürich gewinnen, die sich im Rahmen ihrer YIG Prep Pro Fellowship mit der Entwicklung eines Hochspannungssystems für DARWIN befasst.“ ■

@ kathrin.valerius@kit.edu,
klaus.eitel@kit.edu

 www.iap.kit.edu/dm



 xenonexperiment.org



„Manche müssen denken, dass **wir total irre** sind“



PROFESSORIN MARGARETE
MÜHLEITNER ÜBER DIE
FASZINATION DER
THEORETISCHEN PHYSIK

VON ISABELLE HARTMANN // FOTOS: MARKUS BREIG



*Professorin Margarete Mühlleitner,
Leiterin des Instituts für Theoretische
Physik (ITP) des KIT und stellvertretende
Sprecherin des KIT-Zentrums Elementar-
teilchen- und Astroteilchenphysik
(KCETA)*

*Professor Margarete Mühlleitner,
Head of the Institute for Theoretical
Physics (ITP) at KIT and Deputy
Spokesperson of the KIT Center
for Elementary Particle and
Astroparticle Physics
(KCETA)*



Als Kind spielte sie mit Lego und wollte wissen, wie alles zusammenhält. Als Professorin für theoretische Physik widmet sich Margarete Mühlleitner vom Institut für Theoretische Physik (ITP) des KIT dem größten Zusammenhang überhaupt: wie das Universum funktioniert. Ohne Teleskop, dafür mit mathematischen Formeln und ansteckender Begeisterung.

lookKIT: Wenn ich an das Universum denke, male ich es mir wie im Film aus: ganz dunkel mit ein paar hellen Punkten. Welches Bild haben Sie vom Universum? Mathematische Modelle oder etwas Konkretes?

Professorin Margarete Mühlleitner: Ich habe intuitiv Bilder im Kopf. Ich nehme auch Teilchen nicht nur als Teilchen wahr. Sie haben für mich Eigenschaften: Das Elektron stelle ich mir zum Beispiel immer als lustigen, kleinen, frechen Kerl vor, weil es durch die Gegend flitzt und so leicht ist. Das Higgs-Boson ruht in sich, ist etabliert und braucht sich um die Meinung anderer nicht kümmern, weil es sich seiner Rolle unglaublich bewusst ist. Und wenn ich ans Universum denke, sehe ich zum Beispiel wabenartige Strukturen, weil ich weiß, dass überall im All kosmische Mikrowellen verteilt sind. Es ist ein sehr buntes und dynamisches Bild – kein schwarzer Nachthimmel. *(lacht)*

Das Universum ist also nichts Abstraktes für Sie?

Für mich ist es total greifbar, weil ich in diesen Bildern und Erkenntnissen lebe, die mich je-

den Tag umgeben. Da fühle ich mich wohl. Das ist mehr als mein Arbeitsraum, das ist meine Heimat. Natürlich habe ich hier, direkt vor mir, meinen Schreibtisch und meinen Computer, aber das Ungreifbare ist in meinen Gedanken immer präsent.

Sie sind Professorin für theoretische Physik. Was ist der Unterschied zur Experimentalphysik?

Experimentalphysikerinnen und -physiker führen Experimente durch, beobachten und halten fest, was sie unter welchen Bedingungen gesehen haben. Theoretische Physikerinnen und Physiker versuchen zu verstehen, warum etwas in einer bestimmten Art und Weise passiert. Was steckt dahinter, dass ein Ball auf den Boden fällt? Wir überlegen uns mathematische Modelle, die das erklären können. Daraus leiten wir Vorhersagen ab, die wiederum in einem Experiment überprüft werden können. So sind Experiment und Theorie ständig im Austausch und entwickeln unser Verständnis von der Natur weiter.

Mit dem Universum als Spielfeld ist es noch spannender, oder?

Ja, weil alles unter Extrembedingungen geschieht. Der Ball und der Boden sind dann beispielsweise zwei riesige Planeten, deren Massen sich gegenseitig anziehen und die miteinander wechselwirken. Wie das geschieht, versuchen wir mithilfe eines theoretischen Modells zu erklären. Und je weiter man zu den Anfängen des Universums zurückkehrt, desto höhere Dichten und Energien herrschen dort. Wir beschäftigen uns also mit Energien,



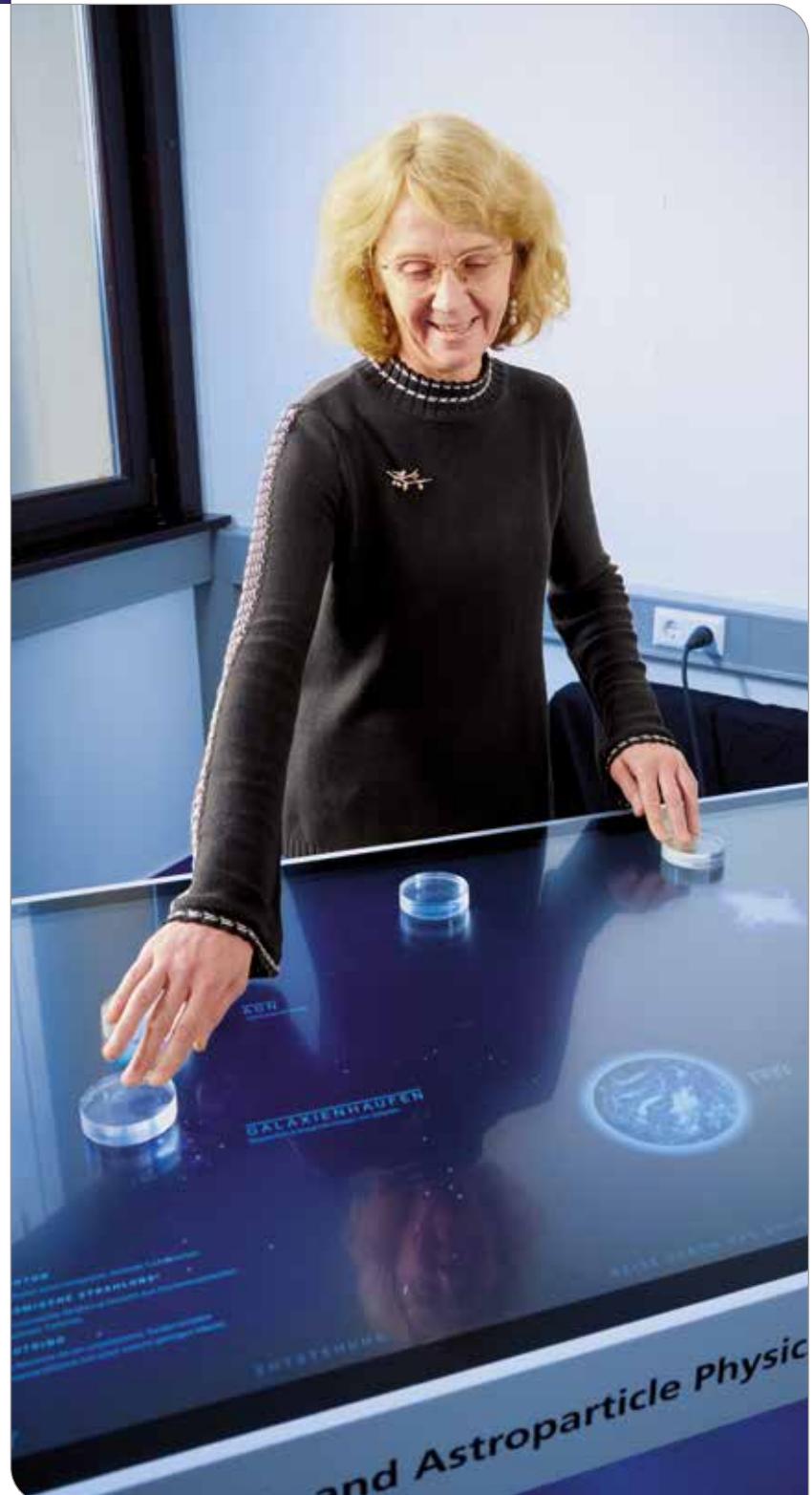


die wir auf der Erde niemals erreichen können. Es wird dann sehr komplex, weil man das Beobachtete mit Wissen aus verschiedenen Richtungen interpretieren muss: aus der Teilchenphysik, der Kosmologie und der Astroteilchenphysik. Jedes Gebiet bringt seine Blickwinkel ein. Wenn die Theorie stimmt, dann müsste – egal, aus welchem Blickwinkel ich es anschau – auch immer dasselbe herauskommen. Das ist super spannend, weil wir hier viel miteinander kommunizieren müssen. Wenn Menschen denken, dass Physikerinnen und Physiker Nerds wären, die sich im Büro einschließen und dort verkümmern, ist das also nicht der Fall. Wir sind soziale Wesen, auch wenn es nicht immer auffällt. (lacht)

Eines Ihrer Spezialfelder ist Dunkle Materie und die Frage, warum es mehr Materie als Antimaterie im All gibt. Was hat es damit auf sich?

Fangen wir mit Materie an. Wir sind – wie alles um uns herum – aus Materie gebaut. Die Basis bilden Elementarteilchen wie Quarks und Elektronen. Antimaterie verhält sich genauso wie Materie, nur mit einer umgekehrten Ladung. Sollten sich Materie und Antimaterie treffen, würden sie sich gegenseitig zerstören und es würde Energie frei werden. Es wäre also fatal, wenn jemand einen Sack Antimaterie neben mich stellen würde. Dann wäre ich auf einmal weg, weil meine Materie sich mit der Antimaterie zu Strahlung annihilieren würde. Im frühen Universum muss ein Mechanismus dafür gesorgt haben, dass es ein Ungleichgewicht zwischen Materie und Antimaterie gibt, sonst hätten sie sich gegenseitig vernichtet und wir hätten ein Universum, das nur mit Strahlung gefüllt wäre.

Dunkle Materie hingegen ist eine neuartige Form der Materie, die wir bisher nicht direkt nachweisen konnten, aber wir wissen, dass es sie geben muss. Denn die Sterne rotieren in der Galaxie, ohne nach außen wegzufiegen, trotz scheinbar zu hoher Geschwindigkeit. Sie werden also von einer nicht sichtbaren Form von Materie festgehalten – wie ein Sitz im



An einem interaktiven Tisch des KCETA erklärt Professorin Margarete Mühlleitner, wie Theorie und Experimente bei der Erforschung des Universums zusammenspielen

At an interactive table of the KCETA, Professor Margarete Mühlleitner explains how theory and experiments interact in studies of the universe

Kettenkarussell, der von einer Kette festgehalten wird. Diese Materie würde auch andere Beobachtungen im Universum erklären. Wir als Theoretikerinnen und Theoretiker versuchen Ideen zu liefern, was für eine Art von Materie dies sein könnte, damit die Experimentalphysikerinnen und -physiker sie dann im Labor nachweisen können. Bisher haben sie es aber noch nicht geschafft.

Wir werden wahrscheinlich nie das ganze Universum verstehen können. Ich nehme an, Sie brauchen eine hohe Frustrationstoleranz und eine gute Portion Philosophie bei der Arbeit?

(lacht) Ja, Frustrationstoleranz auf jeden Fall! Es hat auch 100 Jahre gedauert, bis die Gravitationswellen, die Albert Einstein theoretisch vorhergesagt hatte, gefunden wurden. Jetzt, da wir sie messen können, liefern sie uns ein Echo von ganz frühen Vorgängen im Universum, zum Beispiel dem Verschmelzen von zwei Schwarzen Löchern. Das ist doch der Wahnsinn! Manche müssen denken, dass wir total irre sind, uns so lange mit Dingen zu beschäftigen, die anfangs nur Theorien sind. Der Punkt ist aber: Wir glauben sehr an das, was wir tun. Nicht blind – wir hinterfragen uns ständig kritisch. Aber wenn eine Theorie sich als richtig erweist, wie bei den Gravitationswellen oder dem Higgs-Boson, dann ist es wie Weihnachten und Ostern zusammen und noch viel mehr. Das ist eine riesige Bestätigung. Ich finde es toll, ein Teil dieses großen Abenteuers zu sein. Natürlich kann man in einer Zeit leben, in der es nicht zu einer dieser Entdeckungen kommt, aber trotzdem: Es geht immer weiter. Wir werden immer an Erkenntnis gewinnen. Am Anfang ging es darum, Donner und Blitz zu verstehen, heute, warum das Universum so ist, wie es ist. Es ist die Neugier, dieser ureigenste Trieb des Menschen, der uns antreibt. ■

“People Might Think That We Have Gone Crazy”

Professor Margarete Mühlleitner Shares Her Fascination with Theoretical Physics

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Margarete Mühlleitner from KIT's Institute for Theoretical Physics wants to understand how the universe works by using mathematical formulas rather than telescopes. “Experimental physicists carry out experiments. They observe and document what they have seen. As theoretical physicists, we try to understand why things happen this way,” the Professor for Theoretical Physics explains. “We develop mathematical models to explain the processes. From that, we derive predictions that can be verified by an experiment.” When studying the universe, physical relationships soon become very complex. “This requires expertise from different disciplines, such as particle physics, cosmology, and astroparticle physics. When the theory is correct, the interpretation of the results will be the same, no matter from which perspective I look at them,” Mühlleitner says. “This is very exciting, because we have to communicate in order to understand things.”

Antimatter is one of the theoretical physicist's specialties. “Antimatter behaves just like matter, but has the opposite charge,” Mühlleitner says. “If matter and antimatter would meet, they would destroy each other and energy would be released. In the early universe, there must have been a mechanism that caused an imbalance between matter and antimatter. Otherwise, they would have destroyed each other.” Mühlleitner's studies also focus on dark matter. So far, there have only been evidences for dark matter. Direct experimental proof is still missing. But Mühlleitner is optimistic: “It took us 100 years to detect the gravitational waves postulated by Albert Einstein's theory of general relativity. Now, we can measure them and they provide information on very early processes in the universe, such as the merging of black holes. That is amazing! People might think that we have gone crazy when working such a long time on issues that are just theories at first. But we believe in what we are doing. We are not blindly following ideas, however, we are constantly questioning what we are doing. But when a theory turns out to be correct, as in case of gravitational waves or the Higgs boson, it is like Christmas and Easter all in one and even more.” ■



Professor Steffen Grohmann, Leiter der Organisationseinheit Kälte- und Kryotechnik am Institut für Technische Thermodynamik und Kältetechnik (TTK-KKT) des KIT

Professor Steffen Grohmann, Head of Refrigeration and Cryogenics at KIT's Institute of Technical Thermodynamics and Refrigeration (TTK-KKT)



Lennard Busch vom TTK-KKT

Lennard Busch from TTK-KKT



Xhesika Koroveshi vom Institut für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT) des KIT

Xhesika Koroveshi from KIT's Institute for Beam Physics and Technology (IBPT)



Dr. Andreas Haungs, stellvertretender Leiter des Instituts für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT

Dr. Andreas Haungs, Deputy Head of Institute for Astroparticle Physics (IAP)

Mit Hightech ins Universum lauschen

FORSCHENDE DES KIT ARBEITEN AN TECHNOLOGIEN FÜR DEN BAU DES EINSTEIN-TELESKOPS

VON KAI DÜRFELD



FOTOS: AMADEUS BRAMSIEPE

FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

Tief unter der Erde wird er entstehen. Ein Riese mit zehn Kilometer langen Armen, in denen Laserstrahlen blitzen. ET wird er heißen. Und er hat eine gewaltige Aufgabe: Bis zum Beginn des Universums soll der Riese blicken und unser Wissen von der Entstehung der Welt vertiefen. ET ist die Abkürzung für Einstein-Teleskop: ein Gravitationswellendetektor der dritten Generation, der aktuell in Europa geplant wird.

„Mit Gravitationswellendetektoren wie dem Einstein-Teleskop lauschen wir in das Universum hinaus“, erklärt Dr. Andreas Haungs, stellvertretender Leiter des Instituts für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT. „Und ja, wir sprechen hier tatsächlich von Hören und nicht von Sehen.“ Was die Forscherinnen und Forscher da zu hören bekommen, ist das Flüstern der Raumzeit. Es entsteht, wenn zwei Objekte umeinander kreisen. Dann dehnen und stauchen sie das Raum-Zeit-Kontinuum periodisch. Das Phänomen nennt man Gravitationswellen. Diese breiten sich mit Lichtge-

schwindigkeit aus. Das Flüstern bei „normalen“ Objekten wie Monden, Planeten oder gewöhnlichen Sternen zu hören, ist schier aussichtslos. „Damit wir überhaupt eine Chance haben, müssen wir unsere Detektoren schon auf kosmische Schwergewichte richten, zum Beispiel auf supermassereiche Neutronensterne oder Schwarze Löcher.“ Vor allem dann, wenn zwei von ihnen nach ewigem Tanz umeinander verschmelzen.

Noch ist das Flüstern eher ein Gemisch unzähliger Stimmen. Das Einstein-Teleskop soll bald genauer hinhören. Es wird zehnmal empfindlicher als heutige Detektoren sein und was es dann empfangen wird, könnte unser Verständnis vom Kosmos enorm erweitern. „Andererseits als elektromagnetische Strahlung lassen sich Gravitationswellen durch nichts und niemanden an ihrer Ausbreitung hindern“, sagt Haungs. „Dadurch erlauben sie einen beinahe ungehinderten Zugang zum Universum.“ – Und in der Zeit zurück. Denn wenn wir solche Wellen auffangen, waren sie mitunter Milliarden Jahre unterwegs; stammen also aus der

Kinderstube oder aus der wilden Jugend unseres Kosmos und können uns davon erzählen. Die Astronomiegemeinschaft ist schon begierig darauf, ihnen zuzuhören. „Das kommt auch unserem Multimessenger-Ansatz zugute“, freut sich der Astroteilchenphysiker. „Denn wenn wir die Informationen der Gravitationswellen mit den aus anderen Quellen von Neutrino-, kosmischer und Gammastrahlung gewonnenen Erkenntnissen kombinieren, können wir mehr über die höchstenergetischen Prozesse im Universum lernen.“ „Physik betreiben“ nennt er deshalb als zweiten wichtigen Aspekt des Einstein-Teleskops und hofft, dass sich damit nicht nur offene Fragen der Relativitätstheorie beantworten lassen, sondern auch das Rätsel um die Dunkle Materie und die Dunkle Energie gelöst werden kann.

Eiskälte schärft die Sinne

Die meisten Gravitationswellendetektoren arbeiten nach dem Prinzip eines Michelson-Interferometers. Dabei wird ein Laserstrahl in Vakuumröhren in zwei Arme aufgesplittet, nach mehreren Kilometern Länge von Spie-

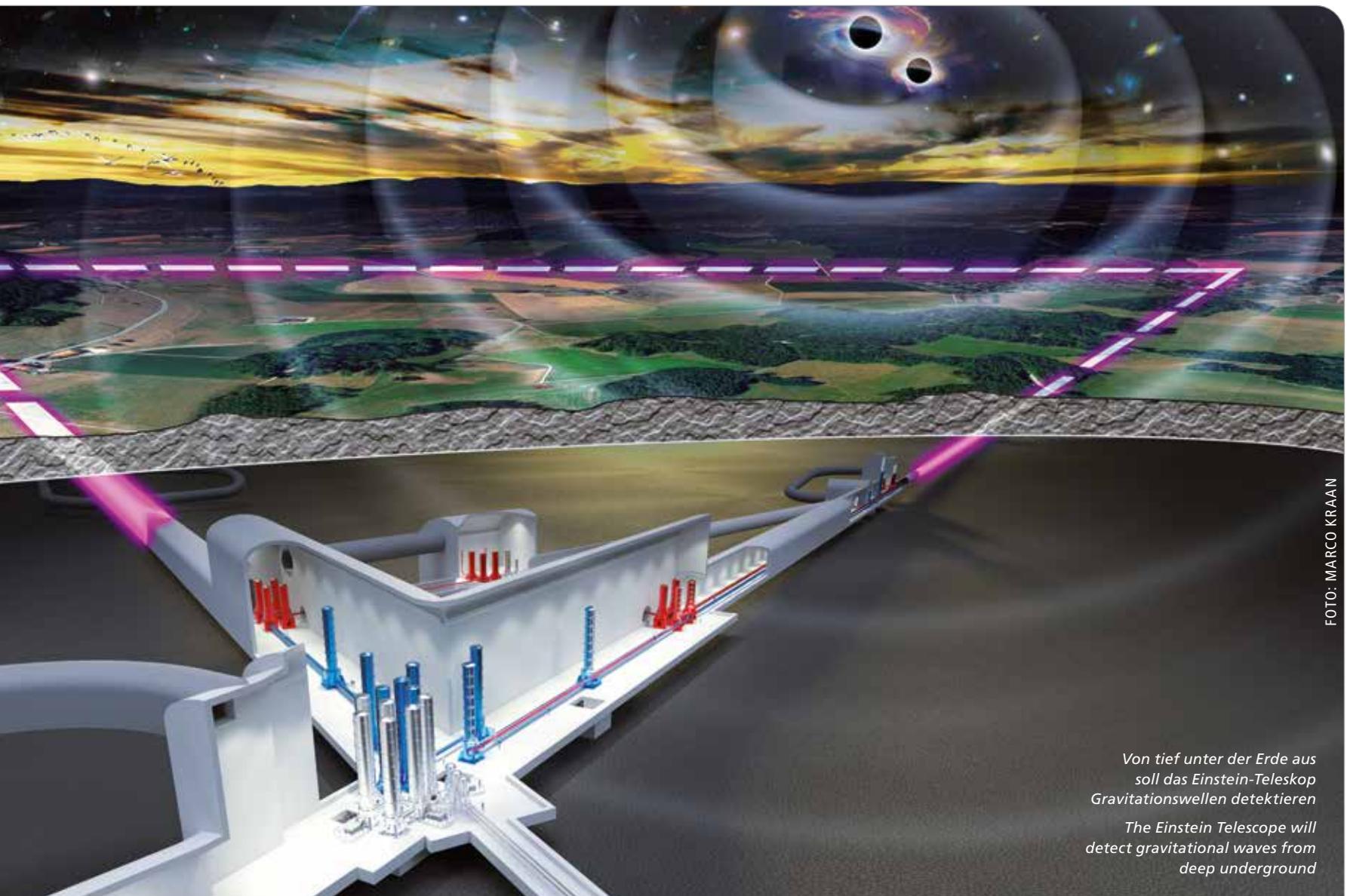


FOTO: MARCO KRAAN

*Von tief unter der Erde aus
soll das Einstein-Teleskop
Gravitationswellen detektieren*

*The Einstein Telescope will
detect gravitational waves from
deep underground*



FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE/COLLAGES: DOMINIKA ROGOCKA

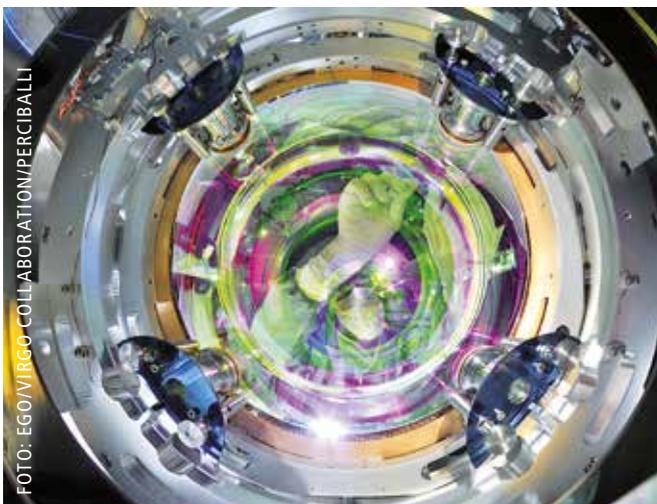


FOTO: EGO/VIRGO COLLABORATION/PERCIBALLI

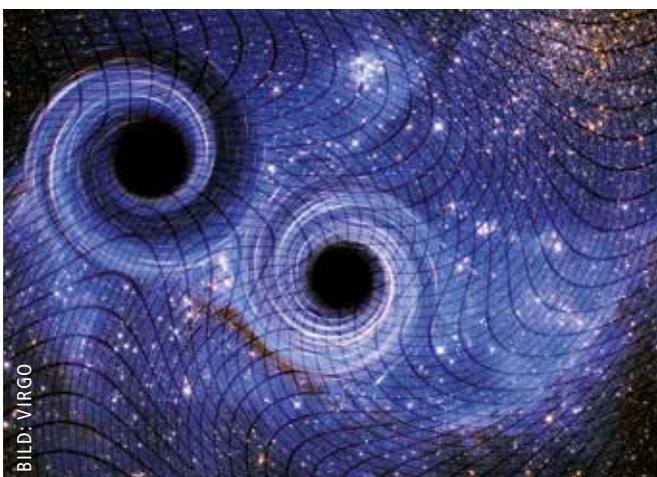


BILD: VIRGO

geln reflektiert und schließlich wieder mit sich selbst zur Interferenz gebracht. „Eine Gravitationswelle ändert den Verlauf der Laserstrahlen um ein Billiardstel der Dicke eines menschlichen Haares“, erklärt Professor Steffen Grohmann vom Institut für Technische Thermodynamik und Kältetechnik (TTK) des KIT. „Die größte Herausforderung bei einem Gravitationswellen-Teleskop ist daher, das Rauschen so gering wie möglich zu halten. Nur so lassen sich diese minimalen Signale eindeutig zuordnen.“ Mit Rauschen meint er jede noch so kleine Änderung im Strahlengang des Laserlichts: Das können winzigste seismische Erschütterungen sein, das sanft durch einen Teil der Anlage strömt oder es kann die Brownsche Bewegung der Atome in den Spiegelaufhängungen selbst sein, die nur bei extrem tiefen Temperaturen unterbunden werden kann. Genau hier setzt sein Team an.

