Turning digital ideas into reality.

Your challenge at ZEISS



// INNOVATION
MADE BY ZEISS

Durch Globalisierung und Digitalisierung verändern sich Kundenerwartungen und Märkte sehr schnell. Wir ermöglichen die digitale Transformation, indem wir auf über 170 Jahre Innovation und die Entwicklung von digitalen Spitzenlösungen aufbauen.

Wir bieten unseren Kunden eine Produktpalette, die in zunehmendem Maße Hardware, Software und Services miteinander verknüpft. Wir arbeiten an marktprägenden Innovationen, die unsere Kunden erfolgreich machen und Mehrwert für Gesundheitswesen, Forschung und Industrie bringen.

Gestalten Sie gemeinsam mit uns die Zukunft. Wie sieht Ihre Herausforderung aus?
Finden Sie es hier heraus: **www.zeiss.de/karriere**

Wir bieten Ihnen eine Vielzahl von abwechslungsreichen und spannenden Stellenangeboten.

Digital Solution Managers
Software Developers
Data Scientists / Data Engineers
Machine Learning Scientists
User Experience Designers
IoT Engineers

ZEISS

Karlsruhe Institute of Technology

lookKIT

DAS MAGAZIN FÜR FORSCHUNG, LEHRE, INNOVATION
THE MAGAZINE FOR RESEARCH, TEACHING, INNOVATION
AUSGABE/ISSUE #03/2018
ISSN 1869-2311



NEUE MOBILITÄT

VERNETZEN: DAS TESTFELD AUTONOMES FAHREN
INTERCONNECTING: THE TEST AREA FOR AUTONOMOUS DRIVING
UNTERSTÜTZEN: ALGORITHMEN FÜR DEN ÖFFENTLICHEN NAHVERKEHR
SUPPORTING: ALGORITHMS FOR PUBLIC TRANSIT
STEIGERN: WIE ELEKTROMOTOREN EFFIZIENTER WERDEN
INCREASING: HOW TO MAKE ELECTRIC MOTORS MORE EFFICIENT

GUNVOR

Kein Arbeitgeber wie jeder andere



Wir sind ein starkes Raffinerie-Team, in einem anspruchsvollen Arbeitsumfeld mit moderner Personalpolitik und leistungsgerechter Bezahlung sowie vorbildlichen Sozialleistungen. Freuen Sie sich auf ein hervorragendes Arbeitsklima, eine individuelle Weiterentwicklung und gute Aufstiegschancen.

Wir gehören zur Gunvor Group, einem der größten unabhängigen Rohstoffhändler weltweit, mit den Tätigkeitsfeldern Energiehandel, Umschlag, Transport und Lagerung von Rohstoffen und Mineralölprodukten sowie der Veredelung von Rohöl.

Wir suchen aus den Bereichen

Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Chemie

**Young Professionals (m/w),
Hochschulabsolventen (m/w),
Masteranden (m/w), Praktikanten (m/w)**





Wir freuen uns auf Ihre aussagekräftige Bewerbung!
Direkt über unsere Homepage:
www.gunvor-raffinerie-ingolstadt.de



