

# lookKIT

DAS MAGAZIN FÜR FORSCHUNG, LEHRE, INNOVATION  
THE MAGAZINE FOR RESEARCH, TEACHING, INNOVATION  
AUSGABE/ISSUE #01/2024  
ISSN 1869-2311



## RESSOURCEN. KREISLAUF. ENERGIE.

### DAS KIT AUF DER HANNOVER MESSE

DIE KREISLAUFFABRIK: SCHENKT PRODUKTEN NEUES LEBEN  
CIRCULAR FACTORY: GIVES PRODUCTS NEW LIFE

DER HYBRIDSPEICHER: STECKT ENERGIE IN WÄRME UND BATTERIEN  
HYBRID STORAGE SYSTEM: STORES ENERGY IN BATTERIES AND IN THE FORM OF HEAT

DAS BETONRECYCLING: VERWERTET SCHUTT FÜR NEUES BAUMATERIAL  
CONCRETE RECYCLING: USES CONSTRUCTION WASTE FOR NEW BUILDING MATERIAL

Capgemini 



# 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 Perspektiven für dich und andere zu schaffen.

Erfahre jetzt mehr über uns und deine Einstiegsmöglichkeiten:  
[capgemini.de/karriere/](https://capgemini.de/karriere/)



GET THE FUTURE  
YOU WANT

**LIEBE LESERINNEN UND LESER,**

der rasant steigende globale Ressourcenverbrauch führt laut Global Footprint Network dazu, dass im Jahr 2022 etwa 1,75 Erden notwendig gewesen wären, um ihn zu decken. Forschende des KIT wollen den bisherigen linearen Wirtschaftsansatz „take, make, use, dispose“ (nehmen, machen, benutzen, entsorgen) grundlegend verändern. Ihr Lösungsansatz besteht in zirkulären Verfahren der Kreislaufwirtschaft. Ein weiterer Teil der Transformation hin zu einer nachhaltigen Industrie sind Technologien, um erneuerbare Energien zu speichern und passend zur Anwendung verfügbar zu machen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT präsentieren Exponate rund um diese Themen auf der Hannover Messe, die in diesem Jahr unter dem Leitgedanken „Energizing a Sustainable Industry“ steht.

Ab Seite 10 lesen Sie davon, wie Forschende im interdisziplinären Projekt AgiProbot und im Sonderforschungsbereich „Kreislauffabrik für das ewige Produkt“ Verfahren für eine nachhaltige industrielle Produktion entwickeln, in der Komponenten gebrauchter Produkte automatisiert aufbereitet und in innovativen Neuprodukten weiterverwendet werden.

Industrieprozesse schlucken in Deutschland 400 Terawattstunden Wärme im Jahr, das sind 20 Prozent des gesamten Energiebedarfs der Bundesrepublik. Bisher werden dafür zu 90 Prozent fossile Brennstoffe eingesetzt. Ein Team am Institut für Thermische Energietechnik und Sicherheit (ITES) des KIT will das ändern und entwickelt einen Hochtemperatur-Wärmespeicher, der auf dem Einsatz von Flüssigmetall basiert (ab Seite 24).

Um erneuerbare Energien in Haushalten bestmöglich nutzen zu können, arbeiten Forschende am Elektrotechnischen Institut (ETI) des KIT an einem Hybridspeichersystem, das die Vorteile zweier Batterietypen kombiniert und gleichzeitig als Wärmespeicher dient. Gesteuert wird es von einem intelligenten Energiemanagementsystem. Mehr dazu ab Seite 28.

Die Stahlindustrie ist einer der klimaschädlichsten Wirtschaftszweige der Welt. Forschende des Instituts für Technische Chemie und Polymerchemie (ITCP) des KIT haben die Heißwind-Erzeuger von Hochöfen für die Stahlproduktion so modifiziert, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen um bis zu 50 Prozent reduziert werden könnten. Wie dieser Ansatz funktioniert, erfahren Sie auf Seite 40.

Viel Vergnügen bei der Lektüre!

Ihr



**Prof. Dr. Oliver Kraft**

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



Oliver Kraft, Foto: Amadeus Bramalepe

**DEAR READER,**

According to the Global Footprint Network, about 1.75 Earths would have been needed to cover the rapidly increasing global consumption of resources in 2022. For this reason, KIT researchers work on replacing the “take, make, use, dispose” linear economic approach of today with circular economy processes. Transformation towards sustainable industry is also based on technologies to store renewable energy and make it available when needed. KIT scientists will present these technologies at this year’s Hannover Messe, the motto of which is “Energizing a Sustainable Industry.”

Read on page 12 how researchers of the interdisciplinary AgiProbot project and the Collaborative Research Center “Circular Factory for the Eternal Product” develop sustainable industrial production processes, in which components of used products are processed automatically and reused in innovative new products.

Industrial processes in Germany consume 400 Terawatt hours of heat per year, corresponding to 20 percent of our country’s total energy consumption. 90 percent of the fuels used for this purpose are of fossil nature. A team in the Institute for Thermal Energy Technology and Safety (ITES) of KIT wants to reduce this consumption by developing a high-temperature heat storage system based on liquid metal (see page 27).

For the best possible use of renewable energy in households, researchers of KIT’s Institute of Electrical Engineering (ETI) work on a hybrid storage system that combines the advantages of two different types of batteries and can also be used to store heat. The storage system is controlled by a smart energy management system. Read more on page 30.

Conventional steel production has a big CO<sub>2</sub> footprint and change to hydrogen-based technologies will take many years. Researchers of KIT’s Institute for Chemical Technology and Polymer Chemistry (ITCP) have modified Cowper heaters of blast furnaces in steel production and reduced CO<sub>2</sub> emissions by 50 percent. Read from page 38 how this process works.

Enjoy your reading!

Yours,

# INHALT / CONTENT



## BLICKPUNKT / FOCUS

**10 – 13**  
**KREISLAUFFABRIK: TÜFTELN AN DER VISION VOM EWIGEN PRODUKT**  
Circular Factory: Working on the Vision of the Eternal Product

**14 – 17**  
**AUS ALT MACH NEU: WIE BETON RECYCELT WERDEN KANN**  
New from Old: How Concrete Can Be Recycled

**18**  
**AUF EINE FRAGE: WIE WIRD EIGENTLICH EIN WINDRAD RECYCELT?**  
Just a Question: How Can a Wind Turbine Be Recycled?

**20 – 22**  
**KOMPETENZCLUSTER ANYMOS: DATEN NUTZEN, INDIVIDUEN SCHÜTZEN**  
ANYMOS Competence Cluster: Using Data, Protecting Individuals

**23**  
**AUSGRÜNDUNG: WEISSES GOLD FÜR DIE ENERGIEWENDE**  
Startup: White Gold for the Energy Transition

**24 – 27**  
**WÄRMESPEICHERUNG: HEISS IST DIE HOFFNUNG**  
Heat Storage: Hope in Hot Temperatures



**28 – 31**  
**HYBRIDES SPEICHERN: WÄRME- UND STROMSPEICHER IN EINEM**  
Hybrid Storage: One System Storing Power and Heat

**32 – 35**  
**ENERGIEVERSORGUNG: WASSERSTOFF NUTZEN OHNE FOLGEN**  
Energy Supplies: Using Hydrogen without any Adverse Consequences

**36 – 37**  
**NACHRICHTEN**  
News

## WEGE / WAYS

**38 – 41**  
**PRAGMATISCHE LÖSUNG: STAHL NACHHALTIGER PRODUZIEREN**  
Pragmatic Approach: Producing Steel More Sustainably



Das KIT auf der Hannover Messe 2024  
Lösungen für einen nachhaltigeren Umgang  
mit Ressourcen und Energie

[www.sts.kit.edu/hannovermesse2024.php](http://www.sts.kit.edu/hannovermesse2024.php)



## GESICHTER / FACES

42 – 45

### GENSCHERE CRISPR/CAS: PFLANZENGENETIK UMGEDREHT

CRISPR/Cas Gene Scissors:  
Plant Genetics Inverted

46

### AUGENBLICKKIT: AUSZUBILDENDE UND STUDIERENDE TÜFTELN ZUSAMMEN

AUGENBLICKKIT: Trainees and  
Students Working Together

## ORTE / PLACES

48– 52

### TESTFELD WINSENT: WINDKRAFT TROTZ TURBULENZEN

WINSENT Test Field: Wind Power  
Despite Turbulence

53

**INTERNATIONAL AFFAIRS:**  
Mastering Global Challenges with  
Strong Partners in South America

## HORIZONTE / HORIZONS

54 – 56

### NEUES VERFAHREN: MIT SCHONENDEM RÖNTGENBLICK

New Method: Gentle X-ray Imaging



57

### ALUMNI HEUTE: 3 000 SONNENSTUNDEN IM JAHR

Alumni Today: 3,000 Hours of  
Sunshine per Year

58

**IMPRESSUM**  
Imprint



## Ausstoßen

Rauch steigt von dem schwarzen Lavafeld auf, das nur knapp vor dem 3 800-Seelen-Dorf Grindavík im Südwesten Islands haltgemacht hat. Nach fast 800 Jahren Inaktivität erwachte das Svartsengi-Vulkansystem im November vergangenen Jahres mit einer Reihe von Erdbeben, durch die sich nördlich des Fischerdorfs große Risse im Erdboden auftaten. Über Wochen hinweg strömte aus den Spalten immer wieder glühende Lava in die Landschaft. Die Einwohnerinnen und Einwohner Grindavíks mussten evakuiert werden. Vulkanausbrüche wie dieser bringen jedoch nicht nur gefährliche Lavamassen, sondern auch klimaschädliche Gase mit sich. Neben Wasserdampf entweichen unter anderem  $\text{CO}_2$ , Schwefeldioxid und Kohlenstoffmonoxid in die Atmosphäre. Vulkane tragen damit in der Erdgeschichte schon immer zur Veränderung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Luft bei. Verglichen mit den menschengemachten Treibhausgasemissionen ist ihr derzeitiger Beitrag jedoch nur sehr gering. Im Sechsten Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) wird die Menge an durch Vulkane ausgestoßenem  $\text{CO}_2$  auf etwa 637 Megatonnen pro Jahr beziffert, was etwa 1,6 Prozent der menschengemachten  $\text{CO}_2$ -Emissionen entspräche. Der Verursacher des jetzigen Klimawandels bleibt also nach wie vor der Mensch.

## Emissions

Smoke is rising from the black lava field that has stopped just short of the Southwest Iceland village of Grindavík with its 3,800 inhabitants. After nearly 800 years of inactivity, the Svartsengi volcano system woke up with a series of earthquakes in November last year. As a result, large cracks opened in the ground north of the fishing village. For weeks, glowing lava emerged from these cracks and spread over the landscape. The inhabitants of Grindavík were evacuated. Such volcanic eruptions are associated not only with deadly lava flows, but also with climate-polluting gases. In addition to water vapor, volcanoes emit  $\text{CO}_2$ , sulfur dioxide, and carbon monoxide into the atmosphere. In the history of the Earth, volcanoes have always changed  $\text{CO}_2$  concentration in the air. But compared to anthropogenic greenhouse gas emissions, their emission rate is rather small. In the 6<sup>th</sup> Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the amount of  $\text{CO}_2$  emitted by volcanoes is specified to be about 637 megatons per year, which corresponds to about 1.6 percent of anthropogenic  $\text{CO}_2$  emissions. Hence, climate change is definitely caused by humans.









## Einfangen

Nicht die Quelle, sondern eine Senke für CO<sub>2</sub>-Emissionen könnten nach einer Studie von portugiesischen Forschenden erloschene Unterseevulkane sein – so wie die hier abgebildete Insel Ilheu de Vila Franca do Campo, die aus einem Vulkanschlot besteht. Über den Schlot könnte das CO<sub>2</sub> in das Vulkaninnere gepumpt werden. Dort finden sich poröse vulkanische Basalte. Das darin enthaltene Calcium, Magnesium und Eisen reagiert mit dem CO<sub>2</sub>, und es kommt zur Mineralisierung. Damit „versteinert“ das Treibhausgas und bleibt dauerhaft im Basalt gebunden. Für solche technischen Lösungen zur Speicherung von CO<sub>2</sub> im Untergrund als Teil einer umfassenden Klimastrategie sprachen sich im Januar auch deutsche Industrie-, Gewerkschafts- und Umweltverbände in einem gemeinsamen Thesenpapier aus. „Wir verfügen in Deutschland prinzipiell über große Gesteinsvolumina, in denen das Speichern von CO<sub>2</sub> langfristig möglich ist“, erklärt Professor Christoph Hilgers vom Institut für Angewandte Geowissenschaften des KIT. „Dabei wird das CO<sub>2</sub> durch Druck verflüssigt und ab etwa einem Kilometer Tiefe gespeichert. Dort verhält es sich dann wie eine Flüssigkeit und neigt dazu, im Untergrund zu bleiben.“ Natürlich müsse man mögliche Risiken betrachten, diese hält der Experte jedoch für überschaubar. „Solche Lösungen sind aus meiner Sicht unverzichtbar, um die Klimaziele zu erreichen“, so Hilgers.

## Capture

According to a study by Portuguese researchers, extinct submarine volcanoes, such as Ilhéu de Vila Franca do Campo shown here, might be a sink for CO<sub>2</sub> emissions rather than a source. CO<sub>2</sub> could be pumped via the volcanic vent into the volcano, where porous volcanic basalts are found. The calcium, magnesium, and iron contained therein react with the CO<sub>2</sub> and mineralization occurs. In this way, the greenhouse gas is “petrified” and remains bound in the basalt. In January, associations of German industry, trade unions, and environmental organizations issued a joint paper in which they supported this and other technical solutions for underground CO<sub>2</sub> storage as part of a comprehensive climate strategy. “In Germany, we possess large rock volumes, in which CO<sub>2</sub> storage is possible in the long term,” says Christoph Hilgers from KIT’s Institute of Applied Geosciences (AGW). “CO<sub>2</sub> is liquefied under pressure and stored at depths of about 1 km and below. There, it behaves like a liquid and tends to remain underground. Of course, we have to keep an eye on potential risks,” the expert says. “But these are manageable. In my opinion, such solutions are indispensable to reach the climate goals.”

# Tüfteln an der **Vision** vom

## KREISLAUFFABRIK SCHENKT GEBRAUCHTEN PRODUKTEN EIN NEUES LEBEN

VON MELANIE BACHER

**Forschende des KIT zeigen auf der Hannover Messe aktuelle Ansätze für eine nachhaltige industrielle Produktion, in der Komponenten gebrauchter Produkte automatisiert aufbereitet und in innovativen Neuprodukten weiterverwendet werden.**

Auf einem Tisch der AgiProbot-Fabrik bewegt sich ein Roboterarm über einem gebrauchten Startermotor. Mit seinem Kamerasystem erfasst er den Zustand des Motors. „In der Produktion der Zukunft arbeiten viele Roboter autonom zusammen – und natürlich auch mit Menschen“, erklärt Jan-Philipp Kaiser, wissenschaftlicher Mitarbeiter am wbk Institut für Produktionstechnik des KIT, der den Roboter programmiert hat. „So entsteht ein komple-

xes System, das sich ständig automatisch an veränderte Bedingungen anpassen muss.“ Der Frage, wie das gelingen kann, ist Kaiser gemeinsam mit einem interdisziplinären Projektteam am KIT nachgegangen. Die Forschenden haben dafür eine Demonstrator-Fabrik für die automatisierte Demontage von Elektromotoren aus der Automobilindustrie im Rahmen des sogenannten Remanufacturing entwickelt. Remanufacturing bezeichnet das industrielle Zerlegen, Aufarbeiten und wieder Zusammenbauen von gebrauchten Produkten. Zwei der in AgiProbot entstandenen Stationen sind auf der Hannover Messe 2024 zu sehen: die „Befundungsstation“ und „Lernen vom Menschen“.

### Die Befundung trennt die Spreu vom Weizen

Kaiser erklärt, was bei der Befundung passiert: „Das ist der erste Schritt beim Remanufacturing. Wir wollen möglichst viel weiterverwenden. Was jedoch für eine Weiterverwendung ungeeignet ist, weil es beispielsweise zu starke Schäden aufweist, wird so früh wie möglich aus dem Prozess entfernt. Eine besondere

Herausforderung ist dabei der Umgang mit Unsicherheiten wie unterschiedliche Grade und Arten von Abnutzungserscheinungen.“ Für die Inspektion nutzt die Befundungsstation optische Messverfahren: Auf der Basis von Bild- und Geometriedaten kann sie mithilfe von Auswertelgorithmen Mängel und Schäden zuverlässig erkennen und bewerten.

### Die Roboter schauen sich das Wissen vom Menschen ab

Kommt eine Weiterverwendung infrage, wird das Gebrauchtprodukt demontiert. „Um dies zu automatisieren, ist bisher eine aufwendige Programmierung der einzelnen Arbeitsschritte erforderlich“, erläutert Kaiser. „Wir wollen in Zukunft erreichen, dass auch nicht spezialisierte Personen die Handlungsschritte vorgeben und das System sozusagen anlernen können. Dabei wird das Expertenwissen durch einfaches Vormachen auf die Robotersysteme übertragen.“

Dafür kommt der Motor auf die Arbeitsfläche der nächsten Station, und Kaiser legt selbst Hand an. Er beginnt damit, den Motor ausei-

*Fachaustausch in der Kreislauf-fabrik: Fabian Sasse, Jan-Philipp Kaiser und Alex Frey vom wbk Institut für Produktionstechnik des KIT (v.li.)*

*Exchange of expertise at the circular factory: Fabian Sasse, Jan-Philipp Kaiser, and Alex Frey from the wbk Institute of Production Science of KIT (from the left)*



# ewigen Produkt

Das KIT auf  
der Hannover  
Messe 2024

Sie finden uns im  
Future Hub  
(Halle 2, Stand B35)

inanderzubauen. An der Station „Lernen vom Menschen“ erfassen mehrere Kameras sowie ein Blickregistrierungssystem jedes Detail der Demontage: Aus Informationen über die Arm- und Handbewegungen sowie der Blickrichtung und Fokussierung des Menschen in Kombination mit den verwendeten Werkzeugen kann das System die Abfolge der Tätigkeiten erfassen. Dabei erlernt es auch Problemlösestrategien, etwa den Umgang mit Verschmutzungen oder rostigen Schrauben.

Mit den so gewonnenen Daten kann der Demontageprozess in Zukunft von Robotern durchgeführt werden. Durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz können diese auch mit bisher unbekanntem Situationen umgehen, beispielsweise einer abweichenden Anordnung von Schrauben oder einer variierenden Anzahl von Zahnrädern.

## Per „Plug-and-play“ sind schnelle Anpassungen möglich

Produktionsumgebungen müssen zunehmend flexibel und anpassbar sein, um beispielsweise einen schnellen Wechsel zwischen verschiedenen Produkttypen zu ermöglichen. „Unsere Forschung basiert auf der Idee eines modular aufgebauten Systems, das somit extrem wandelbar und auch skalierbar ist“, erklärt Kaiser. „Ein Modul kann einzelne Arbeitsschritte durchführen, wie zum Beispiel Schrauben lösen, demontieren oder Komponenten befunden. Nach einer Art „Plug-and-play“-Prinzip werden die Module in der Fabrik zu einer Stationseinheit kombiniert.“

Findet ein Umbau statt – etwa, weil statt Modell A nun Modell B demontiert wird –, soll das Softwaresystem dies erkennen und sich selbst rekonfigurieren, also die Abfolge und Durchführung von Prozessen eigenständig festlegen. Komplettiert wird die Fabrik der Zukunft durch ein autonomes Intralogistiksystem, das ebenfalls nicht programmiert wird, sondern anhand der aktuellen Gegebenheiten selbstständig seinen Weg findet und die Warenströme in der Fabrik intelligent steuert. Die umfassenden Projektergebnisse aus AgiProbot gehen nun in den Sonderforschungsbereich „Kreislaufabrik für das ewige Produkt“ am KIT ein.

*Jan-Philipp Kaiser ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe der Qualitätssicherung am wbk Institut für Produktionstechnik des KIT*

*Jan-Philipp Kaiser is research assistant in the Quality Assurance Group of KIT's wbk Institut of Production Science*



FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

## Projekt AgiProbot

AgiProbot steht für „Agiles Produktionssystem mittels mobiler, lernender Roboter mit Multisensorik bei ungewissen Produktspezifikationen“. Das Projekt wurde von der Carl-Zeiss-Stiftung mit drei Millionen Euro gefördert.

**Laufzeit:** März 2019 - Februar 2024

**Sprecherin:** Professorin Gisela Lanza, wbk Institut für Produktionstechnik

### Beteiligte Institute des KIT:

- wbk Institut für Produktionstechnik – federführend
- Institut für Industrielle Informationstechnik (IIIT)
- Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR)
- Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)
- Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab)



[www.wbk.kit.edu/wbkintern/Forschung/Projekte/AgiProbot](http://www.wbk.kit.edu/wbkintern/Forschung/Projekte/AgiProbot)



FOTO: MARKUS BREIG



*Professorin Gisela Lanza,  
Mitglied der Instituts-  
leitung des wbk Institut für  
Produktionstechnik des KIT  
und Leiterin des Bereichs  
Produktionssysteme*

*Professor Gisela Lanza is  
member of the Board of  
Directors of the wbk  
Institute of Production  
Science. She heads the  
Production Systems Group*

## Working on the Vision of the Eternal Product

### Circular Factory Gives Used Products a New Life

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

At this year's Hannover Messe, KIT researchers will present approaches to sustainable industrial production, by which certain components of used products are automatically reprocessed and reused in innovative new products. As part of the AgiProbot project, an interdisciplinary team has developed a demonstrator factory for the automatic disassembly of electric motors in remanufacturing. Remanufacturing is the industrial disassembly, reprocessing, and reassembly of used products. Two of the stations developed under AgiProbot will be presented at Hannover Messe: The inspection station and the learning from humans station.

Inspection is aimed at sorting out used products that are not suited for reuse. The inspection station uses image and geometry data together with evaluation algorithms to detect and assess defects and damage. The learning from humans station is designed to automate disassembly of the product. Here, cameras and an eye tracking system record the sequence and details of manual disassembly by a human being. Based on these data, this task will then be transferred to robotic systems.

FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE



The results of AgiProbot will be used in the Collaborative Research Center "Circular Factory for the Eternal Product" of KIT. In the future, circular production patterns could help considerably reduce global consumption of primary resources. "Recycling is good – but reuse is better," says Professor Gisela Lanza, Head of the wbk Institute of Production Science of KIT and Spokeswoman of the Collaborative Research Center and the AgiProbot project. "The added value of the components is preserved. At the circular factory,

components of old devices are reprocessed specifically and reused in new products. Upward compatibility of old components with the following product generations will be considered when developing a product. This is the decisive step from remanufacturing, reuse in the same product generation, to the eternal product. It will enable multiple reuses in the following product generations, i.e., also in combination with innovations." During the first funding period through late 2027, a lab-scale circular factory will be built to demonstrate generation-overlapping product development, automated disassembly and reprocessing processes, as well as the reassembly of components. ■



*In der Demonstrationsfabrik wird ein Anlasser  
automatisiert demontiert. Der Demonstrator ist  
in vier verschiedene Stationen unterteilt, die sich  
einzelnen Forschungsfragen widmen*

*A starter motor is dismantled automatically at the  
demonstrator factory. The demonstrator is divided  
into four different stations dedicated to individual  
research questions*

### An der Vision vom ewigen Produkt tüfteln die Forschenden in der Kreislauffabrik

Nachhaltige zirkuläre Produktionsmuster einer Kreislaufwirtschaft erlauben es, Rohstoffe – oder wie in AgiProbot und der Kreislauffabrik geplant – ganze Komponenten sehr lange im System zu halten und mehrfach weiterzuverwenden. Der globale Verbrauch primärer Rohstoffe könnte so zukünftig deutlich reduziert werden. Eine dringende Notwendigkeit, denn um den aktuellen Verbrauch zu decken, wären laut Global Footprint Network im Jahr 2022 etwa 1,75 Erden notwendig gewesen.

„Recycling ist gut, aber Weiterverwendung ist besser. Die Wertschöpfung in den Komponenten bleibt dabei erhalten. In der Kreislauffabrik werden Komponenten aus Altgeräten gezielt aufbereitet und in Neuprodukten weiterverwendet“, erläutert Professorin Gisela Lanza, Leiterin des wbk Institut für Produktionstechnik und Sprecherin des Sonderforschungsbereichs sowie des Projekts AgiProbot. „Schon in der Produktentwicklung wird dabei berücksichtigt, dass Altbestandteile auch mit nachfolgenden Produktgenerationen kompatibel sind. Das ist der entscheidende Schritt in der Kreislauffabrik: Komponenten aufzuarbeiten und in kommenden Produktgenerationen weiterzuverwenden in Richtung „ewiges Produkt“ und das verbunden mit Innovationen.“



In der ersten Förderperiode bis Ende 2027 soll eine Kreislauffabrik im Labormaßstab aufgebaut werden. Diese umfasst eine generationsübergreifende Produktentwicklung, automatisierte Demontage- und Aufbereitungsprozesse – darunter insbesondere additive Verfahren wie Auftragsschweißen – sowie das erneute Zusammenbauen der Komponenten. ■

@ Jan-Philipp.Kaiser@kit.edu

## Sonderforschungsbereich 1574 „Kreislauffabrik für das ewige Produkt“

Der Sonderforschungsbereich wird durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) mit zunächst elf Millionen Euro gefördert.

**Laufzeit:** April 2024 - Dezember 2027 (bis zu zwei Verlängerungen um jeweils vier Jahre möglich)

**Sprecherin:** Professorin Gisela Lanza, wbk Institut für Produktionstechnik

### Beteiligte Institute des KIT:

- wbk Institut für Produktionstechnik
- Institut für Angewandte Materialien (IAM)
- Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR)
- Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab)
- Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)
- Institut für Industrielle Informationstechnik (IIIT)
- Institut für Nanotechnologie (INT)
- Institut für Produktentwicklung (IPEK)

### Weitere Partner:

- Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
- Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft
- Universität Stuttgart



[www.sfb1574.kit.edu](http://www.sfb1574.kit.edu)



ANZEIGE

Als weltweit führender Automobilzulieferer konzipiert, entwickelt und produziert **AAM** Systeme und Technologien, die die nächste Generation von Fahrzeugen intelligenter, leichter, sicherer und effizienter machen. Die Tekfor Gruppe ist seit Mitte 2022 Teil von **AAM** und führend in der Konzeption, Entwicklung und Produktion von innovativen Lösungen für Getriebe, Motor, Antriebsstrang, spezielle Applikationen sowie Sicherheitsmuttern.