„Nach mehreren Pendelstufen hängen die gut 200 Kilogramm schweren Spiegel an Sili-

ziumfäden, um noch so kleine Schwingungen der Umgebung auszugleichen“, so Grohmann. Doch bei Raumtemperatur bewegen sich die Moleküle in den Spiegelaufhängungen. Das wird vom Detektor gemessen und legt sich als thermisches Rauschen über das eigentliche Signal. „Das Einstein-Teleskop muss deshalb bei Temperaturen knapp über dem absoluten Nullpunkt bei rund -271 Grad Celsius betrieben werden“, verrät der Ingenieur. „Unsere Schlüsseltechnologie hierfür ist mit superfluidem Helium zu kühlen.“ Das ist ein Quantenfluid mit seltsamen, aber für die Forschenden unschätzbaren Eigenschaften. Denn kühlt man das Helium auf weniger als zwei Grad Celsius über dem absoluten Nullpunkt ab, übernehmen Quanteneffekte die Regie. Das Edelgas wird dann zu einem Bose-Einstein-Kondensat – einer Flüssigkeit, die nicht mehr fließt, Wärme aber trotzdem äußerst effizient transportieren kann. „Das Superfluid bildet eine stehende Säule, innerhalb derer die Wärme auf molekularer Ebene ultraschnell abtransportiert wird“, erklärt Grohmann. „Das ist so ähnlich wie in einem Festkörper, nur um mehrere Größenordnungen effizienter.“

Damit das superfluide Helium die Spiegel kühlen kann, muss ein zentraler Teil der extrem sensiblen Spiegelaufhängung angepasst werden. Ob dies prinzipiell möglich ist, hat Xhesika Koroveschi als Doktorandin in Steffen Grohmanns Team untersucht. „Die Kühlung mit einem Quantenfluid in Aufhängungen von Gravitationswellendetektoren stellt ein neues Forschungsgebiet dar“, erzählt die junge Wissenschaftlerin. „Deshalb habe ich ein Modell entwickelt, das die Machbarkeit des Konzepts theoretisch zeigt. Grundlegende physikalische Mechanismen zum Einfluss des Superfluids müssen aber noch experimentell untersucht werden.“ Doch wie wird das Helium heruntergekühlt? Wie gelangt es ins Innere der Anlage? Wie wird sichergestellt, dass die Messungen nicht durch weitere Störungen beeinflusst werden? Das hat sich Lennard Busch, Doktorand im selben Team, angeschaut. „Ich habe mich darauf konzentriert, den Traum der Physikerinnen und Physiker von einem fast rauschfreien, ultrakalten Spiegel zu realisieren“, sagt er. „Dafür habe ich die technischen Fragen einer kryogenen Heli-

Bisherige technologische Grenzen werden überwunden, um erfolgreich ein neues Zeitalter der Gravitationswellenbeobachtung einzuläuten. Oben: Nahaufnahme eines Spiegels, der in den Interferometern existierender Gravitationswellendetektoren eingesetzt wird. Unten: Künstlerische Darstellung der Verschmelzung zweier Schwarzer Löcher, bei der Gravitationswellen entstehen

Present technological limits are being overcome in order to successfully usher in a new era of gravitational wave observation. Top: Close-up of a mirror used in the interferometers of existing gravitational-wave detectors. Bottom: Artistic representation of the merging of two black holes, which gives rise to gravitational waves

Im Vergleich zu aktuellen Detektoren wie „AdVirgo“ wird das Einstein-Teleskop den Erfassungshorizont von Quellen von Gravitationswellen um mehrere Größenordnungen erweitern, bis hin zu den Anfängen unseres Universums

In comparison to current detectors, such as „AdVirgo“, the Einstein Telescope will increase the detection horizon of gravitational wave sources by several orders of magnitude up to the beginnings of our universe

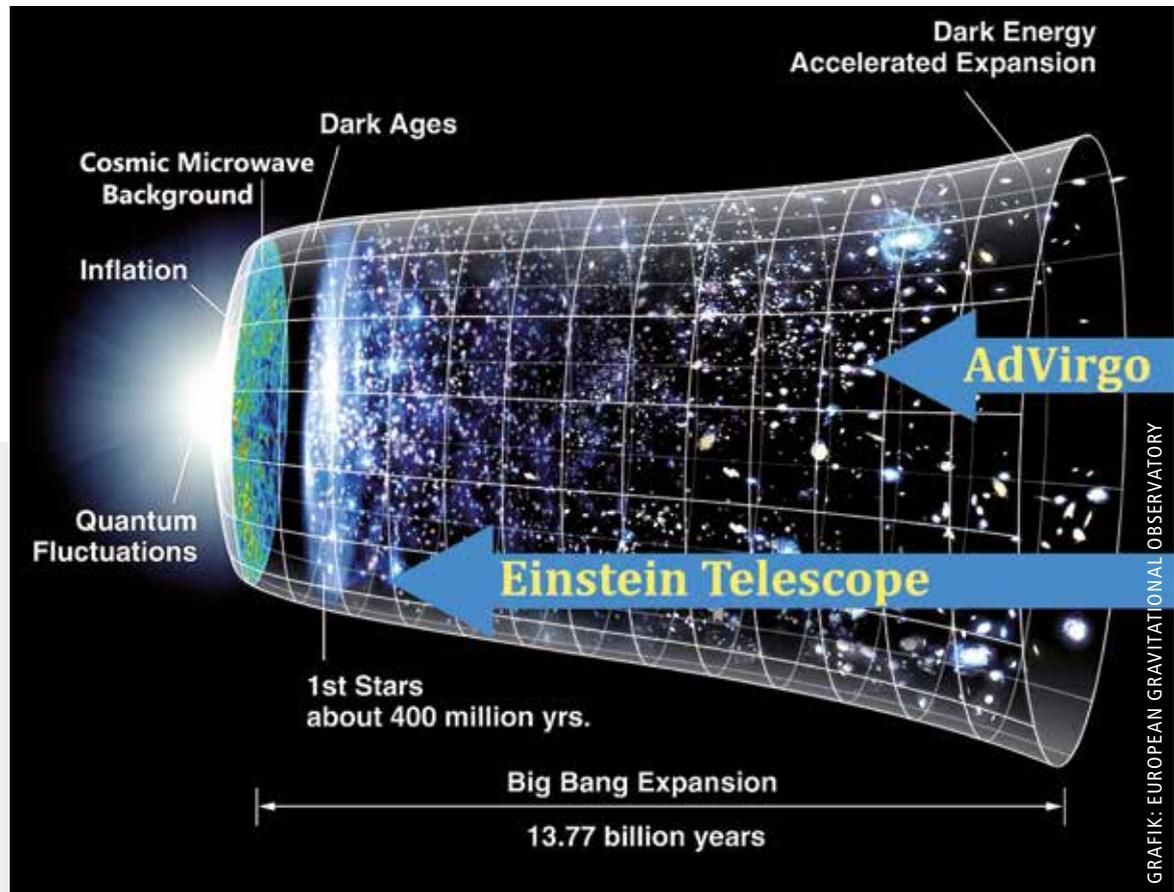
High Tech for Listening to the Universe

KIT Researchers Are Working on Technologies for Constructing the Einstein Telescope

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

It will be built deep down in the Earth: The Einstein Telescope, a gravitational wave detector of the third generation. “We use gravitational wave detectors, such as the Einstein Telescope, to listen to the universe,” explains Andreas Haungs, Deputy Head of KIT’s Institute for Astroparticle Physics (IAP). What the researchers hear is the whisper of space-time. It is produced when two objects circle around each other. Then, they periodically expand and compress the space-time continuum. This phenomenon is referred to as gravitational waves. “We only have a chance of hearing these whispers if we point our detectors at cosmic heavyweights, such as supermassive neutron stars or black holes.” The whisper still is a mix of countless voices. The Einstein Telescope will listen more carefully. It will be ten times more sensitive than today’s detectors. Whatever it hears will considerably enhance our understanding of the universe.

Most gravitational wave detectors are based on the principle of a Michelson interferometer. In vacuum tubes, a laser beam is split into two arms, reflected by mirrors after several kilometers, and finally made to interfere with itself. “A gravitational wave will change the course of the laser beams by a quadrillionth of the thickness of a human hair,” says Professor Steffen Grohmann from KIT’s Institute of Technical Thermodynamics and Refrigeration (TTK). “The biggest challenge in using a gravitational wave telescope is to minimize noise. Only then can the signals be allocated precisely.” Noise is any small change in the beam path of the laser light, such as seismic noise, the flow of a cooling fluid near the mirrors, or even the Brownian motion of the atoms in the mirror suspensions, which can be prevented at extremely deep temperatures only. “For this reason, the Einstein Telescope must be operated at temperatures just above absolute zero at around -271 degrees Celsius. We use superfluid helium for cooling. At these temperatures, the superfluid forms a standing column, within which the heat is removed ultra-quietly on the molecular level,” Grohmann explains. Doctoral researchers Xhesika Korovesi and Lennard Busch are working in Grohmann’s team and verify the theoretical feasibility of cooling the mirror suspensions and study technical aspects of such an advanced cryogenic helium infrastructure. ■



um-Infrastruktur untersucht und in ein Gesamtkonzept gegossen.“

Ein Projekt, viele Disziplinen

Noch wird nach einem geeigneten Standort für das geplante Teleskop gesucht. Die endgültige Entscheidung soll in den kommenden Jahren fallen. Mitte der 2030er soll der Bau abgeschlossen sein. „Das Einstein-Teleskop ist ein multidisziplinäres Projekt, auch für uns am KIT“, sagt Andreas Haungs. „Neben Steffen Grohmann und seinem Team sind die Kolleginnen und Kollegen aus dem Bereich Seismologie ebenso eingebunden wie unsere Spezialistinnen und Spezialisten für Kryo-Vakuumpumpen. Darüber hinaus sind auch die Arbeitsgruppen um die Supercomputer mit im Boot.“ ■

@ andreas.haungs@kit.edu,
 steffen.grohmann@kit.edu,
 xhesika.korovesi@kit.edu,
 lennard.busch@kit.edu

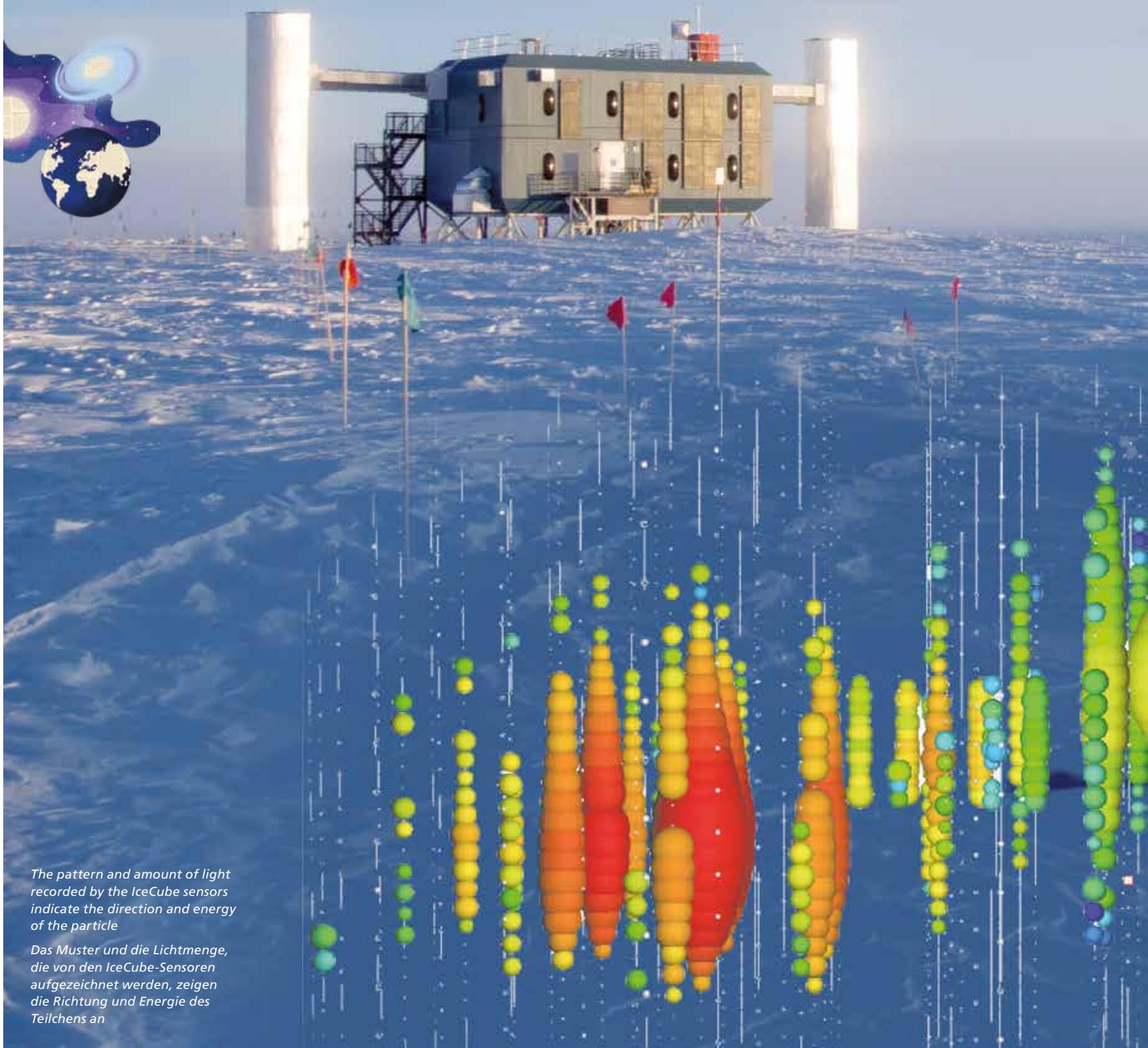
🖱️ kkt.ttk.kit.edu/64.php



Searching for Ghost Particles in the Antarctic Ice

THE ICECUBE EXPERIMENT
LOOKS FOR NEUTRINOS OF
THE HIGHEST ENERGIES AT
THE SOUTH POLE

BY DR. JOACHIM HOFFMANN
TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER



The pattern and amount of light recorded by the IceCube sensors indicate the direction and energy of the particle

Das Muster und die Lichtmenge, die von den IceCube-Sensoren aufgezeichnet werden, zeigen die Richtung und Energie des Teilchens an

Dr. Donghwa Kang, research associate at KIT's Institute for Astroparticle Physics (IAP), and Dr. Andreas Haungs, Deputy Head of the IAP and Head of the IceCube working group

Dr. Donghwa Kang, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT und Dr. Andreas Haungs, stellvertretender Leiter des IAP und Leiter der IceCube-Arbeitsgruppe



FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

The US Amundsen-Scott South Pole Station is situated on the Antarctic Plateau, 2,835 m above sea level near the geographic South Pole. It includes the IceCube Neutrino Observatory (IceCube for short), which has been looking for high-energy neutrinos from the universe since 2010.

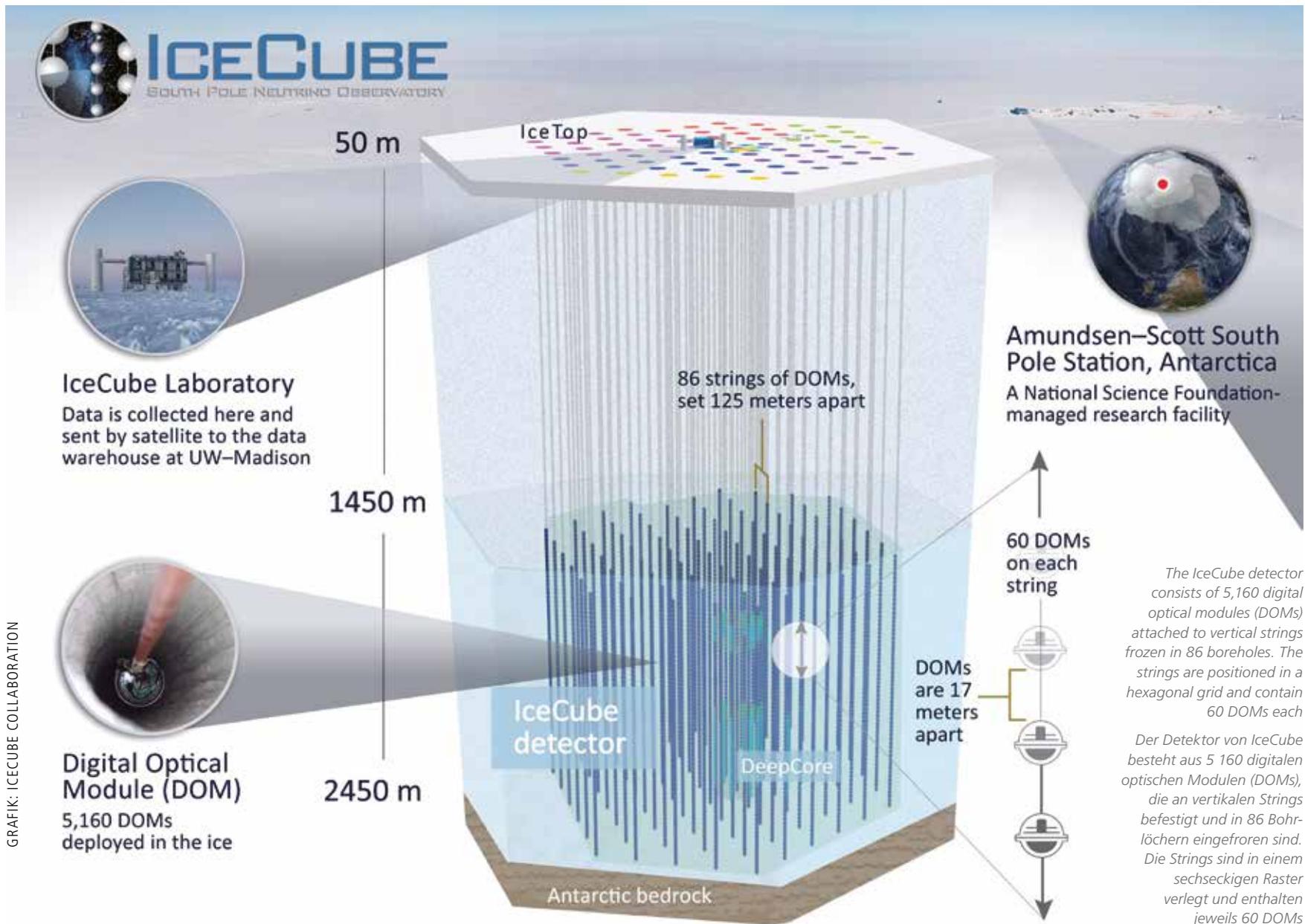
Only a conventional office building is visible at the surface. The control center is located at a special place just a few hundred meters away from the South Pole. The secret of IceCube is hidden deep in the Antarctic ice. It is a gigantic, one-cubic-kilometer cube of ice between 1,450 m and 2,450 m underground. It is equipped with 5,160 light detectors, so-called digital optical modules (DOMs). This makes IceCube the largest particle detector in the world. On IceCube's surface is IceTop, a measurement field that consists of 162 ice tanks with two DOMs each. These are designed to detect showers of secondary particles produced by interactions with high-energy cosmic radiation in the atmosphere.

The subterranean, spherical DOMs are connected to the surface station by 86

vertical cables, each of which is about 2,500 m long. The cables are equipped with 60 detector spheres arranged 17 m apart. The shafts via which they are inserted into the ice down to a depth of 2,450 m were drilled with hot water. After the insertion of the cables, they froze up again such that the detectors are now surrounded by ice. The bedrock of the Antarctic continent can be found just a few hundred meters below IceCube. Why was this particle detector built here, in the Antarctic ice?

"The detector proper is the extremely clear and transparent Antarctic ice. The high-energy neutrinos to be detected interact with the atomic nuclei of the ice. The detectors capture the resulting Cherenkov radiation. The cables transmit the signals to the surface for evaluation and reconstruction of the neutrino-induced light traces," explains Dr. Andreas Haungs, Head of the IceCube Group of KIT's Institute for Astroparticle Physics (IAP).

"IceCube has opened the window to neutrino astronomy," Haungs adds. "Apart from electromagnetic radiation, cosmic



radiation or mass-carrying particles, and lately also gravitational waves, we now have another instrument in astroparticle physics to observe interesting objects in our Milky Way or remote galaxies. With the help of IceCube, we produced an image of the Milky Way with neutrinos this year."

IceCube is also suited for measuring galactic cosmic rays of the highest energy. Moreover, IceCube is an excellent detector measuring dark matter of potentially high mass.

KIT Is an Important Partner

Under the direction of the University of Wisconsin, Madison, USA, about 350 researchers from 58 institutions in 14 countries are working at IceCube. Germany is second only to the USA among the partners of IceCube. The

German institutions involved include the Helmholtz Centers DESY and KIT as well as ten universities. Since 2018, KIT has been full member of the IceCube collaboration.

"KIT particularly contributes to the operation and data analysis of the IceTop surface array," says Dr. Donghwa Kang. She works at IAP and is responsible for analyzing the IceCube data. "In addition, we participate in the development and construction of upgraded scintillation detectors and radio antennas, and we work on neutrino analyses. We are looking for correlations of neutrinos with gravitational waves produced by e.g. the collision of two black holes." KIT also is part of the IceCube Simulation Group. KIT's computer clusters GridKa and HoreKa are used to process IceCube data.

Further Development of the IceCube Observatory

In the coming years, the researchers plan to extend IceCube in several stages. First, an upgrade will improve the measurement of cosmic rays and enable IceCube to detect neutrinos of lower energy. "KIT will coordinate the extension of IceTop and the production of 60 percent of the new optical modules that will be inserted into the ice," Kang says. For the upgrade, another seven new cables will be equipped with advanced optical detectors (mDOMs). They will optimize light yield for the measurement of neutrinos of lower energy and neutrino oscillations. This upgrade is expected to be completed by 2026.

A major upgrade through 2035, called IceCube-Gen2, will increase the volume of the

observatory to 8 cubic kilometers. For this, another 120 cables with another 1000 mDOMs will be inserted into the ice. The 8-fold increase in volume and the higher sensitivity will significantly enhance the counting rate. This will shift the measurable energy range of neutrinos upwards by 2 to 3 orders of magnitude. "KIT will be responsible for the design, construction, and operation of the extended surface array of Gen2. We will install a detector on each of 120 new cables," says Kang. "Instead of single detections, Gen2 will enable precision measurements relating to the origin and energies of cosmic neutrinos." ■

Such digital optical modules (DOMs) are installed deep in the ice in the IceCube experiment and detect Cherenkov radiation, which is produced when a neutrino interacts with the ice

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

Suche nach Geisterteilchen im ewigen Eis

Das IceCube-Experiment am Südpol sucht Neutrinos bei höchsten Energien

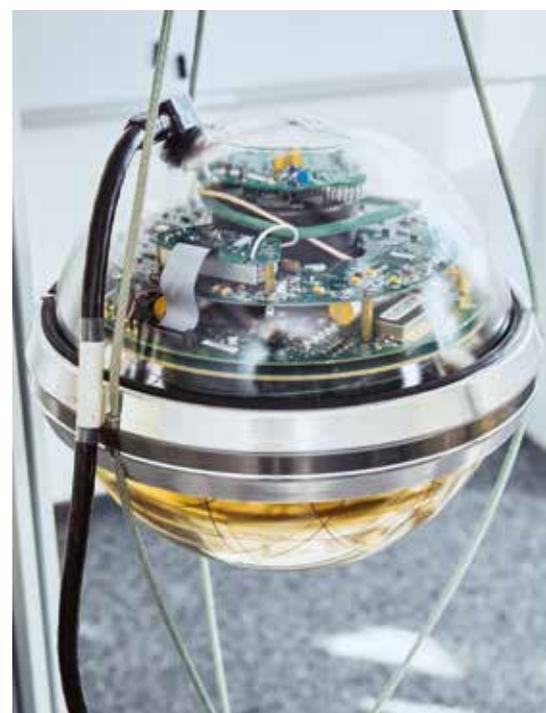
Nahe am geografischen Südpol liegt die US-amerikanische Amundsen-Scott-Südpolstation auf einer Höhe von 2 835 Metern im ewigen Eis. Teil der Forschungsstation ist das IceCube Neutrino-Observatorium (kurz: IceCube), das hier seit 2010 auf der Suche nach hochenergetischen Neutrinos aus dem Weltall ist. An der Oberfläche ist nur ein gewöhnliches Bürogebäude zu erkennen, das eigentliche Geheimnis von IceCube liegt tief im antarktischen Eis: Zwischen 1 450 und 2 450 Metern unter der Oberfläche befindet sich das riesige, einen Kubikkilometer große Volumen des Teilchendetektors, das mit insgesamt 5 160 Lichtdetektoren, sogenannten Digital Optical Modules (DOMs), bestückt ist. IceCube ist damit der größte Teilchendetektor der Welt.

„Der eigentliche Detektor ist das in der Antarktis extrem klare und durchsichtige Eis, mit dessen Atomkernen die hochenergetischen Neutrinos, nach denen wir auf der Suche sind, wechselwirken. Die Lichtdetektoren von IceCube fangen die dabei entstehende Strahlung auf“, erläutert Dr. Andreas Haungs, Leiter der IceCube-Arbeitsgruppe am Institut für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT. Unter Führung der University of Wisconsin arbeiten rund 350 Forschende von 58 Institutionen aus 14 Ländern an IceCube. „Das KIT leistet große Beiträge zum Betrieb und zur Datenanalyse des Messfelds IceTop an der Oberfläche“, sagt Dr. Donghwa Kang, wissenschaftliche Mitarbeiterin am IAP, die im Rahmen von IceCube für die Analyse der Daten verantwortlich ist. „Außerdem beteiligen wir uns an der Entwicklung und am Bau von instrumentellen Verbesserungen.“ Darüber hinaus ist das KIT Teil der IceCube-Simulationsgruppe und unterstützt mit seinen Rechnerclustern GridKa und HoreKa bei der Verarbeitung der IceCube-Daten.

In den kommenden Jahren wollen die Forschenden IceCube in mehreren Stufen ausbauen: Zunächst soll ein Upgrade die Messung der kosmischen Strahlung verbessern und IceCube für Neutrinos geringerer Energie öffnen. „Hier ist das KIT bei der Erweiterung von IceTop sowie bei der Produktion von 60 Prozent der zusätzlichen neuartigen optischen Module, die ins Eis eingelassen werden, federführend“, führt Kang aus. Der zweite Teil des Ausbaus, IceCube-Gen2, der bis zum Jahr 2035 geplant ist, vergrößert das Volumen des Observatoriums auf acht Kubikkilometer. Durch die damit gesteigerte Empfindlichkeit soll die Zählrate deutlich erhöht werden. Damit kann auch der messbare Energiebereich der Neutrinos um zwei bis drei Größenordnungen nach oben verschoben werden. „Mit Gen2 werden anstelle einzelner Entdeckungen Präzisionsmessungen zu Herkunft und Energien der kosmischen Neutrinos möglich“, so Kang. ■



FOTOS: SANDRA GÖTTISHEIM



Neutrinos are cosmic messengers that point to sources of high-energy particles in the universe and can provide information about their formation process

Neutrinos sind kosmische Boten, die auf Quellen von hochenergetischen Teilchen im Universum hinweisen und Aufschluss über deren Entstehungsprozess geben können

FOTO: ICECUBE COLLABORATION/U.S. NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (LILY LE & SHAWN JOHNSON)/ESO (S. BRUNIER)

Neutrinos

Neutrinos probably are the most fascinating elementary particles in our universe. They do not carry any charge and, hence, are subject to weak interaction only. For this reason, reactions with matter are extremely rare, which is why neutrinos are very difficult to measure. Neutrinos are embedded in the so-called standard model of particle physics. They include three sub-types (electron, myon, and tauon neutrino) as well as their corresponding antiparticles. According to the standard model, these particles should not carry any mass. But experiments show that these three types of neutrinos transform into each other by so-called neutrino oscillations, which requires a mass other than zero. It is still not clear how large this mass is. The upper limit for the electronic antineutrino has meanwhile been lowered to 0.8 electronvolts by KIT's KATRIN experiment (see also lookKIT 4/2021).

Most of the neutrinos in our surroundings originate from the energy source of the Sun, fusion of hydrogen to helium. About 65 billion neutrinos hit each square centimeter of the Earth every second. A human body is penetrated by about 500 trillion neutrinos per second. However, a reaction is to be expected every 100 years only.

In spite of their weak interaction, neutrinos have a big influence on the world. The large-scale structures of the universe are influenced

by the neutrinos having a mass. The different behavior of neutrinos and antineutrinos might be responsible for the existence of matter (and no antimatter) in the universe. Moreover, neutrinos provide new access to phenomena in space. Just like electromagnetic radiation,

compact particles, or gravitational waves, observation of neutrinos yields additional information. As neutrinos are electrically neutral, they are not deflected by galactic magnetic fields. Their trajectory directly points to their place of origin. ■

Neutrinos

Neutrinos tragen keine Ladung und reagieren nur extrem selten mit Materie. Deshalb sind die „Geisterteilchen“ schwer zu messen. Neutrinos sind in das sogenannte Standardmodell der Teilchenphysik eingebettet und es existieren drei Unterarten (Elektron-, Myon- und Tauon-Neutrinos) sowie die zugehörigen Antiteilchen. Laut Standardmodell sollten sie masselos sein. Doch Experimente zeigten, dass sich die drei Neutrino-Arten ineinander umwandeln, was eine von Null verschiedene Masse voraussetzt. Wie groß diese Masse ist, ist immer noch ungeklärt. Eine Obergrenze für das elektronische Antineutrino konnte vom Experiment KATRIN (siehe lookKIT 4/2021) des KIT inzwischen auf 0,8 Elektronenvolt gesenkt werden. 65 Milliarden Neutrinos treffen pro Sekunde auf jeden Quadratzentimeter der Erde. Da Neutrinos elektrisch neutral sind, werden sie von galaktischen Magnetfeldern nicht abgelenkt – die Flugbahn weist direkt auf den Ort ihrer Entstehung. Trotz ihrer geringen Wechselwirkung haben Neutrinos großen Einfluss auf die Welt. Die großräumigen Strukturen des Universums sind davon beeinflusst, dass Neutrinos eine Masse haben. Das unterschiedliche Verhalten von Neutrinos und Antineutrinos könnte dafür verantwortlich sein, dass es im Universum überhaupt Materie gibt (und keine Antimaterie). ■





LAB¹⁴

www.lab14-group

Bei Lab14 sind wir die Leiter des Wandels

Die Unternehmen der Lab14-Gruppe sind von großer Bedeutung bei neuen und fortschrittlichen Technologien der Mikro- und Nanofertigung, analytischen Werkzeugen und Dienstleistungen der Halbleiterindustrie.