Holger Hanselka
FOTO/PHOTOGRAPH: ANDREA FABRY

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

das Ziel ist klar: Es gilt, die Mobilität der Zukunft flexibel und möglichst emissionsfrei zu gestalten. Dabei geht es auch um die Gesundheit von Menschen, um den Klimaschutz und darum, die Wertschöpfungskette bei uns im Land zu erhalten. Um diesen umwälzenden Prozess zu verwirklichen, haben wir am KIT das Zentrum für Mobilitätssysteme eingerichtet, in dem wir mehr als 35 Institute mit aktuellen Forschungsprojekten im Bereich der Mobilität zusammenführen und Synergien nutzen. Wir als KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft, haben einerseits die Aufgabe, neue Lösungsansätze für konkrete Problemstellungen aufzuzeigen, andererseits wollen wir darstellen, wie Technologie- und Mobilitätskonzepte in naher Zukunft aussehen können.
Ein Baustein dafür ist das Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg (TAF BW), das im Mai in Karlsruhe eröffnet wurde. Hier können Firmen und Forschungseinrichtungen automatisiertes Fahren im alltäglichen Straßenverkehr in Stadt und Land erproben. Eines der ersten Forschungsvorhaben des KIT im Rahmen des TAF BW soll den Straßenverkehr sicherer machen, indem die feststehenden Straßenlaternen mittels Sensoren mit den Autoscheinwerfern koordiniert werden. Mehr über TAF-BW und das Scheinwerferprojekt lesen Sie ab Seite 10.
Auch die Planung von öffentlichem Verkehr ist eine komplexe Aufgabe, in die oft computergestützte Optimierungsverfahren einbezogen werden und die in mehreren Schritten abläuft. Eine Forschungsgruppe, an der das Institut für Theoretische Informatik und das Institut für Verkehrswesen beteiligt sind, versucht die Abläufe weiter zu optimieren, indem sie die einzelnen Schritte integriert betrachtet. Um die Belastbarkeit von Liniennetzen zu testen, können die Wissenschaftler zudem realistische Störungen simulieren. Die Ergebnisse tragen dazu bei, den öffentlichen Verkehr noch nutzerfreundlicher und kostengünstiger zu gestalten und Störungen im Betriebsablauf besser beherrschbar zu machen (S. 26).
Mit technischen Fragestellungen beschäftigen sich unter anderem die Beiträge dieser Ausgabe zu Potenzial und Anwendungsfeldern von Elektromotoren (S. 14) und der Verwendung von Simulationssoftware für Faserverbundkunststoffe im Automobilbau (S. 46). Es freut mich besonders, dass sich Maschinenbauingenieure des Instituts für Fahrzeugsystemtechnik mit dieser Technologie ausgründen werden.
Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen!

Ihr

DEAR READER,

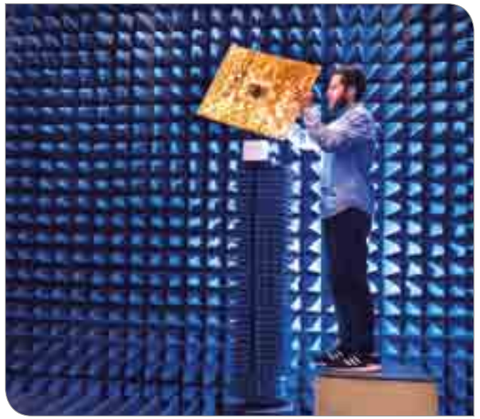
The goal is clear: future mobility has to be made as flexible and emission-free as possible. This is in the interest of human health, of climate protection, and of maintaining the chain of values embedded in Germany. To implement this revolutionary process, we have established the KIT Mobility Systems Center that pools the research activities of more than 35 institutes in the area of mobility and leverages the resulting synergies. We, as KIT – The Research University in the Helmholtz Association, have the task to develop new solutions to concrete problems and to develop technology and mobility concepts for the near future.
One element of these activities is the Baden-Württemberg Test Area for Autonomous Driving (TAF BW) that was opened in May in Karlsruhe. Here, companies and research institutions can test automated driving in daily urban and rural traffic. One of the first research projects of KIT within TAF BW is to enhance the safety of road traffic by using sensors to coordinate stationary street lamps with car headlights. Read more about TAF BW and the headlight project on page 12.
The planning of public transit is a complex task that often involves computer-based optimization processes and takes place in several steps. A research group with scientists of KIT's Institute of Theoretical Informatics and Institute for Transport Studies is trying to further optimize processes by an integrated analysis of each step. Scientists simulate realistic failures to test the load-bearing capacity of transit lines. The results help make public transit even more user-friendly and economically efficient and make operating failures more manageable (p. 27).
Technical and other aspects are covered by articles on the potential and applications of electric motors (p. 16) and the use of simulation software of fiber composites in automotive engineering (p. 48). I am particularly happy about the fact that mechanical engineers of the Institute of Vehicle System Technology will establish a spinoff based on this technology.