**Bei uns, in Hausach, hast du die Möglichkeit dich zu entwickeln, Herausforderungen zu bewältigen, deine Fertigkeiten auszubauen und dich selbst zu verwirklichen. Für die Bereiche „BWL Industrie“ und „Maschinenbau“ suchen wir**

**STUDENT BACHELORTHESIS**

**UND WERKSTUDENT** (M/W/D)



**BRINGING THE FUTURE  
FASTER**



Gestalte deine Zukunft und die Zukunft der Mobilität -  
Bewerbe dich jetzt unter [hr.hausach@aam.com](mailto:hr.hausach@aam.com)

**Neumayer Tekfor GmbH** | Hinterer Bahnhof 17  
77756 Hausach | [www.aam.com](http://www.aam.com) | [www.tekfor.com](http://www.tekfor.com)  
@neumayer.tekfor\_ausbildung



# Aus alt mach neu: **Wie Beton recycelt werden kann**

DIE HERSTELLUNG VON BETON IST EINE DER HAUPTQUELLEN INDUSTRIELLER TREIBHAUSGASEMISSIONEN. IM PROJEKT „ZERO EMISSION CIRCULAR CONCRETE“ ENTWICKELT DAS KIT EINE WEGWEISENDE LÖSUNG, UM DIESE ZU BEGRENZEN.

VON MAXIMILIAN FERBER

## Das KIT auf der Hannover Messe 2024

Sie finden uns im  
Future Hub  
(Halle 2, Stand B35)



FOTOS: MARKUS BREIG

Die Produktion von Beton ist weltweit für etwa sechs bis neun Prozent aller vom Menschen verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Ausschlaggebend dafür ist die Herstellung des Zwischenprodukts Zement. In Deutschland ist die Betonproduktion die drittgrößte Quelle industrieller Treibhausgasemissionen. Das sind Zahlen, die Dr. Rebekka Volk umtreiben. Die Ingenieurin forscht am Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion des KIT (IIP) an der klimaneutralen Industrie der Zukunft.

„Angesichts der fortschreitenden Klimakrise müssen wir hier dringend etwas tun“, sagt Volk. „Schnelle Lösungen sind allerdings nicht zu erwarten. Die Entwicklungen in der Baubranche sind sehr langsam und erfordern zuvor viel Forschung. Auch die Markteinführung ist zeitintensiv. Aber immerhin sind uns die Stellschrauben bekannt.“ Rund 60 Prozent der Treibhausgasemissionen bei der Betonherstellung sind Prozessemissionen der Zementindustrie. Die restlichen 40 Prozent stammen aus den Brennstoffen, die zum Betrieb des Hochtemperaturprozesses nötig sind. „Am KIT haben wir uns zum Ziel gesetzt, diese Emissionen durch eine möglichst effiziente Kreislaufführung von Beton nahezu vollständig zu vermeiden. Dazu sind neue Verfahren nötig“, so Volk.

### Starke Partnerschaften am KIT und mit der Industrie

Natürliche Verbündete fand die Ingenieurin dabei im Team um Dr. Peter Stemmermann

vom Institut für Technische Chemie des KIT, der sich seit zwei Jahrzehnten genau damit beschäftigt. Seine Lösung: aus bisher nicht genutzten Abfällen des heutigen Betonrecyclings neuen Zementklinker herzustellen. „Wenn wir Altbetonreste einsetzen, können wir mit unserem neuen Verfahren, das wir mit erneuerbarem Strom beheizen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen um bis zu 60 Prozent reduzieren“, erklärt Stemmermann. „Das restliche CO<sub>2</sub> binden wir chemisch in dem bereits heute recycelten Betonbruch.“

Gemeinsam mit Industriepartnern wie EHL AG und Heinrich Feess GmbH arbeiten Volk und Stemmermann in mehreren Projekten am „Zero Emission Circular Concrete“. Vom Altbeton über die energiesparende Herstellung eines speziellen Klinkers mit Recyclinganteil bis hin zum neu gemischten Beton wird dabei ein CO<sub>2</sub>-neutraler, hochwertiger und ressourceneffizienter Betonkreislauf entwickelt und im industriellen Maßstab demonstriert. Auf der Hannover Messe 2024 stellt das Team dieses neue Verfahren erstmals einer breiten Öffentlichkeit vor.

### Nachhaltiger Betonkreislauf bindet CO<sub>2</sub> im Recyclingbeton

Im neuen Verfahren der Karlsruher Forschenden wird der Altbeton in einem ersten Schritt zerkleinert. Dabei entsteht zu 70 bis 80 Prozent grobes Aggregat, das bereits heute im Straßen- und Wegebau wiederverwendet wird. Die restlichen 20 bis 30 Prozent fallen bislang aber als Abfall an. „Dieses Feinmateri-

Brückenabriss am Darmstädter Kreuz: Aus Abrissmaterial kann neuer Zement hergestellt werden. Wird beim Prozess regenerative Energie eingesetzt, lassen sich CO<sub>2</sub>-Emissionen um bis zu 60 Prozent reduzieren

Bridge demolition at the Darmstadt motorway junction: New cement can be produced from demolition material. If renewable energy is used in the process, CO<sub>2</sub> emissions can be reduced by up to 60 percent

## Betonherstellung auf einen Blick

Zur Herstellung von Beton werden drei Hauptkomponenten eingesetzt: über 80 Prozent Kies und Sand, 10 bis 15 Prozent Zement und schließlich Wasser. Durch Mischen entsteht ein beliebig formbares Material, das nach einigen Stunden erhärtet. Insbesondere der Zement verschlechtert dabei die Umweltbilanz. Für die Herstellung werden Rohstoffe wie Kalkstein, Ton und Sand gemahlen und in Drehrohröfen bei rund 1 450 Grad Celsius gebrannt. Der dabei entstehende Klinker wird später unter Zugabe von Wasser erhärtet und dient als Bindemittel. Im fertigen Zement werden dem Klinker weitere Bestandteile wie Gips, Kalk oder Hüttsand beigemischt. Die Produktion benötigt viel Energie, und es werden im Prozess klimaschädliche Gase ausgestoßen. ■

al ist für die Industrie insofern interessant, als dass darin der Zement, also das eigentliche Bindemittel des Betons, angereichert ist“, erklärt Stemmermann. Das Feinmaterial wird bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen von um die 1 000 Grad Celsius unter Zugabe von Kalk zu neuem Klinker gebrannt. Das Verfahren sei aus mehreren Gründen umweltschonend, betont Stemmermann: „Erstens wird durch die niedrige Temperatur weniger Energie benötigt und damit weniger CO<sub>2</sub> freigesetzt. Zweitens entsteht ein belithaltiger, kalkarmer Klinker, was die Emissionen weiter reduziert. Drittens fangen wir das bei der Klinkerherstellung natürlich freigesetzte CO<sub>2</sub> ab und nutzen es im weiteren Prozess, um es dauerhaft im Recyclingbeton zu binden und dabei noch dessen Eigenschaften zu verbes-



FOTOS: MARKUS BREIG

## New from Old: How Concrete Can Be Recycled

### Production of Concrete Is One of the Main Sources of Industrial Greenhouse Gas Emissions; KIT's "Zero-emission Circular Concrete" Project Aims to Limit Them

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Six to nine percent of all anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions worldwide are caused by the production of concrete through the manufacture of the intermediate product cement. "In view of the climate crisis, we must take action urgently," says Dr. Rebekka Volk from KIT's Institute for Industrial Production (IIP). In the "Zero-emission Circular Concrete" project, researchers are developing a process to reduce these emissions to nearly zero. Rebekka Volk collaborates with the team of Professor Peter Stemmermann from KIT's Institute for Technical Chemistry (ITC) and with renowned industrial companies. According to Stemmermann, the solution lies in circular economy: "The use of old concrete waste and of our new process with heating based on renewable electricity can reduce CO<sub>2</sub> emissions by up to 60 percent," says Stemmermann. "We chemically bind the remaining CO<sub>2</sub> in the crushed concrete that is already recycled today." The first step of recycling is to crush old concrete. Crushing yields 70 to 80 percent coarse aggregate, which is already mostly reused in road construction. However, the remaining 20 to 30 percent so far have accumulated as waste. "This material is of interest to industry because cement, the binding material in concrete, is enriched in it," Stemmermann explains. In the new process, this fine material is burned at comparatively low temperatures with lime to produce new clinker. At this low temperature, less energy is required and less CO<sub>2</sub> is emitted. The new clinker can be processed into cement. Additionally, the CO<sub>2</sub> released is bound in the recycled concrete. Processing steps must be feasible, however, for such innovative technologies to be successful. "We know that the process heat required for the cement process is the biggest driver of costs", Volk says. "It will therefore be essential to use renewable energy sources and modern, energy-saving heating methods. We will develop the emission-free concrete cycle to maturity," Volk says. As its next step, the team plans to open a pilot plant this year. The process will be presented to the public at Hannover Messe ■

*Dr. Rebekka Volk vom Institut für Industrie-  
betriebslehre und Industrielle Produktion des KIT  
sowie Dr. Peter Stemmermann vom Institut für  
Technische Chemie des KIT*

*Dr. Rebekka Volk from the Institute for Industrial  
Production of KIT and Dr. Peter Stemmermann  
from the Institute for Technical Chemistry of KIT*

*Herstellung von  
Mitfahrbänken des KIT  
aus Beton*

*Production of concrete  
pick-up benches for KIT*



FOTO: TANJA MEISSNER



„Vor allem der letzte Punkt sei ein entscheidender Fortschritt für eine nachhaltigere Betonherstellung, betont Stemmermann.“

**Pilotanlage steht kurz vor der Eröffnung**

„Entscheidend für den Erfolg neuer Technologien ist oft nicht, dass alles, was wir tun, völlig neu ist. Es kommt auch darauf an, wie die Verfahrensschritte kombiniert werden und ob es für die Industrie praktikabel ist, die Prozesse umzustellen“, sagt Volk. „So ist nach unseren Erkenntnissen die im Zementprozess benötigte Prozesswärme der größte Kostentreiber der Betonherstellung.“ Entscheidend sei daher, dass die Verfahrensschritte mit erneuerbaren Energien und modernen, energiesparenden Heizmethoden betrieben würden. Der neue Betonkreislauf basiere aber auch auf gänzlich neuen, innovativen Verfahrensschritten, für die es bisher keine belastbaren Daten gebe. Hier konnten die Forschenden am KIT Pionierarbeit leisten. „Jetzt werden wir den emissionsfreien Betonkreislauf bis zur Marktreife weiterentwickeln“, so Volk. Die Eröffnung einer Pilotanlage soll noch in diesem Jahr der nächste Schritt sein. ■



*Vorbereitung einer Zementleim-Probe für die Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop*

*Preparation of a cement paste sample for examination under a scanning electron microscope*


*Im Labor-Autoklav wird Altbeton verarbeitet, um ihn danach als Betonzuschlag wiederzuverwerten*

*Old concrete is processed in the laboratory autoclave and then recycled as concrete aggregate*



FOTOS: ITC

@ [rebekka.volk@kit.edu](mailto:rebekka.volk@kit.edu)  
[peter.stemmermann@kit.edu](mailto:peter.stemmermann@kit.edu)

 [www.kit-technology.de/del/technologieangebote/details/672](http://www.kit-technology.de/del/technologieangebote/details/672)



 [www.itc.kit.edu/1518.php](http://www.itc.kit.edu/1518.php)



 [www.iip.kit.edu/86\\_5942.php](http://www.iip.kit.edu/86_5942.php)



ANZEIGE



**Architektenkammer  
 Baden-Württemberg**

Danneckerstraße 54  
 70182 Stuttgart  
 T 0711 2196-0 | [info@akbw.de](mailto:info@akbw.de)

[www.akbw.de](http://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!**



## WIE WIRD EIGENTLICH EIN WINDRAD RECYCELT?

VON UTE ELENA HAMM // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // FOTO: MARKUS BREIG

Ohne Windkraft sind Klimaschutz und Energiewende nicht denkbar. In Deutschland gehört Windenergie zu den wichtigsten erneuerbaren Energien. Was sich jedoch nicht erneuert, sind die Windkraftanlagen. Sie haben nach 20 bis 30 Jahren das Ende ihrer Lebensdauer erreicht und werden meist durch leistungsfähigere Anlagen ersetzt. Die rückgebauten alten Anlagen sollen recycelt werden, aber genau das ist bei den Rotorblättern der Windräder bislang noch nicht oder nicht zufriedenstellend möglich. „Während es für Baustoffe wie Stahl, Stahlbeton oder Kupfer etablierte Verfahrenswege zur Rückgewinnung gibt, stellt das Recycling der aus Faserverbundwerkstoffen bestehenden Rotorblätter bislang ein ungelöstes Problem dar“, erläutert Professor Thomas Ummenhofer, Leiter der Abteilung Stahl- und Leichtbau der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine (VAKA) des KIT. Die bisher einzige Verwertungsmethode ist die Verbrennung und Verwertung der Verbrennungsrückstände in der Zementindustrie. Genutzt wird also vor allem die Wärme, die beim Verbrennen der als Abfälle gewerteten Rotorblätter entsteht. Dabei wird jedoch nicht nur viel CO<sub>2</sub> freigesetzt, es bleibt auch eine wesentliche Materialeigenschaft ungenutzt: „Faserverbundwerkstoffe sind robust und langlebig“, erläutert Dr. Matthias Albiez von der VAKA. Er leitet das vom

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderte Projekt BladeReUse. Hier untersuchen die Forschenden gemeinsam mit Partnern aus der Industrie, wie die ausgedienten Rotorblätter besser wiederverwertet werden können. Dazu entwickeln sie einen vollständigen Re-Use-Prozess: von der Demontage und Zerlegung der Rotorblätter über die Prüfung, konstruktive Anpassung und Qualifizierung der Teile für die Weiterverwendung bis hin

zur Erprobung der neuen Produkte. Zusätzlich analysieren die Forschenden die Ökobilanz des Prozesses und ermitteln, wie und wieviel CO<sub>2</sub> dabei eingespart werden kann. Die Segmente der rückgebauten Rotorblätter sollen in Anwendungsbereichen eingesetzt werden, die von den Materialeigenschaften profitieren: „Sie könnten sich etwa für den Bau von Lärmschutzwänden, beim Baugrubenverbau oder im Küsten- und Gewässerschutz eignen“, so Albiez. ■

AUF EINE FRAGE

### HOW CAN A WIND TURBINE BE RECYCLED?

Climate protection and the energy transition are impossible without wind power. Wind power is one of the most important renewable energy sources in Germany. Wind power plants, however, are not renewable. After 20 to 30 years of operation, they reach the end of their service life and are mostly replaced by plants with higher performance. While it is envisaged to recycle the disassembled old plants, recycling of the rotor blades has been impossible or hardly possible so far. “Recycling processes of steel, reinforced concrete, and copper are well-established. But recycling of rotor blades made of fiber composites still is an unsolved problem,” says Professor Thomas Ummenhofer, Head of the Steel and Lightweight Structures Group of KIT’s Research Center for Steel, Timber, and Masonry (VAKA). The only method applied so far has been combustion and reuse of the combustion residues in the cement industry. This means that reuse covers the heat produced when combusting the rotor blades that are considered waste. But the associated CO<sub>2</sub> emissions are high and a major feature of the material is neglected: “Fiber composites are robust and long-lived,” says Dr. Matthias Albiez, VAKA, who coordinates the BladeReUse project funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action. Within this project, researchers and industry partners study how the reuse of the old rotor blades can be improved. For this purpose, they develop a process that extends from the disassembly of the rotor blades to the inspection, to adaptation, to qualification of the parts for reuse, to the testing of the new product. The researchers also analyze the ecobalance of this process and determine whether and to what extent CO<sub>2</sub> emissions are reduced. The segments of the disassembled rotor blades will be reused in applications, where the properties of the material will be of particular advantage. “They might be perfectly suited for the construction of noise barriers, the sheeting of construction pits, or for coastal and water protection purposes,” Albiez adds. ■

@ [matthias.albiez@kit.edu](mailto:matthias.albiez@kit.edu)

 [stahl.vaka.kit.edu/forschung\\_2004.php](http://stahl.vaka.kit.edu/forschung_2004.php)

**OFFENBURG**  
DU MACHST DEN UNTERSCHIED

#SPURENHINTERLASSER



JETZT BEWERBEN:



## WERDE SPURENHINTERLASSER (M/W/D)!

Alles, was wir – als Mitarbeitende der Stadt Offenburg – tun, hinterlässt Spuren bei den Bürgerinnen und Bürgern, für die wir arbeiten – jeden Tag. Egal ob groß oder klein, jung oder alt. Damit wir dies auch weiterhin tun können, suchen wir Menschen, die bereit sind mit uns als Arbeitgeberin zusammen Spuren zu hinterlassen. Denn es macht für die Menschen, die bei uns in Offenburg leben einen Unterschied, ob wir unseren Job machen, oder eben nicht.

BEWIRB DICH JETZT UNTER: [karriere.offenburg.de](https://karriere.offenburg.de)

## Bei uns gibt's **JOBS** mit bester **AUSSICHT.**

Ideen brauchen Weitblick. Und Mut. Und Menschen, die sie verwirklichen können – ob am Schreibtisch oder auf dem Windrad. Wenn dir die Energiezukunft in der Region Heilbronn-Franken genauso am Herzen liegt wie uns, bist du bei uns richtig!

### Das erwartet dich bei uns:

- + 36-Stunden-Woche und flexible Arbeitszeiten
- + Attraktives Gehalt und Betriebsrente
- + Zahlreiche Mitarbeiterangebote und Benefits
- + Kinderzulage, Weihnachts- und Urlaubsgeld
- + Gute Vereinbarkeit von Beruf und Familie

Bewerben  
ohne Anschreiben



### Hört sich gut an? Bewirb dich jetzt!

Nicole Eckhart  
Telefon 07131 610-2122

Merle Schnappauf  
Telefon 07131 610-2125

[recruiting@zeag-energie.de](mailto:recruiting@zeag-energie.de)

[www.zeag-energie.de/  
stellenangebote](https://www.zeag-energie.de/stellenangebote)

**ZE AG**  
energie

meine Zukunft Energie AG



# Daten nutzen, Individuen schützen

DAS KOMPETENZCLUSTER  
ANYMOS ARBEITET AN  
DATENSICHERHEIT IN DER  
MOBILITÄT

VON REGINA LINK

**Automatisierung im Verkehr soll den Verkehrsteilnehmenden nutzen. Sie schnell ans Ziel bringen, Ticketbuchungen per Handy ermöglichen oder sicher durch den Verkehr lotsen. Das A und O für diese Dienste sind Daten. Sie so zu verwenden, dass sie ihren Zweck erfüllen, aber keine Rückschlüsse auf einzelne Personen zulassen, ist nicht trivial. Das Kompetenzcluster „Anonymisierung für vernetzte Mobilitätssysteme“ (ANYMOS) hat es sich zur Aufgabe gemacht, diesen Spagat zu meistern.**

„In ANYMOS untersuchen wir, welche Anforderungen und Methoden für eine Anonymisierung von Daten benötigt werden und wer-

ten aus, unter welchen Umständen aus anonymisierten wieder individuelle Daten werden könnten“, so Privatdozent Dr. Robert Heinrich vom KASTEL – Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit des KIT.

#### Was ist Anonymisierung?

Für gelungenen Datenschutz braucht es zuallererst eine Antwort auf die Frage: Was genau meint Anonymisierung? „Der Begriff, wie er im juristischen Sinne in der Datenschutzgrundverordnung verwendet wird, passt nicht zu der technischen Definition“, erklärt Professor Jörn Müller-Quade, Sprecher von KASTEL. „Wir sind daher in den KASTEL Security Research Labs im Austausch mit Rechtsexperten und -expertinnen, um Anonymität erst ein-

mal sauber zu definieren.“ Müller-Quade sieht großen Handlungsbedarf: „Ich glaube, dass unsere Privatsphäre in dieser digitalisierten Welt bedroht ist und dass es deswegen sehr wichtig ist, zu verstehen, was Anonymität bedeutet.“

#### Verräterische Spuren im Netz

Dass es im Netz viel Datengold zu heben gibt, dazu tragen Nutzende aktiv bei: „Viele gehen im Internet in einer Art und Weise spazieren, als würden sie keine Spuren hinterlassen“, sagt Müller-Quade. „Aber wir hinterlassen eine Vielzahl von Spuren, die von Unternehmen aufwendig analysiert werden.“ Die Spuren entstehen nicht nur unbewusst, sondern oft auch mehr oder weniger bewusst, denn

# ANYMOS

ANONYMISIERUNG FÜR VERNETZTE MOBILITÄTSSYSTEME

## ANYMOS-Stammtisch

Der TRIANGEL Transfer | Kultur | Raum am Kronenplatz lädt einmal im Monat zu einem hybriden Stammtisch ein, um gemeinsam mit Expertinnen und Experten den Forschungsfragen des Clusters ANYMOS auf den Grund zu gehen und über Mobilität, Daten und Privatsphäre zu diskutieren.

## WISSENSWOCHE ANYMOS

Einblicke in die Wissenschaft und Mitmachformate bietet die WISSENSWOCHE ANYMOS für Groß und Klein vom 6. bis 9. November 2024 im TRIANGEL am Kronenplatz.



Weitere Informationen  
 und Termine:  
[www.triangel.space/anymos](http://www.triangel.space/anymos)



FOTO: ANYMOS

*Dr. Robert Heinrich und Professor Jörn Müller-Quade (v. li.) vom KASTEL – Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit des KIT arbeiten am richtigen Verhältnis zwischen Daten nutzen und Daten schützen*

*Dr. Robert Heinrich and Professor Jörn Müller-Quade (from the left) from KIT's KASTEL – Institute of Information Security and Dependability are working on the right balance between using data and protecting data*

zurzeit lösen Dienstleister ihr Datenschutzproblem, indem Kundinnen und Kunden ihr Einverständnis zur Datennutzung geben müssen. Das sei eigentlich ein schlechter Zustand, weil so der geringste Datenschutz Standard geworden sei, sagt Müller-Quade. „Außerdem ist das fragwürdig, weil ich ja gar nicht weiß, worin ich einwillige.“ Erschwerend kommen inzwischen auch die Möglichkeiten von Künstlicher Intelligenz (KI) hinzu. „Gerade wenn es viele Daten gibt, kann man KI-Systeme sehr gut trainieren, und es wird erstaunlich sein, auf welcher vielfältigen Weise sie unsere Privatsphäre bedrohen können“, betont Müller-Quade.

## Mehr Daten als Schutz bei der Mobilität

Besonders bei der Mobilität gibt es in puncto Anonymisierung noch große weiße Flecken. Wer sich mit dem Auto oder der Bahn fortbewegt, hinterlässt mehr Spuren, als sie oder er vermuten würde: „Bei der Mobilität wissen wir noch gar nicht genau, wie Anonymisierung wirklich gut funktioniert“, erklärt Heinrich. „Standortdaten sind sehr verräterisch“, ergänzt Müller-Quade. „Wo ich morgens losfahre, ist vermutlich mein Wohnort, wo ich morgens aussteige, ist wahrscheinlich mein Arbeitsort. Und wenn ich ein interessantes Dreiecksmuster in meiner Bewegung habe, dann habe ich vermutlich ein Verhältnis.“

„Bei der Mobilität sind sehr viele Systeme involviert, die permanent Daten erzeugen“, erklärt Heinrich. Daten entstehen etwa beim autonomen Fahren, aber auch in vernetzten Infrastrukturen, beispielsweise bei intelligenten Ampel- oder Verkehrsleitsystemen, die miteinander kommunizieren. Auch der öffentliche Nahverkehr ist ein Datensammler, zum Beispiel durch elektronisches Ticketing oder Kameras in den Bahnen. Das Problem: Während eine einzige Datenquelle womöglich keine Rückschlüsse auf eine Person zulässt, könnte es schon anders aussehen, wenn Daten aus mehreren Quellen bezogen und intelligent miteinander kombiniert werden. Dieses Risiko ist größer, als man vermuten würde. Erwiesenermaßen kann beispielsweise ein Großteil der Bevölkerung der USA lediglich anhand der Kombination aus Geschlecht, Geburtsdatum und Postleitzahl eindeutig bestimmt werden.

## Techniken für anonyme Mobilität

Damit so etwas im Verkehr nicht passieren kann, will ANYMOS beispielsweise Ticketsysteme entwickeln, welche die zurückgelegte Strecke genau abrechnen, ohne zu verraten, welche Strecke eine Person gefahren ist. „Solche kryptografischen Lösungen entwickeln

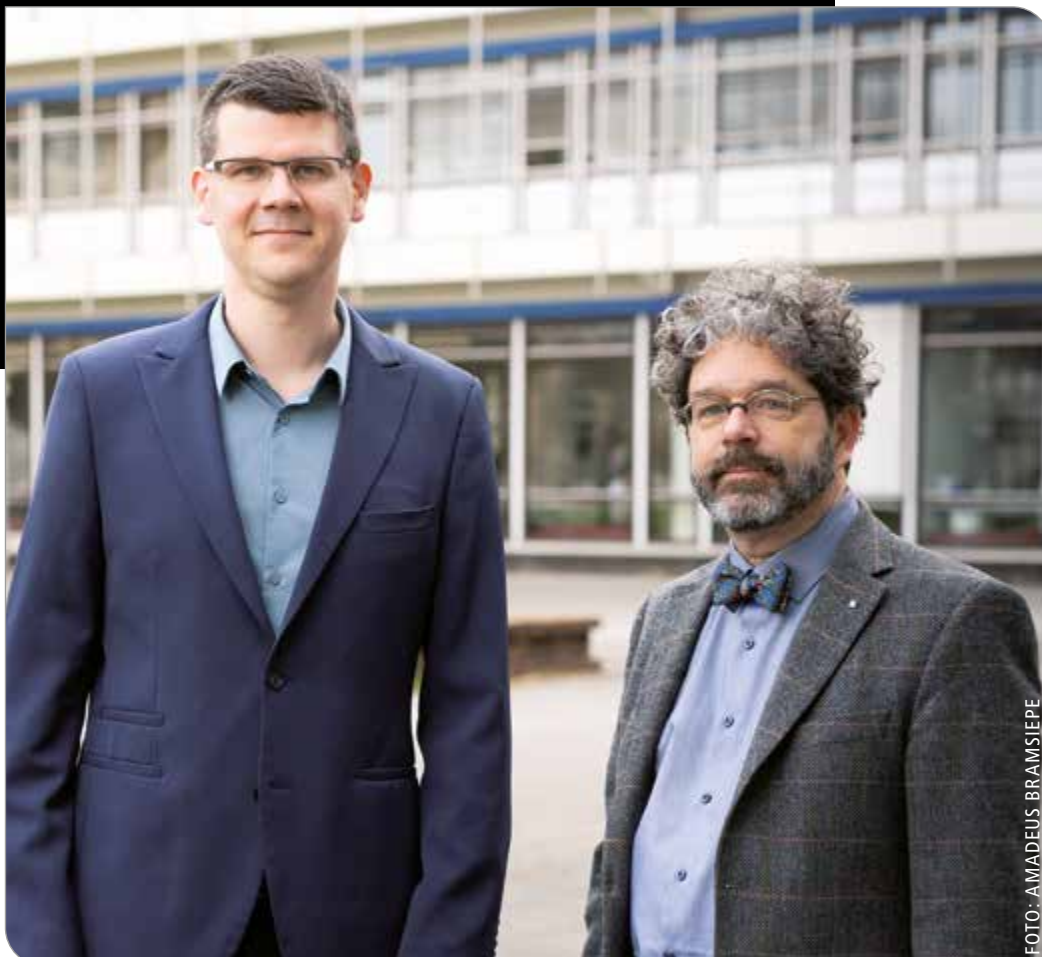


FOTO: AMADEUS BRAMSIERE



FOTOS: AMADEUS BRAWSTEPE



## Using Data, Protecting Individuals

### ANYMOS Competence Cluster Focuses on Data Security in the Mobility Sector

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Transport automation is expected to get road users to their destinations more quickly, to enable purchases of tickets by mobile phone, and to guide drivers safely through traffic. All of these services are based on data. Using data so that they fulfill their purpose, but cannot be used to draw any conclusions about individual users is no trivial matter. That is the focus of the Competence Cluster on Anonymization for Networked Mobility Systems (ANYMOS). "Within the framework of ANYMOS, we study the requirements and methods needed for the anonymization of data and assess circumstances under which anonymized data might be turned into personal data again," says PD Dr. Robert Heinrich from KASTEL – Institute of Information Security and Dependability of KIT.