Arbeite bei Lab14 oder einem unserer Unternehmen
und hilf uns die Zukunft neu zu gestalten.



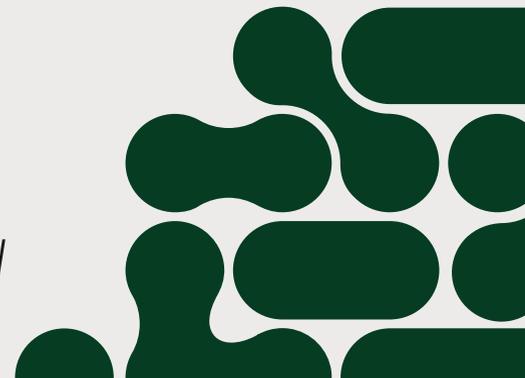
SPECSGROUP



amCOSS
components & systems



nanosurf



ANZEIGEN

SCHLEITH BAUT ERFOLGSSTORYS ■

schleith.de/karriere  

Als Familienunternehmen sind wir mit über 750 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

KIT EN

KIT Testfeld für Energieeffizienz und Netzstabilität
in großen Forschungsinfrastrukturen



FOTO: MARKUS BREIG

Energieeffizienz ganz groß gedacht

DAS KIT TESTFELD FÜR ENERGIEEFFIZIENZ
UND NETZSTABILITÄT IN GROSSEN
FORSCHUNGSINFRASTRUKTUREN (KITEN)

VON HEIKE MARBURGER





Mit KITTEN haben Forschende am KIT ein Testfeld geschaffen, um große Forschungsinfrastrukturen energiesparender und nachhaltiger zu machen. Im Interview erklären Professorin Anke-Susanne Müller, Leiterin des Instituts für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT) des KIT, und Tenure-Track-Professor Giovanni De Carne, Leiter der Forschungsgruppe Echtzeitsystemintegration am Institut für Technische Physik (ITEP) des KIT, warum das Projekt in Europa einzigartig ist und wie die Ergebnisse den Energie-Fußabdruck in vielen Branchen verbessern werden.

lookKIT: Was ist die Idee von KITTEN?

Professorin Anke-Susanne Müller: Mit KITTEN schließen wir zwei große Forschungsinfrastrukturen des KIT zusammen: das Energy Lab 2.0 und den Karlsruher Forschungsbeschleuniger KARA. Unser Ansatz ist, die energieverantwortliche Forschungsinfrastruktur der Zukunft zu schaffen.

Tenure-Track-Professor Giovanni De Carne: Es geht um den Zusammenschluss von Physik und Energietechnik. Wir wollen große Forschungsanlagen, insbesondere Teilchenbeschleuniger, nachhaltiger und energieeffizienter machen und dafür übergreifende und systematische Lösungen anbieten.

Was macht den Zusammenschluss so besonders?

Müller: Wir können mit KITTEN in einer gemeinsamen Infrastruktur disziplinübergreifende Ideen entwickeln und direkt in der Anlage testen. In dieser Form ist das einzigartig. Mit

dem Projekt können wir die ganze Wertschöpfungskette von der ersten Idee bis zum Demonstrator abbilden.

KARA ist eine komplexe und hocheffiziente Beschleunigeranlage. Sie legen jetzt den Fokus auf einen nachhaltigen Betrieb. Wie kann das funktionieren?

Müller: Große Forschungsanlagen wie Teilchenbeschleuniger werden immer stromintensiv sein und die Forschung wird immer Energie benötigen. Doch angesichts des Klimawandels wird Energie immer kostbarer. Forschung an Großgeräten ist ein wichtiger Teil unserer Mission und bringt nach wie vor wesentliche neue Erkenntnisse. Um das auch in Zukunft leisten zu können, müssen wir den Betrieb dieser Geräte neu denken. Unsere Forschung zielt daher sowohl auf die Entwicklung zukünftiger Anlagen als auch auf die Nachrüstung bestehender Anlagen. Das ist nicht immer einfach: Teilchenbeschleuniger brauchen eine große Stabilität, beispielsweise wenn sie zur Krebstherapie in Krankenhäusern eingesetzt werden. Wenn wir in Zukunft vermehrt Netzschwankungen haben, dann verändern sich auch die Betriebsbedingungen für solche Anlagen. Wir müssen sie also resilienter machen. Gleichzeitig müssen aber auch ihre Kosten tragbar sein.

Für welche Art von Anlagen wird im Testfeld momentan an Lösungen gearbeitet?

De Carne: Wir arbeiten aktuell mit fünf der größten Beschleunigerlabore in Europa zusammen, unter anderem mit dem CERN. Die Labore betreiben Anlagen für Anwendungen von der Elementarteilchenphysik bis zur Pho-

Tenure-Track-Professor Giovanni De Carne, Leiter der Forschungsgruppe Echtzeitsystemintegration am Institut für Technische Physik (ITEP) des KIT und Professorin Anke-Susanne Müller, Leiterin des Instituts für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT) des KIT und wissenschaftliche Sprecherin des KIT-Zentrums Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik (KCETA)

Tenure-Track-Professor Giovanni De Carne, Head of the Real Time System Integration Group at the Institute of Technical Physics (ITEP) at KIT, and Professor Anke-Susanne Müller, Head of the Institute for Beam Physics and Technology (IBPT) at KIT and Spokesperson of the KIT Center Elementary Particle and Astroparticle Physics (KCETA)

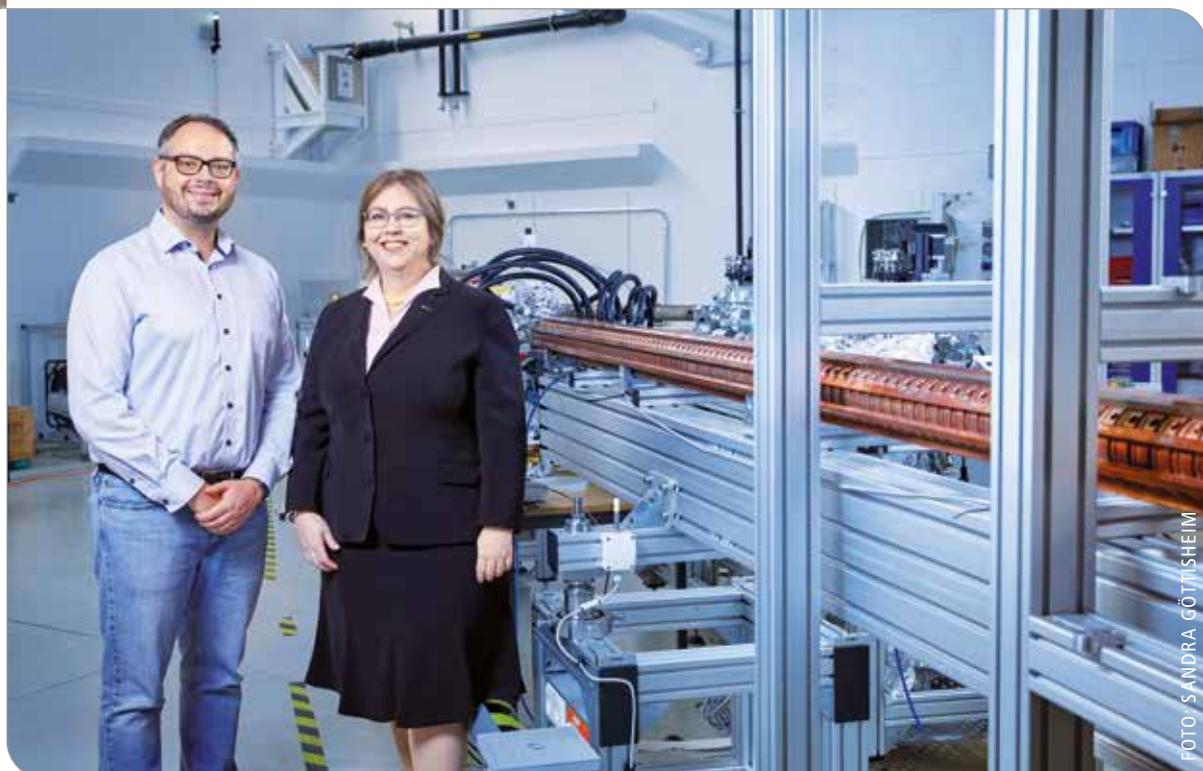


FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

KITTEN ist ein Zusammenschluss zweier einzigartiger Einheiten: Dem Karlsruher Forschungsbeschleuniger KARA und dem Energy Lab 2.0, Europas größter Forschungsinfrastruktur für erneuerbare Energien

KITTEN is a union of two unique entities: The Karlsruhe Research Accelerator KARA and the Energy Lab 2.0, Europe's largest research infrastructure for renewable energy

tonenforschung. Unser Ziel ist es, konkrete Lösungen für die Nachhaltigkeit von der Komponenten- bis hin zur Systemebene anzubieten und die damit verbundenen Herausforderungen multidisziplinär zu adressieren. Unsere Lösungen sind jedoch nicht nur auf Beschleuniger begrenzt: Energieintensive Infrastrukturen wie beispielsweise Rechenzentren, Krankenhäuser und Anlagen in der Stahl- oder Chemieindustrie werden von unseren Ergebnissen profitieren. Die energetischen Prozesse dieser Infrastrukturen folgen den gleichen Regeln wie die der Beschleuniger: Sie sind energieintensiv, in der Betriebsplanung nur eingeschränkt flexibel und benötigen gleichzeitig eine hohe Spannungsqualität. Dafür wollen wir Methoden und Richtlinien erarbeiten und diese auf verschiedene Branchen übertragen.

Gibt es schon Projektergebnisse?

De Carne: Derzeit arbeiten wir an der Datenerfassung. Unser Team hat ein Monitoring- und Kommunikationssystem entwickelt, mit dem wir Daten aus KARA in Echtzeit zum Energy Lab 2.0 übertragen können. Wir sehen nun, welche Komponenten des Beschleunigers mehr oder weniger Energie brauchen. Das erlaubt uns, den Beschleuniger im Energy Lab 2.0 digital nachzubilden und neuartige Regelungsstrategien zu entwickeln, denen weitere Experimente folgen. Der Zusammenschluss von KARA und dem Energy Lab 2.0 war eine Herausforderung, denn dazu braucht es eine breite Fachkenntnis und flexible Labore. Doch jetzt erhalten wir Einblicke, welche die Betreiber großer Beschleuniger bisher nicht hatten.

Müller: Auf der Komponentenebene haben wir ebenfalls Ergebnisse vorzuweisen. Im Rahmen der Accelerator Technology Plattform (ATP) am KIT wurde beispielsweise eine neue Stromdurchführung entwickelt, die nur einen Bruchteil des üblichen Verlustes aufweist.



Thinking Really Big about Energy Efficiency

The KIT Test Center for Energy Efficiency and Grid Stability (KITTEN) in Large Research Infrastructures

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

Researchers at KIT rely on the KIT Test Center for Energy Efficiency and Grid Stability (KITTEN) to boost energy efficiency and sustainability in large-scale research infrastructures. "To this end, we connected Energy Lab 2.0 of KIT and the Karlsruhe Research Accelerator KARA," explains Professor Anke-Susanne Müller, Head of the Institute for Beam Physics and Technology (IBPT) of KIT. "KITTEN enables us to develop concepts across disciplines and test them directly in a common infrastructure." Large-scale research facilities such as particle accelerators will always require a lot of electric energy. "For this reason, it is imperative to rethink the operation of these facilities. Our research is targeted both at the development of future facilities and the upgrade of existing ones," Müller says. Tenure-track Professor Giovanni De Carne, Head of the Real Time System Integration research group at KIT's Institute of Technical Physics (ITEP), adds: "Our solutions are not limited to accelerators. Infrastructures with high energy demands, such as data centers, hospitals as well as process plants in the steel and chemical industries, will also benefit from our results."

De Carne's team devised a monitoring and communications system that transmits data from KARA to the Energy Lab in real time. "It shows us the different energy demands of each accelerator component. The knowledge we obtain now has not been available to the operators of large-scale accelerators so far," De Carne explains. Müller adds: "As part of the Accelerator Technology Platform (ATP) at KIT, we developed a new high-power current lead whose power dissipation is only a fraction of the usual level. We also gained insight from beam physics where stability is key. A group of our junior scientists has implemented an AI-based beam stabilization system directly in the hardware, which considerably boosts energy efficiency in operation, since it is no longer necessary to put a high effort in stabilizing the entire environment."

"KITTEN is conceived to bring different worlds together and to train researchers as universalists – a type of scientist today's society needs so badly. Moreover, the test center will contribute to obtaining a leading technological role in European research," Müller says with conviction. "With the 'Research Facility 2.0' project, we are already a leader on the European level. No research infrastructure or university can do anything similar. KITTEN will greatly increase the visibility of KIT," De Carne emphasizes. ■

Neue Magnetsysteme sind in der Erprobungsphase. Wir bauen Bestandteile kleiner als vorher und reduzieren so den Materialbedarf. Erkenntnisse haben wir auch im Bereich der Strahlphysik gewonnen, hier ist die Stabilität ein Schlüsselpunkt. Gerade hat eine Gruppe unserer jungen Forschenden einen Durchbruch erzielt: Sie haben eine auf Künstlicher Intelligenz basierende Strahl-Stabilisierung direkt in der Hardware implementiert. Systeme dieser Art können den Betrieb wesentlich energieeffizienter machen, da man dann nicht mehr die komplette Umgebung aufwendig stabilisieren muss. Solche Lösungen können wir auf andere Anlagen übertragen und auf den Markt bringen.



Warum wurden diese nachhaltigen Belange bisher weniger berücksichtigt?

De Carne: Bis jetzt waren die Energiepreise durch fossile Brennstoffe relativ niedrig. Das Stromnetz war stabil, der Anteil an erneuerbaren Energien gering. Die Versorgungssicherheit hat sich in der letzten Zeit jedoch geändert. Der Krieg in der Ukraine, jetzt auch im Nahen Osten, und die Pandemie haben uns gezeigt, dass wir energetisch unabhängig werden müssen. Erneuerbare Energien helfen uns dabei, dieses Ziel zu erreichen, doch um die Infrastrukturen aufzubauen, sind noch große Investitionen nötig, welche zunächst die Kosten erhöhen. Wir müssen deshalb innovative Lösungen finden, um Energie zu sparen.

Müller: Daneben gibt es nun neue Technologien für energieintensive Großanlagen. Auch im Verständnis der Anlagen haben wir Vorarbeit geleistet und trauen uns jetzt zu, das Gleichgewichtssystem in der Energieversorgung einer Anlage auf neue Weise zu stabilisieren.

Das ganze Umfeld hat sich verändert, deswegen können wir Lösungen heute anders denken. Energieforschung ist eine der zentralen Säulen am KIT. Die multidisziplinäre Vernetzung ermöglicht es uns, unseren Blick zu erweitern.

Was bedeutet KITTEN für die Zukunft des KIT?

Müller: Wir werden auf der neuen Anlage viele junge Menschen ausbilden. Sie ist nicht nur in Hardware-Hinsicht ein Zukunftsfeld für die Forschung, sondern auch im Hinblick auf eine nachhaltige Forschung. Mit KITTEN werden zwei Welten zusammengeführt und Forschende als Universalistinnen und Universalisten geschult, die unsere Gesellschaft dringend braucht.

De Carne: Wir haben mit dem Projekt „Research Facility 2.0“ auf europäischer Ebene bereits jetzt eine Führungsrolle. Keine Forschungsinfrastruktur oder Universität kann ähnliches leisten. Es ist kein Projekt, das nur

mit Theorie arbeitet – die experimentelle Validierung spielt eine zentrale Rolle. KITTEN wird die Sichtbarkeit des KIT enorm erhöhen.

Müller: KITTEN wird im europäischen Forschungsraum zudem dazu beitragen, in der Technologieentwicklung eine führende Rolle einzunehmen. Wir brauchen einen nachhaltigen Nährboden für die Forschung. Hier machen wir einen Brückenschlag in vielen Disziplinen, bei Komponenten, bei Systemen, zwischen Ingenieurs- und Grundlagenforschung und am Ende auch zwischen Forschung und Gesellschaft. ■

@ anke-susanne.mueller@kit.edu,
giovanni.carne@kit.edu

🖱️ www.ibpt.kit.edu/kitten.php



ANZEIGE

HECTOR SCHOOL
 Technology Business School of the KIT

Activate the Progress of Intelligent Energy Systems and Energy Transitions
 with an Executive Master of Science or Certificate Courses

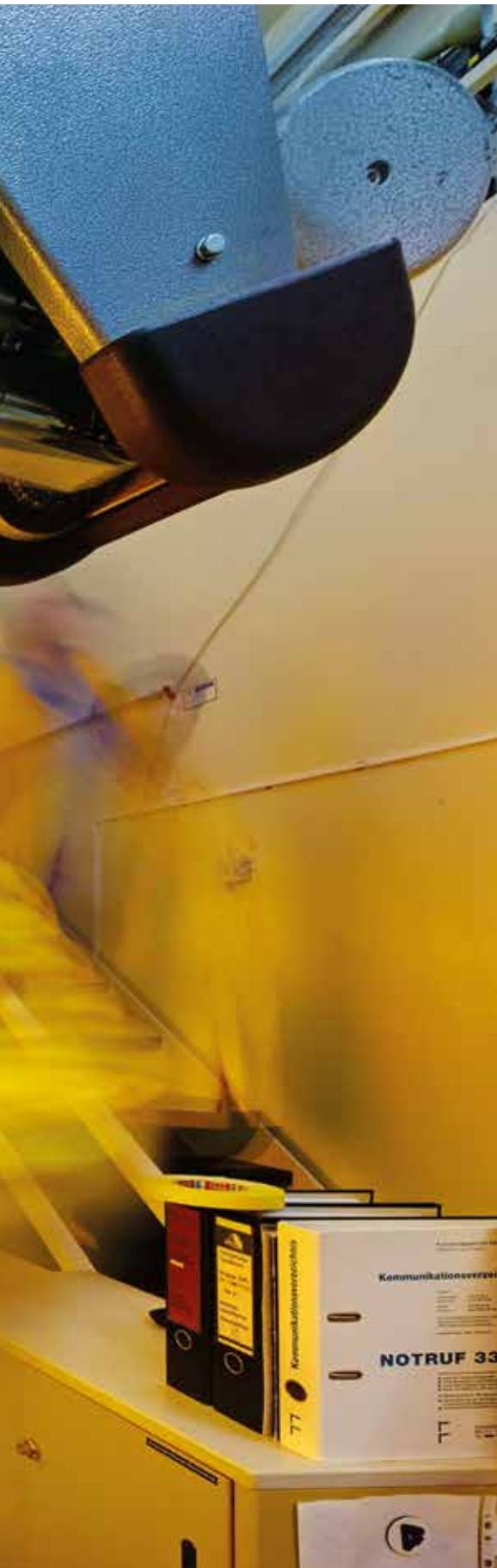
www.ectorschool.kit.edu/EEM

Mission Kernfusion



FORSCHENDE DES KIT ARBEITEN AN TECHNOLOGIEN FÜR FUSIONSREAKTOREN

VON ISABELLE HARTMANN



Seit rund 100 Jahren arbeiten Forschende an der Kernfusion. Unendlich viel Energie, kaum Emissionen, keine gefährliche Kernspaltung: Die Energie der Sonne auf der Erde zu realisieren, könnte zur Energiewende beitragen. Wenn es nur so einfach wäre.

Dr. Klaus Hesch sagt von sich, dass er in technologischen Angelegenheiten ein Optimist sei. Als Sprecher des Fusionsprogramms des KIT ist das wahrscheinlich eine nützliche Eigenschaft. Denn immer wieder muss er erklären, warum die kontrollierte Kernfusion zur Energielieferung rund 100 Jahre nach Beginn der Forschung zwar keine Realität ist, aber eine Zukunftsinvestition, die sich auszahlen wird. Für den Physikochemiker steht fest, dass es gelingen wird: „Wir brauchen dafür 20 Jahre und 20 Milliarden Euro.“ Das ist in der Branche die derzeitige Vorhersage.

Die Kernfusion ist der Heilige Gral der Physik. In der mittelalterlichen Artus-Sage erlangt, wer den wundersamen Kelch findet, ewige Lebenskraft, Glück und Jugend. Wer die Kernfusion meistert, erlangt wiederum die Quelle ewiger Glückseligkeit für unsere energieunersättliche Welt: unendlicher Strom, emissionsfrei und ohne radioaktive Strahlung im Betrieb. In Zeiten von Klimawandel und Energiewende ist dieses Versprechen besonders verlockend. Die Fusion von einem Gramm Wasserstoff – dem Basiselement der heutigen Kernfusion – erzeugt so viel Energie wie das

Professor Christoph Kirchlechner, Leiter des Instituts für Angewandte Materialien – Werkstoff- und Grenzflächenmechanik (IAM-MMI) des KIT

Professor Christoph Kirchlechner, Head of KIT's Institute for Applied Materials – Mechanics of Materials and Interfaces (IAM-MMI)

Materialien für künftige Fusionsreaktoren werden mit Neutronen bestrahlt, um sie prüfen und bewerten zu können. Da sie durch die Bestrahlung vorübergehend radioaktiv sind, werden die Materialien in sogenannten Heißen Zellen im Labor per Fernhandlung sicher untersucht

Materials for future fusion reactors are irradiated with neutrons in order to test and evaluate them. As they are temporarily radioactive due to the irradiation, the materials are examined by remote handling in a laboratory's hot cells

Verbrennen von acht Tonnen Erdöl oder elf Tonnen Kohle. Klaus Hesch sieht das Verfahren daher als Ergänzung zu den erneuerbaren Energien: „Der Stromverbrauch wird weltweit steigen. Die Fusionsreaktoren könnten konstant liefern und die Flauten der erneuerbaren Quellen auffangen.“

100 Millionen Grad Celsius im Reaktor
 Die Sonne macht vor, wie es geht. Bei 15 Millionen Grad Celsius fusionieren in ihrem Inneren

Dr. Klaus Hesch, Sprecher des Programms Kernfusion am KIT

Dr. Klaus Hesch, Head of KIT's Nuclear Fusion Program



FOTO: LISA JUNGHEIM



FOTO: MARKUS BREIG



FOTO: MARKUS BREIG

Mission: Nuclear Fusion

KIT Researchers Are Working on Technologies for Fusion Reactors

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Nuclear fusion is one of the most tempting opportunities in physics: Whoever masters it can produce an infinite amount of electricity without any emissions and without producing radioactive radiation. Fusion of one gram of hydrogen produces as much energy as the combustion of eight tons of oil or eleven tons of coal. The Sun shows how it works. At 15 million degrees Celsius, atomic nuclei fuse inside the Sun, thus releasing an enormous amount of energy. However, the Earth is lacking the Sun's extreme gravitational pressure that forces the particles to fuse. "This results in numerous challenges," says Klaus Hesch, Spokesman of KIT's Nuclear Fusion Program. Temperature in a reactor must be increased to 100 million degrees Celsius to compensate for that lack of gravitational pressure on Earth. But the material with the highest known melting point melts at about 4,000 degrees Celsius. That is why plasma physicists and materials scientists must work hand in hand to develop nuclear fusion technologies.

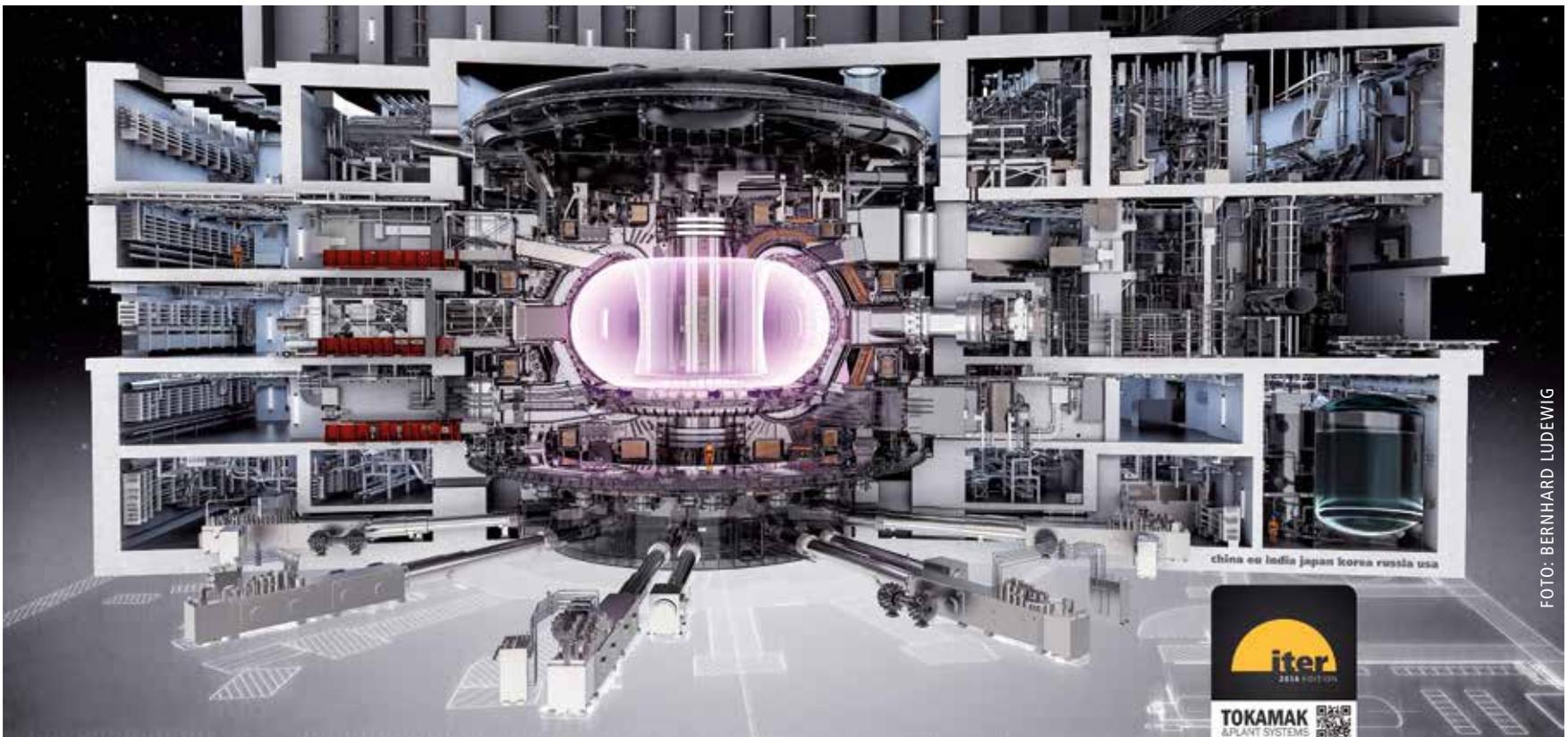
So far, science in Europe has concentrated mainly on magnet fusion. This means that the plasma gas is confined in a ring of magnets that is referred to as tokamak or stellarator depending on the design. "KIT is among the leading institutions in the world as regards many of the related technical aspects," fusion expert Hesch points out. KIT has developed major components of ITER, the International Thermonuclear Experimental Reactor, which has been under construction in France since 2007. Partners from all over the world collaborate in the ITER project. "We do not want to make the same mistake as in nuclear fission," says Professor Christoph Kirchlechner, Head of the KIT Institute for Applied Materials – Mechanics of Materials and Interfaces (IAM-MMI). "The power plant should not end as nuclear waste." The materials of the power plants demolished due to wear and fatigue after about 50 years of operation will be reused when their radioactivity will have decayed after 150 to 200 years. But there is still a long way to go for the power plants to be taken into operation. "We have come to a point where much money is needed, because we have to build large plants to scale up and verify laboratory findings," Hesch says. Kirchlechner thinks that this is a promising investment. "How much have we spent to secure our interests in energy policy worldwide? How much have we paid for limiting the increase in electricity and natural gas costs? Nuclear fusion costs a lot, but it will bring us permanent energy independence." ■

Plasma-nahe Fusionsreaktorkomponenten sollen mit Helium bei hohem Druck und hoher Temperatur gekühlt werden, um die Fusionsenergie optimal nutzen zu können. Dies wird mit dem HELium LOop Karlsruhe (HELOKA) erprobt

Plasma-facing components of fusion reactors will be cooled with helium at high temperature and high pressure to make optimal use of the fusion energy. This is being tested in the HELium LOop Karlsruhe (HELOKA)

die Atomkerne und stoßen dabei eine gewaltige Menge Energie aus. Wer diesen Vorgang auf der Erde reproduzieren will, hat jedoch ein Grundproblem: Es fehlt der extreme Gravitationsdruck der Sonne, der die Teilchen dicht zueinander presst und sie dazu zwingt, zu verschmelzen. „Das bringt eine Kaskade von Herausforderungen mit sich“, erklärt Hesch. „Denn in der Kernfusion hängen drei Faktoren zusammen: Temperatur, Teilchendichte und Einschusszeit, also die Zeit, welche die Teilchen bei hoher Temperatur verbringen.“ Wenn sich ein Teil der Gleichung ändert, muss das gesamte System angepasst werden. So muss die Temperatur in einem Reaktor auf 100 Millionen Grad Celsius erhöht werden, um den auf der Erde fehlenden Druck auszugleichen. Zum Vergleich: Das Material mit dem höchsten bekannten Schmelzpunkt schmilzt bei circa 4 000 Grad Celsius.