Yours,

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

AUSGABE/ISSUE #03/2018

INHALT / CONTENT





BLICKPUNKT / FOCUS

10 Testfeld Autonomes Fahren: Die gesamte Bandbreite unterschiedlicher Verkehrsumfelder erproben
12 Autonomous Driving Test Field: A Broad Spectrum of Transport Environments can be tested

14 Kleiner. Leichter. Weiter: Forschungsprojekte steigern Potenzial von Elektromotoren
16 Smaller. Lighter. Farther: Research Projects Enhance the Potential of Electric Motors

18 Car Antennas: How to Reliably Process Large Data Volumes from Various Services
20 Autoantennen: Wie große Datenmengen verschiedener Dienste zuverlässig verarbeitet werden können

22 Perspektivwechsel: Zukunftsweisende Mobilitätssysteme erfordern interdisziplinäre Zusammenarbeit
24 Change of Perspective: Future Mobility Systems Require Interdisciplinary Collaboration

26 Netz, Taktung, Kosten: Wie Algorithmen Verkehrsbetriebe unterstützen können
27 Transport System, Timing, Costs: How Algorithms Can Support Transport Companies

30 Urban Travel Monitor: How Mobility Changes Differently in Big Cities
32 Urban Travel Monitor: Wie sich die Mobilität in Metropolen unterschiedlich verändert

34 Distanz überwinden: Chinesisch-deutsche Technologieentwicklung am Beispiel von Brennstoffzellenantrieben
35 Overcoming the Distance: Chinese-German Technology Development for Fuel Cell Vehicles

38 Augmented Reality: Assistance System Helps Build and Maintain Cramped Airplane Tanks
40 Augmented Reality: Assistenzsystem hilft dabei, enge Flugzeugtanks anzufertigen und zu warten

42 Karlsruher Forschungsfabrik: Herstellungsprozesse sollen optimiert werden, während Güter vom Band laufen
44 Karlsruhe Research Factory: Manufacturing Processes Are Being Optimized Even as Products Are Coming off the Assembly Line

45 AUGENBLICKKIT: Wer macht das Rennen?
45 AUGENBLICKKIT: Which Car Will Win the Race?

46 Simutence: Leichtbauingenieure entwickeln Simulationssoftware für Faserverbundkunststoffe
48 Simutence: Lightweight Construction Engineers Develop Simulation Software for Fiber Composite Materials

49 KIT Idee: Gegen die Plastikflut
49 KIT Idea: Stemming the Tide of Plastics

50 Nachrichten
50 News

GESICHTER / FACES

52 Australian Chemist Paul Burn: Helmholtz International Fellow at KIT
54 Der Chemiker Paul Burns aus Australien: Helmholtz International Fellow am KIT

WEGE / WAYS

56 Hightech-Zahnersatz: Implantate mit nanostrukturierten Oberflächen haltbarer machen
58 High-tech Dental Replacement: Make Implants more Durable by Means of Nano-structured Surfaces

ORTE / PLACES

60 Farbe im Sprudel: 20 Jahre Markierungsversuche im Stuttgarter Mineralwasser
62 Dye in Sparkling Mineral Water: 20 Years of Tracer Experiments with Stuttgart Mineral Water

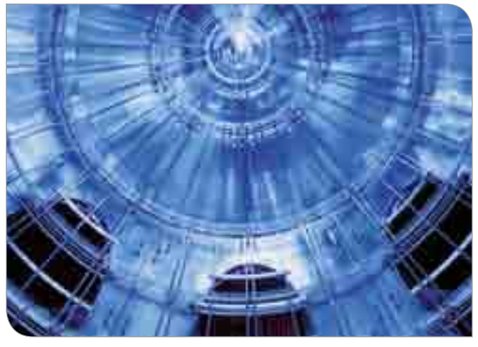
63 Auf eine Frage: Können Menschen eine Stadt fühlen?
63 Just One Question: Tell Me, Are People Able to Feel a City?