Anonymization of data has barely been studied in the mobility sector. People using cars or trains leave far more traces than they would suspect. "Location data are quite revealing," says Professor Jörn Müller-Quade, Spokesman of KASTEL. "The location from which I depart in the morning most probably is the place where I live. The place where I get off the bus in the morning most probably is my working place. And if my movement pattern is of triangular shape, I presumably have a relationship." Revealing data are also generated by autonomous driving and interconnected infrastructures that communicate with each other, such as smart traffic lights and traffic management systems. Data are also generated in public transport by cameras on trains or when purchasing tickets electronically. The problem: While a single data source may not allow any conclusions to be drawn about individuals, the situation may change when data from several sources are combined smartly with each other.

To prevent this, ANYMOS is developing ticket systems that charge for the distance covered without revealing the passenger's route. "Such cryptographic solutions are developed by KASTEL. They will help secure anonymity in ANYMOS," Müller-Quade says. "Our long-term goal is to establish anonymization as a dependable technology," Heinrich adds. ■

*Besonders bei der Mobilität gibt es in puncto Anonymisierung von personenbezogenen Daten noch große weiße Flecken*

*There are still major gaps in the anonymization of personal data, particularly in the area of mobility*

wir in KASTEL. Sie sind Bausteine, die uns in ANYMOS helfen können, die Anonymität zu sichern", so Müller-Quade. „Langfristig verfolgen wir das Ziel, Anonymisierung als verlässliche Technologie zu etablieren“, ergänzt Heinrich.

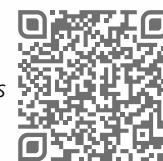
Das Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie die Europäische Union fördern ANYMOS über eine Laufzeit von drei Jahren bis Ende 2025 mit rund neun Millionen Euro. An dem Konsortium unter Federführung des FZI Forschungszentrum Informatik beteiligen sich als Forschungseinrichtungen das KIT, das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB und das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Außerdem sind die Mobilitätsunternehmen AVL Deutschland GmbH, DResearch Fahrzeugelektronik GmbH, init innovation in traffic systems SE und Karlsruher Verkehrsverbund GmbH beteiligt. ■

@ joern.mueller-quade@kit.edu,  
heinrich@kit.edu

 www.anymos.de



www.forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/projekte/anymos



www.kastel-labs.de





Sebastian Büchele und Shadi Al-Tobul (v.r.) vom Institut für Angewandte Materialien des KIT an einer Syntheseanlage für Batteriezellmaterialien

Sebastian Büchele and Shadi Al-Tobul from the Institute for Applied Materials of KIT (from the right) working at a synthesis plant for battery cell materials

## WEISSES GOLD FÜR DIE ENERGIEWENDE

### DAS START-UP LITONA LIEFERT DAS BASISMATERIAL FÜR NATRIUMBATTERIEN

VON ISABELLE HARTMANN // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // FOTO: AMADEUS BRAMSIPE

„Batterien als Zwischenspeicher für erneuerbare Energien sind der Kern unserer Zukunft“, ist sich Sebastian Büchele vom Institut für Angewandte Materialien (IAM) des KIT sicher. Auf dem Weg in die Zukunft mithalten will er durch die Herstellung von Preußisch Weiß. Das Pulver wird in Natriumbatterien eingesetzt, um am Pluspol Energie zu speichern. Natrium

gelte als das nächste große Ding im Batteriegewerbe, so Büchele, der am KIT im Exzellenzcluster Post Lithium Storage (POLiS) arbeitet und mit seinem Freund Tom Bötticher das Start-up Litona gegründet hat. Im Gegensatz zum seltenen Lithium, das in herkömmlichen Batterien zum Einsatz kommt, ist Natrium in großen Mengen verfügbar, beispielsweise im Meer-

wasser. Das macht Natriumbatterien nicht nur nachhaltiger, sondern auch rund 30 bis 40 Prozent günstiger. Zudem haben Temperaturschwankungen kaum Einfluss auf natriumbasierte Batterien. Lithiumzellen verlieren bei -20 Grad Celsius zwischen 30 und 40 Prozent ihrer Speicherkapazität. Unter denselben Bedingungen behalten Natriumbatterien 90 Prozent ihrer Kapazität bei. Die neuen Batterien erreichen mittlerweile die Marktreife und sind nicht mehr nur Forschungsobjekt. So rollten in China im Januar 2024 die ersten E-Autos mit Natriumbatterien vom Band.

## WHITE GOLD FOR THE ENERGY TRANSITION

THE STARTUP LITONA SUPPLIES BASIC MATERIALS FOR SODIUM BATTERIES

“Batteries as interim storage systems will be key components of renewable energy use in the future,” Sebastian Büchele from KIT’s Institute for Applied Materials (IAM) is convinced. He wants to continue their development by producing what is known as Prussian white. A powder, which is used in sodium batteries to store energy at the positive terminal. Sodium is considered the next big thing in the battery business, Büchele says. He works at KIT’s Cluster of Excellence for Post-Lithium Batteries (POLiS) and has established the startup Litona together with his friend Tom Bötticher. In contrast to the rare lithium used in conventional batteries, sodium is highly abundant, such as in seawater. This makes sodium batteries more sustainable and cheaper by about 30 to 40 percent. Moreover, temperature fluctuations hardly have any influence on sodium-based batteries. While lithium cells will lose 30 to 40 percent of their storage capacity at -20° C, sodium batteries will remain at 90 percent of their capacity. Meanwhile, sodium batteries are now a mature technology and are no longer just a subject of research. In January 2024, the first electric cars with sodium batteries were produced in China.

The problem: So far, Prussian white has been barely available on the free market. This has prevented research groups from working on this promising technology and has slowed innovation. This is where Litona comes in: Büchele and Bötticher want to improve the material, scale up its production, and commercialize it for all interested parties. In its pre-industrial stage, the startup produces about a kilogram of powder per day. This is 300 times more than in conventional battery research laboratories. The raw materials used for this purpose – sodium, manganese, iron, carbon, and nitrogen – are largely abundant. In addition, Büchele is working on synthesis and further water-based processing, so that no solutions dangerous to health or the environment are needed for coating the batteries. The process will be patent-ready soon. ■

Das Problem: Bisher ist Preußisch Weiß auf dem freien Markt kaum erhältlich. Forschungsgruppen können daher wenig an dieser vielversprechenden Technologie arbeiten, Innovation wird gebremst. Hier setzt Litona an: Büchele und Bötticher wollen das Material verbessern, skalieren und für alle auf den Markt bringen. Das Start-up produziert im vorindustriellen Stadium fast ein Kilogramm Pulver pro Tag, das ist gut 300-mal mehr, als es übliche Batterieforschungslabore schaffen. Die verwendeten Rohstoffe – Natrium, Mangan, Eisen, Kohlenstoff und Stickstoff – sind leicht verfügbar. Dazu arbeitet Büchele an einer Synthese und Weiterverarbeitung auf Wasserbasis, sodass keine gesundheits- und umweltschädlichen Lösungen für die Beschichtung der Batterien benötigt werden. Das Verfahren soll bald patentreif sein. ■

 [www.litona-batteries.de](http://www.litona-batteries.de)

**AUSGRÜNDUNG** 

Das KIT auf  
der Hannover  
Messe 2024

Sie finden uns bei  
den Energy Solutions  
(Halle 13, Stand C76)



Heiß  
ist die  
Hoffnung



Am Karlsruher Flüssigmetalllabor KALLA forscht Dr. Klarissa Niedermeier vom Institut für Thermische Energietechnik und Sicherheit des KIT mit ihrem Team an Hochtemperatur-Wärmespeichern. Zu sehen im Hintergrund: die Versuchsanlagen von KALLA

At the Karlsruhe Liquid Metal Laboratory KALLA, Dr. Klarissa Niedermeier and her team from KIT's Institute for Thermal Energy Technology and Safety study high-temperature heat storage systems. In the background: the KALLA test facilities

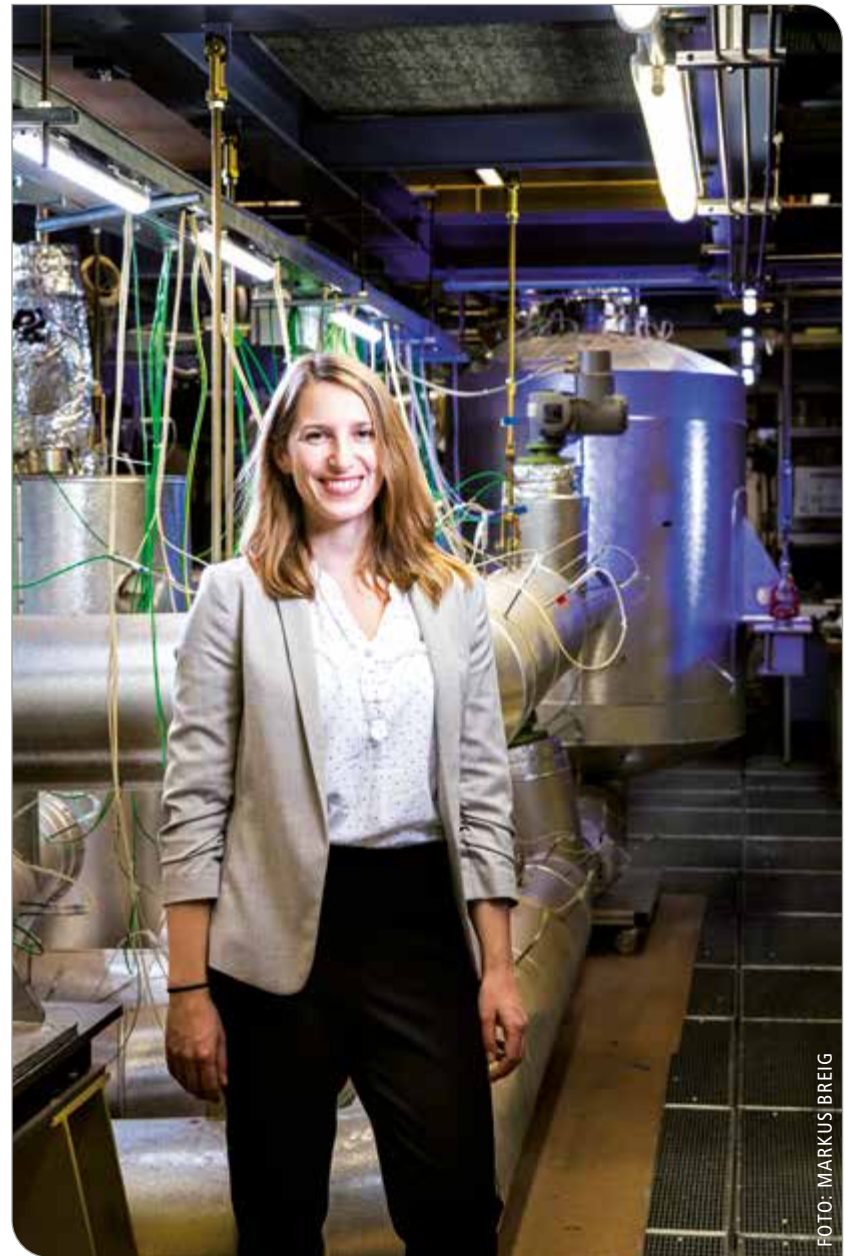


FOTO: MARKUS BREIG

## MITHILFE VON FLÜSSIGMETALL WOLLEN FORSCHENDE AM KIT WÄRME BEI EXTREM HOHEN TEMPERATUREN SPEICHERN

VON ISABELLE HARTMANN

**Für die Stahl- oder Glasindustrie wäre es ein Quantensprung: Öfen mit erneuerbaren Energien heizen. Das ist eines der Ziele von Dr. Klarissa Niedermeier. Sie entwickelt einen Wärmespeicher für Temperaturen von über 700 Grad Celsius. Der Clou: Er funktioniert mit Flüssigmetall. Auf der Hannover Messe stellt die Forscherin mit ihrem Team einen einzigartigen Prototypen vor.**

Sollte es bei der Entwicklung von Wärmespeichern eine Königsdisziplin geben, dann wären es Hochtemperatur-Wärmespeicher. Diese Anlagen, die für industrielle Zwecke eingesetzt werden sollen, speichern Energie in Form von Wärme und erreichen dabei Temperaturen von über 500 Grad Celsius. Flüssigsalze oder Feststoffe sind bei der Speicherung der Energie die Mittel der Wahl. Doch wie bei anderen Wettbewerben gibt es auch bei den Wärmespeichern ein noch höheres Ziel, so etwas wie den „Ironman“ unter den Vorhaben: Wärme von über 700 Grad Celsius zu speichern – so heiß wie Lava. In diesem Bereich werden bisher Gase als Medium eingesetzt, die mit Strom aufgeheizt werden. Anschließend transportieren sie ihre Wärme bis zu einem Speichermaterial, das die Hitze aufnimmt, beispielsweise Stahl, Vulkanstein oder Schlacke. Doch Klarissa Niedermeier vom Institut für Thermische Energietechnik und Sicherheit (ITES) des KIT will in dieser Kategorie einen ganz neuen Weg einschlagen.

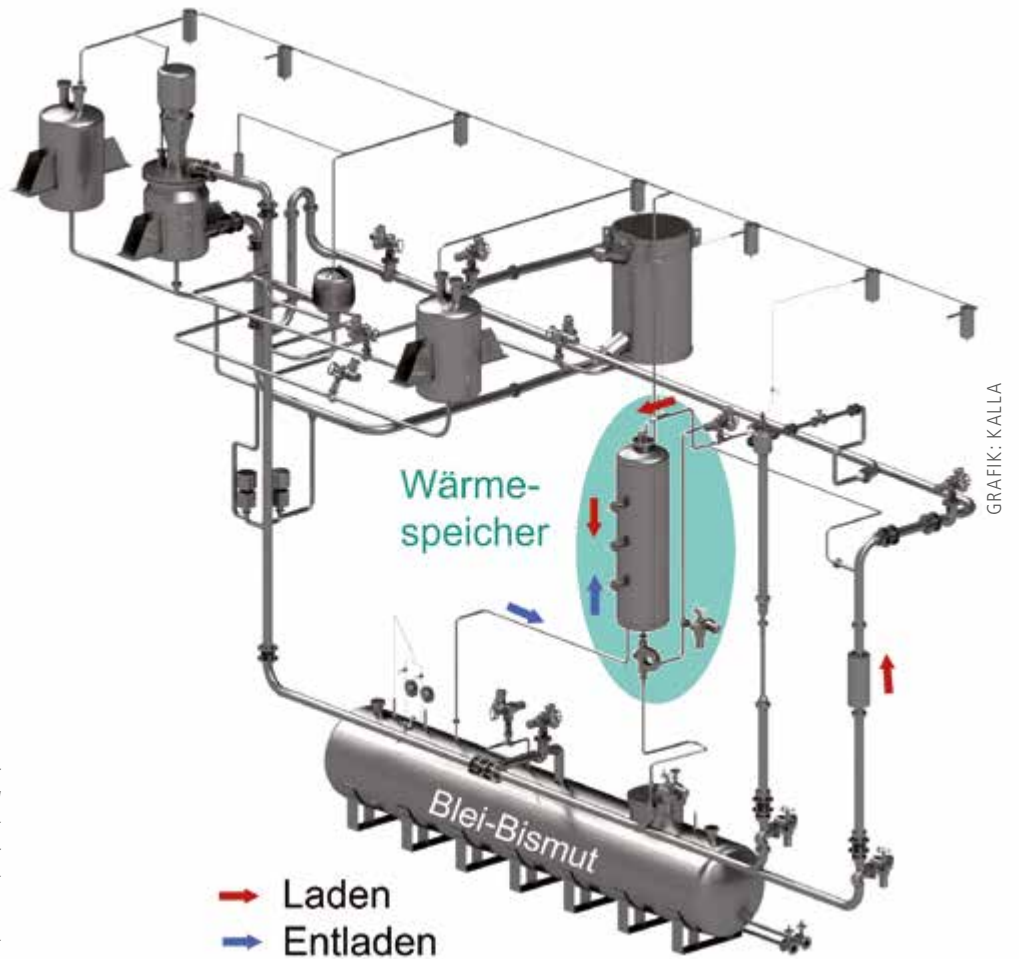
### Wärme leiten, aber 100-mal besser

Die promovierte Verfahrenstechnikerin hat mit ihrer Forschungsgruppe einen Wärmespeicher auf Blei-Bismut-Basis entwickelt. Sie

ist damit eine der ersten weltweit, die auf den Einsatz von Flüssigmetallen im Wärmespeicher setzt: „Die Wärmeleitfähigkeit von Flüssigmetallen ist 100-mal größer als die von anderen Materialien“, so Niedermeier. „Sie können Energie also extrem gut transportieren und weitergeben.“ Seit rund sechs Jahren arbeitet die Wissenschaftlerin an der Technologie. Nicht aus Jux: Die 35-Jährige will damit ressourcenintensiven Branchen helfen, die wetterabhängigen erneuerbaren Energiequellen besser zu nutzen. Denn Industrieprozesse schlucken in Deutschland 400 Terawattstunden Wärme im Jahr, das sind 20 Prozent des gesamten Energiebedarfs der Bundesrepublik. Ob Stahl, Glas, Zement oder Beton: Es wird tagein tagaus bei bis zu 3 000 Grad Cel-

sus gebrannt, geschmolzen und getrocknet. Die Temperaturen müssen dabei stabil bleiben. „Dafür werden bisher zu 90 Prozent fossile Brennstoffe eingesetzt“, erklärt die Ingenieurin. „Das muss sich ändern.“

Ansätze gibt es schon, beispielsweise die Elektrifizierung von Prozessen oder die Verwendung von Wasserstoff als Energieträger. Mit ihrem Wärmespeicher auf Flüssigmetallbasis will Niedermeier den Firmen eine Lösung bieten, um die Fluktuationen des Stromangebots aus erneuerbaren Quellen abzufedern und die saubere Energie einfach, kostengünstig, schnell und bei Temperaturen zu speichern, die so nah wie möglich an denen der Industrieprozesse sind.



*Im Wärmespeicher (siehe Schema) wird flüssiges Blei-Bismut als Wärmeträger eingesetzt*  
*Liquid lead-bismuth is used as a heat transfer medium in the heat storage system (see schematic representation)*



FOTO: KARSTEN LIFTIN

### Keramikkügelchen als Speichermaterial

Das Prinzip des neuartigen Systems: Strom heizt das flüssige Blei-Bismut, das sich in einem Kreislauf befindet, auf über 700 Grad Celsius auf. In einem Stahltank sickert dann das Flüssigmetall zwischen klitzekleinen, weißen Keramikkügelchen hindurch. Dabei gibt das Blei-Bismut seine Hitze an die Kügelchen ab, die als Speichermaterial fungieren. Wenn die Wärme wieder gebraucht wird, läuft das abgekühlte Flüssigmetall zwischen den Kügelchen zurück und heizt sich dadurch auf mehr als 700 Grad Celsius auf. Die Simulationen, die Niedermeier und ihr Team am Flüssigmetalllabor KALLA (KARlsruhe Liquid Metal LABORatory) des KIT durchgeführt haben, zeigen: Mit Blei-Bismut kann der Wärmespeicher schneller aufgeheizt und dichter gepackt werden als mit Gas. Man benötigt also kleinere Rohre und weniger Platz, spart Kosten und Zeit.

Warum hat niemand früher daran gedacht, Flüssigmetall in Wärmespeichern zu nutzen, wenn es so vorteilhaft klingt? Der erste Grund sei logistischer Natur, so Niedermeier. Es gebe nicht viele Kreisläufe auf der Welt, in denen ein solcher Wärmespeicher getestet werden könnte. Das KALLA habe jedoch aus den Zeiten der Kernkraftforschung einen großen Blei-Bismut-Kreislauf, der ursprünglich für die Erforschung der Kühlung von Brennstäben er-

richtet worden war und nun auch für neue Projekte im Bereich der erneuerbaren Energien genutzt wird. „Der Kreislauf ist seit mehr als 20 Jahren in Betrieb. Das Team hat also viel Know-how aufgebaut“, erklärt Niedermeier. „Hinzu kommt, dass Flüssigmetalle korrosiv sind, vor allem bei hohen Temperaturen. Daher werden am KIT spezielle Stahllegierungen für Rohre und Kreislaufkomponenten entwickelt.“ Ein weiterer Grund, warum sich wenige Forschende mit Flüssigmetallen in Wärmespeichern beschäftigen, ist physischer Natur: An sich können diese speziellen Metalle Wärme nicht gut speichern. „Man muss also erst mal auf die Idee kommen, dass man Flüssigmetall nur als ‚Transportmittel‘ nutzt und nicht als Speichermaterial im Tank selbst“, erläutert die Ingenieurin.

### Partnerschaften für 700 Grad Celsius und mehr gesucht

Trotz aller Vorteile stellt Niedermeier klar: „Es gibt noch viele offene Forschungsfragen.“ Der Wärmespeicher sei bisher bis 400 Grad Celsius getestet worden, und das System sei noch nicht optimiert. Die Forschungsgruppe sucht zum Beispiel ein kostengünstigeres Speichermaterial und versucht gleichzeitig, die Energiedichte weiter zu verbessern. Zudem müssen Pumpen und Ventile für geschmolzenes Blei-Bismut für Temperaturen über 500 Grad Celsius getestet werden.

Auf der Hannover Messe hofft das Team um Niedermeier, mit Firmen Kontakte knüpfen zu können, die mit energieintensiven Hochtemperaturprozessen arbeiten oder die Abwärme bei hohen Temperaturen erzeugen und die Wärme zwischenspeichern wollen. Bei der größten Industrieschau der Welt präsentiert das Team zudem eine Nachbildung seines Wärmespeichers, die etwa halb so groß ist wie der tatsächliche Versuchsspeicher am KIT, der für die Speicherung von 100 Kilowattstunden Wärme designt ist. Niedermeier erklärt: „Das ist der erste Flüssigmetall-Wärmespeicher dieser Art weltweit mit einer solchen Kapazität. Uns geht es darum zu zeigen, dass das Prinzip funktioniert und ein riesiges Potenzial für die Defossilisierung der Industrie hat.“ ■

@ klarissa.niedermeier@kit.edu

*Wärmespeicher im Labormaßstab.  
Auf dem Foto sind die Keramik­kugelchen zu sehen, welche die Wärme speichern*

*Lab-scale heat storage system. The photo shows the ceramic beads that store the heat*

## Hope in Hot Temperatures

### Heat Storage at Extremely High Temperatures with the Help of Liquid Metal

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Dr. Klarissa Niedermeier from KIT's Institute for Thermal Energy Technology and Safety (ITES) works on heating industrial furnaces with renewable energy. The engineer studies high-temperature heat storage systems for use by industry. Such systems store energy in the form of heat and reach temperatures above 500 °C. Niedermeier's goal is to store heat of more than 700 °C. For this, Niedermeier's team has developed a heat storage system based on lead-bismuth.

The heat storage system is expected to balance the fluctuation of power supplied from renewable sources and to store the clean energy at low cost, rapidly, and at temperatures that are as close as possible to those of industrial processes. In Germany, such processes consume 400 Terawatt hours of heat per year, corresponding to 20 percent of the country's total energy consumption. Steel, glass, and concrete are processed, molten, and dried at stable temperatures of up to 3,000 °C. Ninety percent of the fuels used for these processes are of fossil nature. The process developed by Niedermeier and her team could change this.

Circulating liquid lead-bismuth is heated to more than 700 °C using electrical power. Then, the lead-bismuth passes through small ceramic beads in a steel tank and releases its heat to them. The beads store the heat. When it is needed again, cooled liquid metal is returned through the beads and thus heated to more than 700 °C. As liquid metals are corrosive especially at high temperatures, KIT is developing special steel alloys for the pipelines and loops of the system.

Niedermeier says: "There are still many open questions." So far, the heat storage system has been tested at only up to 400 °C and the system has not yet been optimized. Moreover, the team is looking for a cheaper storage material and is trying to further improve energy density. At Hannover Messe, the researchers will present a model of their heat storage system. Niedermeier explains: "We want to show that the technology works and that its potential for the defossilization of industry is great." ■



# Wärme- und Stromspeicher in einem

FORSCHENDE ENTWICKELN IM PROJEKT BIFLOW EIN INNOVATIVES HYBRIDSPEICHERSYSTEM

VON JANNICK HOLSTE



**Die Sonne ist unsere größte und ausdauerndste Energiequelle, nicht umsonst sind immer mehr Dächer von Solarzellen bedeckt. Um die gewonnene Energie bestmöglich nutzen zu können, entwickeln Forschende des KIT im Projekt BiFlow gemeinsam mit Partnern ein neuartiges Hybridspeichersystem, das die Vorteile zweier Batterietypen kombiniert und gleichzeitig als Wärmespeicher dient. Mittels eines intelligenten Managementsystems wird die durch erneuerbare Energien oder Abwärme zur Verfügung stehende Energie bestmöglich genutzt.**

Das innovative Hybridspeichersystem besteht aus einer Lithium-Ionen-Batterie und einer Vanadium-Redox-Flow-Batterie, die unter anderem durch Solar- oder Windenergie aufgeladen werden. Beide Batterien haben Vor-

und Nachteile. Die Batteriekombination ist so ausgelegt, dass die Lithium-Ionen-Batterie beispielsweise genutzt wird, wenn ein geringer Bedarf an Ladung oder Entladung des Speichersystems besteht. Sie kommt dann zum Einsatz, wenn an einem regnerischen, bewölkten Tag oder abends kaum bis keine Solarenergie eingespeist werden kann und nur das Licht oder der Laptop Energie benötigen. Dieser Bedarf wird dann aus dem Stromspeicher der Lithium-Ionen-Batterie gedeckt. Wenn jedoch eine große Energiemenge benötigt wird, beispielsweise um ein E-Auto zu laden, die Sonne aber gerade nicht scheint, greift das System auf die Redox-Flow-Batterie zurück.