Schon bei dieser einzelnen Komponente wird die Komplexität der Kernfusion deutlich. Mit jeder gelösten Frage stellen sich zahlreiche neue, die eine technische Antwort verlangen. Deswegen arbeiten Forschende der Plasma-physik und der Materialwissenschaften bei der Kernfusion Hand in Hand. Die einen versuchen, das Verhalten des Plasmas – also des Teilchengemischs, das erhitzt ist und in der die Kernfusion erfolgt – zu verstehen und zu optimieren. Dabei gibt es verschiedene Optionen und bisher scheint die Reaktion zwischen Deuterium und Tritium am vielversprechendsten zu sein. Problematisch dabei ist: Tritium ist schwer herzustellen und radioaktiv. In den Körper aufgenommen hat es krebserregende Eigenschaften. Das bedeu-



Im Projekt ITER setzen die Forschenden auf einen sogenannten Tokamak-Reaktor. Das Herzstück der Anlage ist ein supraleitender Magnet, dessen Magnetfeld das Plasma zum Kreisen bringen und einschließen soll (Mitte). Im Plasma findet dann die Kernfusion statt

In the ITER project, the researchers relied on a so-called tokamak reactor. The heart of the facility is a superconducting magnet, whose magnetic field causes the plasma to circulate and confines it (center). Nuclear fusion then takes place in the plasma

tet, dass man besonders große Sicherheitsvorkehrungen treffen muss. Die anderen beschäftigen sich mit den Fusionsreaktoren: Wie kann man 100 Millionen Grad und das für die Reaktion benötigte Tritium überhaupt erzeugen? Wie verändert sich das umgebende Material unter dem Aufprall hochenergetischer Teilchen? Wie saugt man den Überschuss an Atomen ab, der die Fusionsreaktion verdünnen würde?

Bei der Technik gehört das KIT zur Weltspitze

Im Gegensatz zu den USA, die stärker an der militärisch geprägten, laserbasierten Trägheitsfusion arbeiten, verfolgt die Wissenschaft in Europa bisher hauptsächlich den Ansatz der Magnetfusion. Bei dieser Technologie ist das Plasmagas in einem Ring aus Magneten gefangen, je nach Art Tokamak oder Stellarator genannt. „In vielen technischen Fragen dazu gehört das KIT zur Weltspitze“, erklärt Fusionsexperte Hesch. So hat das KIT entscheidende Teile von ITER, dem International Thermonuclear Experimental Reactor, einem Forschungsreaktor, der seit 2007 in Frankreich von Partnern aus der ganzen Welt aufgebaut wird, entwickelt. Dazu gehören zum Beispiel Heizsysteme und wesentliche Teile des Tritiumkreislaufs.

Bei der Forschung habe sich in all den Jahrzehnten allerdings Grundlegendes geändert, unterstreicht Christoph Kirchlechner, Professor für nanostrukturierte Funktionsmaterialien und Leiter des Instituts für Angewandte Materialien – Werkstoff- und Grenzflächenmechanik (IAM-MMI) des KIT: „Wir wollen

nicht denselben Fehler machen wie bei der Kernspaltung. Wir wollen nicht, dass unser Kraftwerk am Ende zu Atommüll wird, den wir in alle Ewigkeit unseren zukünftigen Generationen aufbürden.“ Alles sei darauf ausgelegt, dass die Materialien der Kraftwerke, die nach rund 50 Jahren im Betrieb aufgrund von Verschleiß und Ermüdung abgebaut werden, zum Ende ihrer stark radioaktiven Phase nach 150 bis 200 Jahren wiederverwertet werden können.

Noch mangelt es an Effizienz

Der Weg dorthin wird noch dauern. Zwar gibt es immer wieder enthusiastische Meldungen, die den baldigen Durchbruch der Kernfusion prophezeien, bisher wurde aber in keinem Experiment mehr Fusionsenergie frei, als zuvor konventionell über die Steckdose hineinsteckt wurde. Technisch gesehen sei man in einem sehr frühen Stadium, so Hesch. Von Betriebsgenehmigungen für ein Kraftwerk ganz zu schweigen, ergänzt Kirchlechner, „weil noch unklar ist, wie lange der riesige Kochtopf

den enormen Belastungen standhält.“ Beim Projekt ITER wurde die Inbetriebnahme erneut verschoben, aktuell von 2020 auf 2035.

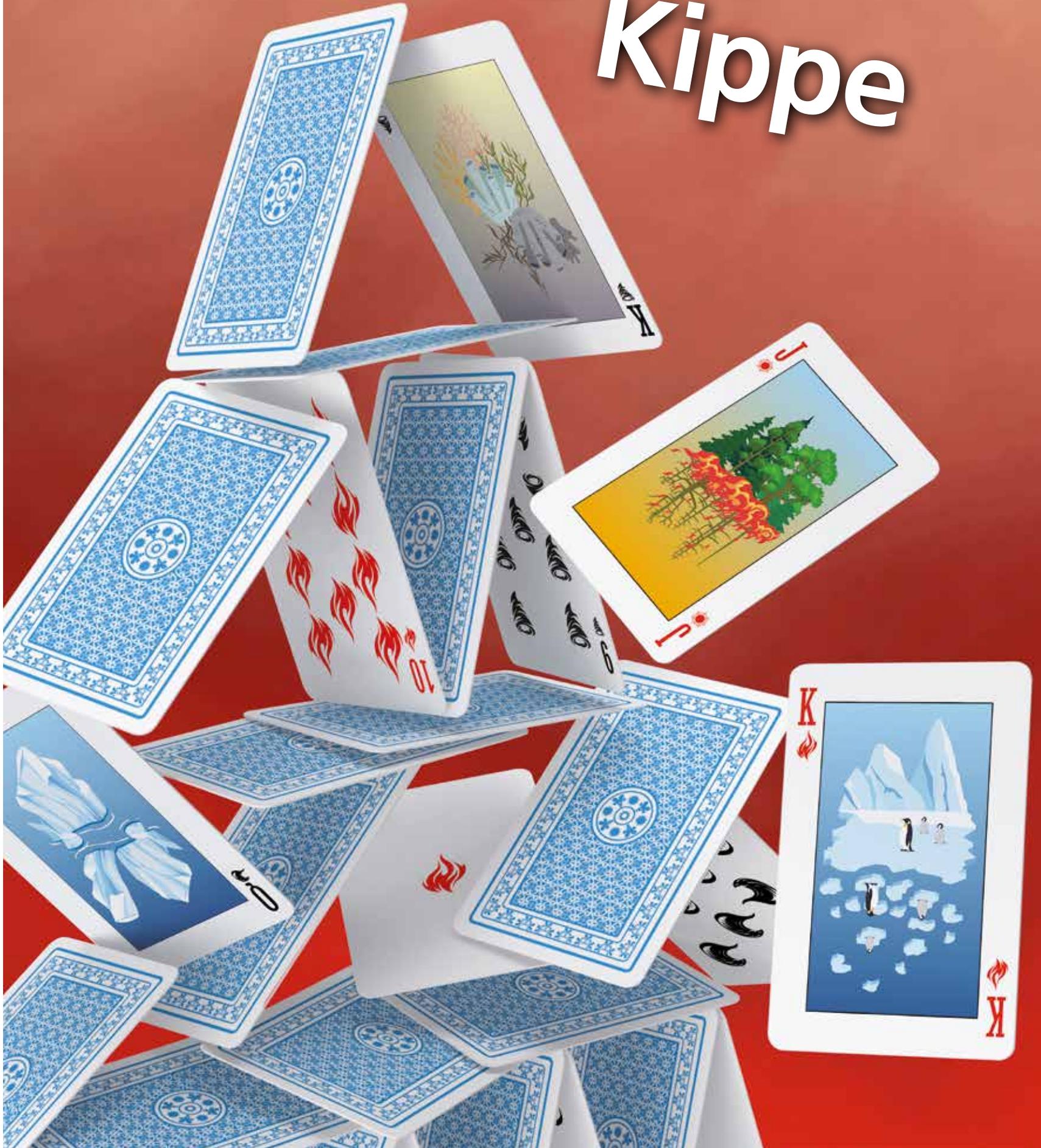
Doch die Hoffnung stirbt zuletzt. Bei ITER sei nicht die Forschung das Problem, sondern die Projektstruktur. Dafür seien das gestiegene Interesse der Politik an der Kernfusion in der Energiewende sowie die steigende Zahl von Start-ups in der Branche und das frische Geld, das sie mitbringen, willkommene Zeichen. „Wir sind an dem Punkt angelangt, wo es richtig Geld kostet, weil wir die großen Anlagen bauen müssen, welche die Laborergebnisse skalieren und prüfen“, erklärt Hesch. „Wenn wir nur zehn statt 20 Milliarden Euro kriegen, wird das nicht reichen.“ Zu viel Geld für bisher wenig Konkretes? „Nein“, so Kirchlechner. „Wie viel haben wir schon hineinsteckt, um unsere Interessen in der Energiepolitik weltweit zu sichern? Wie viel für die Strom- und Gaspreisbremse? Die Kernfusion kostet viel, aber sie bringt uns dauerhaft energiepolitische Unabhängigkeit.“ ■

@ klaus.hesch@kit.edu,
christoph.kirchlechner@kit.edu

 www.fusion.kit.edu



Auf der Kippe



WIE SICH UNSERE WELT DURCH DEN KLIMAWANDEL UNWIDERRUFLICH VERÄNDERN KÖNNTE

VON AILEEN SEEBAUER

Mit dem Klimawandel drohen massive Veränderungen in unserer Welt – der Amazonas-Regenwald schrumpft, das Eis in der Antarktis schmilzt, der Atlantik verändert seine Strömung. In diesem Zusammenhang sprechen Forschende auch von Klimakippunkten. Diese Kippunkte markieren kritische Schwellenwerte, die durch die klimatischen Veränderungen überschritten und nicht mehr rückgängig gemacht werden können. Die Folgen des Überschreitens eines Kippunkts sind unaufhaltsame, extreme regionale und globale Klimaveränderungen.

„Die Klimakippunkte kann man sich wie ein Kartenhaus vorstellen. Der komplexe Zusammenhalt der Karten sorgt dafür, dass das Haus stabil bleibt und seine Funktion erhält. Zieht man einzelne Karten, steht das Haus zwar noch, verliert aber seine Funktion – bis es letztlich instabil wird und zusammen-

bricht“, erklärt Professorin Nadine Rühr vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU), dem Campus Alpin des KIT in Garmisch-Partenkirchen.

„Wenn die Belastung der globalen Klimasysteme dauerhaft zunimmt, kommt es zum Umkippen. Das kann weitreichende Folgen für Mensch und Umwelt haben“, so Rühr. Insgesamt 16 Teilelemente des Erd-Klimasystems wurden vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung identifiziert, die bereits instabil werden, ihre Funktion verlieren und auf einen möglichen Kippunkt zusteuern.

Küstenstädte durch Abschmelzen des Westantarktischen Eisschildes bedroht

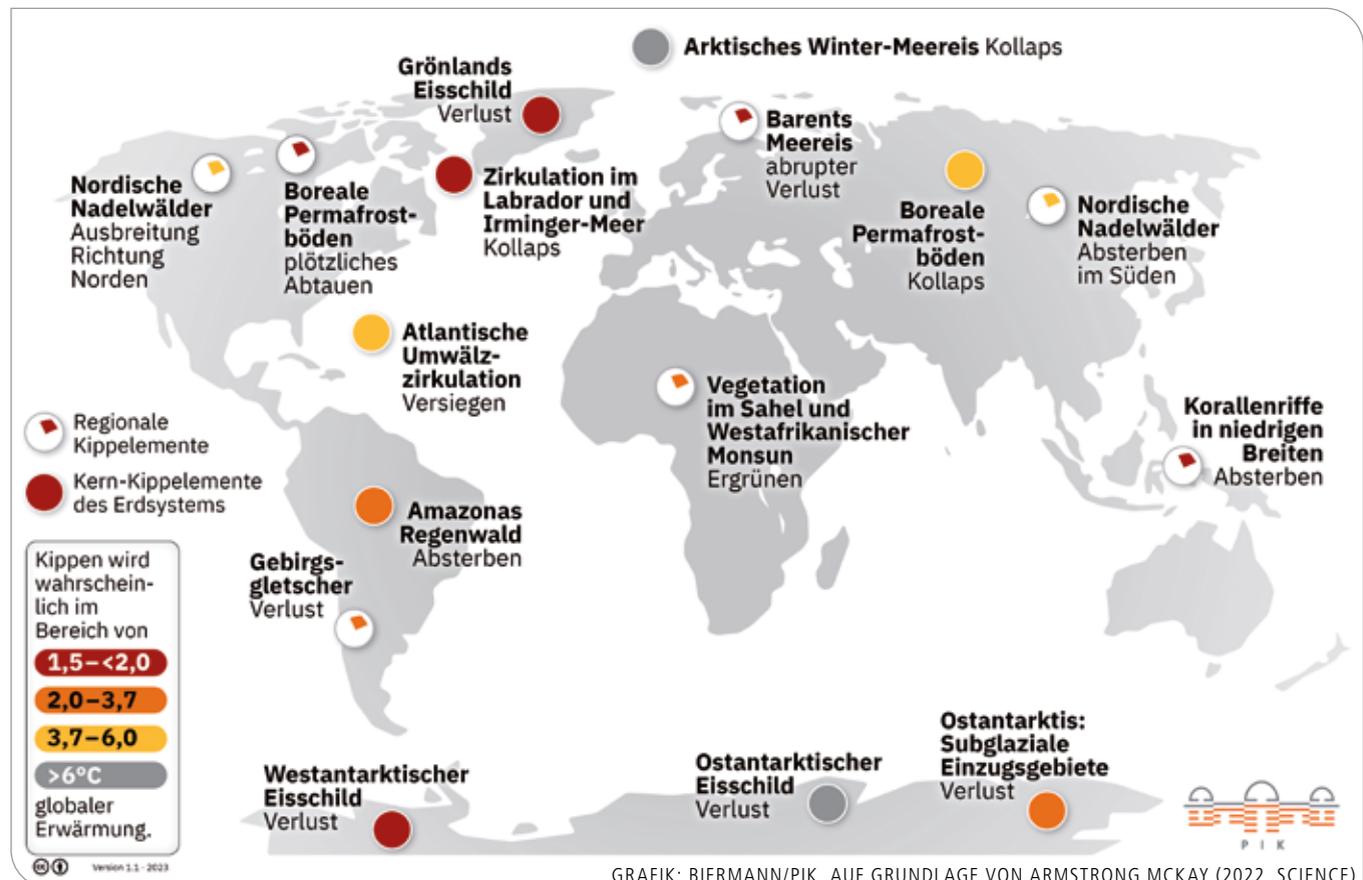
Eines dieser Teilelemente ist der Westantarktische Eisschild, der stellenweise so dick ist wie die Alpen hoch sind. Durch sein Abschmelzen infolge der Erderwärmung markiert er einen möglichen Kippunkt im Klimasystem. „Der Kippunkt betrifft unter anderem die Gletscher Thwaites und Pine Island der Westantarktis“, erläutert Professor Andreas Fink vom Department für Troposphärenforschung des IMK (IMK-TRO). Der Thwaites-Gletscher mit einer Fläche so groß wie Florida stabilisiert zusammen mit dem Pine-Island-Gletscher den Westantarktischen Eisschild.

„Der untere Rand des Inlandeises liegt überwiegend unterhalb des Meeresspiegels. Die daran anschließenden Schelfeisungen der Gletscher sind dort zur Stabilisierung mit knapp unter dem Meeresspiegel liegenden ‚Bergrücken‘ verbunden. Durch das wärmer werdende Wasser schmelzen die Schelfeisungen jedoch untermeerisch, schwimmen auf und zerbrechen innerhalb weniger Jahre“, erklärt Fink. Dadurch sei die stabilisierende Wirkung des Schelfeises, das die Westantarktis umgibt, nicht mehr gegeben und weitere Teile des Inlandeises könnten innerhalb von wenigen Jahren wegfließen und schmelzen.

„Der Kippunkt des Westantarktischen Eisschildes könnte unmittelbar bevorstehen – mit katastrophalen Folgen für große Städte am Meer“, so Fink. Mit dem Zerfall des Thwaites-Gletschers und weiteren Teilen des Westantarktischen Eisschildes könnte sich der Meeresspiegel um drei Meter anheben. „Ein beschleunigtes Abschmelzen der Westantarktis scheint unumgänglich. Wie stark der Zerfall des gesamten Westantarktischen Eisschildes und der totale Meeresspiegelanstieg sein wird, ist ungewiss. Sicher ist aber: Jedes Zehntelgrad weniger Erderwärmung würde dabei helfen, das Schmelzen von vielen Kubikkilometern Eis zu verhindern und den Meeresspiegelanstieg zu dämpfen“, sagt Fink.

Die Weltkarte zeigt die räumliche Verteilung der globalen und regionalen Kippelemente. Die Farben bezeichnen den Temperaturbereich, in dem ein Kippen wahrscheinlich wird

The map shows the spatial distribution of global and regional tipping elements. The colors indicate the temperature range in which tipping is likely to occur



GRAFIK: BIERMANN/PIK, AUF GRUNDLAGE VON ARMSTRONG MCKAY (2022, SCIENCE)



At the Tipping Point

How Climate Change Might Irreversibly Change Our World

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

Climate change is about to impact our world severely – just how severely depends on what scientists refer to as climate tipping points. These mark critical thresholds that might be crossed because of global warming. The resulting consequences are irreversible. Sixteen elements of Earth's climate system were identified as potential tipping points by the Potsdam Institute for Climate Impact Research.

One of them is the Amazon rainforest, which plays a key role in stabilizing the global climate. "Deforestation not only causes the emission of even more tons of carbon dioxide into the atmosphere, but, above all, it makes the forest shrink," explains Professor Nadine Rühr from the Institute of Meteorology and Climate Research, Atmospheric Environmental Research Division (IMK-IFU), KIT's Campus Alpine. "However, a forest must be a certain size to be able to sustain itself on rainwater. When it shrinks, this system will not work any longer." The consequence is that water, while still evaporating from the existing trees, rains down somewhere else, or the rain falls on areas that have already been cleared. This means that the water supply for the Amazon rainforest is no longer sufficient so that it inevitably turns into a steppe or even a desert.

Another potential tipping point is the West Antarctic ice sheet. "Warming waters melt the ice tongues of the shelf glaciers and cause them to break off," states Professor Andreas Fink from the Troposphere Research Department of the Institute of Meteorology and Climate Research (IMK-TRO). This phenomenon gradually annihilates the stabilizing effect of the shelf ice that surrounds the West Antarctic, so that large parts of the inland ice sheets might drift away and melt within just a few years. "The consequences for big seaside cities would be disastrous, as the sea level could rise by about three meters due to these changes," Fink says.

The Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) is one of the most important circulation systems of the oceans. "Thermohaline circulation is an important driver of the AMOC. Like a giant conveyor belt, it moves warm water from South to North," explains Professor Joaquim Pinto from IMK-TRO. "Scientists found that global warming weakens the circulation," Pinto says. If the AMOC is weakened heavily or even breaks down, temperatures in Europe might drop considerably, the water levels on the US coast might rise and the rain belts in southern Africa might shift.

It is difficult to predict when exactly the threshold of each tipping point will be reached, but the scientists agree that every tenth of a degree less in global warming would help to prevent this. ■



Abschwächung atlantischer Strömungssysteme hätte Auswirkungen auf das globale Klima

Der Zusammenbruch des Westantarktischen Eisschildes könnte, ebenso wie eine starke Zunahme der Erderwärmung, ein weiteres Teilsystem abschwächen oder im Extremfall zum Zusammenbruch bringen: die Atlantische Umwälzströmung. Diese gehört zu den wichtigsten Zirkulationssystemen der Meere.

„Die Atlantische Umwälzströmung ist ein Teil der thermohalinen Zirkulation. Diese kann man sich als riesiges Förderband im Ozean vorstellen, das unter anderem Wärme und Nährstoffe zwischen allen großen Ozeanen unseres Planeten transportiert“, erläutert Professor Joaquim Pinto vom IMK-TRO. Hierbei wird warmes und kaltes Wasser in verschiedenen Tiefen des Atlantiks umgewälzt. Warmes Wasser fließt entlang der nordamerikanischen Küste in der Nähe der Meeresoberfläche nach Norden und in östlicher Richtung unter anderem mit dem Golfstrom nach Nordeuropa, wo es für ein mildes Klima sorgt. Im Norden wiederum fließt kaltes Wasser in tieferen Wasserschichten zurück in den südlichen Atlantik.

„Durch die Erderwärmung stellten Forschende in den letzten Jahrzehnten eine Abschwächung der thermohalinen Zirkulation und damit der Atlantischen Umwälzströmung fest“, sagt Pinto. Setzt sich diese Abschwächung fort oder bricht die Umwälzströmung gar gänzlich zusammen, hätte dies enorme Auswirkungen für Europa sowie auf globaler Ebene.

Professorin Nadine Rühr
vom Institut für Meteorologie
und Klimaforschung –
Atmosphärische Umwelt-
forschung (IMK-IFU) des KIT

Professor Nadine Rühr from
KIT's Institute of Meteorology
and Climate Research –
Atmospheric Environmental
Research (IMK-IFU)



ne. „So könnten beispielsweise die Temperaturen in Europa erheblich sinken, die Wasserstände an der US-Küste ansteigen und eine Verschiebung der Regengürtel im südlichen Afrika stattfinden, was zu erheblichen Veränderungen des regionalen Wetters und Klimas führen und möglicherweise das Leben und die Existenz von Millionen von Menschen gefährden könnte“, so Pinto.

Amazonas: Dem einzigartigen Lebensraum droht Funktionsverlust

Dass all dies nicht nur graue Theorie ist, zeigt das Beispiel des Amazonas-Regenwaldes, der eine Schlüsselrolle in der Stabilisierung des Weltklimas einnimmt. „Ein wichtiger Faktor ist die Rodung des Regenwaldes. Durch sie gelangen nicht nur pro Jahr Tonnen an Kohlenstoffdioxid zusätzlich in die Atmosphäre, vor allem wird der Wald kleiner“, erläutert Nadine Rühr. „Da er eine gewisse Größe braucht, um sich durch Niederschlag selbst bewässern und damit erhalten zu können, könnte dieses System durch den Rückgang des Waldes irgendwann zum Erliegen kommen.“

Die Ursache: Wasser verdunstet zwar aus den noch vorhandenen Bäumen, es regnet aber an anderer Stelle ab oder fällt auf bereits gerodete Flächen. Der Amazonas-Regenwald bekommt dadurch nicht mehr genug Wasser und wird zur Steppe oder sogar Wüste. „Zusätzlich führt die Erderwärmung zu häufigeren Dürreperioden. Darauf reagieren viele Bäume sehr sensibel, werden krank oder sterben ab“, so Rühr. „Eine Veränderung der Zusammensetzung der Baumarten können wir jetzt schon beobachten: Bäume, die weniger trockenresistent sind, bilden sich zurück, während trockenresistentere Bäume auf dem Vormarsch sind.“

Wann es im Amazonas-Regenwald zu einem möglichen Kipppunkt kommen könnte, sei

schwer vorherzusagen. „Der Klimakipppunkt ist bisher noch nicht erreicht, allerdings werden symbolisch immer mehr Karten aus dem Kartenhaus gezogen und es beginnt zu wackeln“, sagt Rühr. Die Auswirkungen wären fatal, sollte der Amazonas-Regenwald wirklich kippen: Eine einzigartige Artenvielfalt würde verloren gehen, der Wald könnte nicht mehr als riesiger Kohlenstoffspeicher CO₂ aus der Luft aufnehmen und es könnten Steppenlandschaften entstehen, die das Weltklima aus dem Takt bringen und zu einer weltweiten Zunahme von Dürren und Überschwemmungen führen.

Trotzdem sei es noch nicht zu spät. „Wenn wir es schaffen, die Abholzung in den Griff zu bekommen und Flächen zu regenerieren, sind wir auf dem richtigen Weg. Zudem sollten wir die Faktoren unseres persönlichen Lebensstils hinterfragen, die den Druck auf den Amazonas erhöhen und auch den Klimawandel verstärken“, so Rühr. Dazu gehöre etwa Fleischkonsum. Das Futtersoja aus dem Amazonasgebiet trage erheblich zur Zerstörung des Waldes bei, ebenso wie der Anbau von Ölpalmen für die Produktion von Palmöl. „Allein, dass es diesen möglichen Kipppunkt gibt, sollte uns den nötigen Respekt einflößen, dass wir verstehen: Wir müssen alles dafür tun, um dieses System zu erhalten. Denn wenn es zu spät ist, kann man das Kartenhaus nicht mehr zusammensetzen.“ ■



nadine.ruehr@kit.edu,
andreas.fink@kit.edu,
joaquim.pinto@kit.edu

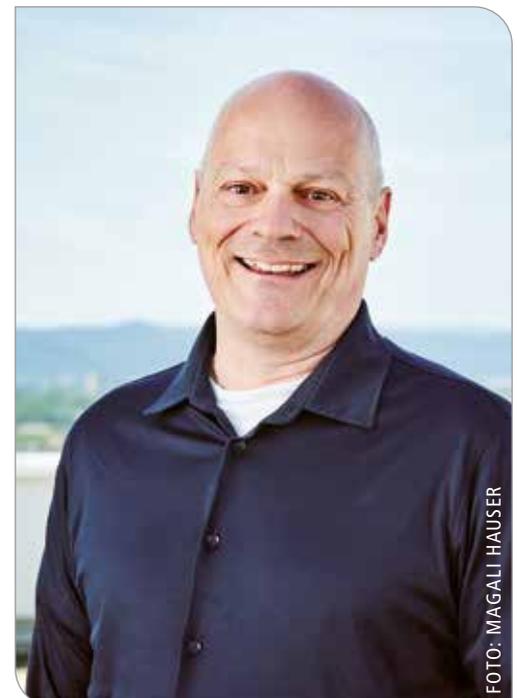
Professor
Joaquim Pinto
vom Institut
für Meteorologie und
Klimaforschung –
Troposphären-
forschung
(IMK-TRO)
des KIT

Professor
Joaquim
Pinto from the
Troposphere
Research
Department
of KIT's
Institute of
Meteorology
and Climate
Research
(IMK-TRO)



Professor
Andreas Fink
vom IMK-TRO

Professor
Andreas Fink
from IMK-TRO



CROSS-BORDER RESEARCH AT THE EUROPEAN QUANTUM CENTER

Professor Anja Metelmann from KIT's Institute for Theoretical Condensed Matter Physics (TKM), holder of a cross-border professorship established by the EUCOR university alliance – the European Campus, studies quantum computing at KIT and the University of Strasbourg.

This includes research on artificial quantum systems such as superconducting circuits and electro-optomechanical systems. "Our group's research focuses on the theory and applications of artificial quantum systems whose behavior is governed by the laws of quantum mechanics," explains Metelmann. In addition to investigating fundamental properties, she also studies artificial quantum systems for high-precision measurements, quantum-limited information processing, and quantum computation. The cross-border professorships have been established at the European Campus, an alliance of the universities in Basel, Freiburg, Mulhouse, Strasbourg, and KIT.