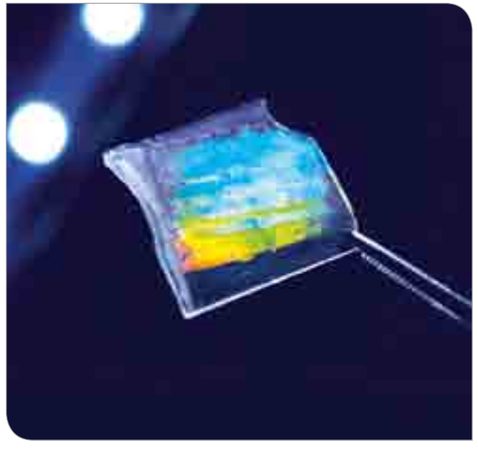
64 Geisterteilchen: Die genaueste Waage der Welt soll die Masse der geheimnisvollen Neutrinos bestimmen
66 Spurious Particles: The World's Most Precise Balance Will Determine the Mass of the Mysterious Neutrino

HORIZONTE / HORIZONS

68 Glassomer: Neue Wege für die Bearbeitung und den Einsatz von Quarzglas
70 Glassomer: New Approaches to Processing and Using Quartz Glass

71 Und sonst: KIT Big Band beim Montreux Jazz Festival 2018
71 What else: KIT Big Band at the 2018 Montreux Jazz Festival





TITELFOTO: COLLAGE CHRISTINE HEINRICH UNTER VERWENDUNG VON: GUNNAR ASSMY/FOTOLIA

LADESÄULE I

Elektrovehikel waren Anfang des vergangenen Jahrhunderts die dominante automobile Erscheinungsform. In Berlin etwa gab es etliche Produzenten, in New York waren eine Zeit lang fast ausschließlich elektrisch betriebene Taxis unterwegs. Auf dem Foto ist ein elektrischer Columbia Mark 68 Victoria von 1906 zu sehen, daneben eine handbetriebene Ladestation von 1912. Tatsächlich waren schon im Jahr 1900 rund 28 Prozent der Autos in den USA elektrisch angetrieben. Es war auch weit einfacher, ein E-Auto zu starten und handzuhaben, als eine schwergängige Kurbel zum Starten des Verbrenners zu betätigen. Erst technische Entwicklungen wie der elektrische Anlasser – erfunden 1911 – brachte dem Auto mit Verbrennungsmotor in Verbindung mit der höheren Reichweite entscheidende Vorteile.

CHARGING STATION I

At the beginning of the last century, electric vehicles were the dominant automotive technology. In Berlin, for example, there were various manufacturers; in New York, electric taxis were used almost exclusively for some time. The photo shows an electric Columbia Mark 68 Victoria of 1906 and a hand-operated charging station of 1912. In fact, in 1900 already, around 28 percent of cars in the USA were electrically powered. It was much easier indeed to start and handle an electric car than to operate a heavy crank to start the combustion engine. Combined with a longer range, technical developments such as the electric starter invented in 1911 finally brought decisive advantages to cars with combustion engines.

FOTO: SCHENECTADY MUSEUM ASSOCIATION/KONTRIBUTOR/GETTY IMAGES



FOTO: SILAS STEIN/DPA

LADESÄULE II

Marketinginstrument Elektromobilität: Auf Parkplätzen von IKEA, Rewe, Lidl oder Aldi kann die Kundschaft inzwischen ihren Stromer an die Ladestation anschließen, während sie einkauft. Aldi Süd hat am 8. August die erste von 28 geplanten 50-kW-Stationen im hessischen Seeheim-Jugenheim in Betrieb genommen, noch im Sommer dieses Jahres sollen die weiteren folgen. Die Elektrotankstellen sollen an Filialen nah an Autobahnabfahrten errichtet werden und die Langstreckentauglichkeit der E-Mobilität fördern. Der Discounter will Ende 2018 mehr als 80 Ladesäulen für Elektroautos anbieten.

CHARGING STATION II

Electro mobility as a marketing instrument: At parking lots at Ikea and at Rewe, Lidl, or Aldi discounters, customers can now connect their electric vehicle to the charging station while shopping. On August 8, Aldi Süd put into operation the first of 28 planned 50 kW stations in Seeheim-Jugenheim in Hesse, Germany. The others are due to follow this summer. The electric filling stations are to be set up at branches close to autobahn exits and promote the long-distance suitability of e-mobility. The discounter plans to offer more than 80 charging stations for electric cars by the end of 2018.