Warum das so ist, erklärt Dr. Christian Kupper vom Elektrotechnischen Institut (ETI) des KIT: „Der Hauptvorteil der Lithium-Ionen-Batterie ist, dass sie sehr schnell reagiert und eine hohe Leistung aufnehmen und abgeben kann. Das heißt, mit ihr können vor allem kurze Überschüsse oder kurzfristige Leistungsanforderungen des Gebäudes abgepuffert werden. Der große Pluspunkt der Redox-Flow-Batterie hingegen ist, dass man die Leistung

unabhängig von der gespeicherten Energie skalieren kann. Der Energieinhalt wird durch die Größe der Elektrolyttanks und die Leistung durch sogenannte Stacks bestimmt, welche die Energie aus dem Elektrolyt ziehen.“ So kann die Redox-Flow-Batterie darauf ausgelegt werden, kostengünstig eine große Energiemenge zu speichern.

Auch wenn Redox-Flow-Batterien Kostenvorteile bieten können, wenn sie besonders groß ausgelegt werden – ihr Wirkungsgrad bleibt stets deutlich schlechter als der von Lithium-Ionen-Batterien. Um den Wirkungsgrad zu steigern, wird die Abwärme der Batterien im neuartigen Hybridsystem des KIT mithilfe eines im Projekt entwickelten thermischen Koppelmoduls ebenfalls gespeichert. So steigt der Gesamtwirkungsgrad signifikant an. Gleichzeitig kann der Strom aus den Photovoltaikanlagen auf diesem Weg in den Tanks der Batterie nicht nur elektrisch, sondern auch in Form von Wärme gespeichert werden. Auch wenn die Speicherung von elektrischer Energie als höherwertigere Energieform stets Vorrang hat, kann die Wärme unter anderem zum Erhitzen von Wasser sinnvoll genutzt werden. Mit der zusätzlichen Wärmespeicherung wird



## Das KIT auf der Hannover Messe 2024

Sie finden uns bei  
den Energy Solutions  
(Halle 13, Stand C76)

Blick in den  
Batterieraum

View into the  
battery room

lookKIT > 0124  
FOCUS 29

Dr. Christian Kupper vom Elektro-  
technischen Institut des KIT bei der  
Einweihungsfeier von BiFlow

Dr. Christian Kupper from the Institute  
of Electrical Engineering of KIT at the  
inauguration ceremony of BiFlow



FOTOS: DANIELA DI MAIO

die speicherbare Energiemenge um das etwa  
Zwei- bis Dreifache erhöht. Für das innovative  
thermische Koppelmodul hat das Projektteam  
bereits ein Patent angemeldet.

Ein weiterer Vorteil des Hybridsystems ist,  
dass Vanadium-Flow-Batterien im Gegensatz  
zu Lithium-Ionen-Batterien nicht brennbar  
sind. Da man in der Kombination der Batterien  
eine deutlich kleinere Lithium-Ionen-Batterie  
braucht, fallen die benötigten Brandschutz-  
vorrichtungen geringer aus als bei einer  
großen Lithium-Ionen-Batterie.

### Intelligentes Energiemanagementsystem steuert Batterienutzung

Die Steuerung übernimmt eine innovative  
Technologie: Ein intelligentes Energiemanage-  
mentsystem entscheidet auf Grundlage von  
Wettervorhersagen und Erfahrungswerten,  
wann welche Batterie angezapft oder gela-  
den wird. So werden die Batterien nicht ein-  
zeln betrachtet, sondern intelligent kombi-  
niert, je nach Energienachfrage und Verfüg-  
barkeit erneuerbarer Energien.

Gerade beim Mittagspeak der Solarenergie  
sind die intelligente Steuerung und das ther-

### Lithium-Ionen-Batterie

Lithium-Ionen-Batterien kommen beispielsweise in Smartpho-  
nes oder E-Autos zum Einsatz. Sie zeichnen sich durch ihre  
hohe Energiedichte aus, wodurch sie viel Strom in kleinem Vo-  
lumen speichern und abgeben können. Zudem besitzen sie ein-  
nen Wirkungsgrad von bis zu 98 Prozent (als Einzelzelle, ohne  
Wechselrichter). Wenn sie geladen werden, wandern Lithium-  
Ionen mithilfe eines Elektrolyten von der Kathode zur Anode.  
Beim Entladen kehren die Ionen zur Kathode zurück und ge-  
ben dabei Energie ab. Durch den Fluss der Ionen wird elektri-  
scher Strom erzeugt.

### Redox-Flow-Batterie

Redox-Flow-Batterien bestehen aus zwei separaten Tanks, in  
denen Elektrolyte gelagert werden. Mithilfe einer Pumpe wer-  
den die Elektrolyte zu einem Punkt transportiert, an dem die  
beiden Flüssigkeiten nur durch eine Membran getrennt sind.  
Dort findet eine chemische Reaktion statt. Mittels sogenannter  
Stacks wird die chemische Energie in Strom umgewandelt. Da-  
bei bestimmt die Größe der Membran die Leistung (kW), wäh-  
rend die Energie (kWh) wiederum von der Tankgröße abhängt,  
also der Menge der eingesetzten Flüssigkeit. Energie und Lei-  
stung können bei der Redox-Flow-Batterie somit unabhängig  
voneinander skaliert werden, was die Batterie zum Netzspei-  
cher der Energiewende prädestiniert.

Mithilfe des am KIT entwickelten thermischen Koppelmoduls  
kann zudem die Abwärme der Redox-Flow-Batterie sowie  
überschüssige Wärmeenergie von Solarzellen gespeichert und  
zum Beheizen von Wasser und Haus verwendet werden.



Seit Oktober 2023 wird das Hybrid-system mit Wärmerückgewinnung im Studierendenwohnheim Stage 76 in Bruchsal getestet

The hybrid system with heat recovery has been tested in the Stage 76 student residence in Bruchsal since October 2023

Unten: Thermisches Koppelmodul mit Rohren zur Wärmeübertragung zwischen den einzelnen Modulen sowie Pumpe und Heizmodul, mit dem der Stromüberschuss aus Photovoltaik als Wärme eingespeist wird

Below: Thermal coupling module with pipes for heat transfer between the individual modules, pump, and heating module, with which the excess electricity from photovoltaics is fed in as heat

## One System Storing Power and Heat

### Within the BiFlow Project, Researchers Develop an Innovative Hybrid System that Stores Both Power and Heat

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

KIT and partners have launched the BiFlow project to develop a novel hybrid storage system that combines the advantages of two different battery types and also stores heat. A smart energy management system ensures best possible use of both renewable energy and waste heat.

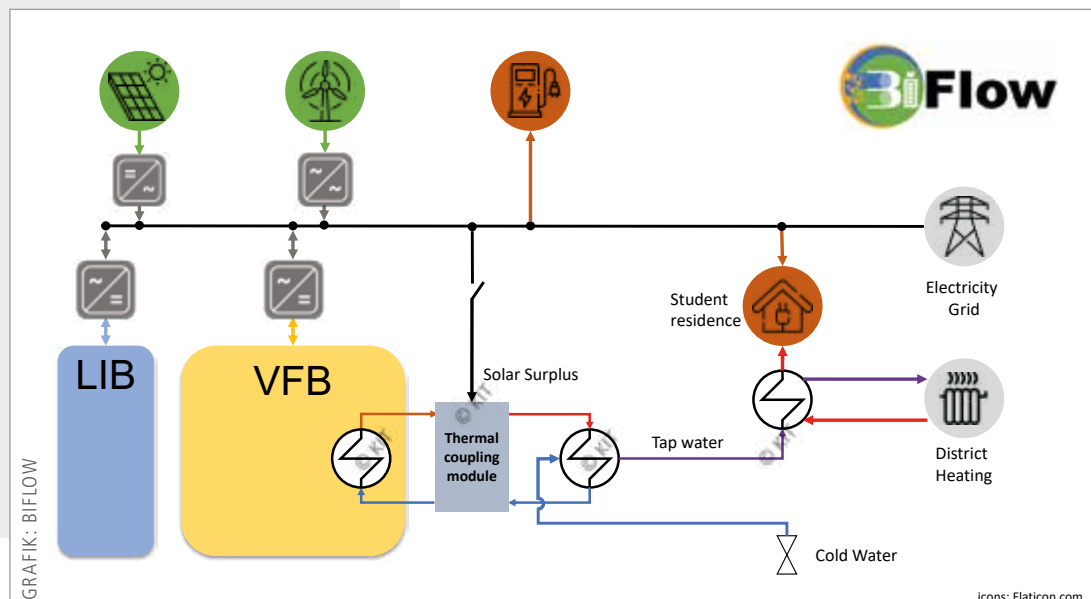
The hybrid storage system combines a lithium-ion battery with a vanadium redox-flow battery, both of which are charged with renewable energy. Both types of batteries have advantages and drawbacks. When only a small amount of energy needs to be stored, e.g., when charging a laptop, the lithium-ion battery is used. In case of a higher energy need, e.g., for charging an electric car, the redox-flow battery is applied. Thanks to its scalability, the system can store more energy than non-hybrid systems.

In addition to power, heat can be stored in the hybrid storage system with the help of a patented coupling module. This waste heat can be harvested from the batteries as well as from solar energy. Although the storage of electrical power will be given priority, the stored heat can be used to heat water, for instance. In this way, the energy storage capacity can be increased by a factor of 2 to 3.

Based on weather forecasts and experience, a smart energy management system decides when to tap or charge each battery. Depending on energy demand and availability, the batteries can also be combined. Since October 2023, the hybrid system has been tested in a student residence in Bruchsal. To further improve and commercialize this innovative product, the team will look for additional partners at Hannover Messe. A follow-up project to BiFlow is being conceived now. ■



FOTO: BIFLOW



GRAFIK: BIFLOW

# So einmalig wie du selbst: **Dein Job bei bridgingIT**

Transformation vorantreiben, Altes neu denken, einen nachhaltigen Beitrag leisten: Bei uns gestaltest du mit den größten und namhaftesten Kunden in Deutschland die digitale Zukunft. Wir freuen uns auf neue Kolleginnen und Kollegen, die unser Team menschlich und fachlich bereichern und uns bei digitalen Projekten unterstützen.



**Werde Teil unseres Teams.  
Bewirb dich jetzt!**  
[bridging-it.de/karriere](https://bridging-it.de/karriere)

**Dabei kann dein Einstieg ganz individuell aussehen – denn bei uns arbeitest du dort, wo du deine Leidenschaft und deine Talente am besten einsetzen kannst.**



## ANZEIGE

mische Koppelmodul elementar wichtig. Da am Mittag meist weniger Energie verbraucht wird als am Abend, zu diesem Zeitpunkt jedoch die meiste Sonnenenergie zur Verfügung steht, ist viel überschüssige Energie vorhanden. Diese bliebe ungenutzt, würde sie nicht gespeichert. „Momentan sind die meisten Speicher nicht intelligent gesteuert. Aber selbst wenn sie es wären, würde es mittags weiterhin noch so viel Energie geben, dass sie in der kurzen Zeit nicht vollständig direkt genutzt oder gespeichert werden könnte. Diese überschüssige Energie kann dann in Form von Wärme in das System eingespeist werden“, erklärt Kupper. „Das ist ein wichtiger Aspekt, denn die Speicherung von Strom in Form von Wärme, die ja an sich erst einmal eine niederwertigere Energie ist, stellt ein Downgrade dar, wenn man so will. Allerdings würde die Energie andernfalls überhaupt nicht genutzt werden. Durch unser System kann sie dennoch in Form von Wärme eingespeist werden.“

### **Anwendung im Studierendenwohnheim**

Seit Oktober 2023 wird das Hybrid-system mit Wärmerückgewinnung in einem Studierendenwohnheim in Bruchsal getestet. Aktuell kann der Photovoltaiküberschuss noch nicht nach dem innovativen Prinzip in den Tanks gespeichert werden, da noch Restarbeiten gemacht werden müssen. Doch die Forschenden können bereits eine erste Zwischenbilanz ziehen: „Im Winter passiert natürlich vergleichsweise wenig. Das System ist darauf ausgelegt, dass es mit dem Input von erneuerbaren Energien wie Solarenergie läuft und diese fällt im Winter eben geringer aus. Ein wenig geladen und entladen wird das System aber trotzdem

– auch zum Messen der Effizienz. Wir konnten die Wärmerückgewinnung also durchaus testen und haben festgestellt, dass sie wunderbar funktioniert“, berichtet Kupper.

### **Hannover Messe und Folgeprojekte**

Um das innovative Produkt weiter zu verbessern und es auch der breiten Masse zugänglich zu machen, sucht das Team auf der Hannover Messe weitere Partner. Dafür hat es sich zur Darstellung des patentierten neuen Moduls eine interaktive Inszenierung überlegt: „Wir stellen ein physisches Modell des thermischen Koppelmoduls aus. Das Ganze funktioniert mit leuchtenden Rohren, welche die Energieflüsse darstellen. So können alle nachverfolgen, wie, je nach Modus, die Wärme fließt. Die verschiedenen Modi können von den Interessierten mithilfe von Knöpfen selbst gewählt werden“, erzählt Kupper. Die Forschenden sind zudem bereits in der Ideenfindungsphase für ein Nachfolgeprojekt, das auf BiFlow aufbauen soll. ■

@ [christian.kupper@kit.edu](mailto:christian.kupper@kit.edu)



[www.batterietechnikum.kit.edu/Projekte\\_1000.php](http://www.batterietechnikum.kit.edu/Projekte_1000.php)



# Wasserstoff nutzen ohne Folgen



FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

*Am Institut für Thermische Energietechnik und Sicherheit des KIT arbeitet Professor Thomas Jordan an sicheren Lösungen für den Einsatz von Wasserstoff, zum Beispiel beim Tanken*

*At the Institute for Thermal Energy Technology and Safety of KIT, Professor Thomas Jordan works on solutions to make it safe to use hydrogen, for example when refueling*



Wir danken unseren Sponsoren für ihre Unterstützung



FOTO: MARKUS BREIG

Einstellung Referenzdruck

**KARLSRUHER  
FORSCHENDE WOLLEN  
DEN ENERGIETRÄGER  
SICHERER MACHEN**

VON HEIKE MARBURGER



Wasserstofftankstelle  
Wasserstoff  
tanken

Welches ist das größte  
Problem bei der Nutzung  
von Wasserstoff?



FOTO: MARKUS BREIG

Für den Shuttle-Verkehr  
zwischen den Campus des KIT  
ist ein Wasserstoffbus im Einsatz  
A hydrogen bus is used for  
transporting passengers from and  
to the campuses of KIT

**Wasserstoff gilt als ein wesentliches Element der zukünftigen Energieversorgung. Das energiereiche Gas kann durch Elektrolyse aus Wasser gewonnen werden und setzt bei der Verbrennung kein CO<sub>2</sub> frei. Kommt die Energie zur Gewinnung des Energieträgers aus erneuerbaren Quellen, ist Wasserstoff sogar klimaneutral. Doch die breite Nutzung birgt auch Risiken.**

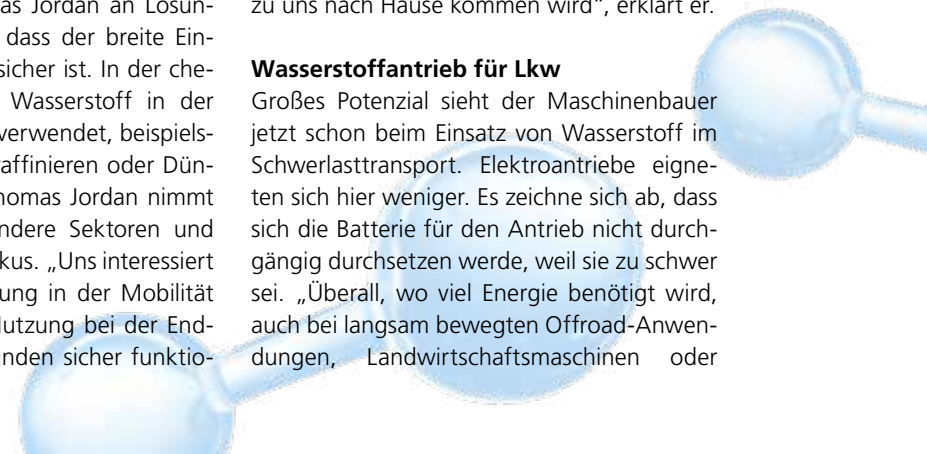
Um Wasserstoffleitungen, Wasserstoffspeicher oder Anschlussstellen gefahrlos betreiben zu können, bedarf es spezieller Sicher-

heitskonzepte. Am Institut für Thermische Energietechnik und Sicherheit (ITES) des KIT arbeitet Professor Thomas Jordan an Lösungen, die gewährleisten, dass der breite Einsatz dieser Technologie sicher ist. In der chemischen Industrie wird Wasserstoff in der Produktion schon lange verwendet, beispielsweise um Mineralöl zu raffinieren oder Düngemittel herzustellen. Thomas Jordan nimmt bei seiner Forschung andere Sektoren und Anwendungen in den Fokus. „Uns interessiert vor allem, wie die Nutzung in der Mobilität und auch die verteilte Nutzung bei der Endkündin oder dem Endkunden sicher funktio-

nieren kann – bis hin zu der Fragestellung, ob Wasserstoff irgendwann durch das Gasnetz zu uns nach Hause kommen wird“, erklärt er.

#### Wasserstoffantrieb für Lkw

Großes Potenzial sieht der Maschinenbauer jetzt schon beim Einsatz von Wasserstoff im Schwerlasttransport. Elektroantriebe eignen sich hier weniger. Es zeichne sich ab, dass sich die Batterie für den Antrieb nicht durchgängig durchsetzen werde, weil sie zu schwer sei. „Überall, wo viel Energie benötigt wird, auch bei langsam bewegten Offroad-Anwendungen, Landwirtschaftsmaschinen oder



*Professor Oliver Kraft, in Vertretung des Präsidenten des KIT (links), und Professor Thomas Jordan, Institut für Thermische Energietechnik und Sicherheit des KIT, beim Ehrenabend des Präsidenten 2023*

*Professor Oliver Kraft, Acting President of KIT (left), and Professor Thomas Jordan, Institute for Thermal Energy Technology and Safety of KIT, at the 2023 President's Honorary Evening*



ähnlichem, scheint es kaum Alternativen zu Wasserstoff zu geben“, so Jordan. Für den Schwerlasttransport hat die Industrie bereits effiziente Fahrzeuge entwickelt. Diese brauchen aber zukünftig, genau wie Pkw, eine ausreichende Versorgungsinfrastruktur. Eine Lkw-Tankstelle müsse am Tag eine bis zwei Tonnen Wasserstoff abgeben können, erklärt Jordan. Einrichtungen in derartigen Dimensionen seien in Deutschland bisher noch nicht etabliert. „Solche Lösungen müssen in Koexistenz mit bestehenden Tankinfrastrukturen auch innerstädtisch aufgestellt und betrieben werden können“, meint Jordan. Er und sein Team forschen unter anderem an Konzepten, die den weitgehend gefahrlosen Betrieb dieser Anlagen ermöglichen sollen.

#### **Sicherheitsrisiken beim Einsatz von Wasserstoff**

Da Wasserstoff wenig kompakt ist, muss er für die Lagerung und den Transport entweder mit Druck verdichtet oder verflüssigt werden. Die unter Hochdruck stehenden Behälter machen einen Teil des Gefahrenpotenzials von

## Using Hydrogen without any Adverse Consequences

### KIT Researchers Work on Enhancing Safety

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

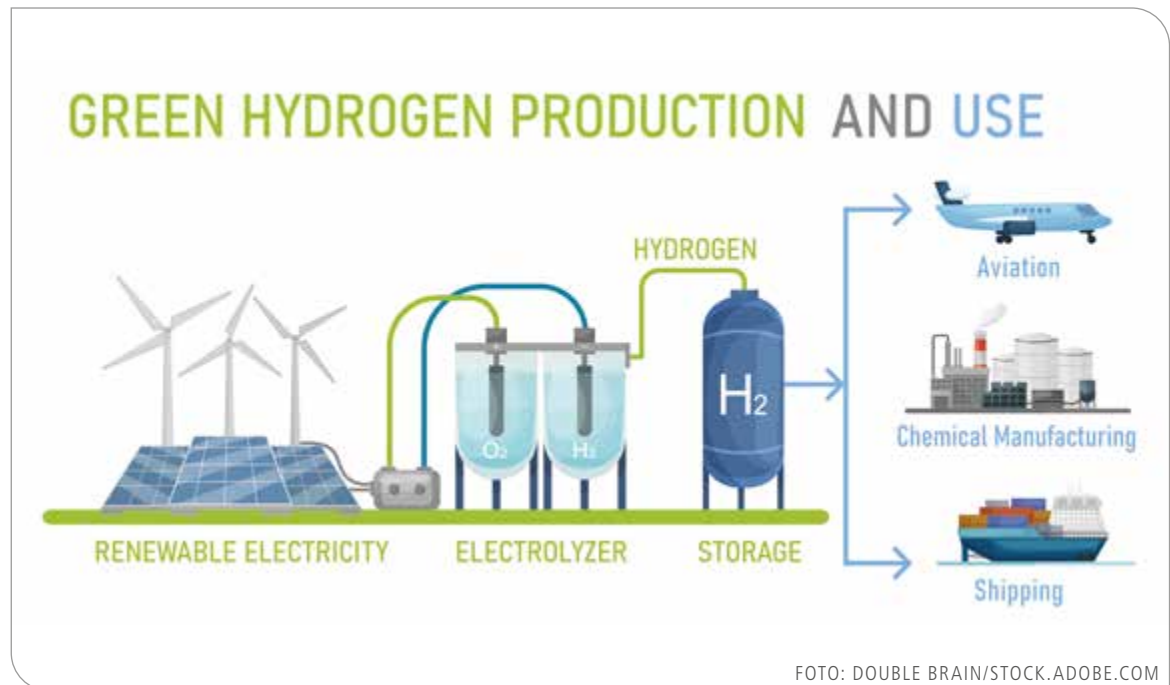
Hydrogen is considered an important element of future energy supplies. The energy-rich gas can be produced from water by electrolysis. Hydrogen is not associated with CO<sub>2</sub> emissions. When the energy for hydrogen production comes from renewable sources, hydrogen is even climate neutral. Wide use, however, can be risky. At KIT's Institute for Thermal Energy Technology and Safety (ITES), Professor Thomas Jordan works on solutions to make it safe to use hydrogen. “We are mainly interested in how hydrogen can be used in the mobility sector and how it can be distributed for use by the end customer. Work even covers the question of whether hydrogen will be supplied to our homes by the gas grid,” Jordan says.

Use of hydrogen in heavy-duty transportation has enormous potential. Industry has already developed efficient vehicles. But these require an adequate supply infrastructure. Very few hydrogen filling stations of sufficient capacity have been established in Germany so far. “Such solutions must also be operable in cities together with the existing conventional filling infrastructures,” Jordan says. KIT researchers study concepts to ensure they operate as safely as possible.

Hydrogen is voluminous, so it must be compressed under pressure or liquefied for storage and transportation. The high-pressure storage tanks represent part of hydrogen's risks. But liquefaction also is associated with risks. In case of insufficient insulation, hydrogen may escape and cause fires when it reacts with the oxygen in the air. “One of the major risks, however, is combustion of hydrogen. When it is released and mixes with air, explosive mixtures may result,” Jordan says. His team has developed experiments to precisely study the behavior of hydrogen in case of accidents. Detailed knowledge of the technology's safety aspects will make it more flexible and less expensive. ■

Wasserstoff aus. Aber auch die Verflüssigung birgt Gefahren, denn das Gas muss dazu auf minus 250 Grad Celsius heruntergekühlt werden. Bei solchen Temperaturen ist Wasserstoff schwerer als Luft, das heißt, er bewegt sich zunächst in Bodennähe, wenn er entweicht. Das Risiko: Bei mangelhafter Isolierung kann tiefkalter Wasserstoff mit Sauerstoff aus der Umgebung reagieren und so Brände verursachen. Insgesamt scheint tiefkalter Wasserstoff jedoch weniger gefährlich als gasförmiger, hoch verdichteter Wasserstoff. „Eine der hauptsächlichen Gefährdungen ist jedoch die Verbrennung von Wasserstoff. Wenn er austritt und sich mit Luft vermischt, können explosive Gemische entstehen, die schnell abbrennen. Dadurch kann sich leicht ein hoher Druck entwickeln, der bis zur höchsten Stufe, der Detonation, gehen kann“, erklärt Jordan. Der Wissenschaftler und sein Team haben Grundlagenexperimente entwickelt, mit denen das Verhalten des Wasserstoffs bei Unfallvorgängen genau studiert werden kann. Das Wissen um die Sicherheitsaspekte soll den Einsatz der Technologie flexibler und kostengünstiger machen.

Dazu simulieren die Forschenden das Ausströmen des Gases mit einem speziell ausgelegten Rohr, dem „PET-Rohr“ (Partially vented Explosion Tube). Mit der Vorrichtung untersuchen sie, wie weit eine Entlastungsöffnung oder eine passive Ventilierung der Geometrie eine schnelle Flammenentwicklung bei Wasserstoff abmildern kann. Das Experiment hat gezeigt: Je freier die Flamme wird, desto langsamer wird sie und desto weniger Druck entsteht. Mit ihren Untersuchungen können die Wissenschaftlerinnen



und Wissenschaftler diesen Sachverhalt genauer quantifizieren.