Contact: anja.metelmann@kit.edu

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR



Video (in German):

www.kit.edu/kit/english/pi_2023_084_kit-a-partner-in-european-quantum-center.php



FOTO: ADRIAN YASS

QUANTUM TECHNOLOGY: EXPLORING DARK MATTER

Axions are hypothetical elementary particles of low mass and very promising dark matter candidates. Searching for them and proving their existence is the aim of the European DarkQuantum project. Professor Wolfgang Wernsdorfer of KIT's Physikalisches Institut (PHI) is one of the lead researchers in the project, which is funded by the European Research Council with a Synergy Grant. DarkQuantum uses quantum technology and combines it with particle physics infrastructures at CERN and at DESY in order to detect axions in the galactic halo, which is the outer part of the Milky Way. "Proving the existence of axions experimentally using the new strategies of the DarkQuantum project would be a breakthrough in physics with a fundamental impact on our understanding of reality," Wolfgang Wernsdorfer says. The project is designed to run for six years. The funding amounts to EUR 12.9 million, of which KIT will receive around two million.

Contact: wolfgang.wernsdorfer@kit.edu

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

KIT PLANT KLIMAFORSCHUNG IM WELTRAUM

Die Satellitenmission CAIRT soll klären, wie die Erdatmosphäre auf den Klimawandel reagiert. Der vom KIT koordinierte Vorschlag wird nun immer wahrscheinlicher: Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) hat diesen als einen von zwei verbleibenden Kandidaten für eine Mission zur Erdbeobachtung ausgewählt. Die finale Entscheidung fällt 2025. „Für uns bedeutet das, dass die Mission nun in die sogenannte Phase A eintritt. Unsere Planungen werden damit viel konkreter“, erläutert Professor Björn-Martin Sinnhuber vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK) des KIT, der die wissenschaftlichen Arbeiten koordiniert. „Wird unser Vorschlag dann von der ESA ausgewählt, könnten wir in den frühen 2030er-Jahren die ersten Daten erhalten.“ Bis dahin könnte CAIRT mit dem ESA-Satelliten Earth Explorer 11 in die Erdumlaufbahn starten. Die Mission soll dazu beitragen, das Wissen über die Kopplung von atmosphärischer Zirkulation, die genaue Zusammensetzung der Atmosphäre und regionale Klimaänderungen zu verbessern.

Kontakt: bjoern-martin.sinnhuber@kit.edu



FOTO: KIT

+++ NACHRICHTEN | NEWS +++



FOTO: MAGALI HAUSER

5 000 STUDIENANFÄNGERINNEN UND -ANFÄNGER ZUM DIESJÄHRIGEN WINTERSEMESTER

Zum Wintersemester 2023/24 sind am KIT über 5 000 neue Studentinnen und Studenten in ihr Studium gestartet. Die Gesamtstudierendenzahl liegt damit bei knapp über 22 200. „Ich freue mich wirklich sehr, dass sich wieder mehr als 5 000 Erstsemester für ein Studium am KIT entschieden haben“, sagt Professor Alexander Wanner, Vizepräsident für Lehre und akademische Angelegenheiten des KIT. „Die Talsohle, die wir während der Pandemie bei den Anfängerzahlen beobachten mussten, scheint nun deutlich überwunden zu sein. Das ist wichtig, da wir mit unseren Studienangeboten ganz zentrale Bedarfe abdecken, die für transformative und nachhaltige Entwicklungen in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft wichtig sind. Nah an Spitzenforschung und Innovation zu studieren – das macht das Studium am KIT aus.“ Am KIT haben Studierende die Wahl zwischen 44 Bachelor- und 59 Masterstudiengängen. Neu hinzugekommen ist ab diesem Wintersemester der Bachelor- und Masterstudiengang Digital Economics.

JOACHIM NAGEL ERHÄLT HEINRICH-HERTZ-GASTPROFESSUR 2023

Das KIT und der KIT Freundeskreis und Fördergesellschaft e.V. (KFG) haben dem Präsidenten der Deutschen Bundesbank, Dr. Joachim Nagel, die Heinrich-Hertz-Gastprofessur 2023 verliehen. Der gebürtige Karlsruher ist Alumnus des KIT. Im Rahmen der Verleihung hielt Nagel im Audimax des KIT einen Vortrag zum Thema „Europa und sein Euro – Fit für die Zukunft?“ und sprach darin über die Rolle des Euro für Bürgerinnen und Bürger, Politik und Zentralbank. Darüber hinaus leitete Nagel das Seminar „Wirtschaftsbeobachtung auf höherer Frequenz“ für Studierende des KIT. Mit der Heinrich-Hertz-Gastprofessur ehren der KFG und das KIT einmal im Jahr eine herausragende Persönlichkeit aus Wissenschaft, Wirtschaft, Kultur oder Politik für ihre Leistungen und Beiträge in Forschung und Gesellschaft.

FOTO: GABY GERSTER



Weitere Informationen:
www.kfg.kit.edu

+++ PODCAST +++



FOTO: LISA JUNGHEIM

NACHGEFRAGT – WISSEN, WIE'S LÄUFT

E-Fuels könnten die Lösung für die Verbrennermotoren der Zukunft sein – doch was steckt hinter den neuartigen Kraftstoffen? Im Podcast „Nachgefragt – wissen, wie's läuft“ des KIT 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 neuen Folge erklärt Paul Heinzmann, der sich in seiner Doktorarbeit am Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) des KIT mit der Produktion von E-Fuels beschäftigt, wie diese hergestellt werden und welche Vor- und Nachteile sie haben. Zudem erläutert er, wie effizient erneuerbare Kraftstoffe tatsächlich sind, was Patagonien mit der Energiewende in Deutschland zu tun hat und weshalb grüner Strom so wichtig für unsere Zukunft ist. Hören Sie rein – damit Sie wissen, wie's läuft!



Link:
podcasters.spotify.com/pod/show/nachgefragt-kit



Hochenergetische die **unser**



Professor Ralph Engel, Leiter des Instituts für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT (rechts), und Dr. Markus Roth, Leiter der Gruppe Pierre-Auger-Projekt am IAP und Co-Sprecher der Pierre-Auger-Kollaboration (links)

Professor Ralph Engel, Head of the Institute for Astroparticle Physics (IAP) of KIT (right), with Dr. Markus Roth, Head of the Pierre Auger Project Group at IAP and co-spokesperson of the Pierre Auger Collaboration (left)

Strahlung, Leben verändert

FORSCHENDE SUCHEN AM
PIERRE-AUGER-OBSERVATORIUM
NACH DEM GEHEIMNIS DER
KOSMISCHEN STRAHLUNG
VON MARTIN GROLMIS



FOTO: AUGER-KOLLABORATION/STEVEN SAFFI

Weit draußen auf der argentinischen Hochebene untersuchen Forschende des KIT am Pierre-Auger-Observatorium die kosmische Strahlung. 1 660 Detektoren auf einer Fläche von 3 000 Quadratkilometern bestimmen den Ursprung und die Eigenschaften der hochenergetischen Teilchen. Die Erkenntnisse eröffnen neue Einblicke in das Universum und zeigen, wie diese Strahlung unser Leben auf der Erde beeinflusst.

Unser Planet ist einem unsichtbaren, kontinuierlichen Beschuss ausgesetzt. Das wissen wir seit etwa 100 Jahren, als der österreichische Physiker Victor Hess die kosmische Strahlung entdeckte. 1936 erhielt er dafür den Nobelpreis. „Die kosmische Strahlung, die Hess zunächst noch Höhenstrahlung nannte, weil er sie in einem Höhenballon festgestellt hatte, ist eine hochenergetische Teilchenstrahlung“, erläutert Professor Ralph Engel, Leiter des Instituts für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT.

Das Pierre-Auger-Observatorium untersucht die energiereichsten Teilchen im Universum, die aus allen Richtungen auf die Erde treffen – die sogenannte kosmische Strahlung

The Pierre Auger-Observatory studies the highest-energy particles in the universe, which hit the Earth from all directions – the so-called cosmic rays



FOTO: AUGER-KOLLABORATION/TOBIAS SCHULZ

Die 1 660 mit Wasser gefüllten Oberflächentanks des Observatoriums sind im Inneren dunkel – es sei denn, sie werden von Teilchenschauern durchdrungen. Die elektromagnetischen Stoßwellen der Teilchen erzeugen Cherenkov-Strahlung, die von Photomultiplier-Röhren auf den Tanks gemessen wird

The 1660 water-filled surface tanks of the observatory are dark inside – unless they are penetrated by particle showers. The electromagnetic shock waves of the particles generate Cherenkov radiation, which is measured by photomultiplier tubes on the tanks

Die Strahlung besteht zum größten Teil aus Protonen und vollständig ionisierten Atomkernen, wie beispielsweise Helium-, Eisen- oder Kohlenstoffkernen.

Einige Teilchen, aus denen sich die kosmische Strahlung zusammensetzt, haben weniger Energie und stammen aus der Milchstraße – sie reisen nicht so weit durch das Universum. Andere Teilchen haben jedoch eine besonders hohe Energie, sie sind extragalaktischen Ursprungs. „Wie es aussieht, haben leichtere Teilchen wie Protonen tendenziell weniger Energie und schwerere Teilchen, etwa Kohlenstoffatomkerne, vergleichsweise viel“, so Engel.

Wie die kosmische Strahlung entsteht, darüber sind sich die Forschenden noch nicht einig. Es gibt unterschiedliche Theorien. „Vielleicht entsteht die galaktische und extragalaktische Teilchenstrahlung in der unmittelbaren Umgebung von Schwarzen Löchern, extrem kompakten Neutronensternen oder in großen Gasnebeln, dort, wo besonders viele Sterne entstehen“, berichtet der Teilchenphysiker. Tatsächlich gebe es gar nicht so viele Querkandidaten. Die Herausforderung bei der Suche nach dem Ursprung der Strahlung ist, dass die kosmische Strahlung nur sehr selten auf die Erdoberfläche trifft – je höher die Energie eines solchen Teilchens, desto seltener. „Es landet durchschnittlich ein Teilchen pro Quadratkilometer auf der Oberfläche – pro hundert Jahre“, so Engel.



FOTO: AUGER-KOLLABORATION/TOBIAS SCHULZ

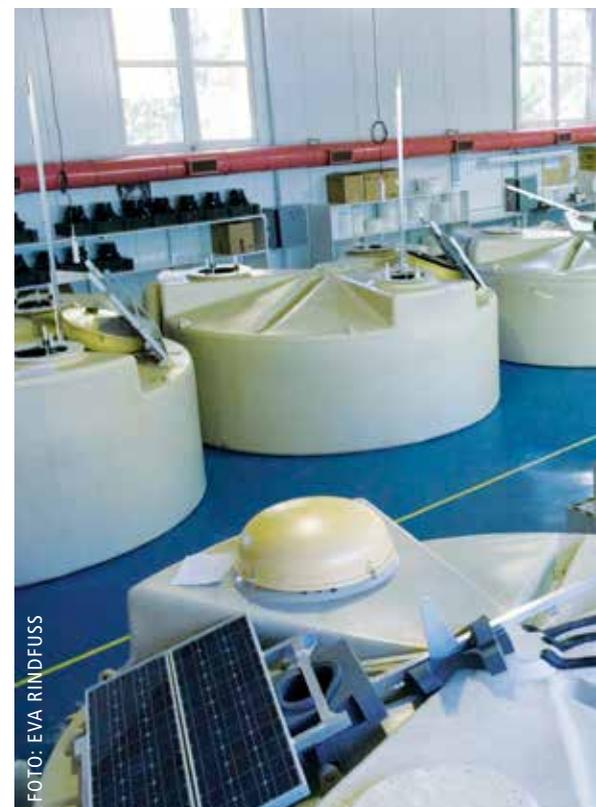


FOTO: EVA RINDFUSS

Dennoch hat die kosmische Teilchenstrahlung aus den Weiten des Universums handfeste Auswirkungen auf uns und das Leben auf der Erde: „Trifft die kosmische Strahlung auf unseren Körper, können Mutationen im Erbgut entstehen“, erklärt Engel. „Das geschieht natürlich nur selten. Aber trotzdem hat sie so die Entwicklung der Menschheit beeinflusst. Sie hat uns geholfen, uns schneller zu entwickeln und in kürzerer Zeit an Veränderungen anzupassen.“ Dr. Markus Roth, Leiter der Pierre-Auger-Gruppe am IAP und Co-Sprecher der Pierre-Auger-Kollaboration, ergänzt: „Die kosmische Strahlung kann auch Fehlfunktionen in Computern verursachen und ist möglicherweise für die Entstehung von Blitzen verantwortlich.“

Das Pierre-Auger-Observatorium in Argentinien

Seit Ende der 1960er-Jahre suchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nach Antworten auf die Fragen rund um die seltenen, winzigen Teilchen: Wie weit reicht das Spektrum der kosmischen Strahlung? Wo kommt sie her? Welchen Einfluss hat sie auf uns und unseren Planeten? Die Forschung kam anfangs jedoch nur sehr langsam voran. In den 1990er-Jahren beschlossen Physikerinnen und Physiker, das zu ändern und planten ein groß angelegtes Observatorium, um ihren Fragen besser auf den Grund gehen zu können. In den 2000er-Jahren wurde schließlich das Pierre-Auger-Observatorium errichtet. Es steht in der Nähe der argentinischen Kleinstadt Ma-

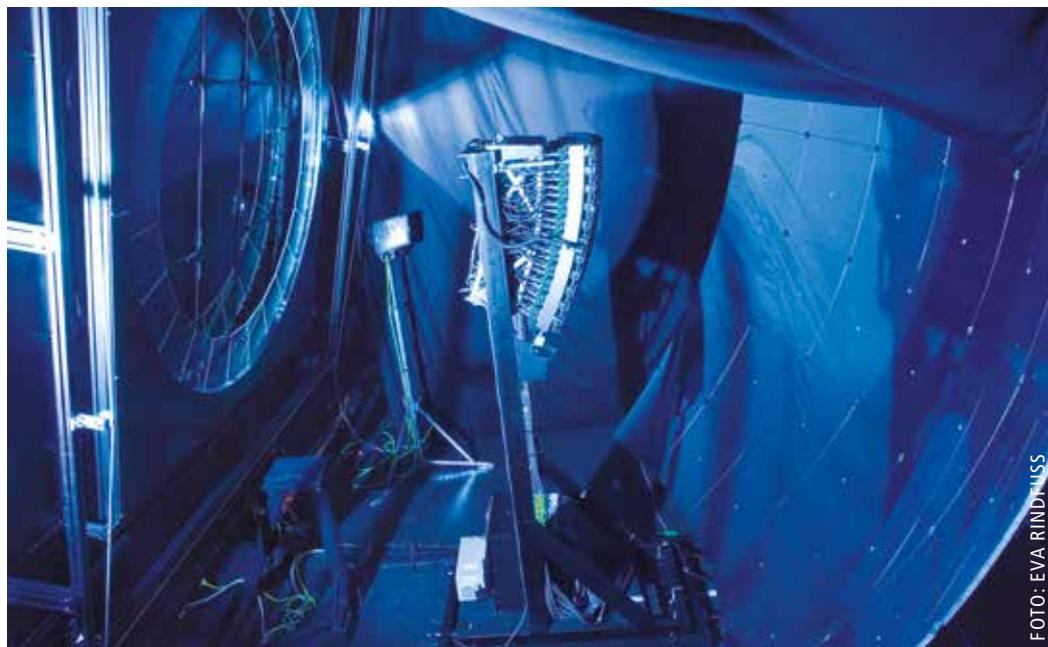


FOTO: EVA RINDLUS

High-energy Radiation that Changes Our Lives

At the Pierre Auger Observatory, Researchers Are Searching for the Secret of Cosmic Rays

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Our planet is exposed to an invisible, constant bombardment by cosmic rays, i.e. high-energy particle radiation. It mostly consists of protons and fully ionized atomic nuclei of helium, iron, or carbon. Some of these particles have relatively low energy and come from the Milky Way. Others have a very high energy and are of extragalactic origin. There is no agreement among researchers on exactly how cosmic rays are created. They are difficult to study. “On average, only one particle hits the Earth’s surface per square kilometer and per 100 years,” Professor Ralph Engel explains. He heads KIT’s Institute for Astroparticle Physics (IAP). Still, cosmic rays have an impact on us: “When cosmic rays hit our bodies, mutations of our genetic material may occur,” Engel says. “In this way, cosmic rays have influenced the evolution of humankind.” Dr. Markus Roth, Head of the Pierre Auger Group at IAP and co-spokesperson of the Pierre Auger Collaboration, adds: “Cosmic rays may also cause malfunctions of computers and may be responsible for the formation of lightning.”

To answer questions relating to cosmic rays, the Pierre Auger Observatory was built in the South American pampa. Its surface detector consists of 1660 stations that are arranged in a triangular pattern at 1500 meters distance on a total area of about 3000 square kilometers. Strictly speaking, the researchers cannot measure the rays themselves. “We measure the effect they cause,” Engel says. When cosmic rays enter the Earth’s atmosphere at an altitude of about 20 kilometers, they produce so-called cascades that are also referred to as particle or air showers. When a high-energy particle in the upper atmosphere hits the thin air, hundreds of millions of secondary particles are produced, which descend like showers. The particles arriving on the Earth’s surface are detected by the Pierre Auger Observatory. Their distributions, intensities, and times of incidence allow conclusions to be drawn with respect to what happened before. Based on their findings, Engel, Roth, and their team have produced an astronomic map showing those regions of the universe from where the cosmic rays originate. This map still has blank spots, but the researchers are confident it will become far more detailed in the coming years. ■





FOTO: AUGER-KOLLABORATION/STEVEN SAFFI

largie mitten in der südamerikanischen Pampa. Der Oberflächendetektor der Anlage besteht aus 1 660 Stationen, die in einem Dreiecksmuster mit je 1 500 Metern Abstand auf einer Gesamtfläche von etwa 3 000 Quadratkilometern aufgestellt sind. Das Observatorium ist somit größer als das Saarland. „Wenn man so seltene Teilchen betrachten möchte, benötigt man Fläche“, erklärt Engel. Mithilfe des Detektors beobachten die Forschenden ein Strahlungsfenster im Energiebereich von 10^{17} bis über 10^{20} Elektronenvolt – eine gigantische Energie für so winzige Teilchen. „An dem Projekt sind über 400 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 17 Nationen beteiligt“, hebt Roth hervor.

Rechenpower für Teilchenkaskaden

Genau genommen können die Forschenden die Strahlung selbst jedoch gar nicht messen: „Wir registrieren den Effekt, den sie verursacht“, erklärt Engel. Beim Eintreten in die Erdatmosphäre in einer Höhe von circa 20 Kilometern erzeugt die kosmische Strahlung sogenannte Kaskaden, auch Teilchenschauer oder Luftschauer genannt. Wenn ein hoch

energetisches Teilchen in der oberen Atmosphäre auf die dünne Luft trifft, entstehen viele hundert Millionen Sekundärteilchen, die wie ein Schauer herabfallen. Nur ein kleiner Teil von ihnen erreicht die Erdoberfläche. Diese Sekundärteilchen registriert das Pierre-Auger-Observatorium.

Aus Verteilung, Stärke und Zeitpunkt der auftretenden Teilchen ziehen die Forschenden Rückschlüsse darauf, was vorher passiert ist. Sie simulieren die Luftschauer anhand der ermittelten Daten und bestimmen die Eigenschaften der ursprünglichen Teilchenstrah-

lung, wie etwa Energie und Richtung. „Wir benötigen unheimliche Rechenpower, um solche Simulationen hochpräzise durchzuführen“, erläutert Engel. „Da kommen wir schnell an technische Grenzen.“ Mit den Erkenntnissen aus der Observation haben Engel, Roth und ihr Team eine astronomische Karte erstellt, in der sie aufzeigen, aus welchen Regionen des Weltalls die Teilchen der kosmischen Strahlung stammen. Die Karte besitzt aktuell zwar noch weiße Flecken, in den nächsten Jahren wird sie aber noch deutlich detailreicher werden – da sind sich die beiden Forschenden sicher. ■

@ ralph.engel@kit.edu,
markus.roth@kit.edu

 www.iap.kit.edu/pierre-auger-observatory





NEU ERÖFFNETES INFORMATIKOM VEREINT INFORMATIK UND WISSENSCHAFTSKOMMUNIKATION

VON AILEEN SEEBAUER // TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR // FOTOS: AMADEUS BRAMSIEPE

Mit dem InformatiKOM am Adenauerring in Karlsruhe hat die Klaus Tschira Stiftung (KTS) in dreijähriger Bauzeit zwei neue Gebäude für das KIT errichtet, die am 9. November 2023 feierlich eröffnet wurden. Auf mehr als 10 000 Quadratmetern vereinen sie fortan Institute der Informatik mit Einrichtungen der Wissenschafts-

kommunikation und der Angewandten Kulturwissenschaft unter einem Dach. Dabei stehen der Austausch und die Begegnung zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit im Vordergrund. „Mit dem InformatiKOM erreichen wir einen weiteren Meilenstein nicht nur im interdisziplinären Lehren und Forschen am KIT, son-

dern ganz besonders auch beim für uns so wichtigen Dialog mit der Gesellschaft“, sagt Professor Oliver Kraft, in Vertretung des Präsidenten des KIT.

Das InformatiKOM bildet den zentralen Zugang zur Erweiterung des Campus Süd des KIT in unmittelbarer Nähe zum Haupteingang des Campus Süd, zur KIT-Bibliothek und zum Audimax. Mit den beiden Gebäudeteilen hat die KTS dem KIT insgesamt etwa 10 000 Quadratmeter Instituts- und Lernflächen bereitgestellt. Nutzer des größeren Gebäudes InformatiKOM 1 sind neben Instituten der Informatik das Robot Design Atelier, der Studiengang Wissenschaft-Medien-Kommunikation, das Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale (ZAK) sowie das Nationale Institut für Wissenschaftskommunikation (NaWik). Im kleineren Nebengebäude InformatiKOM 2 ist das Zentrum für digitale Barrierefreiheit und Assistive Technologien, kurz ACCESS@KIT, untergebracht. Das zentral im Gebäude liegende, zweigeschossige Labor der Mess- und Regelungstechnik ist so gestaltet, dass Besucherinnen und Besucher im Erdgeschoss durch eine Verglasung Einblicke in die wissenschaftliche Arbeit der Robotik erhalten. Drei breite Foyer-Treppen verbinden die offenen Raumbereiche vom Erdgeschoss bis zum dritten Obergeschoss und dienen zusätzlich als Sitzflächen. Die untere Foyer-Treppe soll außerdem als Tribüne für öffentliche Vorträge und Veranstaltungen genutzt werden. Freier Raum für Begegnung schafft auch das offene Atrium mit einem durchsichtigen Luftkissendach, das alle Etagen und Lernbereiche miteinander verbindet. ■

NEWLY OPENED INFORMATIKOM COMBINES COMPUTER SCIENCE AND SCIENCE COMMUNICATION

After three years of construction, the Klaus Tschira Foundation (KTS) has completed the InformatiKOM, two new buildings on the Adenauerring, for KIT. The opening ceremony was held on November 9, 2023. On more than 10,000 square meters of floor space, the buildings will house computer science institutes and facilities for science communication and cultural studies, with a focus on promoting dialogue and interaction between the scientific community and the public. “With the InformatiKOM, we have reached a further milestone not only for interdisciplinary teaching and research at KIT but especially for the dialogue with the public that is so important to us,” said Professor Oliver Kraft, Acting President of KIT.

The InformatiKOM forms the main entrance to the extension of KIT’s Campus South and is very close to the main entrance of Campus South, the KIT Library, and the Audimax. With the two buildings, the Klaus Tschira Foundation has provided KIT with total floor space of approximately 10,000 square meters for institutes and classrooms. InformatiKOM 1, the larger of the two buildings, will house computer science institutes, the Robot Design Atelier, the Science-Media-Communication study program, the Center for Cultural and General Studies (ZAK), and the National Institute for Science Communication (NaWik). The smaller InformatiKOM 2 building is home to the Center for Digital Accessibility and Assistive Technologies (ACCESS@KIT). The centrally located two-story laboratory for measurement and control systems is designed so visitors can watch through windows on the ground floor as scientists work on robots. Three broad foyer staircases connect the open spaces on the ground floor to the third floor and also provide seating. In addition, the lower foyer staircase serves as a stand for public lectures and other events. The open atrium, with a translucent air-cushion roof, which joins all floors and study areas, provides further meeting space. ■

Eine

ILLUSTRATION: DOMINIKA ROGOCKA

FOTO: ANDREAS PROTT/STOCK.ADOBE.COM



Welcome to ChatGPT

Log in with your OpenAI account to continue

Log in

Sign up

machtvolle Software

WIE KÜNSTLICHE INTELLIGENZEN WIE CHATGPT UNSERE LEBENS- UND ARBEITSWELT VERÄNDERN

VON JUSTUS HARTLIEB UNTER MITARBEIT VON SOPHIE LÖSCHKE

Von dystopischen Aussichten für Kommunikation und Arbeit bis hin zu einem enthusiastischen Willkommen für eine bemerkenswert belesene und eloquente Künstliche Intelligenz (KI): Selten hat eine neue Technologie so viel Aufmerksamkeit erregt wie der Chatbot „ChatGPT“ bei seiner Einführung im November 2022. Ein Jahr und weltweite 180 Millionen Nutzerinnen und Nutzer später ziehen drei Forschende des KIT – ein Informatiker, eine Arbeitswissenschaftlerin und ein Soziologe – eine unaufgeregte Zwischenbilanz.

lookKIT: Herr Niehues, haben Sie das Gefühl, dass die Gesellschaft weiß, was ein Chatbot überhaupt ist?

Professor Jan Niehues: Diejenigen, die Chatbots ausprobiert haben, haben eine Vorstellung davon, was sie können, aber nicht unbedingt davon, wie sie funktionieren. Doch auch für uns Forschende sind die sogenannten Large Language Models (LLM) weiterhin ein großes Thema.

Können Sie die Grundzüge eines LLM erklären?

Niehues: Die Hauptfähigkeit eines LLM ist die Vorhersage des jeweils besten nächsten Wortes innerhalb einer Textantwort. Das Spannende daran ist, dass sich das Modell dieses „Sprechen“ selbst beibringt – mithilfe der gewaltigen Textmengen, mit denen es trainiert wird.

Was macht ChatGPT anders als andere LLMs?

Niehues: Die eben skizzierte Kombination von Sprachverarbeitung und Deep Learning gibt es bereits seit ein paar Jahren. Die große Innovation bei ChatGPT besteht darin, so ein Modell im Maximalmaßstab zu bauen und zu trainieren – und dann auf die Welt loszulassen.

Wo sehen Sie die nächste Chatbot-Generation?

Professorin Barbara Deml: Die Zukunft könnte eine stärkere Personalisierung, ein besseres Erkennen von Fehlinformationen sowie eine Integration in physische Geräte bringen.

Stichwort Personalisierung: Läuft das in letzter Konsequenz darauf hinaus, dass man einen persönlichen Sprach-Avatar mit sich führt, der entweder selbst spricht oder souffliert, was seiner Meinung nach zu sagen wäre?

Deml: Also gegen einen Sprach-Avatar würde ich mich entschieden wehren. Ein System ohne emotionale Intelligenz, ohne Bewusstsein und ohne Persönlichkeit will ich sicherlich nicht für mich sprechen lassen.

Dr. Steffen Albrecht: Ich könnte mir vorstellen, dass wir im Umgang mit Chatbots ein feineres Gespür für die Unterschiede zwischen empathischer menschlicher Kommunikation und maschinell generierten Antworten entwickeln.

Welche Auswirkungen von Chatbots auf die Arbeitswelt sehen Sie?

Deml: Zweifellos hat ChatGPT das Potenzial, die Arbeitswelt nachhaltig zu verändern, zum Beispiel in der Kundenbetreuung, bei einfachen administrativen Aufgaben, bei der Erstellung einfacher Texte sowie im Bereich der Übersetzungen.

Was ist mit Tätigkeiten, die von maschineller Ersetzung bislang ausgenommen schienen?