COLLAGE: CHRISTINE HEINRICH UNTER VERWENDUNG VON: MARKUS BREIG UND MANUEL BALZER



DIE GESAMTE BANDBREITE UNTERSCHIEDLICHER VERKEHRSUMFELDER ERPROBEN VON DR. FELIX MESCOLI



Testfeld Autonomes Fahren

Es war ein tollkühnes Abenteuer: Im August 1888 machte sich Bertha Benz mit dem von ihrem Mann Karl konstruierten pferdelosen Wagen von Mannheim nach Pforzheim auf und bewies damit dessen Leistungsfähigkeit. 130 Jahre nach der ersten Überlandfahrt eines Benzinwagens überhaupt bricht „im Ländle" wieder eine neue Auto-Ära an: Im Mai wurde in Karlsruhe das Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg (TAF-BW) eröffnet. Hier können jetzt Firmen und Forschungseinrichtungen automatisiertes Fahren im alltäglichen Straßenverkehr in Stadt und Land erproben. Eines der ersten Forschungsvorhaben des KIT dort soll den Straßenverkehr sicherer machen, indem die feststehenden Straßenlaternen mittels Sensoren mit den Autoscheinwerfern koordiniert werden. Die Vision: eine kollektive Straßenbeleuchtung ohne gefährliche blinde Flecke. Während die spektakuläre Fahrt des Benz Patent-Motorwagen Nummer 3 ohne den Pioniergeist der unternehmungslustigen Pilotin wohl gescheitert wäre – sie reparierte das Vehikel unterwegs mit Haarnadel und Strumpfband – ist das Ziel der heutigen Auto-Pioniere, den Faktor Mensch möglichst auszuschließen. Energieeffiziente, mit zahlreichen Sensoren ausgestattete und vernetzte Fahrzeuge sollen den Verkehr flüssiger und weniger gefährlich machen.

„Wenn moderne Informationstechnik, lernende Systeme und zukunftsträchtige Mobilitätstechnologien optimal zusammenwirken, können ganz neue Verkehrskonzepte entstehen", sagt Dr. Michael Frey vom Institut für Fahrzeugsystemtechnik, der die Aktivitäten des KIT auf dem Testfeld koordiniert. Auf dem sich über die Campus des KIT, verschiedene Karlsruher Stadtteile sowie Heilbronn und Bruchsal erstreckenden TAF-BW können Firmen und Forschungseinrichtungen neue Technologien und Dienstleistungen rund um das vernetzte und automatisierte Fahren mit Autos, Bussen oder Nutzfahrzeugen im alltäglichen Straßenverkehr erproben. Testfahrten durchführen wollen Automobilhersteller, aber auch Zulieferer.

Dabei gehe es nicht nur darum, das Verhalten autonomer Fahrzeuge in bestimmten, womöglich sogar brenzligen Situationen zu testen, sondern echte Verkehrssituationen für spätere Simulationen auf Prüfständen und Teststrecken zu erheben, betonen Experten des KIT. „Wir brauchen Daten aus dem realen Verkehrsgeschehen, um sie mit ins Labor zu nehmen und unsere Funktionen dort in der Simulation bis an ihre Grenzen zu testen", sagt Professor Eric Sax, Leiter des Instituts für Technik der Informationsverarbeitung. „Mittel bis langfristig werden automatisierte Fahrzeuge dazu füh-



FOTO: PATRICK LANGER

Professor Christoph Stiller, Leiter des Instituts für Mess- und Regelungstechnik

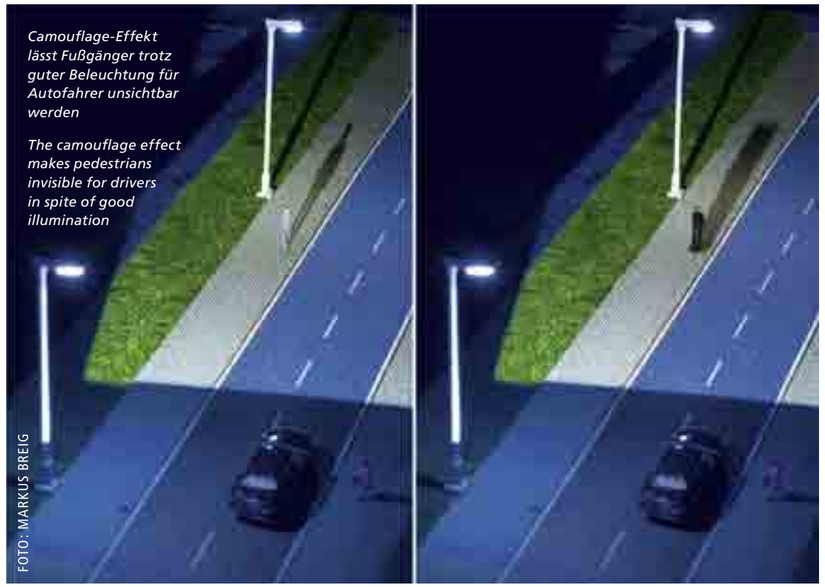
Professor Christoph Stiller, Head of the Institute of Measurement and Control