**Maßnahmen für sichere Wasserstofftankstellen**

„Wir wissen, dass Wasserstoff ungünstig auf vollständigen Einschluss sowie auf Verbauungen reagiert, die zu Strömungswiderständen werden. Beides sollten Betreibende einer Anlage für Wasserstoff demnach vermeiden“, sagt Jordan. Mit dem System könnten beispielsweise Tankstellen für wasserstoffbetriebene Gabelstapler auf sicherheitsrelevante Gegebenheiten untersucht werden. Flotten solcher Logistikfahrzeuge seien bereits ein bestehendes Geschäftsmodell. Die Stapler

werden im Schichtbetrieb genutzt und aufgetankt. Mit ihrer Vorrichtung können die Forschenden Vorgaben machen, welche Ausmaße der Raum für eine direkt in der Lagerhalle betriebene Tankstelle haben muss, wie viele Lüftungsklappen er benötigt oder ob eine passive Belüftung ausreicht. Mit gezielten Maßnahmen könnten die Reaktion und die Folgen bei einer Zündung wesentlich abgemildert werden, so Jordan. ■

@ [thomas.jordan@kit.edu](mailto:thomas.jordan@kit.edu)

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](http://www.ectorschool.kit.edu/EEM)

## JAN S. HESTHAVEN NEUER PRÄSIDENT DES KIT

Der Aufsichtsrat des KIT hat Professor Jan S. Hesthaven zum neuen Präsidenten des KIT gewählt. Dieses Votum hat der KIT-Senat mit sehr großer Mehrheit bestätigt. Der dänische Mathematiker ist derzeit noch Provost und Vizepräsident für akademische Angelegenheiten an der École Polytechnique Fédérale de Lausanne in der Schweiz (EPFL), einer der international führenden Lehr- und Forschungseinrichtungen. Mit ihm soll die internationale Ausrichtung und Positionierung des KIT im weltweiten Wettbewerb deutlich gestärkt werden. „Professor Hesthaven hat eine überzeugende Vision für das KIT vorgestellt. Ich bin mir sicher, dass er sowohl die internationale Positionierung als auch die wissenschaftliche und kulturelle Weiterentwicklung dieser einzigartigen Einrichtung vorantreiben wird“, sagt der Vorsitzende des Aufsichtsrats des KIT, Professor Michael Kaschke. Zum neuen Vizepräsidenten Finanzen, Personal und Infrastruktur wurde Dr. Stefan Schwartze gewählt. Der Jurist ist bisher Administrativer Vorstand des Deutschen GeoForschungsZentrums Potsdam (GFZ).



FOTO: MARKUS BREIG

## AUTOMATED TOOLCHAIN FOR FUTURE MOBILITY

Software systems play a critical role in the transformation of transport and mobility. The requirements to be met by such systems are growing continuously. To better manage this complexity, eight European partners in the XANDAR project coordinated by KIT have developed an automated toolchain. It supports developers in the achievement of safety and security and in meeting real-time requirements. The partners used the automated toolchain for reliable sensor data fusion in autonomous road vehicles and the development of a collision avoidance system to assist pilots. “XANDAR has given rise to a new standardizable toolchain that will help developers in realizing trusted software systems for future mobility. This will also reduce the risks and costs of modern parallel software systems in the mobility sector,” says Professor Jürgen Becker, Head of KIT’s Institute for Information Processing Technology (ITIV).

Contact: [becker@kit.edu](mailto:becker@kit.edu)

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

## TIEFER BLICK IN WINZIGE POREN

Sauberes Trinkwasser ist überlebenswichtig. Um gesundheits- und umweltschädliche Mikroverunreinigungen effizient zu entfernen, eignen sich Membranen. Ein besonders vielversprechendes Material dafür sind vertikal ausgerichtete Kohlenstoff-Nanoröhren (VaCNT). Das Wechselspiel der Kräfte in den winzigen Poren haben Forschende vom Institute for Advanced Membrane Technology (IAMT) des KIT zusammen mit einem Team am Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) anhand von Experimenten zur Adsorption von Steroidhormonen untersucht. Dabei stellten sie fest, dass sich VaCNT mit gezielt gestalteter Porengeometrie und Porenoberflächenstruktur für hochselektive Membranen eignen. Hergestellt wurden die fast perfekten Membranen am LLNL. Die Experimente mit Mikroverunreinigungen wurden am IAMT mit modernsten analytischen Systemen durchgeführt und ausgewertet. Von der Idee bis zur Realisation der Studie dauerte es fast zehn Jahre. „So etwas gemeinsam zu schaffen, ist ein Riesenerfolg“, so Professorin Andrea Iris Schäfer, Leiterin des IAMT.

Kontakt: [andrea.iris.schaefer@kit.edu](mailto:andrea.iris.schaefer@kit.edu)



FOTO: IAMT

+++ NACHRICHTEN | NEWS +++



FOTO: MARKUS BREIG

## SUSTAINABILITY INNOVATION CAMPUS KICKED OFF

How can cities cope with the consequences of climate change? How can we ensure that the food offered by university and staff canteens is healthy and resources are used efficiently? And what motivates citizens to live more sustainably? The new Sustainability Innovation Campus (ICN) launched in January by the University of Freiburg and KIT wants to find effective answers that are applicable to questions like these, together with partners in society, industry, science, and politics. The research activities of ICN are expected to contribute to the sustainable development of society, considering economic factors, the common good, and social justice. It will address the areas of climate protection, conservation of resources, and general well-being. The State of Baden-Württemberg will provide initial funding of EUR 1 million to establish the ICN and the first three pilot projects.

More information: [www.kit.edu/b4/24590.php](http://www.kit.edu/b4/24590.php)

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

## KIT MIT NEUER INITIATIVE IN FINALER EXZELLENZCLUSTER-AUSWAHLRUNDE

Das KIT geht mit einem neuen Vollantrag ins Finale der Förderlinie „Exzellenzcluster“ in der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder. Mit seiner Skizze zu einer chemischen Plattform für hochpräzise Quantenarchitekturen überzeugte das KIT das international besetzte Expertengremium. Die Ergebnisse der ersten Auswahlrunde gaben die Deutsche Forschungsgemeinschaft und der Wissenschaftsrat Anfang Februar bekannt. Außerdem wird das KIT mit seinen Partnern Fortsetzungsanträge für die beiden bereits bestehenden Exzellenzcluster zu 3-D-Designermaterialien sowie zur Batterieforschung stellen. Insgesamt hatten sich 143 Initiativen aus ganz Deutschland mit Skizzen für Exzellenzcluster beworben. 41 davon sind nun vom Expertengremium zu Vollanträgen eingeladen. Das KIT hatte acht Skizzen eingereicht. „Nun gilt es, unsere Energie entschlossen und motiviert mit unseren Partnern in Stuttgart und Ulm in den neuen Vollantrag sowie mit unseren Partnern in Heidelberg, Ulm und Gießen in die beiden Fortsetzungsanträge zu investieren“, so Professor Oliver Kraft, in Vertretung des Präsidenten des KIT.



FOTO: MAGALI HAUSER

+++ PODCAST +++



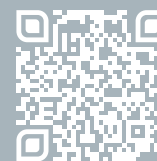
FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

## NACHGEFRAGT – WISSEN, WIE'S LÄUFT

Solarzellen auf der Autobahn, über Gewächshäusern oder in der eigenen Wohnung? In der Zukunft vielleicht ganz normal. Im Podcast „Nachgefragt – wissen, wie's läuft“ des KIT spricht Moderatorin Gabi Zachmann (re.), 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 Marie Louise Schubert, die am Institut für Theoretische Festkörperphysik (TFP) des KIT zum Thema Solarzellen promoviert, wie die Umwandlung von Sonnenenergie zu Strom funktioniert, welchen Einfluss die Temperatur auf die Standortwahl von Solarzellen hat und wie Deutschland wieder eine zentrale Rolle auf dem Solarzellenmarkt erlangen könnte. Zudem erläutert sie, wo der Unterschied zwischen einer Perowskit-, einer (organischen) Dünnschicht- und einer Tandemsolarzelle liegt und welche Vor- und Nachteile diese mitbringen. Hören Sie rein – damit Sie wissen, wie's läuft!



Link:  
[podcasters.spotify.com/  
pod/show/nachgefragt-kit](https://podcasters.spotify.com/pod/show/nachgefragt-kit)




# Is It Possible to Produce **Steel** More **Sustainably?** **Yes, It Is!**

*Professor Olaf Deutschmann (right) from KIT's Institute for Chemical Technology and Polymer Chemistry and his team, together with the Luxembourg-based Paul Wurth company, have developed a process to sustainably backfit blast furnaces and significantly reduce CO<sub>2</sub> emissions (here with Philipp Blanck and Dr. Sabrina Göbler in front of the test facility at KIT)*

*Professor Olaf Deutschmann (re.) vom Institut für Technische Chemie und Polymerchemie des KIT und sein Team haben mit der luxemburgischen Firma Paul Wurth ein Verfahren entwickelt, um Hochöfen nachhaltig umzurüsten und damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen stark zu reduzieren (hier mit Philipp Blanck und Dr. Sabrina Göbler vor der Testanlage am KIT)*





**A TECHNOLOGY  
DEVELOPED BY KIT  
CONSIDERABLY REDUCES  
CO<sub>2</sub> EMISSIONS OF STEELWORKS**

BY ISABELLE HARTMANN // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

FOTO: VASILY ULYANOV/STOCK.ADOBE.COM

**It is no longer a dream, but reality: KIT researchers, in cooperation with a steel production company, have developed a technology to considerably reduce the CO<sub>2</sub> emissions of blast furnaces. Worldwide CO<sub>2</sub> emissions can be reduced by hundreds of million tons every year. One of the world's biggest steel companies is already backfitting its plant with the new technology.**

The steel industry is one of the most climate-damaging operations in the world. About 8 percent of worldwide CO<sub>2</sub> emissions are produced by the steel industry, more than the CO<sub>2</sub> emitted by India and its roughly 1.4 billion inhabitants. This problem, however, also represents an opportunity: Whoever turns this set screw can do a lot for the environment. Experts worldwide are working on making steel production more sustainable, such as using green hydrogen. Professor Olaf Deutschmann from KIT's Institute for Chemical Technology and Polymer Chemistry (ITCP), however, considers this to be too slow: "It will take years or even decades until these technologies will be applied widely. We are running out of time as regards the goals for the reduction of CO<sub>2</sub> emissions and we have to take countermeasures now."

#### **Backfitting Conventional Blast Furnaces**

Deutschmann takes a pragmatic approach. According to prognoses, steel consumption

will increase 37 percent by 2050. Hence, interim technologies will be required. Ten years ago, Deutschmann studied catalytic use of CO<sub>2</sub> together with the chemical industry, an approach that met with considerable attention. This work eventually led to a new idea: Together with the Luxembourg company Paul Wurth, which offers engineering services for steel industry, Deutschmann's team has developed a process to backfit existing blast furnaces and make them more sustainable.

Following experiments at KIT, this method has been tested successfully since 2021 at a pilot plant on the premises of the Dillinger Hütte AG steelworks. "The potential is great," Deutschmann says. "This is also obvious from the simulations we ran together with KIT's startup omegadot software & consulting GmbH. We expect that backfitting existing blast furnaces with our technology will reduce CO<sub>2</sub> emissions by 12 percent. In terms of worldwide backfitting, this would correspond to 0.5 percent of the world's direct CO<sub>2</sub> emissions. This figure may be small, but implies that 25 percent of Germany's CO<sub>2</sub> emissions would disappear with one blow.

#### **Less Coke, Less CO<sub>2</sub>**

How does it work? To understand this, the processes needed for steel production must

be known. Two facilities are required: A coking plant and a blast furnace. At the coking plant, coal is baked in ovens at more than 1000 °C to produce coke. Coke consists almost exclusively of carbon. This process causes much methane to be released as exhaust gas.

The process taking place in the blast furnace consists of two steps: First, oxygen is removed from the mined iron ore (so-called reduction). Then, the iron ore is molten to pig iron. For both steps, coke is needed, as it not only produces the energy required for melting, but also serves as a reducing agent in the chemical reaction. This process is associated with a high CO<sub>2</sub> production.

The waste gases of the coking plant and blast furnace are the points of departure of Olaf Deutschmann and his early-stage researchers Dr. Sofia Angeli, Dr. Sabrina Göbler, and Philipp Blanck. They modify the Cowper heaters of the blast furnace so that methane from the coke oven gas reacts with CO<sub>2</sub> from the blast furnace gas to form synthesis gas. This gas, a mix of hydrogen and carbon monoxide, can then be blown into the blast furnace to support iron oxide reduction. The advantage?

## Stahl nachhaltiger produzieren? Das geht!

### Eine Technologie von Forschenden des KIT kann die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Stahlwerken deutlich senken

Die Stahlindustrie ist einer der klimaschädlichsten Wirtschaftszweige der Welt. Rund acht Prozent der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen gehen auf ihr Konto. Mit Blick auf den rasanten Klimawandel und die weltweit steigende Nachfrage an Stahl müssen schnell umsetzbare Übergangstechnologien her. Professor Olaf Deutschmann vom Institut für Technische Chemie und Polymerchemie (ITCP) des KIT und sein Team haben gemeinsam mit der luxemburgischen Firma Paul Wurth ein neues Verfahren entwickelt, um bestehende, konventionelle Hochöfen nachhaltig umzurüsten und ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen stark zu reduzieren.

Für die Stahlproduktion werden eine Kokerei und ein Hochofen benötigt. In der Kokerei wird Kohle bei mehr als 1 000 Grad Celsius zu Koks gebrannt. Dabei wird unter anderem viel Methan als Abgas freigesetzt. Im Hochofen wird dem Eisenerz, das aus dem Bergbau kommt, Sauerstoff entzogen (die sogenannte Reduktion), anschließend wird es zu Roh-eisen geschmolzen. Das Koks dient dabei als Brennstoff für die Schmelze des Eisenerzes und als Reduktionsmittel für die chemische Reaktion. In diesem Prozess entsteht sehr viel CO<sub>2</sub>. Das neue Verfahren setzt an den Abgasen von Kokerei und Hochofen an. Mithilfe der Technologie werden die Heißwind-Erzeuger des Hochofens, die sogenannten „Cowper“, modifiziert. Dort reagieren das Methan aus dem Kokereigas und das CO<sub>2</sub> aus dem Hochofengas chemisch miteinander. Dabei entsteht das Synthesegas, eine Mischung aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid. Dieses kann in den Hochofen eingeblasen werden und unterstützt dort die Reduktion des Eisenoxids. So können signifikante Mengen an Koks und CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden.

Die Methode wird seit 2021 getestet, und die Ergebnisse sind vielversprechend: „Wir erwarten, dass sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Nachrüstung bestehender Hochöfen von Stahlwerken mit unserer Technologie um zwölf Prozent verringern lassen. Das entspräche bei weltweiter Umrüstung 0,5 Prozent der weltweiten direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Das klingt nach wenig, es wäre aber so, als würden 25 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen Deutschlands auf einen Schlag verschwinden“, erklärt Deutschmann. Ob sich die Ergebnisse im laufenden Betrieb von Stahlhütten bewahrheiten, wird sich bald zeigen. Einer der weltweit größten Stahlhersteller, das indische Unternehmen Tata Steel, hat entschieden, einen seiner Hochöfen in Indien auf das neue Verfahren im Rahmen der EASyMelt-Technologie umzurüsten zu lassen. ■



*Integration of blast furnace, and coking plant, and recycling of process gases and process heat reduce CO<sub>2</sub> emission of steel production. These results were demonstrated and validated at a pilot plant on the premises of the Dillinger Hütte steelworks. The graphic representation shows a modern steel plant of identical design with CCS technology*

*Durch die Integration von Hochofen und Kokerei sowie das konsequente Recycling von Prozessgasen und -wärme kann der CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei der Stahlproduktion reduziert werden. Demonstriert und validiert wurden diese Ergebnisse in einer Pilotanlage bei der Dillinger Hütte. Sie gleicht der abgebildeten Anlage, ergänzt durch Kohlenstoffabscheidung und -speicherung*



“Per ton of steel produced, significant amounts of coke can be saved and CO<sub>2</sub> emissions of the steelworks are reduced,” Blanck says. This is a major improvement in an area that has enhanced the efficiency of its technologies for decades. And the development continues.

### Halving the CO<sub>2</sub> Concentration in Blast Furnaces

Following scientific testing at the pilot plant in Dillingen, Paul Wurth company has further optimized this process during recent months. The process was named EASyMelt and the company promises that CO<sub>2</sub> emissions of any

blast furnace can now be halved at moderate cost. The necessary investment costs, however, have not been revealed. But it will soon be known whether the results can be confirmed during ongoing operation of steelworks. One of the world’s largest steel producers, the Indian company Tata Steel, has decided to backfit one of its blast furnaces in India with EASyMelt.

Olaf Deutschmann is enthusiastic: “In our world, steel cannot be replaced, but collaboration of research and industry results in pragmatic solutions, with the help of which exist-

ing plants can be made more climate-friendly. To slow down climate change, it is not important whether humankind will have reached zero emissions in 20 or 30 years’ time, but how much greenhouse gases will have been emitted by that time. The earlier and the more CO<sub>2</sub> emissions can be reduced, the better.” ■

@ [deutschmann@kit.edu](mailto:deutschmann@kit.edu)

## ANZEIGE



### Lichtbogenofen für die Wasserstoff-Plasma-Reduktion von Metallerzen

Forschungsanlage zur Stahlerzeugung mittels grünem Wasserstoff

- Wassergekühlte Hochvakuumkammer aus Edelstahl
- Wassergekühlte Kupfertiegelplatte mit auswechselbaren Einsätzen für ca. 100 g Erz
- Gaszufuhr über Mischbatterie (Ar, H<sub>2</sub>, CO), max. 20% H<sub>2</sub> Überdruck bis max. 2000 mbar (abs.)
- Integrierte Gasanalyse
- Vor- oder Hochvakuumpumpstand
- Lichtbogenschmelzgenerator 400 A, AC/DC umschaltbar, mit Pulsfunktion

Wir produzieren seit mehr als 40 Jahren Anlagen für die Metallforschung (Lichtbogenöfen, Schmelzspinnanlagen, Induktionsanlagen) und bieten kundenspezifische Lösungen.

**B** Edmund Bühler

**Edmund Bühler GmbH**  
Schindäckerstraße 8  
72411 Bodelshausen  
Telefon: +49 7471 9864-0  
info@edmund-buehler.de  
www.edmund-buehler.de

# Pflanzen-genetik umgebracht

WIE DIE GENSCHERE CRISPR/CAS DAS ERBGUT  
VON NUTZPFLANZEN LANGFRISTIG ERHALTEN  
KÖNNTE

VON DR. MARTIN HEIDELBERGER





*Dr. Michelle Rönspies vom Joseph Gottlieb Kölreuter Institut für Pflanzenwissenschaften des KIT arbeitet mit genetischen Scheren: Sie verändert Arabidopsis-Plenzen mit der CRISPR/Cas-Technik genetisch und kultiviert sie bis zur Samenreife im Gewächshaus. Die Samen werden dann auf Selektionsplatten übertragen, auf denen nur die erfolgreich genetisch veränderten Pflanzen überleben (oben). Mit den veränderten Pflanzen führt sie verschiedene Analysen durch (rechts)*

*Dr. Michelle Rönspies from the Joseph Gottlieb Kölreuter Institut for Plant Sciences of KIT works with genetic scissors: She genetically modifies Arabidopsis plants using CRISPR/Cas technology and cultivates them in the greenhouse until the seeds are ripe. The seeds are then transferred to selection plates on which only the successfully modified plants survive (above). The genetically modified plants are subjected to various analyses (right)*



**Die Biologin Dr. Michelle Rönspies vom Joseph Gottlieb Kölreuter Institut für Pflanzenwissenschaften (JKIP) des KIT nutzt CRISPR/Cas, um Chromosomenabschnitte in Pflanzen umzukehren – und damit genetisch zu fixieren. Mit der neuen Methode will sie Nutzpflanzen vor dem Verlust erwünschter Eigenschaften schützen.**

Wenn sich Pflanzen fortpflanzen, dann sorgt die Vermischung der Gene für die Neukombination von Eigenschaften in den Nachkommen. Doch manchmal bricht ein Stück DNA komplett aus der Doppelhelix heraus und wird falsch herum wieder eingebaut. Diese Umkehrung des Chromosomenabschnitts wird als Inversion bezeichnet. „An dieser spezifischen Stelle gibt es dann unter Umständen keinen genetischen Austausch mehr“, erklärt Rönspies. „Die dort vorhandenen Gene werden unverändert an die nächste Generation

weitergegeben. In Wild- und Nutzpflanzen können solche Inversionen ohne Weiteres Jahrtausende überdauern.“

Dieses natürliche Phänomen weckte das Interesse der jungen Forscherin im Team von Professor Holger Puchta, Leiter des JKIP, und sie begann zu experimentieren. Die Inversionen, mit denen Rönspies normalerweise arbeitet, sind zwar nicht ganz so alt – dafür sind sie aber viel größer. Sie befinden sich im Erbgut der Ackerschmalwand, und das Team um Puchta hat sie selbst eingebracht. „Dafür haben wir das Erbgut der Pflanzen mit der Genschere CRISPR/Cas umgebaut“, erklärt sie in einem Labor des KIT und hält einige unscheinbare Keimlinge ans Licht, die in einer Petrischale wachsen. Die zarten Blättchen sehen grün und gesund aus. Es sei schön, mit lebenden Pflanzen zu arbeiten und sie wachsen zu sehen, sagt sie. Michelle Rönspies gehört zu

einer neuen Generation junger Biologinnen, die – quasi als CRISPR-Natives – von Beginn ihrer wissenschaftlichen Laufbahn an mit den Möglichkeiten des „genome editing“ vertraut sind. Doch statt die Genschere an einzelnen Genen anzusetzen, verändert Rönspies die Struktur der Chromosomen, was als „chromosome engineering“ bezeichnet wird. „Wir konnten gezielt sehr große Inversionen erzeugen und dann zeigen, dass in diesem invertierten Bereich fast kein genetischer Austausch mehr stattfindet. Eine dieser Inversionen betraf fast ein ganzes Chromosom.“

#### **Forschung für bessere Nutzpflanzen**

Mit „chromosome engineering“ betritt Rönspies wissenschaftliches Neuland. Ihre Doktorarbeit wurde mit zwei Preisen ausgezeichnet, dem Bayer Pharmaceutical-Promotionspreis 2024, verliehen durch die Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie, sowie

dem Elisabeth-Gateff-Promotionspreis 2023 der Gesellschaft für Genetik. Andere Forschungsgruppen greifen die am JKIP entwickelten Ansätze bereits auf. Doch mehr noch als der wissenschaftliche Erfolg motiviert sie das Gefühl, dabei etwas potenziell Nützlichem und Großem auf der Spur zu sein: „Nutzpflanzen sollen heute möglichst viele vorteilhafte Eigenschaften in sich vereinen, also zum Beispiel nicht nur ertragreich sein, sondern auch resistent gegenüber Krankheiten oder Trockenheit.“ Das Problem sei aber, dass beim Versuch, vorteilhafte Eigenschaften zu kombinieren, stattdessen eine der Eigenschaften wieder verloren gehen könne. „Das liegt oft daran, dass die entsprechenden Gene auf den Chromosomen zu weit auseinander liegen. Könnte man steuern, welche Eigenschaft vererbt werden soll und welche nicht, hätte man ein mächtiges Werkzeug in der Hand“, erklärt die Forscherin. Im Zeitalter der sich zuspitzenden Klima- und Biodiversitätskrise könne das „chromosome engineering“ zusammen mit anderen neuen Züchtungsmethoden einen wichtigen Wandel einleiten.

*Die Keimlinge von Ackerschmalwand-Pflanzen werden vier Wochen lang im Gewächshaus kultiviert, dann können sie mit der CRISPR/Cas-Technik genetisch verändert werden*

*The seedlings of Arabidopsis thaliana plants are cultivated in a greenhouse for four weeks. Then, they can be genetically modified using CRISPR/Cas technology*



In diesem Zusammenhang sei sie persönlich sehr froh, dass auch in der EU langsam ein Umdenken stattfindet und die regulatorischen Bedingungen dem Stand der Wissenschaft angepasst werden sollten. „Manchmal hatte ich schon das Gefühl, dass man uns Forschenden gar nicht richtig zuhört, sondern alle Gentechnik pauschal und reflexartig ablehnt und in einen Topf geworfen wird“, sagt Rönspies. „Ich finde es zum Beispiel richtig, sich gegen Überdüngung oder den übermäßigen Gebrauch von Pestiziden einzusetzen. Aber wenn das alles in einem Atemzug gemeinsam mit den neuen Züchtungsmethoden verurteilt wird, die doch genau für diese Probleme eine sinnvolle und sichere Lösung darstellen könnten, dann ergibt das für mich einfach keinen Sinn.“

#### **Vielfalt in natürlichen Inversionen verborgen**

Dass sie in Zukunft einmal in einer Biotechfirma arbeiten wird, um die klimawandelresistenten Nutzpflanzen der Zukunft selbst zu züchten, will die Forscherin nicht ausschließen.

Ben. Zunächst möchte sie aber als Postdoc am KIT an Aspekten weiterarbeiten, die sich aus der Doktorarbeit ergeben haben. „Ich möchte beispielsweise gerne herausfinden, ob wir Pflanzen züchten können, die sich nicht mehr mit ihren wilden Verwandten kreuzen. So könnte man eine genetische Vermischung von Kulturpflanzen mit Wildpflanzen komplett verhindern.“ Außerdem könne man in natürlichen Inversionen von Nutzpflanzen und wilden Artverwandten nach vorteilhaften Genen suchen, die bislang nicht für die Züchtung verfügbar gewesen seien und nun durch erneute Umkehrung erstmals nutzbar würden. „Es ist an der Zeit, diesen genetischen Schatz für die Pflanzenzüchtung zu heben“, so Rönspies. ■

@ michelle.roenspies@kit.edu

Im Podcast „Nachgefragt – wissen, wie’s läuft“ erklärt Michelle Rönspies die Vorteile und Tücken von Gentechnik bei Pflanzen im Interview. Reinhören unter: Michelle Rönspies in KIT’s podcast (in German):



[podcasters.spotify.com/pod/show/nachgefragt-kit](https://podcasters.spotify.com/pod/show/nachgefragt-kit)



FOTO: DARYOUSH DAVADI



FOTOS: MARKUS BREIG

## Plant Genetics Inverted

### How the CRISPR/Cas Gene Scissors Can Help Preserve the Genetic Material of Crops for the Long Term

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

When plants reproduce, the mixing of genes causes the traits to be recombined in their offspring. Sometimes, however, a DNA fragment breaks off the double helix and is reinserted in the wrong direction. This is referred to as inversion. "Under certain circumstances, there will no longer be any genetic exchange at this point," says biologist Michelle Rönspies from KIT's Joseph Gottlieb Kölreuter Institut for Plant Sciences (JKIP). "The genes existing there are simply transmitted unchanged to the next generation. Such inversions may survive thousands of years." Rönspies will use this principle to genetically fix chromosome fragments in plants using the CRISPR/Cas gene scissors. Doing this, she wants to protect crops from losing desired traits. The researcher explains that the attempt to combine advantageous traits of crops is often associated with a loss of one of them, the reason being that the corresponding genes are located too far away from each other on the chromosomes. If it were possible to control the trait to be inherited, this tool would be an immensely powerful one.

The inversions used by Rönspies can be found in the genetic material of thale cress. The team of Professor Holger Puchta, Head of JKIP, used the CRISPR/Cas gene scissors to invert the chromosome fragments. Instead of applying the scissors to single genes, Rönspies changes the structure of the chromosomes by so-called chromosome engineering. "We specifically produced very large inversions and proved the absence of any genetic exchange in this inverted area," the biologist says. Her research meets with high scientific interest: Rönspies's doctoral thesis has been granted two awards so far.