Deml: KI verändert auch hier den Horizont. Eine ChatGPT-Beratung zu allgemeinen Gesundheitsfragen oder zu grundlegenden juristischen Fragen kann ich mir durchaus vorstellen, ebenso KI-generierte Drehbücher.

Albrecht: ChatGPT kann sehr gut ein Abbild riesiger Datenmengen darstellen. Sobald es jedoch – wie im juristischen oder im medizinischen Bereich – präzise wird, stößt das Modell an Grenzen. Was nicht heißt, dass es aus Kosten- oder sonstigen Gründen nicht trotzdem eingesetzt wird.

In Deutschland arbeiten 14,8 Millionen Menschen im Büro. Müssen die sich Sorgen machen?

Deml: Wenn sich die Arbeitswelt verändert, ist das immer mit Sorgen und Ängsten verbunden. Die Geschichte zeigt aber auch, dass technologische Veränderungen in einem für Beschäftigte positiven Sinne integriert werden können. Mitentscheidend ist die persönliche Veränderungsbereitschaft: An vielen Arbeitsplätzen wird es künftig normal sein, mit einer KI zusammenzuarbeiten. Zugleich sollten wir spezifisch menschliche Stärken wie Kreativität und emotionale Intelligenz gezielter in den Arbeitsprozess einbringen.

Albrecht: Die Potenziale sind auf jeden Fall da – sowohl für die Rationalisierung ganzer Bereiche als auch für eine kreative und Produktivität fördernde Interaktion mit der KI.

Ein Schwarz-Weiß-Gefühl stellt sich auch ein, wenn man an Wissenschaft und Bildung denkt: Einerseits fast atemberaubende Möglichkeiten, Wissen zu recherchieren, zu ordnen und darzubieten. Andererseits die Sorge, dass die schriftliche Niederlegung eigener Gedanken rapide an Wert verliert.



FOTO: LAILA TKOTZ

Professorin Barbara Deml ist Ingenieurwissenschaftlerin und Psychologin. Am KIT leitet sie das Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab). Ein Schwerpunkt ihrer Forschung sind Mensch-Maschine-Schnittstellen.

Professor Barbara Deml is an engineer and psychologist. At KIT, she heads the Institute for Human and Industrial Engineering. One focus of her research is human-machine interfaces.

Dr. Steffen Albrecht ist Soziologe. Seit 2014 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter des vom KIT betriebenen Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). Seine im April 2023 vorgelegte Studie „ChatGPT und andere Computermodelle zur Sprachverarbeitung – Grundlagen, Anwendungspotenziale und mögliche Auswirkungen“ stieß in Politik und Medien auf große Resonanz.

Dr. Steffen Albrecht is a sociologist. Since 2014, he has been working as a scientific employee at the Office of Technology Assessment with the German Parliament (TAB) that is operated by KIT. His report “ChatGPT und andere Computermodelle zur Sprachverarbeitung – Grundlagen, Anwendungspotenziale und mögliche Auswirkungen” (ChatGPT and other computer models for language processing – basis, application potential, and possible consequences) met with major attention in politics and the media when it was presented in april 2023.



FOTO: PRIVAT



FOTO: KIRA HEID

Professor Jan Niehues ist Informatiker. Am Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR) des KIT entwickelt er mithilfe Künstlicher Intelligenz (Deep Learning) Sprachtechnologien. Dazu zählen die maschinelle Übersetzung, die Übersetzung gesprochener Sprache, die automatische Spracherkennung sowie die Dialogmodellierung.

Professor Jan Niehues is a computer scientist. At the Institute for Anthropomatics and Robotics of KIT, he uses artificial intelligence (deep learning) to develop language technologies. This includes machine translation, the translation of spoken language, automatic language recognition, and dialog modeling.

Deml: Als der Hype um ChatGPT aufkam, war bei uns am Institut der erste Reflex: Zumindest in Abschlussarbeiten müssen wir das verbieten. Doch dann haben wir gemerkt: Das funktioniert nicht, wir müssen den Studierenden die Technologie vielmehr als ein Werkzeug an die Hand geben. Nicht zuletzt bewirkt das auch eine größere Fairness, was die Wissenschaftssprache Englisch angeht.

Was ist mit digitalen Wasserzeichen, um Betrug zu erkennen?

Niehues: Aus Sicht der Nutzenden bin ich da eher pessimistisch.

Wenn eine technische Überprüfbarkeit unwahrscheinlich ist, wie wird sich der Umgang mit der Co-Autorschaft von Algorithmen entwickeln?

Albrecht: Wir brauchen forschungsethische Vereinbarungen und Transparenz – wie bei wissenschaftlichen Arbeiten sonst auch. Jedenfalls kann eine Maschine kein Autor sein, die Verantwortung für eine Publikation liegt letztendlich bei den beteiligten Personen.

Wie sollte die gesellschaftliche Debatte zu ChatGPT nun weiter verlaufen?

Albrecht: Ich denke, man benötigt auf vielen Ebenen und in vielen thematischen Zusammenhängen eine Form von Regulierung, nicht allein durch die Politik. In Institutionen wie Unternehmen, Verlagen oder Bildungsstätten halten bereits sehr konkrete Regeln des Umgangs mit ChatGPT Einzug, etwa im Hinblick auf den Schutz persönlicher Daten oder von Patenten.

Halten Sie es eigentlich für ein Problem, dass nun auch die großen Chatbots vom Silicon Valley aus operieren?

Niehues: Dass die einzigen Systeme, die in der Fläche zur Verfügung stehen, sämtlich in den USA betrieben werden, ist schon ein großes Problem. Deshalb ist es so wichtig, in Europa aufzuholen. Die Kompetenz dafür ist vorhanden, was fehlt, sind die Mittel und die politischen Rahmenbedingungen.

Diskutiert wird ja auch, wem Werkzeuge wie ChatGPT langfristig zugänglich sein sollten: allen oder nur denen, die es sich leisten können?

Niehues: Dass ChatGPT oder Google Bard derzeit kostenlos zur Verfügung stehen, ist zunächst einmal eine Strategie, um die KI mit

A Powerful Software

How Artificial Intelligence Like ChatGPT Can Change Our Life and Work

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Seldom has a new technology attracted so much attention as when the ChatGPT chatbot was introduced in November 2022. One year and 180 million worldwide users later, three researchers of KIT draw up an interim balance sheet to assess the technology. "For we researchers, so-called large language models are a big issue," says Professor Jan Niehues from KIT's Institute for Anthropomatics and Robotics (IAR). "Their main capability is to predict the best next word in a text reply. The model teaches itself to do so using the large volumes of text with which it is trained." The innovation of ChatGPT is to build and train such a model on the maximum scale and to unleash it on the world."

"ChatGPT has the potential to largely change our work environment," says Professor Barbara Deml, Head of KIT's Institute for Human and Industrial Engineering (ifab). "In customer support, for example, or when producing simple texts, and in the area of translations." But the chatbot also has its limits: "As soon as the text becomes precise in the legal or medical areas, the model will get stuck," says Dr. Steffen Albrecht from KIT's Office of Technology Assessment with the German Parliament (TAB). Deml advocates openness towards the AI: "History shows that technological changes can be integrated positively for employees. A decisive factor is the personal willingness to change. At the same time, it is important to more specifically include human strengths, such as creativity and emotional intelligence, in the work process."

However, use of models like ChatGPT in science also requires regulation, as fraud attempts can be technically hard to detect. "We need research ethics agreements and transparency," Albrecht says. "Companies, publishers, and education institutions have already adopted very concrete rules to protect personal data and patents when using ChatGPT." The researchers agree on one thing: Tools like ChatGPT should be accessible to everyone in the long term. "Applications, such as ChatGPT, have great potential to enable social participation and societal affiliation," Deml says. Niehues is convinced: "ChatGPT is nothing superhuman, but a piece of software, although I have to admit, a very complex and powerful one. It is made by humans and can be limited by humans. And this is what should be done." ■

möglichst vielen Anfragen zu testen und weiter zu trainieren. Nach dieser Phase die KI nur ausgewählten Kreisen zugänglich zu machen, sehe ich kritisch.

Deml: Dem kann ich nur zustimmen. Anwendungen wie ChatGPT haben viel Potenzial, soziale Teilhabe und gesellschaftliche Zugehörigkeit zu ermöglichen. Das auf bestimmte Nutzergruppen zu beschränken, würde genau das Gegenteil bewirken.

Albrecht: Einschränkungen kann ich mir zum Schutz junger Menschen vorstellen. Aber

sonst? Eher nicht. Auch deshalb, um überhaupt herauszufinden, welche Dienstleistungen sich mit dieser umwälzenden Technologie stricken lassen.

ChatGPT – Partner oder Dämon?

Niehues: ChatGPT ist nichts Übermenschliches, sondern ein Stück Software, wenn auch ein sehr komplexes und machtvolleres. Es wird von Menschen gemacht und kann von Menschen eingehegt werden. Und das sollte es auch. ■





EKG FÜR DIE BAHN

DAS START-UP AICORN VERBESSERT DEN ÖFFENTLICHEN NAHVERKEHR

VON MAXIMILIAN GRIFF // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // FOTOS: AICORN

Verspätungen, plötzliche Zugausfälle und die Ungewissheit darüber, ob man pünktlich am Ziel ankommt – das verbinden viele Menschen mit der Bahn und dem öffentlichen Nahverkehr. Das Start-up aicorn, eine Ausgründung aus dem KIT, hat es sich zur Aufgabe gemacht, zentrale Problemherde zu erkennen und entscheidend zu verbessern. Hierzu hat das Team um die Gründer Christian Grund, Samuel Wenz und Thilo Richter ein „EKG für die Bahn“ entwickelt. Substanziell ist hierbei eine Datenanalyse, um Verkehrsbetrieben bei der Planungsoptimierung ihrer Leistungen zu helfen. Für die dafür eigens entwickelte Hardware-Software-Lösung namens „busshark“ wurde das Start-up im Juni 2023 mit dem Future Mobility Award ausgezeichnet. „Unser System integriert alle Quellen aus der Systemlandschaft des Fahrzeugbetreibers und führt alle Daten an einem Ort zusammen, um sie dort nutzbar zu machen. Durch die Verwendung der verschiedenen Datenquellen können wir Abnutzungsmuster von Verschleißteilen erkennen und Komponentenausfälle zielsicher vorhersagen. So ermöglichen wir es den Betreibern, Zeit, Geld und Nerven zu sparen“, erklärt Thilo Richter, der am Institut für Produktentwicklung (IPEK) des KIT seine Promotion im Bereich integrierte

Produktentwicklung absolvierte. Über einen Freund lernte er Christian Grund und Samuel Wenz kennen, die sich vor neun Jahren bereits mit der Codewerk GmbH selbstständig machten. Mit Lars Kiefer, der ebenfalls Maschinenbau am KIT studiert hat, war das Team vollständig. Inspiriert wurden die jungen Gründer durch ein Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit den Verkehrsbetrieben Potsdam

zur Entwicklung einer autonom fahrenden Straßenbahn, welches sich als optimale Absprungbasis für die Gründung ihres eigenen Unternehmens erwies. Für seine Software-Lösung wird das Team zukünftig auf Künstliche Intelligenz setzen, die Datenanalysen bis auf die tiefste Ebene ermöglicht. Für die Zukunft plant aicorn, seine Lösung weiteren Verkehrsbetrieben bereitzustellen. ■

AN ECG FOR RAIL VEHICLES

AICORN IMPROVES PUBLIC PASSENGER TRANSPORT

Delays, trains canceled suddenly, and the uncertainty whether you arrive on time: This is what many people associate with rail vehicles and public passenger transport. Aicorn, a startup of KIT, wants to identify and solve central problems of passenger transport to improve operations. The team of founders Christian Grund, Samuel Wenz, and Thilo Richter has developed an ECG for rail vehicles. It uses data analysis to help transport companies enhance their performance. For its specially developed hardware-software solution named busshark, Aicorn was granted the Future Mobility Award in June 2023. “Our system integrates all sources of the vehicle operator and pools the data at a single location for subsequent use. This enables us to identify wear patterns of components and to predict component failures. In this way, the operators will save time, money, and nerves,” says Thilo Richter, who earned his doctorate in integrated product development at KIT’s Institute of Product Engineering (IPEK). A friend introduced him to Christian Grund and Samuel Wenz who had established their first startup Codewerk GmbH nine years before. Lars Kiefer, who also studied mechanical engineering at KIT, then completed the team. A research project to develop an autonomous tram in cooperation with the Potsdam Transport Company was an auspicious beginning for the startup. In the future, the team will use artificial intelligence for in-depth data analysis and offer its product to other transport companies. ■



Unsere Mission? Die Strahlentherapie für Patienten sicherer machen.

Gestalte mit uns die Welt der Dosimetrie von Morgen und starte jetzt Deine Karriere mit einem spannenden und innovativen Arbeitgeber!



Bewirb Dich jetzt!

Gerne auch initiativ.

Alle Jobs findest Du auf unserem Stellenportal.

www.ptwdosimetry.com



PTW THE DOSIMETRY COMPANY

NEU
SigmaPlot® 15

**Datenanalyse
und Graphen:
Einfach und intuitiv**

PRODUKTE von **inpixon** Indoor Intelligence™

Datenanalyse und Graphen



Automatische Kurvenanpassung



Automated Curve Fitting Analysis

Automatische Peak-Separation und -Analyse



Automated Peak Separation Analysis

Statistik-Software mit Berater



Advisory Statistics for Non-statisticians

Mehr Statistik, mehr Graphen, weniger Aufwand



Comprehensive Statistical Analysis

Automatische Oberflächenanpassung



Automated Surface Fitting Analysis

Informationen über spezielle Lizenzmodelle telefonisch unter +49 211 5403 9646, Kostenlose Demo Version anfordern: saveskontakt@inpixon.com (Bitte AK02-23 angeben)
Inpixon GmbH, Königsallee 92a, D-40212 Düsseldorf



**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!**



Sebastian Büchele, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Angewandte Materialien – Energiespeichersysteme (IAM-ESS) des KIT (rechts) beschäftigt sich mit einem energiespeichernden Material für Natriumbatterien

Sebastian Büchele, research associate at the Institute for Applied Materials – Energy Storage Systems (IAM-ESS) of KIT (right) is working on a storage material for sodium batteries



Tesla war nicht spannend genug

SEBASTIAN BÜCHELE HILFT
DER BATTERIEFORSCHUNG
AUF DIE SPRÜNGE

VON ISABELLE HARTMANN // FOTOS: MARKUS BREIG

Sebastian Bücheles Universum sind Batterien. Mit der Antwort auf die Frage, warum sie sich selbst entladen, hat er vor knapp einem Jahr Schlagzeilen gemacht. Nun will er mit den neuartigen Natriumbatterien Forschung und Praxis aufmischen. Über einen Getriebenen.

Sebastian Büchele hatte es geahnt, aber die Antwort stand erst nach der Party fest: im Mai 2022, um 3:30 Uhr in der Früh, als er direkt vom Club zum Labor lief und sein letztes Experiment begutachtete. Ja, so war es also: Dass ausgeschaltete Handys sich wie von Geisterhand selbst entladen, hat mit einem Molekül in Lithiumbatterien zu tun, das bisher niemand in den Blick genommen hatte. Ein paar Charakterisierungen später war die Antwort noch präziser: Schuld ist ein Element des Klebebands rund um die Batterie. Eigentlich sollten seine Bestandteile inaktiv sein, aber Dimethylterephthalat interagiert dennoch mit den Batteriezellen. So trivial, so wichtig. Mit den Publikationen kam der Ruhm. Die NASA kontaktierte die Forschungsgruppe um Büchele einen Tag nach der Veröffentlichung der Paper, Medien riefen an, Hersteller wollten ihre Produktionsketten den Ergebnissen der Forschenden anpassen. Und er? Büchele grinst nur: „Dass ein Maschinenbauer ein chemisches Molekül als Problem ausfindig macht, ist doch witzig, oder?“

Von Kanada nach Karlsruhe

Der an der Universität Stuttgart studierte Maschinenbauer und leidenschaftliche Batterieforscher hätte dort bleiben können, wo ihm die Entdeckung zusammen mit drei weiteren Forschenden gelang – an der Dalhousie University im kanadischen Halifax, im weltweit einzigen Labor, mit dem der Batteriepionier Tesla eine wissenschaftliche Kooperation hat. Er hätte, wie schon während seines Studiums, für alteingesessene Automarken arbeiten können, für Batterie-Beratungsfirmen, für Tesla selbst. Aber nein: „Ich will möglichst viel lernen“, sagt Büchele. Diesen Satz wiederholt der heute 28-jährige mehrmals im Laufe des Gesprächs. Und weil er viel lernen will, zog er im Herbst 2022 von Kanada nach Karlsruhe. Am Exzellenzcluster Post Lithium Storage (POLIS) hat Sebastian Büchele im Team von Professor Helmut Ehrenberg vom Institut für Angewandte Materialien – Energiespeichersysteme (IAM-ESS) des KIT einen neuen, „traumhaften“ Spielplatz gefunden.

Sein derzeitiges Projekt versteckt sich hinter der Tür eines Metallschranks in einem Glasbecher. Sein Inhalt ist weißes Pulver. Es handelt sich um Preußisch Weiß, ein energiespei-

cherndes Material für Natriumbatterien. Diese gelten als komplementäre Technologie zu den aktuellen Lithiumbatterien. Büchele möchte ihnen zum Durchbruch verhelfen. Ihr Vorteil? Erstens ist Natrium leichter zu finden und einfach zu fördern, im Gegensatz zum seltenen Lithium. Damit sind Natriumbatterien etwa 30 bis 40 Prozent günstiger als die aktuellen Lithiumbatterien. Zweitens haben Temperaturschwankungen kaum Einfluss auf das Element. So verlieren Lithiumzellen bei –20 Grad Celsius zwischen 30 und 40 Prozent ihrer Effizienz. Unter denselben Bedingungen behalten Natriumbatterien 90 Prozent ihrer Kapazität bei. Drittens erreichen Natriumbatterien mittlerweile die Marktreife und sind nicht

mehr nur Forschungsobjekt. So hat der weltweit größte Batteriehersteller CATL aus China Natriumbatterien bereits vorgestellt. Sie können also schon jetzt Teil der Lösung für heutige Probleme sein. Das gefällt dem Pragmatiker Büchele, dem vieles zu langsam geht.

Batterien für Sonnen- und Windkraft

Ausländischen Firmen den Markt zu überlassen, passt ihm nicht in den Plan: „Batterien sind der Kern unserer Zukunft – gerade jetzt als Zwischenspeicher für erneuerbare Energien. Das ist doch viel zu wichtig, um nicht mithalten zu wollen“, findet der Wissenschaftler. Hier setzt Büchele mit seinem weißen Pulver an. Seine Überlegung: Um mitzuhalten, müs-

Tesla Was Not Thrilling Enough

Sebastian Büchele Helps Boost Battery Research

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Sebastian Büchele made headlines about a year ago. With his research group, he had found the answer to why lithium batteries self-discharge. The reason was an ingredient of the adhesive tape around the battery. Although the tape's components should be inactive, one of them, dimethyl terephthalate, nevertheless interacts with the battery cells. NASA contacted the research group a day after publication of the paper, the news media called, and manufacturers sought to adapt their production processes to the new findings. The mechanical engineer and passionate battery researcher could have stayed where he made his discovery, Dalhousie University in Halifax, Canada. It is the only laboratory in the world with which battery pioneer Tesla has launched a scientific collaborative project. But no: "I would like to learn as much as possible," Büchele says. For this reason, he moved to Karlsruhe in fall 2022. Now, he has found a new home in the Cluster of Excellence on Post-Lithium Batteries POLIS as member of the team of Professor Helmut Ehrenberg from KIT's Institute for Applied Materials – Energy Storage Systems (IAM-ESS).

His current project focuses on Prussian white, an energy storage material for sodium batteries. Büchele wants to leverage sodium batteries, as sodium is easily and widely accessible. Meanwhile, sodium batteries have reached maturity. Many research teams are involved in their further development. Production of these batteries will require sodium and other raw materials. Büchele wants to supply them. In August 2023, he established his startup Litona. There, he studies the raw materials required for sodium batteries, improves them, upscales the necessary processes, and commercializes them. At the moment, he is producing one kilogram of powder per day, 300 times more than conventional battery research laboratories. Sodium, manganese, iron, carbon, and nitrogen are among these raw materials. All of them can be found in large quantities all over the world and, hence, can be extracted at low cost. However, Büchele does not worry too much about whether his company will be a success: "If we would become a raw materials supplier in the long term, it would be rather cool. But even if the company ends up in a mess in one year's time, we will still have supplied materials to many research groups and enabled them to work on sodium batteries." And Büchele? He will have learned something. ■



Sebastian Büchele gründete im August 2023 das Start-up Litona, das Forschungsgruppen mit Preußisch Weiß, dem Ausgangsmaterial für Natriumbatterien, beliefert

In August 2023, Sebastian Büchele founded his startup Litona, which supplies research groups with Prussian white, the starting material for sodium batteries

Sebastian Büchele hat seine Erfahrung in der Batterieherstellung genutzt, die kurzerhand vom Unternehmen zum Patent angemeldet wurde und als Praktikant in einem Start-up musste er aus dem Nichts eine Produktionslinie mit aufbauen, weil er am neuen Standort als einziger schon einmal eine Batteriezelle fabriziert hatte.

Eins habe er aus diesen Erfahrungen gelernt: „Man sollte keine Angst vor der Obrigkeit haben. Ich habe oft gesehen, mit wie wenig Wissen Entscheidungen getroffen werden.“ Als Chef von Litona, zusammen mit seinem Freund Tom Bötticher, macht sich Sebastian Büchele auch keinen großen Kopf: „Sollten wir langfristig zu einem Materiallieferanten werden, ist es cool. Sollten wir die Firma in einem Jahr an die Wand fahren, werden wir trotzdem viele Forschungsgruppen beliefert und sie dazu gebracht haben, sich mit Natriumbatterien zu beschäftigen.“ Und er? Er wird was gelernt haben. ■

sen sich viele Forschungsteams mit Natriumbatterien auseinandersetzen. Um die Batterien zu produzieren, braucht es das notwendige Ausgangsmaterial, das neben Natrium auch aus anderen Rohstoffen besteht. Dieses Material ist weltweit jedoch kaum verfügbar. Aus diesem Grund will Büchele es in großen Mengen liefern. Gesagt, getan. Mit dem Segen des KIT hat Büchele im August 2023 das Start-up Litona gegründet. Sein Auftrag ist es, am für Natriumbatterien benötigten Ausgangsmaterial zu forschen, es zu verbessern, zu skalieren und auf den Markt zu bringen. Das scheint zu funktionieren. Er produziert fast ein Kilogramm Pulver pro Tag, das ist gut 300-mal mehr als übliche Batterieforschungslabore schaffen. Sein Material besteht inzwischen aus Natrium, Mangan, Eisen, Kohlenstoff und Stickstoff – allesamt Rohstoffe, die in großen Mengen überall auf der Welt zu

finden sind und daher günstig und ohne großen Ressourcenaufwand gefördert werden können. Dazu arbeitet Büchele an der Synthese und Weiterverarbeitung auf Wasserbasis, sodass keine gesundheits- oder umweltschädlichen Lösungen für die Beschichtung der Batterien benötigt werden. Das Verfahren sei bald patentreif.

Keine Angst vor der Obrigkeit

Vor Ideen sprühen, anpacken, um die Ecke denken, Lösungen erarbeiten, immer weiter die Herausforderung suchen: Das scheint ein Teil von Bücheles Persönlichkeit zu sein. Schon als Jugendlicher verkaufte er im Rahmen einer Schülerfirma ein Memory-Spiel über seine Heimatstadt Ravensburg – drei Monate später kopierte der Spieleverlag Ravensburger die Idee. Bei Porsche erfindet der angehende Maschinenbauer eine neue Art der Klimatisie-

@ sebastian.buechele@kit.edu

 www.litona-batteries.de



ANZEIGE

ELEKTROCHEMIE – STATE OF THE ART

ELEKTROCHEMISCHE IMPEDANZSPEKTROSKOPIE (EIS) – EIN UNIVERSELLES WERKZEUG ZUR ENTWICKLUNG, CHARAKTERISIERUNG UND DEM SCREENING ZUR PERFORMANCE-STEIGERUNG DER BATTERIECHEMIE

Potentiostaten/Galvanostaten
von Gamry Instruments





C3 PROZESS- UND
ANALYSENTECHNIK

COMPETENCE
CREATES
CONFIDENCE

DRUCKREAKTOREN | ELEKTROCHEMIE |
PROBENVORBEREITUNG | GLASANLAGEN |
WÄRMELEITFÄHIGKEIT | KALORIMETER |
MISCHEN | HOMOGENISIEREN | OPTISCHE GITTER

www.c3-analysentechnik.de



GIBT ES IN DER NÄHE DES NORDPOLS WARMER QUELLEN?

VON ELISA RACHEL // TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR // FOTOS: AGNES KONTRY

Auf der norwegischen Inselgruppe Spitzbergen liegt die durchschnittliche Jahrestemperatur bei -7 Grad Celsius. Trotzdem können dort warme Quellen von bis zu 25 Grad Celsius und junge Vulkane beobachtet werden. Weshalb ist das so? Eine Erklärung hierfür kann Professorin Agnes Kontny vom Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW) des KIT geben. Im Rahmen eines Projekts der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) ist

sie im Juli dieses Jahres mit einem internationalen Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in den Nordwesten von Spitzbergen gefahren, um warme Quellen und Vulkangesteine zu erforschen.

Spitzbergen liegt auf der Eurasischen Kontinentalplatte. Nördlich und südöstlich von der Insel befinden sich mittelozeanische Rücken, also vulkanisch aktive

Gebirgszüge am Meeresboden, die durch sogenannte Transferzonen miteinander verbunden sind. Wo diese Störungen auch an Land vorkommen, wie im Expeditionsgebiet Woodfjorden, können warme Quellen und Vulkanismus auftreten. „Diese Phänomene sind hier an die Breibogen-Störungszone im Nordwesten von Spitzbergen gebunden“, ergänzt Kontny. Die Störungszone trennt Sandsteine, die rund 400 Millionen Jahre alt sind, von metamorphen Gesteinen aus einer Zeit vor etwa 1,8 Milliarden Jahren. „Die Störungszone scheint also immer wieder reaktiviert worden zu sein“, erklärt Kontny. Das Resultat: Warme Quellen in der Arktis auch bei Minusgraden. Innerhalb der warmen Quellen steigen CO₂-Gasblasen auf. Die Forschenden untersuchen, ob diese Gase aus dem Erdmantel kommen und womöglich Hinweise auf Aufstiegswege von Gasen liefern können, aber auch von Magmen, die durch die kontinentale Kruste aufsteigen.

Für ihre Expedition musste Kontny ein Sicherheitstraining absolvieren. Dabei lernte sie, wie man sich gegen Eisbären verteidigt, wie man als Team Rettungsketten im eisigen Polarmeer bildet und wie man sich in der weitgehend unberührten arktischen Natur verhält. Trotz der Herausforderungen erinnert sich Kontny gerne an ihre Zeit auf Spitzbergen: „Wir waren ständig draußen und die Farben und die Gesteinsformationen im Gelände waren wahnsinnig faszinierend“, berichtet die Geowissenschaftlerin. ■

ARE THERE REALLY HOT SPRINGS NEAR THE NORTH POLE?

On the Svalbard archipelago, which belongs to Norway, the average annual temperature is about -7 degrees Celsius. Nevertheless, this region features hot springs of up to 25 degrees Celsius and young volcanoes. How can this be? Professor Agnes Kontny from KIT's Institute of Applied Geosciences (AGW) is the right person to provide an explanation. For a project funded by the German Research Foundation, she and an international team of scientists traveled to the Northwest of Svalbard this past July to do research on the hot springs and volcanic rocks.

Svalbard is located on the Eurasian plate. To the north and southeast of the island, mid-ocean ridges, i.e. volcanically active mountain ranges, extend along the bottom of the ocean, connected by so-called transfer zones. Hot springs and volcanism are found where these faults occur ashore, such as in the Woodfjorden expedition area. "These phenomena are linked to the Breibogen fault zone, located in the northwest of Svalbard," Agnes Kontny adds. This fault zone separates sandstone areas, about 400 million years old, from metamorphic rock that formed about 1.8 billion years ago. "It seems that the fault zone was reactivated several times," explains Agnes Kontny. The result: Today, there are hot springs even at freezing temperatures in the Arctic. CO₂ gas bubbles rise inside the hot springs. The scientists investigate whether these gases originate from the Earth's mantle and whether they might indicate not only the ascent paths of gases but also of magma rising through the continental crust.