Dr. Michael Frey vom Institut für Fahrzeugsystemtechnik, koordiniert die Aktivitäten des KIT auf dem Testfeld

Dr. Michael Frey of the Institute of Vehicle System Technology coordinates KIT's activities on the test area



FOTO: MARKUS BREIG



Camouflage-Effekt lässt Fußgänger trotz guter Beleuchtung für Autofahrer unsichtbar werden

The camouflage effect makes pedestrians invisible for drivers in spite of good illumination

FOTO: MARKUS BREIG

Autonomous Driving Test Field

A Broad Spectrum of Transport Environments can be tested

TRANSLATION: RALF FRIESE

130 years after a petrol-fueled car's first drive, a new era of automobiles is beginning again in the state of Baden-Württemberg: In May, the Autonomous Driving in Baden-Württemberg (TAF-BW) Test Field was opened in Karlsruhe. Industry and research institutions can now try automated driving in everyday traffic typical of cities and rural areas from across the country. Construction of the test field was begun in 2016 and funded by the State Ministry of Transport to the tune of Euro 2.5 million.

"The optimum combination of modern information technology, learning systems, and promising mobility technologies can give rise to absolutely new transport concepts. We can simulate nearly the entire spectrum of different transport environments," says Michael Frey of the Institute of Vehicle System Technology, which coordinates KIT activities in the test field. Not only will existing systems be run in the test field, but also entirely new ones yet to be developed. One point of departure for scientists in the test field is the OpEr Project – Optimization of the Visual Recognizability of Pedestrians – on the basis of interconnected infrastructures of the "Propix" (abbreviation for projector pixel light) headlamps developed at the Light Technology Institute of KIT (LTI) a few years ago. This system is able to adapt its light emission to its environment, i.e. completely exclude specific areas while shining bright light on others. Now scientists want to interconnect Propix with other sensors on board of the car, such as ultrasound, radar or lidar, where laser beams are used instead of radiowaves, as in radar. When these detect an obstacle which happens to be in a blind spot to the eye or to a camera, the future headlamp responds automatically and either sheds light on that spot or dims as required. ■

Info: https://taf-bw.de
Contact with Propix: cornelius.neumann@kit.edu



Professor Eric Sax, Leiter des Instituts für Technik der Informationsverarbeitung

Professor Eric Sax, Head of the Institute for Information Processing Technology

FOTO: PATRICK LANGER

ren, dass die Unfallzahlen gegenüber dem heutigen Stand sinken", erwartet Professor Christoph Stiller, Leiter des Instituts für Mess- und Regelungstechnik. „Bis dahin sind Erprobungen des automatisierten Fahrens auf öffentlichen Straßen notwendig." Um die nötigen Daten zu erheben, wurde auf dem gesamten Testfeld Messtechnik installiert, die die Verkehrssituation analysiert. „Das umfasst städtische Bereiche mit unterschiedlichen Tempozonen, Wohngebiete und Parkhäuser sowie zukünftig auch Landes- und Bundesstraßen sowie Autobahnabschnitte. Wir können also nahezu die gesamte Bandbreite unterschiedlicher Verkehrsumfelder abbilden", sagt Michael Frey.