As the climate and biodiversity crisis is aggravating, chromosome engineering and other new cultivation methods could give rise to real change, Rönspies emphasizes. The EU also plans to adapt its regulations to the state of science. To prevent genetic mixing of cultivated and wild plants, Rönspies wants to study whether it is possible to cultivate plants that do not cross with their wild relatives. In addition, one could search natural inversions of crops and their wild relatives for advantageous genes that have not been available for cultivation so far. ■



## Fachwissen bitte!

**Alle Medien schnell, einfach und überall verfügbar.**

In unserem Katalog sind über 40 Millionen Titel gelistet, für jeden Bedarf das Richtige. Schweitzer arbeitet eng mit den führenden E-Procurement-Anbietern zusammen und stellt für Sie einen reibungslosen Best-in-Class-Beschaffungsprozess sicher.

**Im Raum Karlsruhe die erste Wahl:**

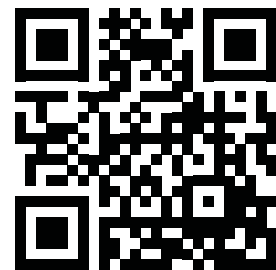
**Schweitzer Fachinformationen**

Karlsruhe

Tel: +49 721 98161-0

[karlsruhe@schweitzer-online.de](mailto:karlsruhe@schweitzer-online.de)

**Bestellen Sie rund um die Uhr direkt online!**



[www.schweitzer-online.de](http://www.schweitzer-online.de)

**schweitzer**  
Fachinformationen

ANZEIGE



## HAND IN HAND BESSER LERNEN

AUSZUBILDENDE UND STUDIERENDE ENTWICKELN GEMEINSAM MECHATRONISCHE SYSTEME UND BAUEN DABEI VORURTEILE AB

VON ISABELLE HARTMANN // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // FOTOS: IRS

Der Hörsaal ist voll, einige Zuschauer stehen sogar an den Fenstern, alle warten gespannt: Wird der Minibagger seinen Container an den kleinen Lift klemmen und sich seiner Steine entledigen können? 3, 2, 1: geschafft! Jubel bricht aus, es ist der Sieg für Team 2 – und für das Pilotprojekt, das dahintersteckt. Drei Monate lang haben die Teams der Lehrveranstaltung „Mechatronische Systeme und Produkte“ im vergangenen Wintersemester an autonomen Systemen gearbeitet, die am Tag des finalen Wettbewerbs zuverlässig eine Reihe von Tätigkeiten ausführen sollten. Der Clou dabei: Zum ersten Mal haben dafür Auszubildende und Studierende des KIT gemeinsam an den Aufgaben geknobelt – zwei Welten, die im Normalfall voneinander getrennt sind. Doch dieses starre System wollten die Leitungen des Instituts für Produktentwicklung (IPEK), des Instituts für Regelungs- und Steuerungssysteme (IRS) und der Dienstleistungseinheit Personalentwicklung und Berufliche Ausbildung (PEBA) des KIT aufbrechen. Die Idee dahinter: „Vorurteile zwischen den Berufsgruppen abbauen“, so Professor Sven Matthiesen vom IPEK. Professor Sören Hohmann vom IRS ergänzt: „In der Ar-

beitswelt sind die Vorurteile zwischen den verschiedenen Gruppen leider immer noch sehr ausgeprägt, obwohl alle voneinander lernen können. Die Studierenden stehen denjenigen, die Blaumann tragen, gegenüber.“

Dass sich der Blick über den Tellerrand lohnt, bestätigten die Teilnehmenden der Lehrveranstaltung. Die Studierenden zeigten sich begeistert über die Einblicke in die praktische Arbeit wie das Fräsen von Holz- und Metallteilen; die Auszubil-

denden schätzten hingegen den Input von Theorie und in langfristiger Projektplanung. „Genau darum ging es uns: zu zeigen, dass Abgrenzungen oder Berührungängste fehl am Platz sind. Alle bringen ihre Stärken ein“, freut sich Matthiesen. Das Pilotprojekt soll nun verstetigt und Teil des Angebots im neuen Lern- und Anwendungszentrum Mechatronik (LAZ) des KIT werden. Sabrina Heinze von PEBA ist sich sicher: „Wir haben 25 Ausbildungsberufe am KIT. Es lässt sich noch vieles auf die Beine stellen.“ ■

## LEARNING BETTER TOGETHER

TRAINEES AND STUDENTS JOINTLY DEVELOP MECHATRONIC SYSTEMS AND OVERCOME PREJUDICES

The lecture hall is jam-packed with spectators who all wait in suspense: Will the mini excavator be able to fit its container into the small elevator and unload its stones? 3, 2, 1: Done! Applause for Team 2 and the pilot project behind. For three months of the past winter semester, teams in the course “Mechatronic systems and products” worked to develop autonomous systems that could reliably execute several activities at a final competition. For the first time, trainees and students of KIT – two worlds that are normally separated from each other – worked jointly on these tasks. The Heads of KIT’s Institute of Product Engineering (IPEK), Institute for Control Systems (IRS), and the Human Resources Development and Vocational Training Business Unit (PEBA) wanted to break up what has been a rigid system. “We wanted to reduce prejudices between professional groups,” says Professor Sven Matthiesen from IPEK. Adds Professor Sören Hohmann from IRS: “At work, prejudices between the different job groups unfortunately are very pronounced, although they all can learn from each other. Those wearing ties versus those wearing boiler suits.”

The course participants confirmed that it was good to look beyond their own nose. Students enjoyed insights into practical work, such as milling of wooden and metal parts. Trainees appreciated the theoretical input and information on long-term project planning. “This was our goal. We wanted to show that boundaries and fears of contact are out of place. They can all contribute their strengths,” Matthiesen points out. The course will now be offered every semester by KIT’s new Mechatronics Learning and Application Center (LAZ). Sabrina Heinze, PEBA, is convinced: “KIT provides vocational training in 25 professions. We will launch many new projects of this type.” ■

@ soeren.hohmann@kit.edu,  
sven.matthiesen@kit.edu,  
sabrina.heinze@kit.edu

Ein Video mit Eindrücken von der Lehrveranstaltung finden Sie unter: [www.kit.edu/kit/202402-theorie-und-praxis-hand-in-hand-zum-erfolg.php](http://www.kit.edu/kit/202402-theorie-und-praxis-hand-in-hand-zum-erfolg.php)



WIR BIETEN PERSPEKTIVEN!



DEIN BERUFSEINSTIEG:

▪ BAUINGENIEURWESEN ▪ IMMOBILIENWIRTSCHAFT ▪ FACILITY MANAGEMENT ▪ ARCHITEKTUR

DIBAG INDUSTRIEBAU AG

- München | Stuttgart | Düsseldorf | Berlin
- Immobilien | Projektentwicklung
- Wohnen | Gewerbe | Industrie
- Planung | Realisierung | Bau
- Vermietung | Verwaltung

BEWIRB DICH JETZT!

Dein Kontakt bei uns:  
Andrea Taudien  
personal@dibag.de  
Tel. +49 (0)89 324 70 488

[www.dibag.de/karriere](http://www.dibag.de/karriere)



Verkaufsstellen:

Stephanus Buchhandlung, Karlsruhe  
Cafeteria, KIT-Campus Nord

online bestellen unter:

[www.kit-shop.de](http://www.kit-shop.de)



NACHHALTIG.GUT.

Deine Campus-Kollektion

# Windkraft trotz Turbulenzen

IM TESTFELD WINSENT ERPROBEN FORSCHENDE  
MASSGESCHNEIDERTE TECHNOLOGIEN FÜR  
WINDENERGIESTANDORTE

VON DR. MARTIN HEIDELBERGER



**Auf dem Windenergie-testfeld WINSENT auf der Schwäbischen Alb lernen Ingenieurinnen und Ingenieure mit Luftturbulenzen und der Bauwerk-Boden-Interaktion in bergigem Gelände umzugehen. Turbulent war auch die Entstehungsgeschichte der einzigartigen Forschungsinfrastruktur.**

An einem fast windstillen Tag im September 2023 steht der baden-württembergische Ministerpräsident Winfried Kretschmann in der Herbstsonne am Albtrauf bei Geislingen an der Steige und durchtrennt ein grün-weißes Band. Damit ist das Windenergie-testfeld WINSENT offiziell eröffnet. „Endlich, war mein Gedanke. Da ist uns schon ein Stein vom Herzen gefallen“, erinnert sich Professor Joachim Ritter vom Geophysikalischen Institut (GPI) des KIT, der von Anfang an mit eigenen Forschungsvorhaben an dem Projekt beteiligt war. Es wird vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) im

Windenergie Forschungscluster WindForS koordiniert. „Bis es so weit war, mussten wir mit einigen Schwierigkeiten umgehen.“ Nach ersten Planungen seit 2008, einem Forschungsprojekt zur Standortsuche und planerischen Schwierigkeiten kann nun also endlich geforscht werden.

WINSENT liegt am Rande des Stöttener Berges, einem der traditionsreichsten Forschungsstandorte für die Windenergie überhaupt. Bereits in den 1950er-Jahren wurden hier die ersten Anlagen in Betrieb genommen, die Vorläufer moderner Windkraftanlagen. Das neue Testfeld wurde auf einer Freifläche am Albtrauf errichtet. „Hier herrschen hohe Windgeschwindigkeiten und wechselnde Schrägströmungen“, erklärt Ritter. „Das kann zu komplexen Turbulenzen führen, die Windkraftanlagen beeinträchtigen oder beschädigen können.“ In diesem Fall ein Standortvorteil, denn WINSENT steht für „Wind Science and Engineering Test Site in Complex Terrain“. Um den Ausbau der



FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

*Professor Joachim Ritter vom Geophysikalischen Institut des KIT in der Institutsbibliothek*

*Professor Joachim Ritter from KIT's Geophysical Institute at the institut's library*

Windenergie auch an solchen schwierigen, aber gleichzeitig besonders windreichen und in der Regel weniger von Flächenkonkurrenz betroffenen Standorten voranzutreiben, werden auf dem Testfeld nun zwei identische Forschungsanlagen betrieben. Mit einem Rotordurchmesser von 54 Metern, einer Gesamthöhe von 100 Metern und 750 Kilowatt Leistung sind sie vergleichsweise klein, aber ideal für die Forschungsaufgaben. „Wir müssen oft etwas umbauen, das ist dann einfacher. Außerdem lassen sich alle Ergebnisse dank digitaler Zwillinge auf moderne Großanlagen übertragen“, so Ritter.

### **KIT untersucht Bodenerschütterungen**

Die Windenergieanlagen sind vom Fundament bis zu den Rotorblättern umfangreich mit Sensoren ausgestattet. Ergänzt werden

sie durch vier 100 Meter hohe meteorologische Messmasten, die Windgeschwindigkeit und -richtung, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck aufzeichnen. Laseroptische Messsysteme erfassen zusätzlich die An- und Nachlaufströmung der Anlagen. So wird das meteorologische Geschehen um die Anlagen in Echtzeit und dreidimensional aufgezeichnet. Für Experimente und Erprobungen statten die Forschenden eine der beiden Windenergieanlagen mit Neuentwicklungen aus, die andere bleibt unverändert und dient als Referenz. „So lässt sich die Wirksamkeit der Innovationen und baulichen Veränderungen im direkten Vergleich unmittelbar nachweisen“, betont Ritter. „Wir erwarten eine Vielzahl völlig neuer Einblicke und Erkenntnisse.“ In weiteren Schritten sollen die Forschungsergebnisse gemeinsam mit der Indus-

*Naturschutz- und Erschütterungsforschung: Ein Radar soll Vögel schützen, eine Erschütterungsmessanlage mit Sensoren in der Erde erfasst die Wechselwirkungen zwischen den Windkraftanlagen und dem Boden*

*Nature conservation and vibration research: A radar is designed to protect birds, while a vibration measuring system with sensors in the ground records the interactions between the wind turbines and the ground*



FOTO: WINSENT

trie auf kommerzielle Großanlagen übertragen werden.

„Am KIT interessieren wir uns bislang hauptsächlich für die Wechselwirkungen zwischen den ungewöhnlich belasteten Windkraftanlagen und dem Boden“, sagt Ritter. Dazu haben die Forschenden geotechnische Messinstrumente wie Extensometer und Sohldruckgeber unter den Fundamenten der Windkraftanlagen installiert. In drei flachen Bohrlöchern um die Anlagen werden selbst kleinste Bodenbewegungen mit Seismometern dokumentiert. Neben den Geophysikerinnen und -physikern, die sich vor allem um die Ausbreitung der Bodenerschütterungen kümmern, bringt das Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik des KIT unter der Leitung von Professor Hans Henning Stutz sein Know-how zu Boden-Bauwerk-Interaktion ein. „Durch die Kombination unserer Messtechnik erhalten wir einzigartige Daten. So beobachten wir Fundamentbewegungen und die damit verbundene Anregung von Bodenbewegungen mit einer Genauigkeit im Bereich von Mikrometern“, so Stutz. Ziel der Forschung im Projekt WINSENTvalid ist es, die zugrunde liegende Mechanik besser zu verstehen, um die Emissio-

# Pharma High-Tech Prozesse

im Südschwarzwald

# SYNTEGON

PROCESSING & PACKAGING



## Wir sind bereit Neues zu wagen. Bist Du es auch?

Die Hüttlin GmbH in Schopfheim (Südbaden) ist ein Unternehmen der weltweit tätigen Syntegon-Gruppe, ein führender Anbieter von Prozess- und Verpackungstechnik mit rund 5800 Kolleg:innen in mehr als 15 Ländern. Am Standort Schopfheim stellen wir verfahrenstechnische Anlagen für die pharmazeutische Industrie her und vertreiben diese weltweit.

**Geh den entscheidenden Schritt! Bewirb dich jetzt unter [syntegon.com/karriere](https://syntegon.com/karriere)!**

Aktuell suchen wir unter anderem:

- Servicetechniker (m/w/d) mit internationaler Reisetätigkeit
- Inbetriebnehmer (m/w/d) mit internationaler Reisetätigkeit
- Qualitätskontrolle und Terminüberwachung Apparatebau (m/w/d)
- Area Sales Manager (m/w/d)

Hier geht's direkt  
zu Syntegon.  
Bewirb dich jetzt!



Hast Du Fragen zum Bewerbungsprozess oder zum Job?

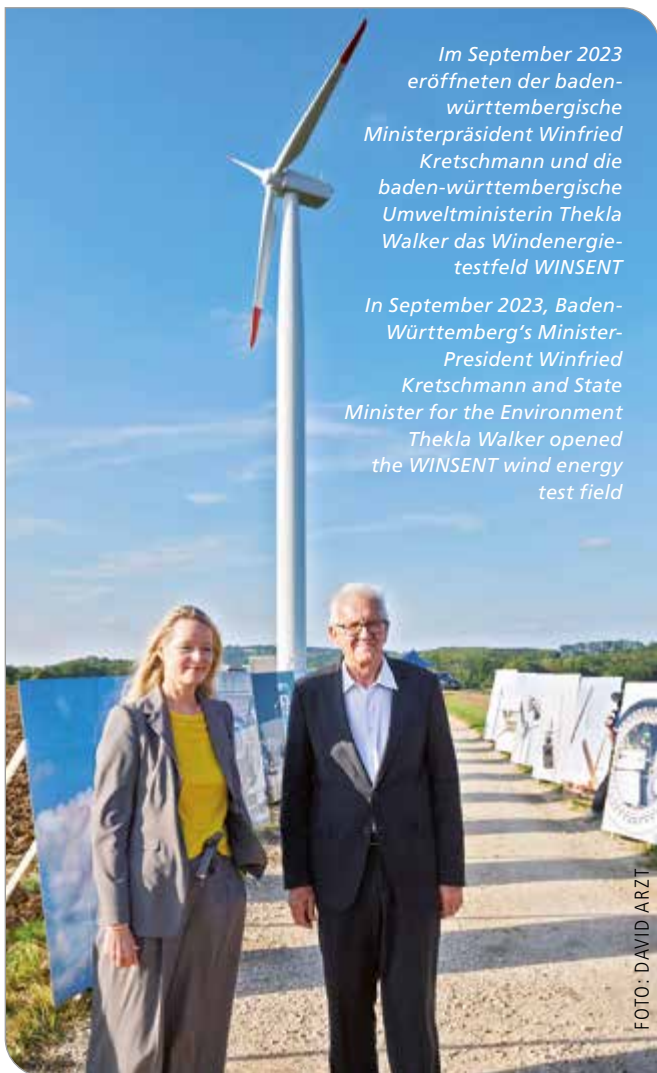
Gerne kannst Du dich an unsere Personalabteilung wenden: +49 (7622) 6884-100

ANZEIGE



*Installation des Rotors an einer der beiden  
Forschungs-Windenergieanlagen. Am  
Boden befinden sich die Komponenten  
des Rotors für die zweite Anlage*

*Installation of the rotor on one of the  
two research wind turbines. The rotor  
components for the second turbine are  
placed on the ground*



*Im September 2023 eröffneten der baden-württembergische Ministerpräsident Winfried Kretschmann und die baden-württembergische Umweltministerin Thekla Walker das Windenergie-testfeld WINSENT*

*In September 2023, Baden-Württemberg's Minister-President Winfried Kretschmann and State Minister for the Environment Thekla Walker opened the WINSENT wind energy test field*

FOTO: DAVID ARZT

## Wind Power Despite Turbulence

### Researchers Test Wind Power Technologies on the WINSENT Test Field

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

The Minister President of Baden-Württemberg Winfried Kretschmann officially opened the WINSENT wind energy test field in September 2023. It is located on a free area on the Swabian Alb, where high wind speeds and skew winds from different directions can cause complex turbulence that can strain or even damage wind turbines. This potential for complex turbulence is one of the reasons this area was chosen, as WINSENT stands for Wind Science and Engineering Test Site in Complex Terrain. Such complex, but wind-rich locations are rarely used for other purposes. Hence, they are highly suited for expanding the use of wind energy. Two identical research facilities are operated on the test field; both are small, but ideal for conducting the research. With the help of a digital twin, all results can be transferred to modern large facilities.

From the foundation to the rotor blades, the wind turbines are equipped with sensors. Both real-time and three-dimensional meteorological conditions are measured. For experiments and tests, one of the two wind turbines is provided with newly developed components, while the other stays unchanged and serves as a reference. This allows innovations and constructional changes to be studied in direct comparison. The research results can then be transferred to large industrial facilities.

To measure interactions between the wind turbines and the ground, geotechnical instruments are installed underneath the WINSENT wind turbines and seismometers in nearby boreholes. This will help better understand the underlying mechanics and minimize ground movements of future wind power plants. The NATforWINSSENT research project focuses on the protection of birds in the test field. The turbines are stopped when a special bird radar detects approaching birds. KIT is planning further research projects at WINSSENT. ■



FOTO: WINSSENT

nen von Bodenbewegungen an zukünftigen Windenergieanlagen zu minimieren. Weitere Forschungsprojekte mit WINSSENT sind am KIT in Planung. Durch die Koordination der Forschungsvorhaben über WindForS, einem Verbund von sieben süddeutschen Forschungsinstitutionen mit Bezug zur Windenergie, an dem sich auch das KIT beteiligt, ergeben sich eine enge Verzahnung und Synergieeffekte für die Untersuchungen.

#### Windkraftgegnerinnen und -gegner wollten Testfeld verhindern

Eigentlich sollte das Testfeld schon 2019 in Betrieb gehen. Doch neben einem insolventen Zulieferer, den Pandemiefolgen, komplexen baurechtlichen Vorgaben samt Zielabweichungsverfahren und fehlenden Fachkräften kam es zu weiteren Turbulenzen: Ein Verein

aus dem weit entfernten Rheinland-Pfalz, der im Genehmigungsverfahren nicht in Erscheinung getreten war, klagte gegen die Erbauung der Forschungsanlagen. „Hier wollten Windkraftgegnerinnen und -gegner ein Exempel statuieren und sind gegen WINSSENT zu Felde gezogen“, so Ritter. „Es wurde beispielsweise behauptet, dass der Naturschutz nicht berücksichtigt wird – was nachweislich nicht richtig ist, es wird ja sogar speziell zum Naturschutz geforscht. Im Forschungsprojekt NATforWINSSENT wird auf dem Testfeld etwa zum Vogelschutz experimentiert. Dabei werden die Anlagen angehalten, wenn ein spezielles Vogelradar heranfliegende Vögel erkennt.“ Der juristische Kampf gegen die Windmühlen am Stöttener Berg endete schließlich vor dem Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg, der die Klage abwies. ■

*Installation einer seismologischen Bohrloch-Messstation am Testfeld WINSSENT (v. li.: Leon Merkel, Dipl.-Ing. Andreas Rettenmeier, Felix Bögelspacher und Marie Gärtner)*

*Installation of a seismological borehole measuring station on the WINSSENT test field (from the left: Leon Merkel, Dipl.-Ing. Andreas Rettenmeier, Felix Bögelspacher, and Marie Gärtner)*

@ joachim.ritter@kit.edu



## MASTERING GLOBAL CHALLENGES WITH STRONG PARTNERS IN SOUTH AMERICA

BY MAXIMILIAN FERBER // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // PHOTOS: UNIVERSIDAD DE CHILE (LEFT), JOHANNES BLÜMER (RIGHT)

Forest fires, record temperatures, floods: Last year was marked by extreme weather events. Chile is an exceptional country for studying the consequences of climate change. Thanks to its long north-south orientation, large range of altitudes, and proximity to the sea, scientific studies can cover a variety of climate zones and geographical spaces. Chile's political stability and strong universities make it an attractive partner for scientific institutions such as KIT. For these reasons, KIT has launched several research collaborations with Chilean universities.

### Global Problems Require Global Solutions

Climate change is a global problem that needs to be solved globally. To contribute to this, KIT, together with the Universidad de Chile, Universidad de Concepción, and Universidad Austral de Chile, established the Virtual Institute of Eco-Industrial Development (IECO) in 2017. IECO's research covers five main topics, with the goal of making industry and urban life more sustainable and ecological.

One of the conflicts analyzed by the Institute is how economic growth can be brought in line with finite natural resources. To resolve this conflict, the partner universities are studying a change of paradigms in economy. To date, resources have been extracted from nature, processed into products, sold to consumers, and disposed of after consumption. IECO members are

studying how to establish a sustainable cycle of resources that would enable multiple use of resources over longer periods. They are developing an industrial ecosystem using the materials cycles of nature as models.

In 2017, the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) started to fund the establishment of IECO. In late 2023, a final workshop was organized by Universidad de Chile in Santiago. The partners presented the results of the project and discussed ideas for further collaboration. The German delegation headed by Professor Thomas Hirth, KIT Vice President Transfer and International Affairs, included Professor Frank Schultmann from KIT's Institute for Industrial Production (IIP), Valentin Goldberg from KIT's Institute of Applied Geosciences (AGW), Professor Michael Janoschka from KIT's Institute of Regional Science (IfR), and Dr. Wolfgang Breh and Professor Walter Tromm from the KIT Energy Center. The delegation members were invited by German Ambassador Irmgard Maria Fellner, met representatives of the German-Chilean Chamber of Foreign Trade, the Fraunhofer Research Institute and the H<sub>2</sub> Network Chile, and hosted a meeting of the KIT Alumni Club.

### Cooperation in Astroparticle Physics and Beyond

In parallel, KIT launched another strategic project with the Argentinian Univer-

sidad Nacional de San Martin (UNSAM). It is based on a longstanding collaboration at the Pierre Auger Observatory, where KIT and partners from 17 other countries study the mysteries of astroparticle physics. The partnership with UNSAM will expand the collaboration to cover sensor and detector technologies, quantum materials, nanotechnology, biomaterials, nuclear safety, and energy.