For her expedition, Agnes Kontny completed security training where she learned how to defend herself against polar bears, how to form a rescue chain in the ice-cold polar sea, and how to act properly in the largely untouched Arctic nature. Despite all these challenges, Kontny has fond memories of her time on Svalbard: "We were outdoors all the time and the colors and rock formations were incredibly fascinating," the geoscientist says enthusiastically. ■

@ agnes.kontny@kit.edu

AUF EINE FRAGE 

EUCOR-MOBILAB ROADSHOW

HANDS-ON SCIENCE

BY VIVIANE SCHMIDT // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // PHOTOS: ROBERT FUGE

A tiny house on the road. Packed with top-level research findings, MobiLab – the mobile participation lab of KIT – traveled Germany, France, and Switzerland to promote dialog with society on a sustainable future for the Upper Rhine region. The sustainable tiny house on wheels was built in 2021 by the KIT Humans and Technology Center in cooperation with the Karlsruhe Transformation Center for Sustainability and Cultural Change. The scientific roadshow on sustainability research of Eucor – The European Campus, the trinational alliance of universities, started in June this year. MobiLab stopped in Karlsruhe, Freiburg, Basel, Kehl, Strasbourg, and Mulhouse, where the respective Eucor partner universities provided the public with opportunities to experience interactive science and to take part in research activities.

Depending on their key topics, the universities chose different scientific foci for the roadshow. In Karlsruhe, the MobiLab roadshow was part of the KIT Science Week entitled “Making the Future Sustainable. Together.” The thematic foci in Freiburg were climate change and the use of artificial intelligence. The roadshow in Basel focused on citizen science. In Kehl, the public was offered useful information on the energy transition and the design of heating systems. In Strasbourg, MobiLab was part of this year’s Fête de la Science and focused on

citizen science, the energy transition, biodiversity, climate protection, and adaptation to climate change in the Upper Rhine region. At Mulhouse, MobiLab focused on the energy transition in the context of the local Fessenheim innovation region. At all stations, MobiLab also presented Eucor’s opportunities for students and employees.

The roadshow on sustainability was conceived in cooperation with the Eucor partner universities in Basel, Freiburg, Mulhouse/Colmar, and Strasbourg and the “Science Pillar of the trinational Upper Rhine Metropolitan region.” Both KIT and the Eucor alliance consider scientific transfer to be at the very top of the political agenda. Both institutions are convinced that the big challenges facing society, such as climate change, can only be managed in dialog with society. Topics, such as adaptation to a changing climate or the energy and mobility transition, do not end at borders, but must be pursued in a cross-border approach.

“Organization of the roadshow together with our partner universities in France and Switzerland was of particular benefit to KIT. MobiLab of the KIT Humans and Technology Center is the perfect venue for participative research and science communication and the Eucor region is an appropriate stage for addressing these topics in a border-crossing,

group-specific dialog,” says Thomas Heine, Eucor Transfer Officer at KIT.

This was the first time the MobiLab roadshow was presented in the Eucor region. In the future, it will be organized every two years for knowledge transfer on different issues. The first roadshow already has promoted exchange among researchers in the Upper Rhine region and promises to result in a number of cross-border collaborative projects on sustainability research. ■

@ thomas.heine@kit.edu,
felicitas.proksch@kit.edu

 www.eucor-uni.org



NACHHALTIG.GUT.

Deine Campus-Kollektion



Verkaufsstelle:
Cafeteria, KIT-Campus Nord

online bestellen unter:
www.kit-shop.de



(Junior-) IT- & System-Consultant (m/w/d)

Du bist das Bindeglied zwischen Kunden und modernster Technologie. Mit deinem ausgeprägten technischen Verständnis kannst du unsere Kunden umfassend bei der Einführung neuer IT-Infrastrukturen beraten und im Rahmen gründlicher Bedarfsanalysen die erforderlichen Komponenten identifizieren. Von der Entwicklung und Planung bis hin zur Implementierung behältst du stets den Überblick über das Gesamtbild. Deine Fähigkeit, sich mit neuen Technologien vertraut zu machen, ermöglicht es dir, optimale Lösungen für unsere Kunden zu finden und ihre Anforderungen bestmöglich zu erfüllen.

**Neugierig?
Erfahre mehr auf
pro-com.org/jobs**



Technologie verbindet.
Wir auch.

Du hast stets den Finger am Puls der Zeit und findest optimale Lösungen durch innovative Technologien?
Dann werde Teil unseres Teams und gestalte die Zukunft mit uns.

Rückblick auf eine **erfolgreiche** **KIT SCIENCE WEEK**

NACHHALTIGKEIT UND KLIMASCHUTZ GEMEINSAM
ERLEBEN, ERFORSCHEN UND GESTALTEN
VON AILEEN SEEBAUER

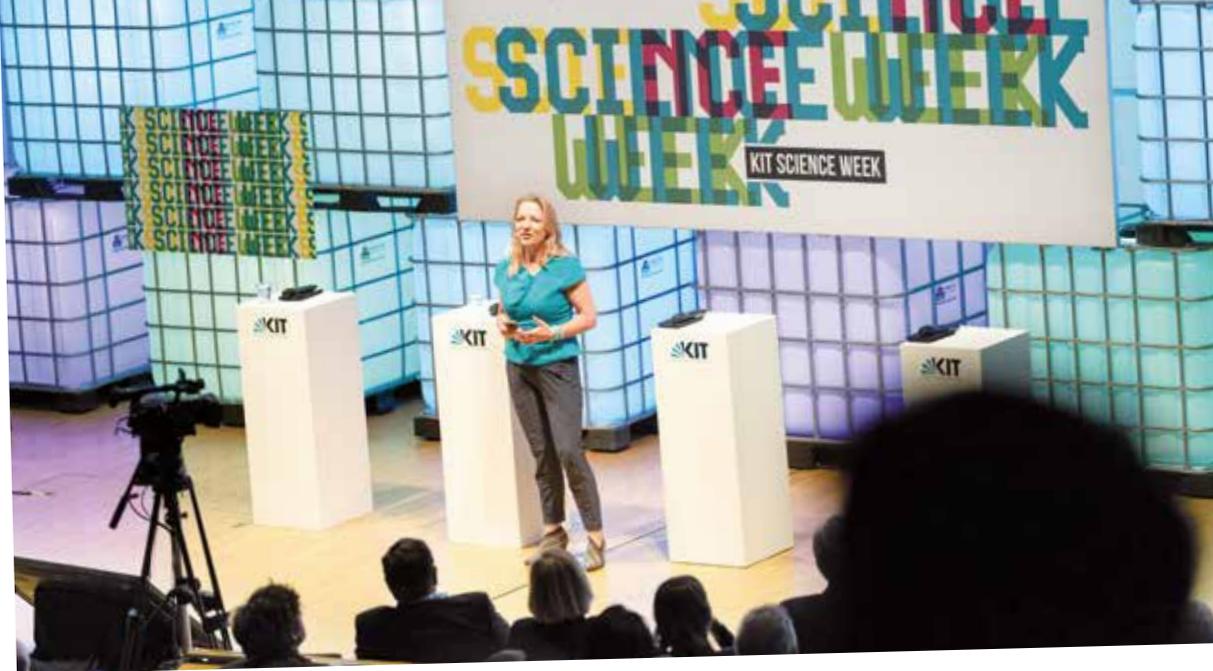
2023



Unter dem Motto „Zukunft gemeinsam nachhaltig gestalten“ drehte sich bei der KIT Science Week 2023 alles um Nachhaltigkeit und Klimaschutz.

Die Keynote zur Eröffnung hielt Professorin Antje Boetius, Leiterin des Alfred-Wegener-Instituts (AWI)

Under the heading “Making the Future Sustainable. Together.”, the KIT Science Week 2023 focused on sustainability and climate protection. Professor Antje Boetius, Director of the Alfred Wegener Institute (AWI), gave the opening keynote speech



Klima-Wettstreit mit Fakten, Stadtführung ins Grüne oder doch lieber eine Expedition zum Nordpol? Beim Blick in das Programmheft der zweiten KIT Science Week, die vom 10. bis 15. Oktober 2023 unter dem Motto „Zukunft gemeinsam nachhaltig gestalten“ stattfand, fiel die Auswahl nicht leicht. Mit 60 unterschiedlichen Programmpunkten sprach die KIT Science Week alle an: von der Schülerin oder dem Studenten bis hin zur interessierten Bürgerin und zu Vertreterinnen und Vertretern aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Denn Nachhaltigkeit und Klimaschutz sind gesellschaftliche Herausforderungen, die alle etwas angehen. Rückblick auf eine spannende Wissenswoche.

Die Eröffnung der KIT Science Week ist gut besucht. Mehr als 500 Personen im Audimax und 1 200 Zuschauerinnen und Zuschauer im Livestream wollen wissen: Wie trägt Wissen-

schaft zu einer nachhaltigen Gesellschaft bei? An einem eindrucksvollen Präsentationsglobus, der als dreidimensionale Leinwand verschiedene Klimaszenarien zeigt, erläutern Dr. Hans Schipper, Leiter des Süddeutschen Klimabüros am KIT, und Hannah Meyer vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK) des KIT, wie sich Nachhaltigkeit und Klimawandel gegenseitig beeinflussen. Die anschließende Diskussionsrunde mit Professor Oliver Kraft, in Vertretung des Präsidenten des KIT und Vizepräsident für Forschung, Mario Brandenburg, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung, Professor Otmar D. Wiestler, Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft, Dr. Hans J. Reiter, Ministerialdirektor und Amtschef im Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg und Dr. Frank Mentrup, Oberbürgermeister der Stadt Karlsruhe, zeigt, dass Nachhaltigkeit je nach Blickwinkel unterschiedliche Dimensionen besitzt.

Antarktis: Einzigartiger Lebensraum

Die Keynote zur Eröffnung hält Meeresbiologin und Tiefseeforscherin Professorin Antje Boetius, die das Alfred-Wegener-Institut (AWI) leitet. In ihrem Vortrag berichtet sie von ihrer zweimonatigen Reise in die Antarktis mit dem Forschungsschiff Polarstern, von der sie gerade zurückgekehrt ist. Im Fokus ihrer Arbeit steht seit 30 Jahren das Gleichgewicht in der Polarregion. „Als

Augenzeugin sehe ich nicht nur bloße Statistiken, sondern erlebe die Veränderungen vor Ort selbst mit“, sagt Boetius. Dass die Öffentlichkeit davon erfährt, sei ihr ein großes Anliegen, denn „das Eis ist ein einzigartiger Lebensraum.“ Ihre wichtigste Botschaft: „Durch Klimaschutz haben wir nichts zu verlieren, sondern können dieses wunderbare Netzwerk retten.“



„Unter dem Motto ‚Zukunft gemeinsam nachhaltig gestalten‘ konnten wir die Wissenschaft über beteiligungsorientierte und interaktive Veranstaltungen mit der interessierten Öffentlichkeit zusammenbringen und die Themen Nachhaltigkeit und Klimaschutz zur Diskussion stellen – ein echter Erfolg. Wir freuen uns über die rege Beteiligung und die Argumente, Ideen und Impulse, die wir für unsere Forschung am KIT gewonnen haben“, so Professor Thomas Hirth, Project Owner der KIT Science Week und Vizepräsident für Transfer und Internationales des KIT.

Podiumsdiskussion: Globales Umdenken

Bei der zentralen Podiumsdiskussion im Kulturzentrum TOLLHAUS geht es um globales Umdenken und Innovationen für Klimagerechtigkeit. Keynote-Speakerin Dr. Insa Thiele-Eich ist nicht nur Klimaforscherin, sondern auch angehende Astronautin und will als erste deutsche Frau in den Weltraum fliegen. Sie setzt sich für eine klimaneutrale Raumfahrt ein. „Wir haben einen Weg gefunden, zwei widersprüchliche Themen wie Raumfahrt und Klima zusammenzubringen. Wir minimieren unseren CO₂-Abdruck im Training, setzen im All auf pflanzenbasierte Ernährung und investieren in Bildungs-

projekte“, so Thiele-Eich. In der regen Podiumsdiskussion mit der Forscherin, der Vizepräsidentin für Digitalisierung und Nachhaltigkeit des KIT, Professorin Kora Kristof, sowie Dr. Eva Riesenhuber, Globale Leitung der Nachhaltigkeitsabteilung bei Siemens, Anna Peters, Frauenpolitische Sprecherin Bündnis 90/Die Grünen BW und Professor Michael Decker, Leiter des Bereichs II – Informatik, Wirtschaft und Gesellschaft des KIT geht es um technische Innovationen, Klimagerechtigkeit in der Gesellschaft und die Maßnahmen, die bereits jetzt global umgesetzt werden können.



In der Podiumsdiskussion zum Thema „Globales Umdenken: Innovationen für mehr Klimagerechtigkeit“ ging es unter anderem um die Frage, welche Rolle neue Technologien für den Klimaschutz in der globalisierten Welt spielen

The panel discussion on „Global Rethinking: Innovations for More Climate Justice“ addressed, among other things, the question of what role new technologies play in climate protection in a globalized world



FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

Climate Slam: Wissenschaft darf humorvoll sein

Der Andrang auf den Climate Slam ist enorm. Durch den Abend führt Dr. Christian Scharun, Referent für Wissenschaftskommunikation im Bereich IV – Natürliche und gebaute Umwelt des KIT, mit witzigen Klima-Anekdoten. Er zeigt ein Video, in dem ein Jeep mit Menschen auf dem Dach durch einen Fluss fährt. Das Auto sinkt, doch die Menschen bemerken ihr Dilemma erst, als sie unter Wasser sind. „Ähnlich wie in unserer Situation mit dem Klimawandel“, so Scharun. Die fünf Teilnehmenden des Slams greifen ganz unterschiedliche Themen auf, vom Rheinischen Braunkohlerevier und Wärmepumpen bis hin zum Katastrophenmanagement. Sie spicken ihre Präsentationen mit schauspielerischen Leistungen, anschaulichen Fotos oder Musik. Mal wird gelacht, mal ist die Stimmung nachdenklich. Die Veranstaltung zeigt: Klimaforschung darf humorvoll betrachtet werden – denn manchmal brauchen wir genau das, um den Zugang zu finden.



FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

Im TRIANGEL Transfer | Kultur | Raum diskutierten Bürgerinnen und Bürger über Klimaschutz im Alltag

At the TRIANGEL Transfer | Kultur | Raum, citizens discussed climate protection in everyday life

Dialog mit Bürgerinnen und Bürgern: Klimaschutz, der sich lohnt

Einen Nachmittag nehmen sich über 30 Teilnehmende Zeit, um darüber zu diskutieren, wie sich Klimaschutz für Bürgerinnen und Bürger lohnen könnte. Organisiert wurde die Dialogveranstaltung vom Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des KIT im TRIANGEL Transfer | Kultur | Raum. In intensiven, wertschätzenden Diskussionsrunden entwickeln die Teilnehmenden Ideen zu Anreizen, wie sich Klimaschutz im Alltag lohnen könnte. Eine Gruppe schlägt etwa vor, ein digitales Abbild von Karlsruhe zu entwerfen, in dem der Klimawandel, dessen Folgen und die Wirkungen von Maßnahmen dynamisch abgebildet werden. „Ich bin beeindruckt von der Vielfalt der Ideen“, sagt die Vizepräsidentin für Digitalisierung und Nachhaltigkeit des KIT, Professorin Kora Kristof, welche die Ergebnisse im Namen des KIT entgegennimmt.



FOTO: ROBERT FUGE

Wissenschaftliche Konferenz: Lösungen für eine nachhaltige Gesellschaft

Natürlich tauschen sich im Rahmen der KIT Science Week auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus. Unter der Leitung von Professor Johannes Orphal, Leiter des Bereichs IV – Natürliche und gebaute Umwelt des KIT, diskutieren 150 Forschende über Herausforderungen und Lösungen für die Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft. Themen der interdisziplinären Konferenz sind unter anderem die Energieversorgung und die Mobilität der Zukunft, die Transformation der Städte, natürliche Klimaschutzlösungen, Kreislaufwirtschaft, Wasser, Ökosysteme, Gesundheit, Kommunikation und die Handlungsoptionen von Politik und Wirtschaft.



„Wie können wir für die Menschen von heute und die Generationen nach uns eine lebenswerte, stabile, gerechte und friedliche Welt schaffen? Gemeinsam wollen wir mit Ihnen eine nachhaltige Zukunft gestalten. Gemeinsam wollen wir die Welt bewegen. Die KIT Science Week hat hierfür den Raum geschaffen: eine Woche lang, überall in Karlsruhe, mit vielen großen und kleinen Veranstaltungen, konnten wir Spitzenforschende mit der Bürgerschaft, Politik, Wirtschaft und der Kulturszene zusammenbringen“, sagt Professor **Oliver Kraft**, in Vertretung des Präsidenten des KIT.

KIT Science Week 2023

Experiencing, Investigating, and Shaping Sustainability Together

TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR

A climate slam presenting facts, a guided city tour into nature, or an expedition to the North Pole? With 60 such events to choose from, the second KIT Science Week, held from 10 to 15 October 2023 under the heading “Making the Future Sustainable. Together”, appealed to citizens of every age, be they students, working age adults, or pensioners. In the opening event, marine biologist and deep-sea researcher Professor Antje Boetius, who heads the Alfred Wegener Institute (AWI), Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, told the audience about her two-month journey into the Antarctic with the Polarstern research vessel. “Being an eyewitness, you not only consider mere statistics, but I actually experienced the changes caused by climate change on site,” said Boetius. Her message to the audience: “By implementing climate protection measures, we have nothing to lose, but we can save this wonderful network.” The panel discussion involving climate researcher and future astronaut Dr. Insa Thiele-Eich as keynote speaker, Prof. Dr. Kora Kristof, Vice President Digitalization and Sustainability of KIT, as well as representatives from Siemens and The Greens BW, was entitled “Global Rethinking: Innovations for More Climate Justice.” In the Climate Slam, where five participants made their presentations, laughter could sometimes be heard; in other moments, the atmosphere was pensive. The event showed that, even though climate research is not always funny, it may well be looked at with humor – sometimes this is exactly what we need to access this topic. Moderated by Professor Johannes Orphal, Director of KIT’s Division IV – Natural and Built Environment, about 150 researchers discussed the challenges and solutions for the transformation towards a sustainable society.

The wide-ranging program was attended by some 11,000 visitors. “The high number of participants shows that sustainability is relevant to many areas of life and that it concerns everyone. With the KIT Science Week, we succeeded in building bridges and involving society as a whole in scientific research questions,” explains Monika Landgraf, KIT Science Week project manager and Head of Corporate Communications (STS-GK) at KIT. “This was exactly our goal,” says Landgraf and she adds: “With KIT Science Week, we want to transfer knowledge into society and at the same time receive ideas and suggestions for research at KIT from our citizens.” Brainstorming for the third KIT Science Week, to be held in 2025 – the 200th anniversary of KIT – has already begun. ■



FOTO: DARYOUSH DIAVADI

Experimente, ein Klimaquiz und viele neugierige Fragen gab es bei der Klimawerkstatt für Schülerinnen und Schüler

Experiments, a climate quiz, and lots of curious questions were on offer at the climate workshop for schoolchildren



FOTO: ROBERT FUGE

Vorbereitung für die nächste KIT Science Week

Die zweite KIT Science Week kam gut an: Insgesamt rund 11 000 Personen nutzten die vielfältigen Angebote und befassten sich intensiv mit den Themen Nachhaltigkeit und Klimaschutz. „An der hohen Teilnehmendenzahl kann man sehen, dass Nachhaltigkeit und Klimaschutz in vielen Lebensbereichen relevant sind und alle etwas angehen. Mit der KIT Science Week ist es uns gelungen, Brücken zu bauen und die Gesellschaft in wissenschaftliche Forschungsfragen miteinzubeziehen“, sagt Monika Landgraf, Projektleiterin der KIT Science Week und Leiterin der Abteilung Gesamtkommunikation (STS-GK) des KIT. Denn genau das sei das Ziel, so Landgraf:

„Mit der KIT Science Week wollen wir Wissen in die Gesellschaft tragen und gleichzeitig Impulse von Bürgerinnen und Bürgern in unsere Forschung am KIT aufnehmen.“ Auch zahlreiche Workshops waren Teil der KIT Science Week. „Mit den vielfältigen partizipativen Formaten konnten wir Forschende direkt mit Schülerinnen und Schülern sowie Familien zusammenbringen und den Dialog untereinander fördern“, freut sich Natalie Gaab, Koordinatorin der KIT Science Week von der Abteilung Wissenstransfer (STS-WT) des KIT. Die nächste KIT Science Week findet im Jubiläumsjahr des KIT 2025 statt. Das Brainstorming hat bereits begonnen. ■

Professorin Kora Kristof, Vizepräsidentin für Digitalisierung und Nachhaltigkeit des KIT, war beeindruckt von der Vielfalt der Ideen, die bei der KIT Science Week im Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft entstanden

Vice President Digitalization and Sustainability of KIT, Professor Kora Kristof, was impressed by the variety of ideas that emerged during the KIT Science Week in the dialogue between science and society



Videos und Mitschnitte der KIT Science Week sowie eine Bildergalerie finden Sie unter: www.scienceweek.kit.edu



FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM



VON DER PHYSIK ZUM WISSENSCHAFTSMANAGEMENT

ANNE ZILLES KOORDINIERT RAUMFAHRT-PROJEKTE AM DEUTSCHEN ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (DLR)

VON LEONIE KROLL // TRANSLATION: FACHÜBERSETZUNGEN HUNGER/ALTMANN GBR // FOTOS: PRIVAT, DLR

Ihre erste Leidenschaft war die Astroteilchenphysik: Am Institut für Experimentelle Teilchenphysik (ETP) des KIT beschäftigte sich Anne Zilles mit der Radiodetektion von Teilchenschauern und schloss dort 2017 ihre Promotion ab. Ihre zweite Leidenschaft entdeckte sie während ihrer Doktorarbeit: Zilles interessierte sich auch für die Prozesse hinter der Forschung und entschied sich nach dem Postdoc am Institut d'Astrophysique de Paris für eine Karriere im Wissenschaftsmanagement. Diese hat sie an das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) geführt. „Wissenschaftsmanagement ist ein relativ neuer Berufsweig. Die Aufgabe unseres Teams ist es, die vorgegebene Strategie mit den finanziellen Mitteln und Kompetenzen am DLR bestmöglich zu planen und umzusetzen“, erklärt Zilles.

Das DLR betreibt Forschung und Entwicklung in Luft- und Raumfahrt, Energie, Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung. Anne Zilles und ihre Kolleginnen und Kollegen betreuen mehrere Projekte im Forschungsbereich Raumfahrt, die ein weites Themenspektrum umfassen. „Aktuell laufen ungefähr 80 Projekte verschiedener Größenordnungen – von der Entwicklung weltraumgeeigneter Technologien für Weltraummissionen über satellitengestützte Weltraumbeobachtungen und der Entwicklung von Klima- und Wettermodellen bis hin zur Grundlagenforschung, wie Planeten und Planetensysteme überhaupt entstehen“, erläutert Zilles.

Ihre Aufgabe ist es, den Überblick über alle Projekte zu behalten, ihren Fortschritt zu prüfen sowie über die Forschungsgebiete hinweg Kompetenzen zu bündeln und Aspekte wie Nachhaltigkeit zu implementieren. „Ich verstehe meine Aufgabe als Übersetzerin. Ich koordiniere zwischen der Politik, dem Vorstand und den Forschenden aus verschiedenen Be-

reichen. Auch wenn ich mein Wissen aus der Physik nicht immer direkt anwenden kann, ist es nicht unnützlich. Als Physikerin spreche ich die Sprache einer Wissenschaftlerin.“ Die Übersetzungsarbeit sei nicht immer einfach, doch wenn Projekte, die das Leben auf der Erde unmittelbar beeinflussen, umgesetzt würden, sei das ein großer Erfolg. ■

FROM PHYSICS TO SCIENCE MANAGEMENT

ANNE ZILLES FACILITATES SPACE PROJECTS AT THE GERMAN AEROSPACE CENTER (DLR)

Astroparticle physics was her first passion: With her work on the radio detection of particle showers at the Institute of Experimental Particle Physics (ETP), Anne Zilles earned her doctorate at KIT in 2017. Zilles' second passion became apparent during her dissertation work, when she became interested in the processes underlying research. So, after completion of her post-doctorate at the Institut d'Astrophysique in Paris, she opted for a career in science management, which led her in turn to the German Aerospace Center (DLR). "Science management is a relatively new field. Our team is charged with planning and implementing the given strategy in the best way possible, using the funds and capabilities available at the DLR," says Zilles.

The DLR conducts R&D for the aerospace, energy, traffic, safety, and digitalization sectors. Anne Zilles and her colleagues take care of multiple projects encompassing many topics in aerospace research. "Currently, about 80 projects of different scales are in progress – from the development of technologies suitable for space missions, satellite-based space observation and the development of climate and weather models to basic research about the origin of planets and planet systems," explains Zilles.

Zilles is responsible for overseeing all of these projects, reviewing their progress, pooling skills across the research fields, and ensuring that aspects such as sustainability are considered. "I see myself as a translator who coordinates between politics, the executive board, and the researchers from different sectors. Even though my knowledge of physics is not directly related to my work here, it is never useless. As a physicist, I speak the language of scientists. My translation work is not always easy, but I consider the realization of every project that immediately impacts life on earth as a big success." ■

IMPRESSUM / IMPRINT

Herausgeber/Editor

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

Prof. Dr. Oliver Kraft, in Vertretung des Präsidenten des KIT

Postfach 3640 // 76021 Karlsruhe // Germany

www.kit.edu

KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

KIT – The Research University in the Helmholtz Association

AUFLAGE/CIRCULATION

13 000

REDAKTIONSANSCHRIFT/EDITORIAL OFFICE

Stab und Strategie (STS)/Executive Office and Strategy

Leiterin: Dr. Julia Winter

STS-Gesamtkommunikation, Leiterin: Monika Landgraf

Postfach 3640 // 76021 Karlsruhe

REDAKTION/EDITORIAL STAFF

Carola Mensch (STS-Gesamtkommunikation, verantwortlich/responsible) <cme>

Tel./Phone: 0721 608-41159 // E-Mail: carola.mensch@kit.edu

BILDREDAKTION/COMPOSITION OF PHOTOGRAPHS

Gabi Zachmann (STS-Gesamtkommunikation) und Dienstleistungseinheit

Allgemeine Services/Dokumente

General Services Unit/Documents Group

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

Dienstleistungseinheit Internationales/Sprachendienst,
Fachübersetzungen Hunger/Altmann GbR, Byron Spice

KORREKTORAT/PROOFREADING

Laura Jörger (STS-GK), Max Ferber, Jannick Holste, Leonie Kroll, Elisa Rachel Maïke 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

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

lookKIT erscheint viermal pro Jahr, jeweils zum Ende eines Quartals.

lookKIT is published four times per year at the end of three months' intervals.

Gedruckt auf 100 Prozent Recyclingpapier mit dem Gütesiegel „Der Blaue Engel“

lookKIT

A ONEJOON

DU WILLST DEINER KARRIERE EINHEIZEN?

Industrieofenbau – eine zukunftsorientierte Branche, die niemanden kaltlässt. Denn Wärmebehandlung ist eine wichtige Voraussetzung für zahlreiche Produkte, z. B. Carbonfasern, E-Auto-Batterien oder (Rasier-)Klingen. ONEJOON baut die dafür erforderlichen Öfen und entwickelt die Prozesstechnik zur Herstellung dieser Produkte. Über 125 Jahre Erfahrung im Industrieofenbau, präzise Ingenieurs- und Konstruktionsarbeit sowie der Spirit eines bodenständigen Anlagenbauers zeichnen uns aus.

Als globaler Technologieführer sind wir an 10 Standorten in 5 Ländern weltweit vertreten. Die #onejoonfamily umfasst knapp 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter weltweit, davon 260 in Deutschland an zwei Standorten, die in einem dynamischen und zukunftsorientierten Umfeld einem breiten Aufgabenspektrum nachgehen.