Doch werden auf dem Testfeld nicht nur bestehende Systeme getestet, sondern auch ganz neue entwickelt: Als ein Ausgangspunkt dient den Wissenschaftlern der vor einigen Jahren am Lichttechnischen Institut des KIT (LTI) entwickelte „Propix"-Scheinwerfer (kurz für Projektor-Pixellicht). Dieser kann seine Lichtverteilung der Umgebung anpassen, also etwa bestimmte Bereiche komplett ausblenden, während andere taghell erleuchtet sind. Jetzt wollen die Forscher im Testfeld-Projekt OpEr – Optimierung der visuellen Erkennbarkeit von Fußgängern auf Basis vernetzter Infrastruktur den Propix mit weiteren Sensoren des Fahrzeugs wie Ultraschall, Radar oder Lidar (hier werden statt Radiowellen wie beim Radar Laserstrahlen verwendet) vernetzten. Spüren diese ein Hindernis auf, das sich in einem für Auge oder Kamera blinden Fleck befindet, soll der Schweinwerfer zukünftig selbst reagieren und diesen ausleuchten oder nach Bedarf abblenden. „In der Kombination von ortsfester Straßenbeleuchtung mit variabler Scheinwerferbeleuchtung wird dann optimale Sichtbarkeit erzielt", sagt Prof. Neumann, der gemeinsam mit Professor Uli Lemmer das LTI leitet.

Die Besonderheit: Die Steuerung des Propix soll nicht nur mit Informationen von Sensoren des eigenen Gefährts gefüttert werden, sondern auch von solchen an Bord anderer Fahrzeuge



Professor Cornelius Neumann, Leiter des Lichttechnischen Instituts

Professor Cornelius Neumann, Head of the Light Technology Institute

FOTO: MARKUS BREIG



FOTOS: MARKUS BREIG

oder am Straßenrand. „Die Herausforderung besteht insbesondere im Zusammenspiel zwischen den unterschiedlichen Sensoren auf der einen Seite und der Scheinwerfertechnik auf der anderen Seite", sagt Neumann. Auf den Menschen übertragen gehe es darum, das Auto mit weiteren Sinnesorganen auszustatten. „Egal, ob wir sehen, dass eine Person auf uns zukommt oder wir nur ihre Schritte hören, wir erhalten beide Male die gleiche Information: nämlich, dass sich jemand nähert", erläutert Neumann. „Wenn wir das auch beim Auto schaffen, können wir den Straßenverkehr sicherer machen."

Für seine Forschung, für die umfangreiche Sensorik notwendig ist, biete das TAF-BW ideale Voraussetzungen, so Neumann. Der Aufbau des Testfelds wurde 2016 begonnen und vom Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg mit 2,5 Millionen Euro gefördert. ■

Info: https://taf-bw.de
Kontakt zu Propix: cornelius.neumann@kit.edu

The Future of Driving

Have the answer to current and future mobility demands with job accompanying study in intensive international courses



Master of Science in Mobility Systems Engineering & Management

Advanced Driver Assistance Systems and E-Mobility

www.hectorschool.kit.edu/MSEM

HECTOR SCHOOL
Technology Business School of the KIT

KIT Karlsruhe Institute of Technology



POTENZIAL UND ANWENDUNGSFELDER VON ELEKTROMOTOREN STEIGERN

VON DR. FELIX MESCOLI // FOTOS: MARKUS BREIG

Kleiner. Leichter. **Weiter.**



Professor Martin Doppelbauer (ganz links) mit Studierenden in der Prüfhalle am Campus Ost

Professor Martin Doppelbauer (left) and students in the test hall on Campus East



Pedelec-Prüfstand am Elektrotechnischen Institut

Pedelec test bench at the Institute of Electrical Engineering

„Im Vergleich zum Verbrenner ist der Elektromotor ein Methusalem“, sagt Professor Martin Doppelbauer vom Elektrotechnischen Institut des KIT (ETI). Das erste leistungsfähige Aggregat konstruierte der Bauingenieur Moritz Hermann Jacobi bereits 1834 im ostpreußischen Königsberg, während der Viertaktmotor erst rund 30 Jahre später seinen Siegeszug antrat. Der verlief im Übrigen keineswegs geradlinig: In den USA gab es 1912 schon knapp 34.000 elektrisch getriebene Fahrzeuge – so viele wie Anfang 2017 in ganz Deutschland. Angesichts des Klimawandels, der zu einem Gutteil von CO_2 aus dem mit fossilen Brennstoffen getriebenen Individualverkehr befeuert werde, sei es unumgänglich, diesen Trend umzukehren, meint der Professor für Hybridelektrische Fahrzeuge. Elektroautos sparten gegenüber Verbrennern der gleichen Fahrzeugklasse schon heute bis zu einem guten Drittel Treibhausgas ein. Weitere Potenziale sieht Doppelbauer auch im elektrischen Fliegen und bei E-Bikes.