Some members of the KIT delegation took part in a workshop at UNSAM in Buenos Aires, where pairs of KIT and UNSAM researchers presented project results. Moreover, they discussed ideas for the further development of the collaboration. Delegation members visited research institutions in Buenos Aires and La Plata and met the Deputy Ambassador of Germany Peter Neven as well as Science Attaché Matthias Traeger. ■

---

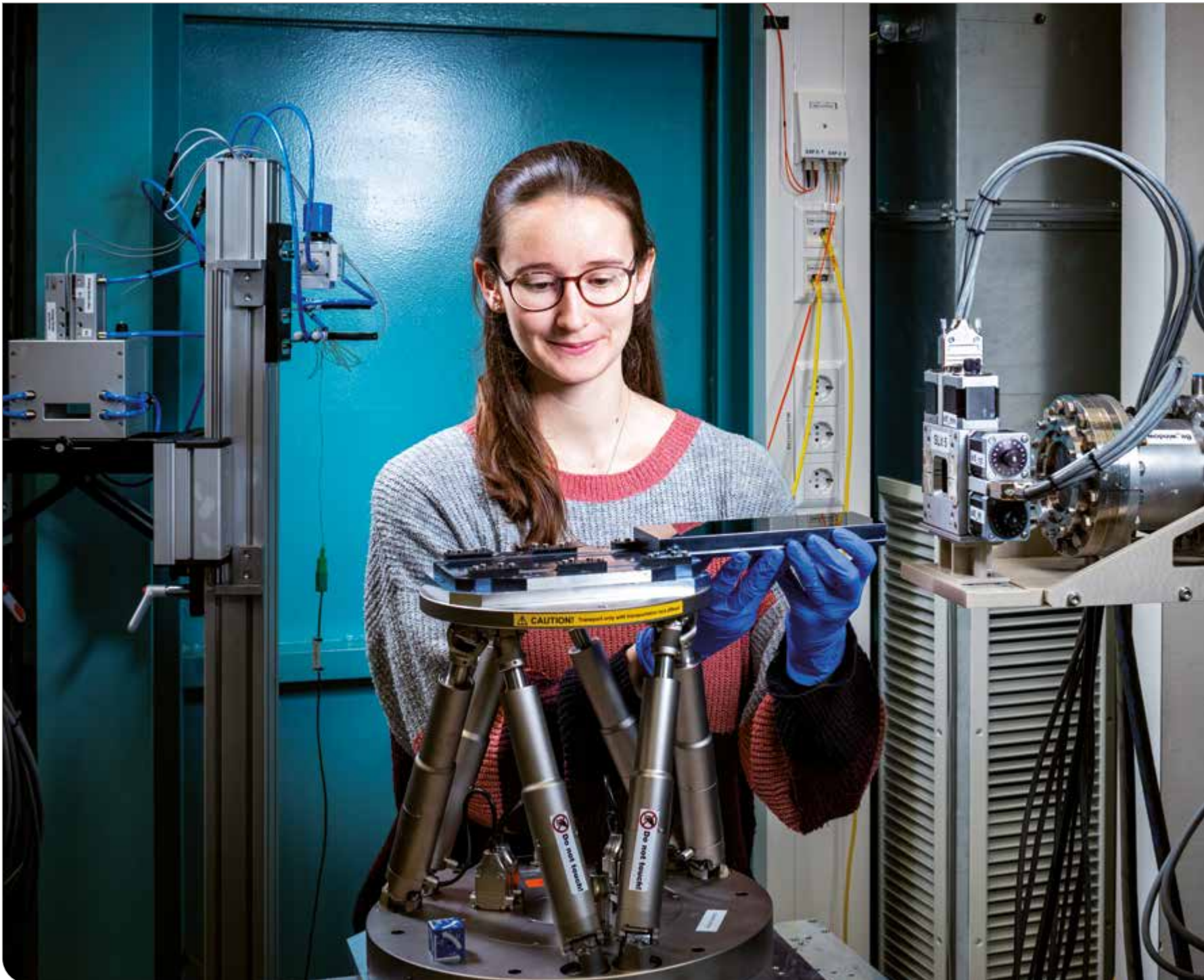
@ [pascale.kohler@kit.edu](mailto:pascale.kohler@kit.edu)

 [ieco-institute.com](http://ieco-institute.com)



# Mit schonendem Röntgenblick

FORSCHENDE DES KIT STELLEN VERBESSERTES  
RÖNTGENVERFAHREN MIT HOHER DOSISEFFIZIENZ  
UND MIKROMETERGENAUER AUFLÖSUNG VOR  
VON SYBILLE ORGELDINGER



Die Röntgenstrahlen durchleuchten eine Probe (rechts). Das dadurch erzeugte Bild wird durch ein Bragg-Mikroskop, bestehend aus zwei Siliziumkristallen (Mitte), vergrößert und anschließend mit einem effizienten, Photonen zählenden Detektor (links) aufgenommen

The X-rays are passed through a sample (right). The resulting image is magnified by a Bragg microscope consisting of two silicon crystals (center) and then recorded by an efficient photon-counting detector (left)

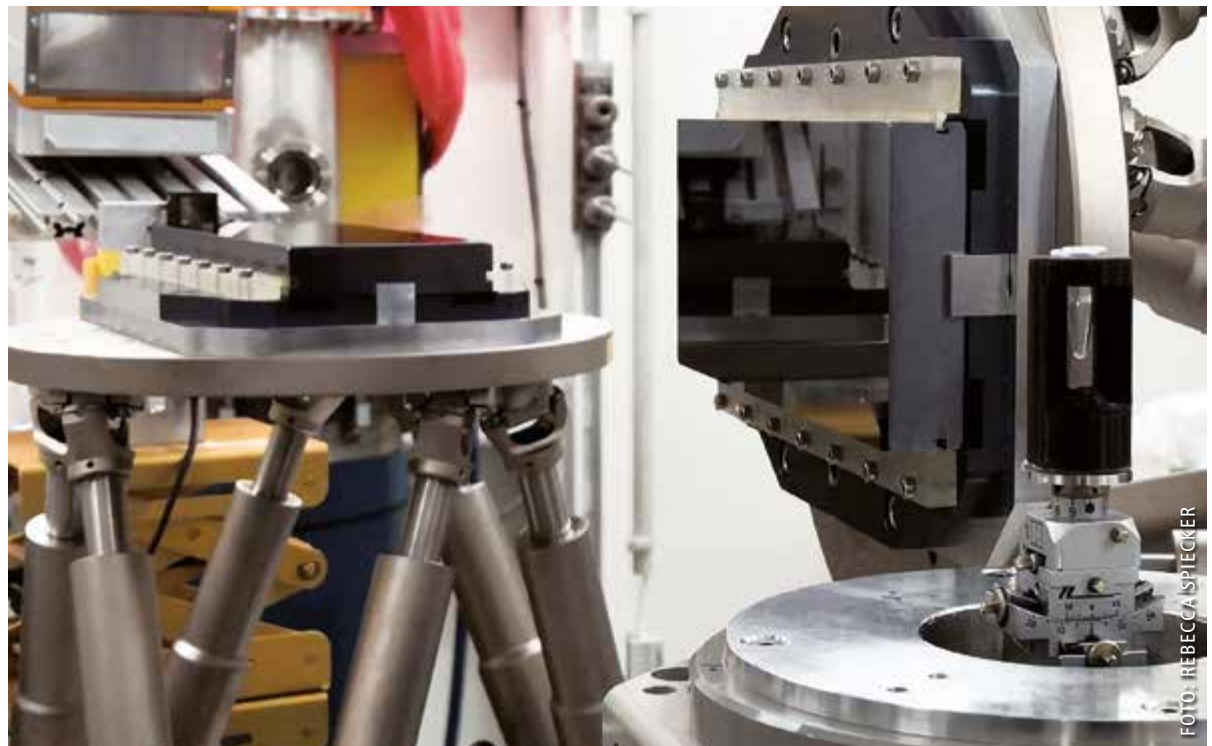


FOTO: REBECCA SPIECKER

Beim Einbau eines Siliziumkristalls in einen Testaufbau einer Beamline: Rebecca Spiecker vom Laboratorium für Applikationen der Synchrotronstrahlung (LAS) des KIT

Rebecca Spiecker from KIT's Laboratory for Applications of Synchrotron Radiation (LAS) installs a silicon crystal in a test setup of a beamline

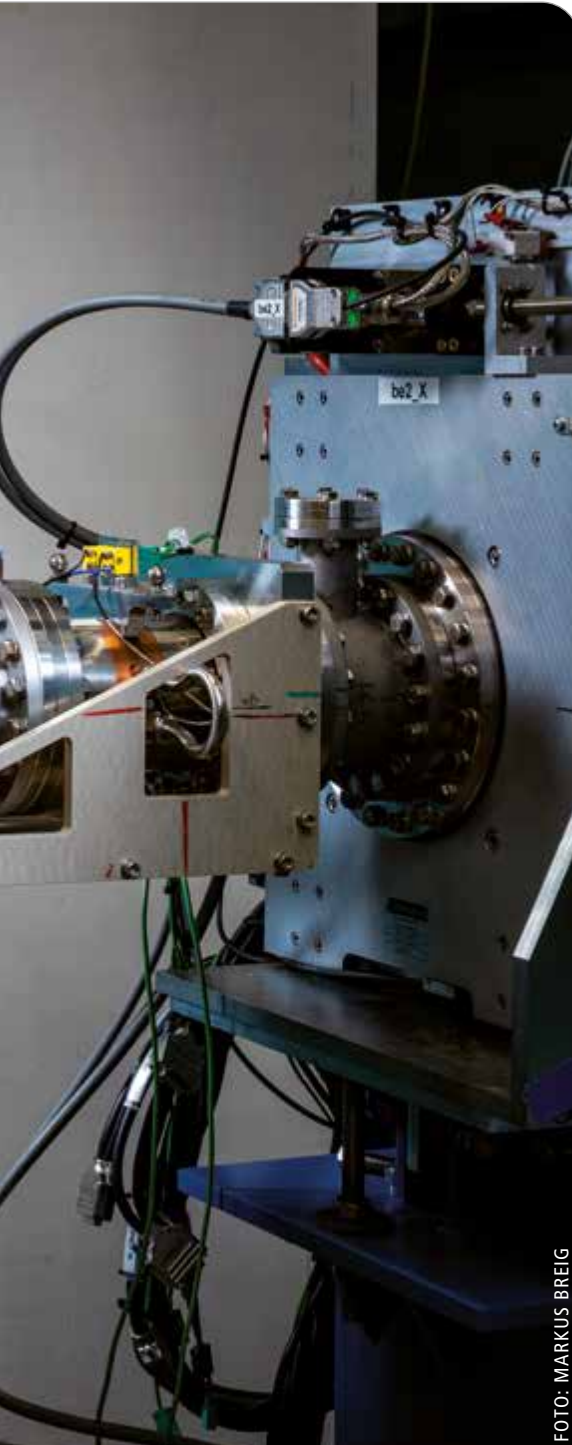


FOTO: MARKUS BREIG

**Verborgenes sichtbar machen – das ermöglichen Röntgenaufnahmen bereits seit Ende des 19. Jahrhunderts. Doch das Beobachten von Strukturen und Prozessen in lebenden Zellen und Organismen über einen längeren Zeitraum war damit bisher nicht möglich, da die für die Aufnahmen eingesetzte Strahlung das Erbgut schädigen kann. Forschende des KIT haben nun eine deutlich schonendere Methode entwickelt.**

Ganz langsam schlüpft die Wespe aus dem Ei. Doch es ist nicht ihr eigenes: Die parasitische Schlupfwespe entwickelt sich in Wirtseiern anderer Insekten vom Ei zur Larve, zur Puppe und schließlich zur ausgewachsenen Wespe. Am Ende muss sich die junge Wespe aus der Hülle des Wirtseis befreien. Den mühsamen Schlupfvorgang konnten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT mit Partner-einrichtungen in einer Pilotstudie über 30 Minuten lang beobachten. Möglich wurde dies durch ein neues System, das Röntgenbilder mit mikrometergenauer Auflösung bei möglichst geringer Strahlendosis aufnimmt.

Der bisherige Einsatz von Röntgenstrahlen, die aus sehr energiereichen elektromagneti-

schen Wellen bestehen, wirkt ionisierend und kann das Erbgut schädigen. Das schränkt den möglichen Beobachtungszeitraum ein. Konventionelle Röntgenaufnahmen liefern bei weichem Gewebe zudem nur geringen Kontrast. Phasenkontrastmethoden erlauben es, deutlich stärkere Bildkontraste zu erzeugen und die Strahlendosis zu reduzieren. Mit zunehmender Auflösung wird eine schonende Abbildung jedoch immer schwieriger, da eine höhere Strahlendosis benötigt wird. Zudem nimmt die Effizienz von üblicherweise eingesetzten hochauflösenden Detektoren ab, wodurch sich die Strahlenbelastung weiter erhöht. Bisher ist die hochauflösende Röntgen-Phasenkontrast-Darstellung lebender biologischer Proben nur für einige Sekunden bis Minuten möglich, bevor es zu schweren Strahlenschäden kommt.

#### **Mikroskop und Detektor verbessern Verfahren**

Forschende am Laboratorium für Applikationen der Synchrotronstrahlung (LAS), am Institut für Photonenforschung und Synchrotronstrahlung (IPS) und am Physikalischen Institut (PHI) des KIT haben gemeinsam mit Partnern aus ganz Deutschland ein Verfahren entwickelt, das die Strahlung effizienter einsetzt

und mikrometergenau aufgelöste Bilder liefert. Das neue System kombiniert das Röntgen-Phasenkontrast-Verfahren mit einem sogenannten Bragg-Mikroskop und einem Photonen zählenden Detektor.

„Statt das Röntgenbild in ein Bild mit sichtbarem Licht umzuwandeln und es anschließend zu vergrößern, vergrößern wir es direkt“, erklärt Rebecca Spiecker, Doktorandin am LAS des KIT. „Dieser Ansatz erlaubt es uns, hoch-effiziente großflächige Detektoren einzusetzen.“ Die Forschenden verwenden einen Photonen zählenden Detektor mit einer Pixelgröße von 55 Mikrometern. Zuvor wird das Röntgenbild hinter der Probe mit einem sogenannten Bragg-Mikroskop vergrößert, wodurch für die Probe selbst eine Auflösung von etwa einem Mikrometer erreicht wird. Das Bragg-

Mikroskop besteht aus zwei perfekten Siliziumkristallen, die eine Vergrößerung durch asymmetrische Beugung am Kristallgitter des Siliziums bewirken. Ein weiterer großer Vorteil des Bragg-Mikroskops besteht in seiner sehr günstigen optischen Bildübertragung. Sie ermöglicht es, alle Ortsfrequenzen bis zur Auflösungs-grenze nahezu verlustfrei abzubilden.

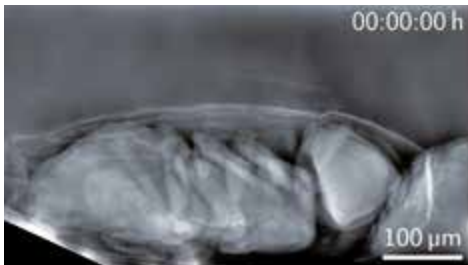
Durch die Kombination von propagationsbasiertem Röntgen-Phasenkontrast mit dem Bragg-Mikroskop und dem photonenzählenden Detektor, alle für eine Röntgenenergie von 30 Kilo-Elektronenvolt (keV) optimiert, erreicht das Verfahren nahezu die maximal mögliche Dosis-effizienz für Röntgen-Phasenkontrast. Dies erlaubt wiederum deutlich längere Beobachtungszeiten bei einer mikrometergenauen Bildauflösung kleiner lebender

Organismen wie der Schlupfwespe. „Die Methode eignet sich auch für biomedizinische Anwendungen, beispielsweise zur schonenden dreidimensionalen histologischen Untersuchung von Proben bei Biopsien“, sagt Spiecker. In Zukunft wollen die Forschenden den Aufbau weiter verbessern, um beispielsweise das Gesichtsfeld zu vergrößern und die mechanische Stabilität für noch längere Messungen weiter zu steigern. ■

@ rebecca.spiecker@kit.edu



FOTOS: REBECCA SPIECKER



Lebende Organismen lassen sich mit dem neuen Verfahren detailliert über längere Zeit beobachten – hier eine parasitische Schlupfwespe, die sich im Ei einer Getreidemotte entwickelt hat und sich daraus befreit. Using the new method, living organisms can be observed in detail over a longer period of time – here a parasitic Trichogramma wasp that has developed in the egg of a grain moth and getting out of it

## Gentle X-ray Imaging

### KIT Researchers Devise New X-ray Imaging Method with High Dose Efficiency and Micrometer Resolution

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

X-ray imaging visualizes hidden structures and processes in living cells and organisms. Conventional X-ray imaging, however, is based on energy-rich electromagnetic waves that have an ionizing effect and may damage genetic material when used for too long. Researchers from KIT's Laboratory for Applications of Synchrotron Radiation (LAS), Institute for Photon Science and Synchrotron Radiation (IPS), Physikalisches Institut (PHI), and their partners have therefore developed a method that uses radiation more efficiently, produces images of micrometer resolution, and allows for a longer observation time.

The new system combines the established X-ray phase contrast method with a so-called Bragg microscope and a photon-counting detector. "Instead of converting the X-ray image into an image with visible light and enlarging it afterwards, we enlarge it directly," LAS doctoral researcher Rebecca Spiecker explains. "Thanks to this approach, we can use highly efficient large-area detectors." The researchers use a photon-counting detector with a pixel size of 55 micrometers. They first enlarge the X-ray image of the specimen using a so-called Bragg microscope, as a result of which the resolution of the specimen proper reaches about 1 micrometer. This combination allows the system to get close to the maximum possible dose efficiency for X-ray phase contrast, enabling far longer observation times. During a pilot study, the researchers succeeded in observing the hatching of a parasitic wasp for more than 30 minutes.

"The method is also suited for biomedical applications, an example being the gentle three-dimensional histological investigation of biopsy samples," Spiecker says. The researchers now plan to further improve their setup, enlarge the field of view, and increase mechanical stability for even longer measurements. ■





## 3 000 SONNENSTUNDEN IM JAHR

YANNICK ZAPF BERÄT IN AUSTRALIEN UNTERNEHMEN ZU ERNEUERBAREN ENERGIEN

VON UTE ELENA HAMM // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // PORTRÄT: PRIVAT, FOTO: FENRISWOLF/FOTOLIA KIT

Etwa 16 000 Kilometer sind es von Karlsruhe nach Newcastle an der Ostküste Australiens. Hier, am anderen Ende der Welt, lebt und arbeitet Yannick Zapf seit neun Jahren, mittlerweile als Chef seines eigenen Unternehmens. Als Experte für erneuerbare Energien berät er Firmen strategisch wie technisch. Was ihn daran reizt, ist die Kombination aus Betriebswirtschaft, Ingenieurwesen und Beratung – ähnlich wie schon im Studium Wirtschaftsingenieur-

wesen am KIT. Ein Plus für ihn als Student war damals „die Freiheit, auch so etwas wie Soziologie belegen zu können und über den Tellerrand hinauszuschauen.“ Temperatur im Januar – Karlsruhe: 1 Grad Celsius, Newcastle: 23 Grad Celsius. Nach mehreren beruflichen Stationen in Europa stand für Zapf 2015 der Umzug nach Australien an. Zunächst nur mit einem Working Holiday Visum in der Tasche, begann er bei einem kleinen Ingenieurbüro für Solar-

technik in Melbourne. Ein Glücksfall, denn in der lockeren Start-up-Atmosphäre konnte er sich in verschiedenen Positionen ausprobieren: „Es war wie ein Testfeld als Unternehmer, ohne eigenes Unternehmen, aber mit den gleichen Freiheiten.“ Vor allem vom Arbeitsklima war Zapf angetan: „Man ist gleich beim Du, redet sich mit Vornamen an. Es gibt keinen Hierarchieunterschied zwischen einer Handwerkerin und einem Unternehmer. Hauptsache, man hat eine gute Idee.“

Sonnenstunden pro Tag im Januar – Karlsruhe: 3,5, Newcastle: 9,5. Für erneuerbare Energien hat sich Zapf schon als Student interessiert – nicht nur technologisch, sondern auch, um „etwas zu tun, was über den wirtschaftlichen Nutzen hinaus einen Mehrwert bringt“. Sein Unternehmen hat er in einem spannenden Umfeld gegründet: In Newcastle, einem der größten Kohle-Exporthäfen der Welt, steht der Energiewandel noch bevor. Bei rund 1 000 Sonnenstunden mehr im Jahr als in Deutschland ist das Potenzial groß. Doch es gibt eine Herausforderung: das kaum flächendeckende und isolierte Stromnetz des Inselkontinents.

Karlsruhe: 10 Uhr, Newcastle: 20 Uhr. Über Distanz und Zeitzonen hinweg ist Zapf die Verbindung nach Deutschland nach wie vor wichtig, fachlich und freundschaftlich, zu Kolleginnen und Kollegen, zu Studienfreundinnen und -freunden – und zum KIT. Hier engagiert er sich als KIT Industry Expert und ist offen für Fragen von A wie Australien bis Z wie Zeitunterschied. ■

## 3,000 HOURS OF SUNSHINE PER YEAR

YANNICK ZAPF ADVISES AUSTRALIAN COMPANIES ON RENEWABLE ENERGIES

Newcastle, situated on Australia's East coast, is about 16,000 kilometers away from Karlsruhe. For nine years, Yannick Zapf has been living and working there, at the other end of the world from Karlsruhe. In Newcastle, Zapf is the boss of his own company. An expert on renewable energy sources, he advises companies both strategically and technically. He likes his work, which combines business management, engineering, and consultancy in a manner very similar to the business engineering program he attended as a KIT student. One of the reasons he liked the KIT program was the "freedom to join a sociology course and to look beyond one's own nose."

Karlsruhe in January: 1 °C; Newcastle: 23 °C. Following some posts in Europe, Zapf decided to move to Australia in 2015. He entered the country with a working holiday visa and joined a small engineering office for solar technology in Melbourne. He worked in several positions at the young startup: "I had the opportunity to be an entrepreneur without having my own company, but with the same freedom." What Zapf likes most is the working atmosphere: "People skip the Mr. and Mrs. and use first names only. There is no difference in hierarchy between tradespeople and businessmen. The most important thing is to have a good idea."

Sunshine hours per day in January: Karlsruhe, 3.5; Newcastle: 9.5. Zapf was interested in renewable energy sources even as a KIT student, not just from a technological perspective, but also as an opportunity "To do something that has an added value to the planet beyond the obvious economic benefits." Zapf established his company in Newcastle in 2021, one of the world's biggest coal export harbors, a place where the energy transition has yet to be realized. But, given that the region basks in about 1000 more hours of sunshine than in Germany each year, the potential is great. However, the isolated power grid that hardly covers the whole continent is a challenge. Karlsruhe: 10 a.m., Newcastle: 8 p.m. Connections to Germany and to colleagues and fellow students at KIT remain important to Zapf despite the long distance and the different time zones. His advice is also valued at KIT. As a KIT Industry Expert, he is pleased to answer any questions from A for Australia to Z for time difference. ■

@ [yannick.zapf@yzconsulting.com.au](mailto:yannick.zapf@yzconsulting.com.au)

 [www.yzconsulting.com.au](http://www.yzconsulting.com.au)

## 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 6980 // 76049 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

Kaiserstraße 12 // 76131 Karlsruhe

### REDAKTION/EDITORIAL STAFF

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

Tel./Phone: 0721/608-41105 // E-Mail: info@kit.edu

### BILDREDAKTION/COMPOSITION OF PHOTOGRAPHS

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

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

### ÜBERSETZUNG/TRANSLATION

Maika Schröder (Dienstleistungseinheit Internationales/Sprachendienst (INTL)), Byron Spice

### KORREKTORAT/PROOFREADING

Laura Jörger (STS-Gesamtkommunikation), Maika Schröder (INTL)

### ANZEIGENVERWALTUNG/ADVERTISEMENT MANAGEMENT

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

### LAYOUT UND SATZ/LAYOUT AND COMPOSITION

modus: medien + kommunikation gmbh // Albert-Einstein-Str. 6

76829 Landau // www.modus-media.de

Mediengestaltung: Julia Eichberger

Grafik-Design: Dominika Rogocka

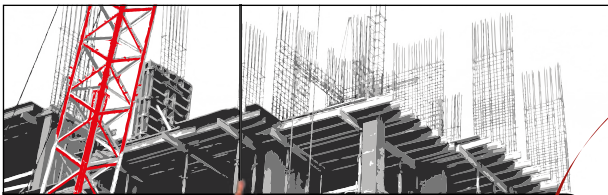
### DRUCK/PRINT

Stober Medien GmbH // Industriestraße 12 // 76344 Eggenstein

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

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

lookKIT



FISHING  FOR ENGINEERS

Genug vom ewig gleichen Häuslebau?

Mit uns geht es aufwärts!

Hak dich ein und gestalte mit uns die  
INDUSTRIE-OBJEKTE VON MORGEN

Bei uns wird es nie langweilig!

Seit über 50 Jahren sind wir vom Ingenieurbüro Erb im Industrie- und Gewerbebau als Gesamtplaner tätig – das bedeutet die komplette Planung und Betreuung von Bauprojekten im In- und Ausland von der ersten Idee bis zum fertigen Bauwerk und darüber hinaus.

Um unsere Statik-Abteilung noch stärker aufzustellen, suchen wir für den Bereich **Bauingenieurwesen/Tragwerksplanung** ein neues Teammitglied (m/w/d) in Vollzeit.

Du wirst mit uns zusammen die Industrie von morgen gestalten und freust dich auf ein vielseitiges und kollegiales Arbeitsumfeld?

Auf [www.iberb.de/karriere](http://www.iberb.de/karriere)  
findest du alle Details. Wir freuen uns auf dich!

**Ingenieurbüro Erb**

Generalplanung Industrie-/Ingenieurbau  
Tragwerksplanung • Baumanagement



Besuche uns auch hier und sieh dir unsere spannenden Projekte an!

## 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](http://www.linck.com) auf dem Laufenden.

**LINCK**



## WO IDEEN ECHTEN FREIRAUM FINDEN


Du strebst nach einem Hightech-Arbeitsumfeld, in dem Du Dein volles Potential einbringen kannst? Du willst voller Entscheidungsfreude und Tatendrang an konkreten Projekten mitarbeiten? Du suchst neben einer kompetenten Einarbeitung auch nach Chancen, Deine Eigeninitiative unter Beweis zu stellen? Bei ZELTWANGER erhältst Du den Schlüssel für die Branchen der Zukunft.

Einstiegsmöglichkeiten für Technikbegeisterte:

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

**Wir brauchen Menschen  
mit Leidenschaft**

ZELTWANGER Holding GmbH  
Jopestr. 3 | 72072 Tübingen

INTERESSIERT?   
Dann bewirb dich jetzt!  
ZELTWANGER.DE/KARRIERE



# DU BIST DIE ZUKUNFT der Mobilität im Land.

Bauingenieur,  
Verkehrsingenieur,  
Projektsteuerer,  
Praktikant

Jetzt bewerben!  
(w/m/d)



[sweg.de/deine-zukunft](https://sweg.de/deine-zukunft)

Für unser Projektbüro Stuttgart  
im Bereich Bahninfrastruktur

**SWEG**



**Wir  
rocken  
den Landkreis**

## Das Landratsamt Rastatt als Arbeitgeber? Gute Idee!

**LANDKREIS  
RASTATT**



**Gestalten Sie  
mit uns  
die Zukunft!**

### Was wir Ihnen bieten:

- sicherer Arbeitsplatz im öffentlichen Dienst
- interessante, gesellschaftlich relevante Aufgaben
- flexible Arbeitszeitregelungen, mobiles Arbeiten/Homeoffice
- regelmäßige Qualifizierungen und gute Aufstiegschancen
- betriebliches Gesundheitsmanagement

### Wen wir suchen:

- Menschen, die Freude daran haben, Aufgaben zu gestalten
- Berufsstarter:innen und erfahrene Fachkräfte (Young Professionals u. High Potentials)
- neue Kolleg:innen, die mit uns zusammen die Herausforderungen wuppen
- Verwaltungs- und Wirtschaftsprofis, Ingenieur:innen, Naturwissenschaftler:innen, Fachkräfte aus den Bereichen Soziales und Gesundheit

**Sind Sie neugierig geworden? Dann kontaktieren Sie uns.  
Mehr erfahren Sie, auch zu aktuell ausgeschriebenen Stellen,  
unter [www.landkreis-rastatt.de](http://www.landkreis-rastatt.de)  
Wir freuen uns, von Ihnen zu hören!**

Landratsamt Rastatt · Am Schlossplatz 5 · 76437 Rastatt

# We get things done! What about you?

## Wir sind für Dich der richtige Arbeitgeber, wenn:

- ✓ Dir ein wertschätzendes und vertrauensvolles Miteinander und eine professionelle Zusammenarbeit auf Augenhöhe wichtig sind
- ✓ Du dich gerne dafür engagierst, die Welt jeden Tag nachhaltiger zu machen
- ✓ Du dein Potenzial in einem Umfeld mit Weiterentwicklungsmöglichkeiten entfalten möchtest
- ✓ Du mit Expertise & Leidenschaft deinen Beitrag für innovative Lösungen leisten möchtest, um Plastik in Verpackungen zu reduzieren

Die MM Gruppe ist ein weltweit führender Produzent von Karton und Faltschachteln. MM fördert eine nachhaltige Entwicklung durch innovative, wiederverwertbare Verpackungen und Papierprodukte. Daher haben sämtliche Aktivitäten in Bezug auf Nachhaltigkeit, Umwelt und Sicherheit hohe Priorität. Mit 72 Produktionsstandorten verkauft MM Produkte in über 140 Ländern und beschäftigt rund 15.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

↓  
**Bewirb' Dich  
jetzt!**

Karriere

**MM Gernsbach GmbH**  
Human Resources  
**Nicole Leier**  
T: 07224 / 641 204  
Nicole.Leier@mm.group



**Wir stehen für  
ein besseres Leben  
auf einem besseren  
Planeten.**



# BREINLINGER INGENIEURE



Ein Team.  
Mit Leidenschaft.  
Bauen.