Möchtest Du schon während des Studiums erste Berufserfahrung sammeln und Deine theoretischen Kenntnisse in der Praxis anwenden? Oder möchtest Du als Hochschulabsolvent direkt durchstarten und Verantwortung für Deinen eigenen Aufgabenbereich übernehmen?

Dann bewirb Dich jetzt bei ONEJOON!



WWW.ONEJOON.DE



MEVA ist Pionier und Impulsgeber der Schalungsbranche

Formen Sie Ihre Zukunft

Hochqualifizierte Mitarbeitende sind das Rückgrat für unseren Erfolg. Deshalb machen wir uns für den Nachwuchs in der Schalungsbranche stark. Für Studierende bieten wir interessante Praktika und Abschlussarbeiten. Als Berufseinsteiger erwarten Sie vom ersten Tag an spannende Projekte und verantwortungsvolle Aufgaben – in Deutschland oder weltweit.

Mehr unter meva.net/karriere



DEINE KARRIERE IM ANLAGENBAU DER ZUKUNFT



Wir suchen Dich für unsere Teams in Leipzig und Köln. Gemeinsam planen und entwickeln wir innovative Industrieanlagen. Für die Zukunft.

Jetzt bewerben: www.edl.poerner.de



EDL Anlagenbau Gesellschaft mbH
Lindenthaler Hauptstr. 145
D-04158 Leipzig

Kontakt
Telefon: +49 341 4664 464
E-Mail: bewerbung@edl.poerner.de

Wir suchen (m/w/d):

PRODUKTSPEZIALIST »ELEKTROCHEMIE« IN VERTRIEB/SUPPORT/APPLIKATION

Die C3 Prozess- und Analysetechnik GmbH ist in der DACH-Region als Vertriebspartner namhafter Hersteller von erklärungsbedürftigen Analysegeräten und Anlagen tätig. Unsere Kunden kommen aus den Bereichen Materialforschung, Chemie, Pharma, etc. Im Bereich Elektrochemie betreuen wir die Systeme der US-Firma Gamry Instruments.

Haben Sie Interesse an einer interessanten und abwechslungsreichen Tätigkeit mit hoher Eigenverantwortung?

Weitere Informationen unter:

www.c3-analysentechnik.de/unternehmen/karrierejobs/



C3 PROZESS- UND
ANALYSETECHNIK

COMPETENCE
CREATES
CONFIDENCE

DRÜCKREAKTOREN | ELEKTROCHEMIE |
PROBENVORBEREITUNG | GLASANLAGEN |
WÄRMELEITFÄHIGKEIT | KALORIMETER |
MISCHEN | HOMOGENISIEREN | OPTISCHE GITTER

www.c3-analysentechnik.de

HERRENKNECHT



Tunnelvortriebstechnik

**„INNOVATIVE TECHNIK,
GROSSE KRÄFTE, SCHWERE
TEILE – DAS FASZINIERT
MICH BIS HEUTE.“**

Johannes Tröndle, Projektleiter Forschung und Entwicklung

Der Hauptgrund für meine Bewerbung bei Herrenknecht war die Begeisterung für den Sondermaschinenbau. Unsere Aufgabe ist es innovativ zu sein, Produkte weiterzuentwickeln und kontinuierlich besser zu werden. In diesem Nischenmarkt ist kein Tag wie der andere.



**WILLST AUCH DU DIE WELT DES TUNNELBAUS HAUTNAH ERLEBEN?
DANN BEWIRB DICH!**

herrenknecht.com/karriere



Verkehrswende voranbringen und Vielfalt leben.

Praktikum, Nebenjob, Abschlussarbeit, Berufseinstieg? Bring dich ein und gestalte gemeinsam mit uns aktiv die Verkehrswende. Auf dich warten ein sicherer Arbeitsplatz, eine spannende Branche und mehr als 2.400 Kolleginnen und Kollegen aus über 50 Nationen.

Jetzt einsteigen und mit uns die Zukunft gestalten unter www.rnv-online.de/karriere.

Gestalten Sie die Zukunft unserer Region aktiv mit und entdecken Sie spannende Perspektiven in einem lebendigen Umfeld. Wir suchen engagierte und motivierte Talente wie Sie, um zusammen unsere Gemeinschaft zu stärken und das Leben unserer Bürgerinnen und Bürger zu verbessern.

Landratsamt Waldshut – Ihr vielseitiger und attraktiver Arbeitgeber

Aktuell haben wir mehrere offene Positionen in den Bereichen

› Vermessungstechnik › Ingenieurwesen
› Informatik

zu vergeben. Wenn Sie Interesse haben, senden Sie uns gerne Ihre Initiativbewerbung zu. Wir freuen uns darauf, Sie kennenzulernen und gemeinsam mögliche Positionen zu besprechen.



Haben wir Ihr Interesse geweckt?

Bewerben Sie sich jetzt online unter www.landkreis-waldshut.de

Alternativ senden Sie Ihre aussagekräftige Bewerbung an das

Landratsamt Waldshut,
Amt für Personal und Organisation,
Kaiserstraße 110
in 79761 Waldshut-Tiengen.

Die Stadt Mühlacker sucht einen

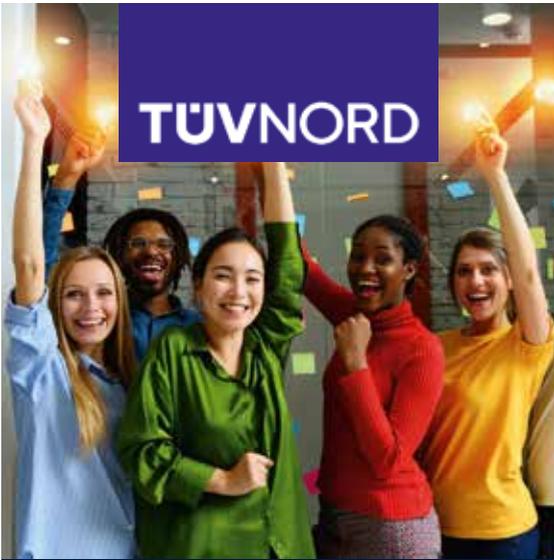
Stadtplaner oder Architekten (m/w/d)

für das Planungs- und Baurechtsamt.

Wir bieten Ihnen eine unbefristete Stelle in Voll- oder Teilzeit bis Entgeltgruppe 11 TVöD für Aufgaben in den Bereichen Stadterneuerung, Städtebau und Bauleitplanung sowie in der Beurteilung von Baugesuchen.

Die vollständige Stellenausschreibung und weitere Informationen zu unserer Stadt finden Sie im Internet unter www.muehlacker.de. Auf Ihre Bewerbung an bewerbung@stadt-muehlacker.de freuen wir uns!





Join the energy transition teams at TÜV NORD!

Für die Entwicklung einer nachhaltigen Energiewelt suchen wir:

- Ingenieur:innen
- Naturwissenschaftler:innen
- Projektmanager:innen

TÜV NORD Clean Energy Solutions, eine spezialisierte Einheit der TÜV NORD GROUP mit 14.000 Mitarbeitenden in 100 Ländern, ist führender Anbieter von Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsdiensten, Engineering & Schulungen. TÜV NORD CES unterstützt Betreiber, Planer und Behörden in der Energiebranche bei der Realisierung ihrer Ziele in den Bereichen Dekarbonisierung, Digitalisierung und Nachhaltigkeit, mit Fokus auf u. a. Sektorkopplung, Speicherlösungen, Netzinfrastruktur, Wasserstoff und Kerntechnik.

Interessiert?

Ihr neuer Job bei uns:
www.tuev-nord-group.com/de/karriere



TÜV*

TÜVNORDGROUP

ARBEITGEBERIN STADT ESSLINGEN

- **Günstiges Jobticket**
Das Deutschlandticket als Firmenticket für nur 9 Euro
- **Arbeiten im Homeoffice**
Je nach Tätigkeit bis zu 50% im Homeoffice arbeiten
- **Flexible Arbeitszeitmodelle**
Gute Vereinbarkeit von Familie und Beruf
- **Moderne Kantine**
Gesund Essen zu vergünstigten Preisen
- **Vielfältiges Fortbildungsprogramm**
Kompetenzen kontinuierlich entwickeln
- **Sicherer Arbeitsplatz**
Unabhängig von der konjunkturellen Lage
- **Sinnstiftende Tätigkeit**
Am Gemeinwohl orientierte Arbeit
- **... und vieles mehr!!**



Wir freuen uns auf Sie!

esslingen.de/karriere

 Stadt Esslingen
am Neckar

DU BIST DIE ZUKUNFT

der Mobilität im Land.

Bauingenieur,
Verkehrsingenieur,
Projektsteuerer,
Praktikant

Jetzt bewerben!

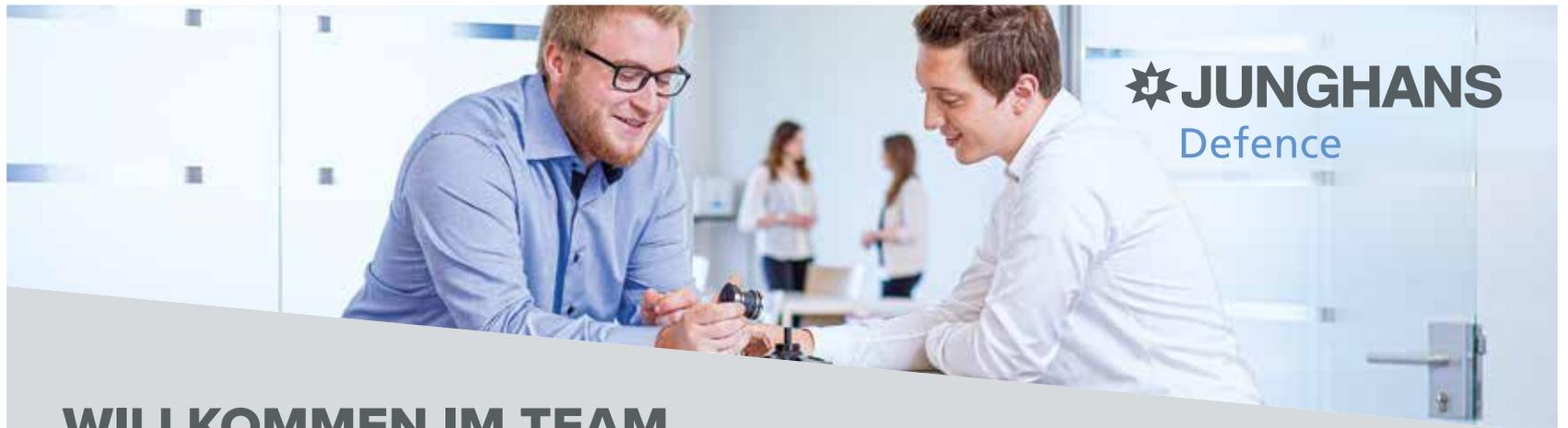
(w/m/d)



sweg.de/deine-zukunft

Für unser Projektbüro Stuttgart
im Bereich Bahninfrastruktur

SWEG



JUNGHANS
Defence

WILLKOMMEN IM TEAM

ELEKTRONIKSPEZIALIST (M/W/D) FÜR DEN BEREICH BAUGRUPPEN UND SYSTEME

JUNGHANS Defence, ein Joint Venture der beiden Gruppen Diehl und Thales, ist ein weltweit führender Hersteller von Munitionszündern und Sicherungseinrichtungen. Die Marke JUNGHANS Defence umfasst die beiden rechtlichen Einheiten JUNGHANS Microtec GmbH in Dunningen-Seedorf, Deutschland und JUNGHANS JT2M SAS in La Ferté Saint-Aubin, Frankreich. Wir sind Partner von internationalen Streitkräften und Industriekunden und haben uns auf die Entwicklung, Konstruktion, Fertigung und Prüfung von mechanischen und elektronischen Zündern spezialisiert.

Ihre Aufgaben

- Eigenverantwortliche Konzipierung, Entwicklung und Integration von elektronischen Komponenten und Baugruppen
- Erstellung von Tools für Integrationstests sowie statistische Auswertungen für gewonnene Messergebnisse
- standortübergreifende Projektabstimmungen mit den Fachbereichen auf nationaler und internationaler Ebene
- Ansprechpartner für Elektronikthemen für unsere internen und externen Kunden
- Unterstützung bei Erprobungsversuchen im In- und Ausland

Das bringen Sie mit

- Für diese Position haben Sie Ihr Studium zum Ingenieur (m/w/d) der Elektrotechnik, der Nachrichtentechnik oder einer vergleichbaren Fachrichtung erfolgreich abgeschlossen
- Sie überzeugen durch ihr technisches Verständnis, selbständiges Arbeiten sowie wirtschaftliches Denken
- Signalverarbeitung und -steuerung ergänzt mit Kenntnissen in der HF-Technik im Hinblick auf Radaranwendungen interessiert sie
- Lust am Arbeiten in einem internationalen Team

**Bewerben
Sie sich jetzt
online!**

Mehr Infos unter
junghans-defence.com



A Diehl and Thales company

Wir bewegen die Zukunft Und Deine Karriere in der Gesundheitsbranche

Die Dr. Güldener Gruppe ist Spezialistin für digitale Lösungen und umfangreiche Services für Kunden aus der Gesundheitsbranche.

Zur Verstärkung unseres Teams suchen wir IT-Expert:innen (m/w/d) in den Bereichen ...

- Softwareentwicklung
- IT-Infrastruktur
- Qualitätssicherung
- Requirements Engineering
- Support
- IT-Projektmanagement

Ansprechpartner: Gerhard Kirchner
Tel. +49 711 993731313 | g.kirchner@drgueldener.de



**JETZT
BEWERBEN!**



www.drgueldener.de/jobs/it

✓ HEY, WE ARE HIRING!

WIR HABEN JEDE MENGE SPANNENDE
IT-JOBS UNTER ANDEREM IN DEN
BEREICHEN:

- DEVOPS-ENTWICKLUNG
- IT BUSINESS ANALYSE
- IT REQUIREMENTS ENGINEERING

MEHR OFFENEN STELLEN FINDEST
DU AUF UNSERER WEBSITE.



READY TO MAKE IT
ADVENTUROUS?

BEWIRB
DICH
JETZT



UNTER WWW.S-IT.CONSULTING/CAREER

Schließe Dich uns an, um den Übergang zu einer nachhaltigeren Zukunft zu beschleunigen

Wir gestalten den Wandel für unsere Kunden, indem wir unser tiefes Branchenwissen in den Bereichen Infrastruktur, Industrie, Energie und Digitalisierung einbringen. Dabei sind wir überzeugt, dass Veränderungen nur geschehen, wenn Menschen mit mutigen Ideen zusammenkommen.

Bewirb Dich jetzt bei AFRY und entdecke neue
Karrieremöglichkeiten, die Dich weiterbringen
– engineered by AFRY.



Heidelberg

Arbeiten in und für Heidelberg als

Ingenieurin/Ingenieur (m/w/d)
in den Bereichen: Hoch- und Tiefbau, IT,
Mobilität, Umwelt, Elektrotechnik, Vermessung

Architektin/Architekt (m/w/d)



ein bezuschusstes
Job-Ticket



familienfreundliche
Arbeitgeberin



mobil-flexibles
Arbeiten



umfangreiches
Fortbildungs-
programm



vielseitige und
kostenlose Sport-
angebote

Jetzt bewerben!



www.heidelberg.de/arbeitgeberin

 bewerbung@heidelberg.de

 06221 58-11000



Unser Angebot:

- ✓ Teamarbeit
- ✓ Homeoffice
- ✓ Betriebsrestaurant
- ✓ Sicherer Arbeitsplatz
- ✓ Vielfältige Aufgaben
- ✓ Modernste Arbeitsmittel
- ✓ Attraktives Gehaltspaket
- ✓ Individuelle Einarbeitung
- ✓ Entwicklungsperspektiven

Bei uns finden Sie spannende Aufgaben in den Bereichen

Wirtschaftswissenschaften
Software-Entwicklung
IT-Administration
Produktentwicklung
Mathematik



Schauen
Sie bei uns rein
karriere.wgv.de

Württembergische Gemeinde-Versicherung a.G. / Stuttgart

Der beste Platz zum Arbeiten!



Starte jetzt Deinen Weg
in die Königsklasse

ZIEHL-ABEGG

Die Königsklasse

der Lufttechnik,
Regeltechnik und Antriebstechnik

Die Königsklasse in Lufttechnik, Regeltechnik und Antriebstechnik



TECHNOLOGIE FÜR DIE SÄGEINDUSTRIE

Wir suchen kreative Mitarbeiter zur Verstärkung unseres Teams
Projektingenieur (m/w/d) in der Elektro- & Automatisierungstechnik
Softwareentwickler (m/w/d) im Bereich Machine-Learning und künstliche Intelligenz

**ARBEITEN
BEI
LINCK**



Nichts Passendes dabei?

Wir bieten Praktika, Betreuung bei Bachelor- und/oder Masterarbeiten und einen Berufsstart in den Bereichen Elektrotechnik, Physik, Mathematik, Wirtschaftsingenieurwesen und Maschinenbau.

Wir freuen uns über Ihre Initiativbewerbung.

Bleiben Sie über unsere Karriereseite unter www.linck.com auf dem Laufenden.




Für A wie Adidas bis Z wie Zalando – Hightech-Software aus Stutensee

Wir schaffen Softwarelösungen für die besten Unternehmen – in der zukunftssicheren und spannenden Branche der Intralogistik. Was wir tun, ist individuell, exzellent und hocheffizient.

Bewirb Dich jetzt!

TUP GmbH & Co. KG • Fraunhoferstraße 1 • 76297 Stutensee • infoka@tup.com • www.tup.com

RSE

Zukunft gestalten – für Dich und andere.

Wir suchen:
Architekten
Objektüberwacher
(m/w/d)

mehr Informationen unter: www.rse.plus/de/architekten-ingenieure/karriere

www.rse.plus

GEMEINSAM

DIE ZUKUNFT

DES LERNENS

GESTALTEN



lmz LANDESMEDIENZENTRUM
BADEN-WÜRTTEMBERG

UNSERE MISSION



- WIR FÖRDERN **DIGITALE MEDIEN** IN SCHULE UND BILDUNG
- WIR SETZEN UNS FÜR **ZUKUNFTSORIENTIERTES LERNEN** EIN
- WIR ENTWICKELN **LÖSUNGEN** FÜR EINE MODERNE SCHULISCHE INFRASTRUKTUR
- WIR BRINGEN **INNOVATIVE LERNMETHODEN** WIE ROBOTIK UND XR IN DEN UNTERRICHT
- WIR BIETEN **MEDIENPÄDAGOGISCHE UNTERSTÜTZUNG** FÜR ALLE ALTERSGRUPPEN



GESTALTE DEN DIGITALEN

WANDEL MIT UND WERDE

TEIL UNSERES TEAMS.

JETZT OFFENE STELLEN FINDEN ODER INITIATIV BEWERBEN

LMZ-BW.DE/KARRIERE



Engineering with High Precision

supfina

Menschen schaffen Innovationen. Wir suchen Sie!

- ! **Leitung IT-Prozesse und Organisation** (m/w/d)
- ! **Forschungs- und Entwicklungsingenieur** (m/w/d)
- ! **Roboterprogrammierer** (m/w/d)

Ihre Vorteile auf einen Blick

- Attraktive Vergütung inkl. tariflicher Sonderzahlungen
- Flexible Arbeitseinteilung durch Gleitzeit
- Fitness- und Gesundheitsangebote, z.B. Fahrradleasing, betriebsärztliche Untersuchungen, Gesundheitstage
- Firmeneigenes Betriebsrestaurant, welches durch den AG bezuschusst wird
- Vermögenswirksame Leistungen, betriebliche Altersversorgung
- Wertschätzendes Miteinander und flache Hierarchien

Bewerben Sie sich jetzt: personal@supfina.com

Camille Panhuyzen

Personalreferentin

+49 7834 866-189 · personal@supfina.com



Supfina ist ein führender Anbieter von modernen Lösungen für die Bereiche Maschinen- und Anlagenbau, Automation, Robotik und Dienstleistungen. Unsere Lösungen begeistern Kunden weltweit.

Supfina beschäftigt in Deutschland, den USA und China 200 Mitarbeiter.



Supfina Grieshaber GmbH & Co. KG
Schmelzegrün 7 · 77709 Wolfach · info@supfina.com · www.supfina.com

MAYTEC

Hochtemperatur-Vakuum-Prüfsysteme

Die Maytec GmbH wurde 1979 von Herrn May gegründet und entwickelt und fertigt eine breite Palette von Hochtemperatur-Materialprüfgeräten, um innovative Materialien bei erhöhten Temperaturen für eine Vielzahl von Anwendungen zu testen. Unsere Hochtemperaturöfen, Hochtemperatur-Vakuum- und Inertgassysteme, Hochtemperatur-Dehnungsmesser, Ablensysteme sowie Spannzeuge und Vorrichtungen werden zur Durchführung mechanischer Prüfungen in vielen Industriezweigen eingesetzt, beispielsweise in der Automobil- und Flugzeugindustrie, der Energieerzeugung und der Metallindustrie sowie an Instituten und Universitäten. Mit unserer 40-jährigen Erfahrung können wir anspruchsvolle Lösungen liefern, die mit den sich entwickelnden Anforderungen der angewandten Materialwissenschaft Schritt halten.

Wir bieten Standardprodukte sowie maßgeschneiderte Lösungen für die Prüfung von Nickellegierungen, Superlegierungen, Keramik, Keramikmatrix-Verbundwerkstoffen, Graphit, feuerfesten Materialien und anderen Materialien an.

Wir suchen ab sofort: Maschinenbauer | Konstrukteure | Mechatroniker m/w/d

MAYTEC Mess- und Regeltechnik GmbH | Hochtemperatur-Vakuum-Prüfsysteme
Im Haselbusch 16 | 78224 Singen | Tel. +49 (0) 7731 8350-60 | Fax +49 (0) 7731 8350-89
E-Mail: info@maytec-ht.de | www.maytec-ht.de

Bewerbungen an:
info@maytec-ht.de

GLOBAL. AHEAD. SUSTAINABLE.

 kurtz ersa

One Team, one Family!

Inspirierend innovativ

Bei Kurtz Ersa zu arbeiten heißt, täglich echten Team-Spirit zu leben. Das ist unsere Triebfeder, um als globaler Maschinenbauer smarte Best-in-class-Technologie zu realisieren – für Global Player wie BMW, Bosch oder Miele.

Daher suchen wir immer kluge Köpfe^(m/w/d), insbesondere in den Bereichen Maschinenbau und Softwareentwicklung/IT.

Join us now!

Erfolgreich.
Familienfreundlich
Bayerns Top 20 • Preisträger 2020/2021



JETZT BEWERBEN, LIKEN, FOLGEN!

 kurtzrsa.de/karriere  [GlobalAheadSustainable](https://www.facebook.com/GlobalAheadSustainable)

aktuelle
Stellen-
angebote:



VEGA

**SIND MEINE IDEEN
VON HEUTE
EURE VON MORGEN?
SICHER. MIT VEGA.**

Entdecke auch unseren

INNOVATION-HUB

in Karlsruhe!

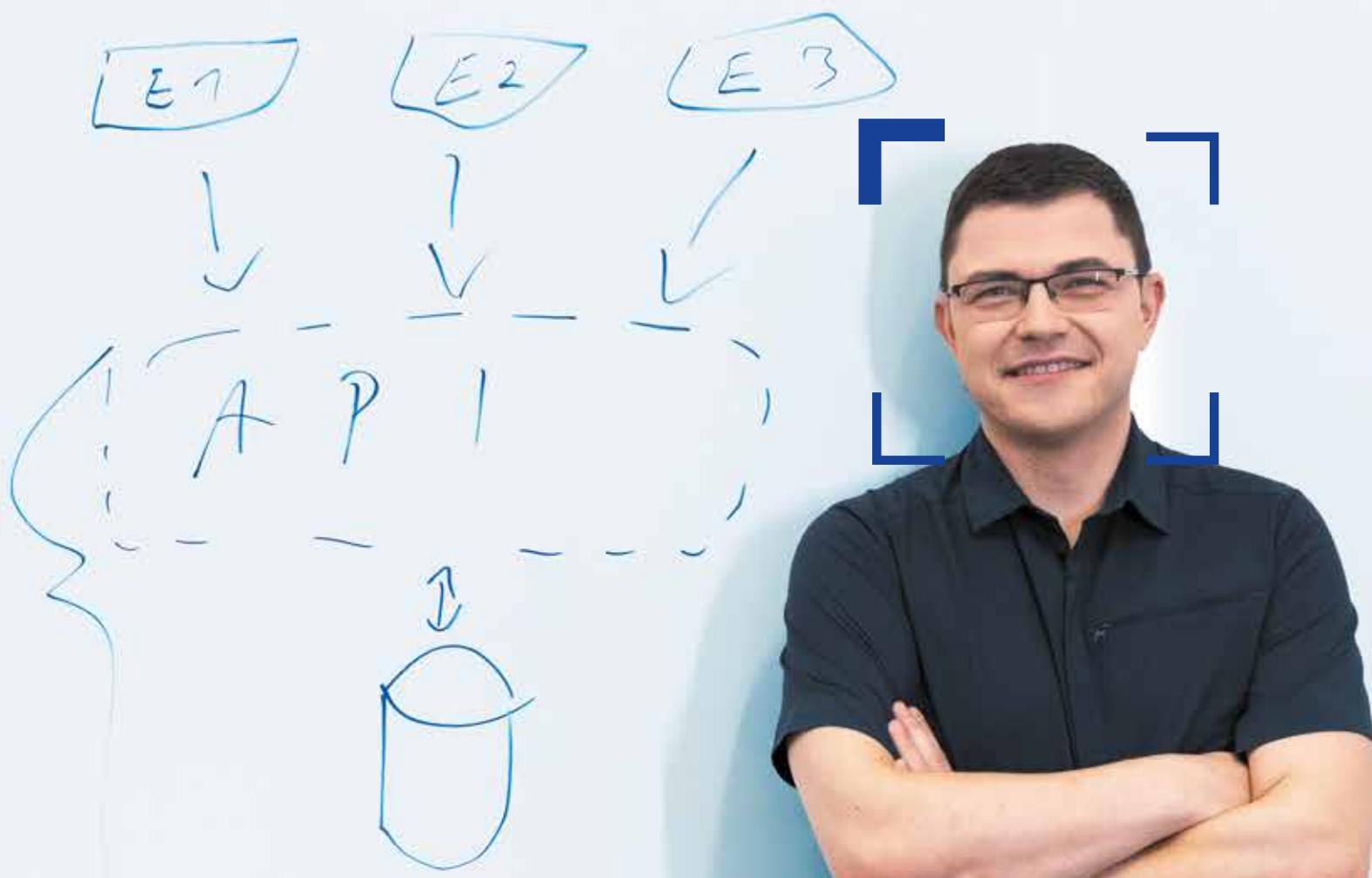
UNSERE ANGEBOTE FÜR STUDENTEN

· **Bachelorthesis** · **Masterthesis** · **Praktikum** · **Werkstudent**

Interessiert? Mehr Infos gibt's auf www.vega.com/karriere.



Lösungen finden, Innovationen formen.



Softwarearchitektur bei ZEISS

Hendrik ist Architekt – von digitalen Systemen. Als Softwareexperte bei ZEISS Digital Innovation (ZDI) unterstützt er verschiedene Entwicklungsteams dabei, Produktionsabläufe in der Fertigungsindustrie flexibler zu gestalten: „Die Verbindung von komplexen Maschinen, Abläufen und technischen Herausforderungen findet man außerhalb der Fertigung nur selten“, sagt er und ergänzt: „Man muss in vielen Dimensionen denken.“ Hendrik hat dabei eine gewisse Sonderrolle inne: „Als interner Dienstleister für Softwarelösungen bin ich in viele Projekte bei den unterschiedlichen ZEISS Sparten involviert und erhalte tiefe Einblicke in diverse Lösungen. Dadurch lerne ich immer wieder Neues dazu.“



**Erfahre mehr über
Hendrik und über
Jobs bei ZEISS in der
Softwarearchitektur**