„Dein Weg zu uns“

<https://jobs.breinlinger.de>



# TECHNIK. WÄRMEWENDE. ZUKUNFT GESTALTEN. DABEI?



OFFENE STELLEN  
FINDEN SIE HIER



Ritter Energie- und Umwelttechnik GmbH & Co. KG | Kuchenäcker 2 | 72135 Dettenhausen | [www.ritter-energie.de](http://www.ritter-energie.de)



## Wir suchen Dich!

- Application Engineer (m/f/d)
- Digital Design Engineer (m/f/d)
- Verification Engineer (m/f/d)
- Working Student (m/f/d)

Suchen Sie eine neue Herausforderung und wollen in einem innovativen, kreativen Arbeitsumfeld eines international tätigen Unternehmens arbeiten? Wenn ja, dann sind Sie bei uns genau richtig! Gestalten Sie mit uns zusammen die automobiler Zukunft!

Ob autonomes Fahren, Infotainment, ADAS (Fahrerassistenz Systeme), HMI (Human Machine Interface) oder Innenraumbeleuchtung - alles fängt bei einem Halbleiter Chip an. Inova Semiconductors ist der Experte für Halbleiter für die digitale High-Speed-Datenübertragung im Fahrzeug.

**inova**  
Semiconductors



PORSCHE



Wer vernetzt träumt, macht  
das am besten bei uns.

[PORSCHE.DE/TRAJUMJOB](https://www.porsche.de/traumjob)



**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

Let's rock  
the industry  
together!

# KELCH

M/W/D

**SOFTWAREENTWICKLER**  
**KONSTRUKTEURE**  
**MECHANIK UND MECHATRONIK**  
**PRODUKTMANAGER**

MEHR INFO



Die KELCH GmbH in Weinstadt bei Stuttgart bietet hochmoderne Werkzeugeinstellgeräte und Präzisionswerkzeugaufnahmen, die international in verschiedenen Branchen eingesetzt werden, darunter Maschinenbau, Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt. Sind Sie bereit, Ihre Karriere auf die nächste Stufe zu heben? Dann schicken Sie uns Ihre Bewerbung! [www.kelch.de/karriere](http://www.kelch.de/karriere)



Die DIGSILENT GmbH ist ein unabhängiges Beratungs- und Softwareunternehmen auf dem Gebiet der elektrischen Energieversorgung mit Sitz in Gomariningen und Dresden. Als Global Player sorgen wir dafür, dass Stromnetze weltweit stabil laufen, effizient bleiben und die Integration von erneuerbaren Energien vorangetrieben wird.

Wir suchen Mitarbeiter (m/w/d) aus den Bereichen

## Elektro-Ingenieurwesen, Ingenieurwesen/Messtechnik, Informatik, Mathematik und Physik

Sie sind bereit für eine neue Herausforderung? Werden auch Sie Teil unseres Teams!

**DIE ENERGIEVERSORGUNG DER ZUKUNFT**

**ENTWICKELN SIE MIT!**



Für weitere Informationen besuchen Sie:  
[www.digsilent.de/karriere](http://www.digsilent.de/karriere)

In mehr als 170 Ländern tätig.

**POWER SYSTEM SOLUTIONS**

MADE IN GERMANY



## Wohnstätten

Führendes immobilienwirtschaftliches Unternehmen im Landkreis Böblingen seit 1927 mit mehr als 6.000 bewirtschafteten Wohnobjekten.



**Für unseren Geschäftsbereich  
Technik suchen wir SIE!**

## **ARCHITEKT/IN, BAUINGENIEUR/IN (M/W/D)**

**Sie haben ein erfolgreich abgeschlossenes Studium der Fachrichtung Bauingenieurwesen, Architektur oder eine vergleichbare Qualifikation? Dann sind Sie bei uns richtig!** Wir bieten Ihnen ein hohes tarifliches Gehalt und sehr gute soziale Leistungen, flexible Arbeitszeiten sowie umfangreiche Weiterbildungsmöglichkeiten. Unter dem QR-Code finden Sie die detaillierte Stellenbeschreibung.

### **STARTEN SIE MIT UNS DURCH!**

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung unter [personal@wohnstaetten-sindelfingen.de](mailto:personal@wohnstaetten-sindelfingen.de)

Gern beantworten Frau Wachtel und Frau Krüger weitere Fragen unter 07031 / 6109-39 oder -69.



[www.wohnstaetten-sindelfingen.de](http://www.wohnstaetten-sindelfingen.de)





## 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!

[www.rnv-online.de/karriere](http://www.rnv-online.de/karriere)



**WIR SUCHEN** (M/W/D):

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

[www.datwyler.com/de/unternehmen/karriere](http://www.datwyler.com/de/unternehmen/karriere)



**DATWYLER** HEALTHCARE SOLUTIONS



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

MAKE YOUR MOVE.

## Elektronikkompetenz für Automotive, Batteriemangement Systeme und die sichere Leistungsverteilung

Wir suchen an unseren Standorten in Landau und Esslingen:

- Softwareingenieure und Systemingenieure Battery Management Systems (m/w/d)
- Cybersecurity Specialist (m/w/d)
- Local Process SAP Specialist (m/w/d)
- Testingenieur (m/w/d) System Validation Automotive
- Abschlussarbeiten z. B. Konzeptionierung eines Simulations-Modells Power Storage Module
- Duale Studiengänge Elektrotechnik, Informatik und Wirtschaftsingenieurwesen (DHBW)

[ZUR KARRIERESEITE](#)

Besuchen Sie uns auf LinkedIn:  
[linkedin.com/company/eberspaecher](https://www.linkedin.com/company/eberspaecher)



Eberspächer



# PRAXISSEMESTER BAUINGENIEURWESEN

(m/w/d)



**TRIUM NOVEM**  
WE CREATE TOMORROW



## Das sind Deine Aufgaben

- / Mitwirken bei der Organisation und Koordination von Baumaßnahmen sowie der Abwicklung des täglichen Projektgeschäft
- / Eigenverantwortliche Erstellung von Dokumenten wie bspw. Kostenübersicht, Terminpläne und Baustellendokumentationen
- / Vor- und Nachbereitung von internen und externen Terminen

## Das bringst Du idealerweise mit

- / Du studierst Bauingenieurwesen oder eine vergleichbare Fachrichtung
- / Selbstständiges und zielstrebiges Arbeiten sowie Freude an der Arbeit in unserem Team
- / Zuverlässigkeit und gute Deutschkenntnisse

**Bewerbung an: [bewerbung@triumnovem.de](mailto:bewerbung@triumnovem.de)**

## KONZEPTION PLANUNG UMSETZUNG

Auf Augenhöhe an der Zukunft bauen. Von der ersten Idee bis zum schlüsselfertigen Bauwerk – wir begleiten Sie durch alle Leistungsphasen mit Expertise, den passenden Partnern und einem ganzheitlichen Ansatz. Ob Infrastrukturbau, Ingenieurbau, Industriebau oder Wohnungsbau: Gemeinsam gestalten wir die Zukunft. We Create Tomorrow!



**Trium Novem GmbH**  
Max-Planck-Str. 1  
77656 Offenburg

0781 960 536 0  
[info@triumnovem.de](mailto:info@triumnovem.de)  
[www.triumnovem.de](http://www.triumnovem.de)



## Alles geregelt – Karriere inklusive!

Als Weltmarktführer entwickelt, produziert und verkauft die GEMÜ Gruppe Ventil-, Mess- und Regelsysteme. Zu unseren Kunden zählen global führende Unternehmen unter anderem aus der Pharma- und Lebensmittelindustrie sowie der industriellen Wasseraufbereitung und Halbleiterfertigung. Weltweit setzen wir mit über 2.500 engagierten Mitarbeitenden Maßstäbe und führen unser innovatives, inhabergeführtes Familienunternehmen Richtung Zukunft. Erleben Sie unser inspirierendes Miteinander und starten Sie bei uns Ihre Karriere als Ideentreiber (m/w/d).

Entdecken Sie spannende Karrieremöglichkeiten in den Bereichen Technik, Informatik, Ingenieurwesen und vieles mehr! Weitere Informationen finden Sie auf unserer Homepage [www.gemu-group.com](http://www.gemu-group.com).

# GEMÜ



Wir sind ein international ausgerichtetes mittelständisches und wachsendes Unternehmen mit flachen Hierarchien und Entfaltungsmöglichkeiten. Zur Verstärkung unseres Teams am Standort Welzheim, in landschaftlich schöner Umgebung östlich von Stuttgart, suchen wir ab sofort zur Unterstützung unseres Teams einen engagierten

## Praktikanten (m/w/d) im Bereich Entwicklung

### Ihre Aufgaben:

- Unterstützung bei der Entwicklung von Produkten
- Durchführung von Versuchen.
- Unterstützung bei laufenden Projekten, Projektaufgaben und im operativen Tagesgeschäft.
- Mitwirkung bei Produktverbesserungen.

### Ihr Profil:

- Studium der Fachrichtung Elektronik/Maschinenbau.
- Interesse an der Dynamik eines mittelständischen Unternehmens.
- Eigeninitiative, eine selbständige und motivierte Arbeitsweise.

**SPRINTUS**

Professionelle Reinigungsgeräte



*Willkommen  
in einem starken Team.*

Als Hersteller und Entwickler von professionellen Reinigungsgeräten vertreiben wir weltweit innovative Reinigungsmaschinen.

### Interessiert?

Dann senden Sie bitte Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen, sowie Ihres frühestmöglichen Eintrittstermins an [bewerbung@sprintus.eu](mailto:bewerbung@sprintus.eu) oder schriftlich an: SPRINTUS GmbH, Herr Volker Müller, Reizenwiesen 1, 73642 Welzheim.

SPRINTUS GmbH · Reizenwiesen 1 · 73642 Welzheim  
Telefon: +49 / 7182 / 80404-0 · [www.sprintus.eu](http://www.sprintus.eu)



 **SCHWEIZER**

# Innovation von Morgen mitgestalten?

Schweizer Electronic AG · Einsteinstraße 10 · 78713 Schramberg · [www.schweizer.ag](http://www.schweizer.ag)

## Junior Sales Engineer (m/w/d) Region Leonberg

**BARCOL-AIR**  **zent-frenger**   
by Swegon by Swegon

### Warum eine Karriere bei Swegon Klimadecken wählen?

„Feel good inside“ ist unser Motto und auch Sie sollen sich in Ihrem Berufsumfeld gut fühlen. Dafür sorgen wir.

Die Swegon Gruppe ist ein marktführender Anbieter für produktives, gesundes und anwendungsorientiertes Raumklima in Wohn- und Nichtwohngebäuden, der Lösungen für Lüftung, Heizung, Kühlung und Klimaoptimierung sowie vernetzte Dienstleitungen und technischen Service anbietet.

Feel good **inside**

Bewerben Sie sich jetzt. Wir freuen uns auf Sie!



## 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](http://www.ptwdosimetry.com)



**PTW** THE  
DOSIMETRY  
COMPANY



Die HECO-Schrauben GmbH & Co. KG aus Schramberg gehört zu den führenden Herstellern von Schrauben- und Befestigungssystemen für den konstruktiven Holz- und Innenausbau, den Beton- und Metallbau sowie für Schwerlastbefestigungen in Europa. 400 Mitarbeitende entwickeln und produzieren hochwertige und innovative Produkte für professionelle Endverbraucher wie Zimmerer, Schreiner, Bauhandwerker und Planer.

HECO ist hochgradig innovativ, dabei aber immer bodenständig geblieben und setzt auf eine gelebte Unternehmensphilosophie. Flache Hierarchien, selbstverantwortliches Handeln und Spielraum für Eigeninitiative schaffen eine Atmosphäre, in der innovative Ideen entstehen können. Dies sind die besten Voraussetzungen für eine langfristige Beschäftigung in einem etablierten und stetig wachsenden Familienunternehmen.

Mehr über die Arbeit bei HECO oder unsere Produkte finden Sie hier...



[heco-schrauben.de](http://heco-schrauben.de)

**Mit Verbindungen  
Begeisterung schaffen!**

**Jetzt bewerben!**  
[personal@heco-schrauben.de](mailto:personal@heco-schrauben.de)



# Wachsen

Sie mit uns



PFINDER ist ein weltweit führender Anbieter für Korrosionsschutzsysteme und Produkte zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung.

In jedem 2. konservierten Fahrzeug kommt unser wachsartiges Material zum Einsatz. Von der Entwicklung bis zur Applikation, von der Herstellung bis zum Recycling bilden wir alle Prozessschritte bei PFINDER ab.

Sie sind ein begeisterter Teamplayer mit kreativem Denkansatz und frischen Ideen?  
Dann sind Sie bei uns genau richtig!



PFINDER KG  
[www.pfinder.de/de/karriere](http://www.pfinder.de/de/karriere)

THINKING AHEAD SINCE 1884.

**Wir sind** ein innovatives, weltweit agierendes Medizintechnik-Unternehmen mit mehr als 100 Jahren Tradition und außergewöhnlichem Knowhow in der Endoskopie. Eine enge Zusammenarbeit mit der Wissenschaft, modernste Fertigungstechnologie und weltweit rund 1800 Mitarbeitende sind der Garant für Produkte höchster Qualität und Anwendungssicherheit für die Humanmedizin sowie für die Industrie in über 100 Ländern.



spirit of excellence

## auf der Suche

nach Ihnen

**Systemingenieure** (m/w/d)  
**Softwareentwickler** (m/w/d)  
**Testdesigner** (m/w/d)  
**Entwicklungsingenieure** (m/w/d)  
**Werkstudenten** (m/w/d)  
**Praktikanten** (m/w/d)

[www.richard-wolf.com/de/unternehmen/karriere/stellenangebote](http://www.richard-wolf.com/de/unternehmen/karriere/stellenangebote)



Lebe Deine Talente und arbeite bei **TIB Chemicals**

## GANZ IN DEINEM ELEMENT.

**Wir sind ständig auf der Suche nach neuen motivierten Mitarbeitern (m/w/d) - bewirb Dich jetzt!**

Willkommen bei TIB Chemicals, dem international tätigen Anbieter von maßgeschneiderten chemischen Lösungen. Wir freuen uns auf neue Kolleginnen und Kollegen, die unseren Kreis von rund 500 Mitarbeitenden erweitern. Außerdem suchen wir auch jedes Jahr motivierte Auszubildende zum Chemikanten (m/w/d).

### Was wir bieten

- Spannende Aufgaben in einem erfolgreichen, mittelständischen Unternehmen
- Die Möglichkeit des Fahrradleasings
- Kontinuierliche Weiterbildungsmöglichkeiten
- Attraktive Vergütung nach Tarif mit großzügigem Bonussystem
- Eine intensive Einarbeitung in unsere Strukturen
- Flexible Arbeitszeiten



Jetzt mit aussagekräftigen Unterlagen  
bewerben:  
[bewerbung@tib-chemicals.com](mailto:bewerbung@tib-chemicals.com)

TIB Chemicals AG  
Personalabteilung  
Mülheimer Straße 16-22  
68219 Mannheim





## Was uns antreibt? Deine Zukunft!

### KARRIERE BEI KESSLER + CO

Kessler + Co wurde 1950 als Achsenfabrik gegründet. Heute zählen wir zu den führenden Herstellern von Antriebskomponenten für schwere Mobilfahrzeuge. Eine konsequente Aus- und Weiterbildung sowie eine kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung auch im Detail sichern unseren hohen Qualitätsanspruch. Und das von Anfang an. Dabei setzen wir auf Deine Ideen, Dein Engagement und Deine wissenschaftliche Neugier. Durch die aktive Mitarbeit an laufenden Projekten hast Du bei uns die Chance, Dein an der Hochschule erworbenes theoretisches Fachwissen auch in der Praxis anzuwenden. Jeden Tag aufs Neue. Beispielsweise in den Bereichen Entwicklung, Konstruktion, Materialwirtschaft und Fertigung.

Überzeug dich einfach selbst und bewirb dich noch heute auf eine der vielen spannenden Stellen bei Kessler + Co:

**Entwicklungsingenieur** Elektrotechnik mit Schwerpunkt E-Mobility (m/w/d)  
**Softwareentwickler** Steuerungstechnik (m/w/d)

**Systemingenieur** für elektrische Fahrtriebe (m/w/d)  
**Technischer Einkäufer** (m/w/d)

**Haben wir dein Interesse geweckt? Dann freuen wir uns auf deine Bewerbung!**

**Kessler & Co. GmbH & Co. KG**  
Hüttlinger Straße 18-20  
D 73453 Abtsgmünd  
Tel +49 (0) 73 66/81-830  
personal@kessler-achsen.de

# KESSLER+CO

Ansprechpartner  
**HERR FRANCO ROCCHI**

Mehr Infos unter:  
[www.kessler-axes.com](http://www.kessler-axes.com)



## IN AGILEN WORKSTREAMS

## DIE CLOUD-LÖSUNGEN

## VON MORGEN ENTWICKELN.

## DARUM SIND WIR BEI DATEV.

Valeria und Dominik,  
Cloud-Entwicklerin und  
-Entwickler bei DATEV

Gemeinsam sichere Cloud-Lösungen und innovative Apps realisieren: Als Cloud-Entwicklerin oder -Entwickler erwarten dich bei DATEV vielfältige Aufgaben in einer agilen Innovationskultur. Informiere dich über freie Stellen und spannende Projekte bei einem der führenden IT-Dienstleister in Europa.

[DATEV.DE/KARRIERE](http://DATEV.DE/KARRIERE)

  
**DATEV**

Zukunft gestalten.  
Gemeinsam.

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](https://herrenknecht.com/karriere)

**CREATING ADDITIVE VALUE**



**Kleiner Zusatz –  
GROSSE WIRKUNG**

Bei uns können Sie wirken.  
Wir haben die Größe, um auf den  
Weltmärkten erfolgreich zu sein  
und gleichzeitig als agiler,  
umsetzungsstarker Mittelständler  
die Themen von Morgen mit  
Tempo nach vorne zu bringen.



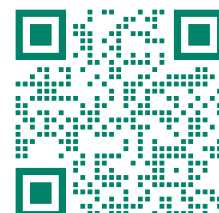
Gestalten Sie mit uns  
die Zukunft der Chemie.

**MÜNZING**

Mischen Sie mit:

**Entdecken Sie Ihre Karrierechance bei  
MÜNZING CHEMIE**

- Leiter Business Unit CCA (m/w/d)
- Produktmanager EMEA (m/w/d)
- Technical Sales Manager Europa (m/w/d)
- Chemielaborant Sustainability (m/w/d)
- Data Scientist (m/w/d)
- Data Analyst (m/w/d)



**Stimmt die Chemie?**

Jetzt Karrierechancen  
entdecken.

[www.munzing.com](https://www.munzing.com)

Hand in hand for tomorrow

SCHUNK 

## Leidenschaft für Technologie. Zusammenhalt aus Überzeugung.

Mehr erfahren unter:  
[schunk.com/karriere](https://schunk.com/karriere)



Wir sind ein Technologieunternehmen, das mit viel Passion nachhaltige und wegweisende Lösungen in den Bereichen Spanntechnik, Greiftechnik und Automatisierungstechnik entwickelt. Mit hoch innovativen Technologien und Methoden aus Mechanik, Mechatronik, Robotik sowie Software und Künstlicher Intelligenz statten wir moderne Fertigungs- und Robotersysteme auf der ganzen Welt aus. Von Smartphones über E-Fahrzeuge bis hin zu medizinischen Geräten – SCHUNK ist an der Produktion von Hightech-Komponenten beteiligt.

Als familiengeführtes Unternehmen mit rund 3.700 Mitarbeitenden in 34 Ländern wissen wir, dass es die Menschen sind, die mit vielfältigen Talenten und großer Begeisterung für ihre Aufgaben den Unterschied bei SCHUNK ausmachen. Starten Sie mit uns in eine dynamische Zukunft!

### Unsere Benefits – Ihre Vorteile



Umfangreiches Weiterbildungsprogramm



Flexible Arbeitszeiten und mobiles Arbeiten



Breites Gesundheits- und Sportangebot



Zahlreiche Vergünstigungen und Sonderzahlungen



Attraktive Vergütung und Sozialleistungen

 Heidelberg

jetzt  
bewerben unter  
[bewerbung@  
heidelberg.de](mailto:bewerbung@heidelberg.de)

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

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

Mehr Infos





# VEGA

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

### UNSERE ANGEBOTE FÜR STUDENTEN:

- Bachelorthesis
- Masterthesis
- Praktikum
- Werkstudententätigkeit

Interessiert? Mehr Infos gibt's  
auf [www.vega.com/karriere](http://www.vega.com/karriere).



Entdecke auch unseren

**INNOVATION-HUB**

in Karlsruhe!



# SISTAG

«Ich habe immer in einer  
Branche arbeiten  
wollen, die Zukunft hat.  
Einer Branche, in der  
ich etwas bewegen kann.  
Das kann ich hier.»

Samuel Leu, Engineering

Mit unseren Armaturen setzen wir international  
Maßstäbe. An unserem Hauptsitz in der Schweiz  
und an unserem neuen Standort in Ettlingen.  
**Komm ins Team und bewege mit uns Großes.**

Maker of the  
Original Wey Valve

[sistag.de/karriere](http://sistag.de/karriere)

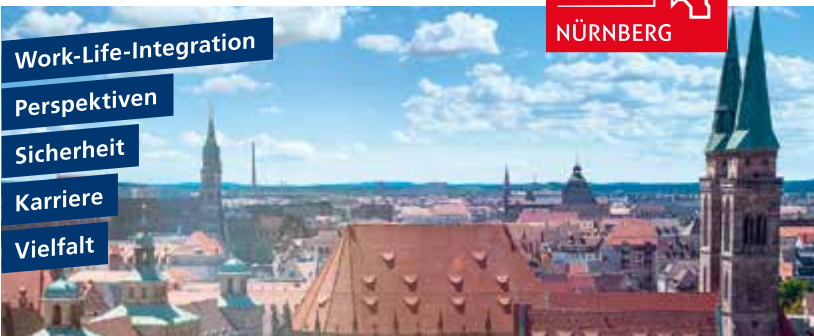
Work-Life-Integration

Perspektiven

Sicherheit

Karriere

Vielfalt



### Werde ein BIT der Stadt Nürnberg

Werden Sie Teil der Stadtverwaltung Nürnberg und gestalten Sie unsere Zukunft mit! Wir suchen engagierte Beschäftigte, die unsere Schulzentren vernetzen, das Opernhaus sanieren oder das Raubtierhaus im Tiergarten konzipieren möchten.

Besuchen Sie [it-fachkraefte.nuernberg.de](http://it-fachkraefte.nuernberg.de) und [ingenieure.nuernberg.de](http://ingenieure.nuernberg.de), um mehr über unsere interessanten Aufgaben zu erfahren.

Bereichern Sie unsere starke Gemeinschaft als **Informatiker/in (w/m/d)** oder als **Ingenieur/in (w/m/d)** in Bereichen wie Elektrotechnik, Bauingenieurwesen oder Architektur. Aktuelle Stellenangebote finden Sie in unserem Stellenportal unter [karriere.nuernberg.de](http://karriere.nuernberg.de). Sie können auch interessante Stellenangebote per E-Mail über unser Job Abo unter [jobabo.nuernberg.de](http://jobabo.nuernberg.de) erhalten.

**Wir freuen uns darauf, Sie kennenzulernen!**

Stadt Nürnberg –  
Eine Arbeitgeberin, viele Möglichkeiten

» [karriere.nuernberg.de](http://karriere.nuernberg.de)



Herausgeberin: Stadt Nürnberg, Personalamt · Gestaltung: Stadtgrafik Nürnberg · Foto: Christine Dierenbach

# IM JUNI ERSCHEINT DIE NEUE AUSGABE!

Bei Interesse an einer  
**Anzeigenschaltung**  
wenden Sie sich bitte an:

## ALPHA

ALPHA Informationsgesellschaft mbH

**Ansprechpartnerin: Frau Kark**

Telefon: 06206 939-342

E-Mail: [tatjana.kark@alphapublic.de](mailto:tatjana.kark@alphapublic.de)

[www.alphapublic.de](http://www.alphapublic.de)



 Instagrid

GOODBYE THEORY.  
HELLO WORK LIFE.

We're change-makers driven by a desire to improve people's lives and the world around us. At Instagrid, we place sustainable innovations directly in people's hands. Why? Because true impact occurs when products are used, not just when they're invented.

We create impact together.  
Apply here: [jobs@instagrid.co](mailto:jobs@instagrid.co)



# MOVE THE WORLD. MOVE YOUR FUTURE.

**DACHSER**  
Intelligent Logistics

Wir bieten eine Vielzahl an IT-Stellen, darunter:

- **SAP S/4 SOFTWARE ENGINEER** (m/w/d)  
Modules FI/CO/MM/BW
- **DATA INTEGRATION ENGINEER** (m/w/d)
- **SOFTWARE ENGINEER** (m/w/d)  
Java-Webentwicklung

Starte mit DACHSER in deine Zukunft.

IT-Kompetenz ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor unseres Unternehmens. Durch unser starkes Wachstum sorgen inzwischen global über 900 Mitarbeiter für eine leistungsstarke IT – auch hier vor Ort in Malsch. Die Vielfalt der Aufgaben, verbunden mit individuellen Entwicklungsmöglichkeiten, machen unsere IT zu einem attraktiven Arbeitgeber.

Komm zu uns als Taktgeber der Weltwirtschaft und gestalte deine berufliche Zukunft aktiv mit, bilde dich gezielt weiter und bring deine eigenen Ideen mit ein. Gemeinsam vernetzen wir die Welt – und dafür brauchen wir dich!

**Bewirb dich jetzt**

Komm zu uns als Taktgeber der Weltwirtschaft: [dachser.de/karriere](https://dachser.de/karriere)

**DACHSER SE** • Head Office • Montana Trinkl

Thomas-Dachser-Straße 2 • 87439 Kempten • Tel.: +49 831 59161597 • [montana.trinkl@dachser.com](mailto:montana.trinkl@dachser.com)



Seeing beyond

# Erlebe den Herzschlag der Digitalisierung.

Save  
the date!  
29. & 30. April  
am KIT

## **ZEISS Campus Tour**



Unser Campus Truck geht auf Deutschlandtour und wird am KIT Halt machen. Durch Exponate und persönliche Gespräche mit unserem Team vor Ort kannst Du interaktiv in die Welt von ZEISS eintauchen und Dich über spannende ZEISS Technologien aus der Halbleitertechnik informieren.

Hier findest Du uns am 29. & 30. April: KIT Campus Süd, Roter Platz, Engesserstraße 17

[zeiss.de/campus-tour](https://zeiss.de/campus-tour)