„Der technische Fortschritt der letzten 20 Jahre war enorm“, sagt Doppelbauer. Die Motoren seien immer leistungsfähiger geworden – bei abnehmendem Gewicht. Serienantriebe für Elektroautos bringen pro Kilowatt Leistung deutlich weniger als ein Kilogramm auf die Waage. Die neuesten Motoren, die am Elektrotechnischen Institut entwickelt und beispielsweise im Rennsport eingesetzt werden, schaffen nahezu 10 Kilowatt Leistung pro Kilogramm. Damit übertreffen sie selbst Formel-1-Motoren. Doppelbauer will diese Leistungsdichte in naher Zukunft weiter nach oben treiben. „Auch wenn die Batterie derzeit die größte technische Hürde ist, die einer weiten Verbreitung von Elektroautos noch im Wege steht, helfen kleinere und leichtere Elektromotoren, den Preis des Antriebs zu senken und den Energieverbrauch des Fahrzeugs zu reduzieren“, erklärt er.

Ein grundsätzlicher Unterschied des Elektromotors gegenüber seinem kraftstoffverbrennenden Kollegen besteht laut Doppelbauer in der Art und Weise, wie dessen Leistung entsteht. Bei Verbrennungskraftmaschinen wird diese primär über das Drehmoment erzeugt, also der Kraft der Explosion des Gasgemisches, beim E-Motor vor allem über die Drehzahl. Während eine Leistungssteigerung beim Diesel oder Benziner im Grunde also nur durch höheren Kraftstoffverbrauch erkauft werden kann, ist beim Elektromotor die Leitungsfähigkeit seiner magnetisch wirkenden Elemente entscheidend. Hier haben neuartige Materialien wie Kobalt-Eisen enorme Fortschritte gebracht, so Doppelbauer. „Im Labor des Elektrotechnischen Instituts laufen bereits Motoren bis 30.000 Umdrehungen pro Minute mit Leistungen weit über 100 Kilowatt.“ Mehr als das Doppelte der Spitzendrehzahlen gegenwärtiger Serienmotoren in Elektroautos. Um ihre Kraft auf die Straße zu bringen, brauchen Elektromotoren nur ein rudimentäres Getriebe mit lediglich einer festen Übersetzung. Zudem entfällt die Kupplung, was wiederum Gewicht, Energie und Kosten spart.

Eine technische Herausforderung sei die Steuerung dieser leistungsstarken hochdrehenden Motoren, räumt Doppelbauer ein. Denn die Gleichspannung der Batterie muss mittels Schaltern zerhackt werden, um die Wechselspannung für den Motorenbetrieb zu erzeugen. Und da hohe Drehzahlen hohe Frequenzen bedingen, können dies selbst die schnellsten Mikroprozessoren nicht mehr leisten. Deshalb werden am ETI entsprechende Computersysteme, sogenannte programmierbare Logikgatter (FPGA), und die entsprechenden Regelverfahren entwickelt.

Noch schwieriger gestaltet sich die Kühlung. Auch wenn Elektromotoren einen sehr guten Wirkungsgrad haben, der über 95 Prozent liegen kann, müssen alle Verluste in Form von Wärme abtransportiert werden. Bei Industriemotoren geschieht das über einen Luftstrom, der von einem Lüfter über die Motoroberfläche geblasen wird. „Nicht besonders effektiv, aber sehr einfach, preiswert und robust“, sagt Doppelbauer. Für die E-Mobilität ist diese Methode

aber ungeeignet. Die meisten Automotoren sind daher heute wassergekühlt. Dies geschieht durch ein doppelwandiges Gehäuse, das einen Wassermantel um das Motorinnere legt. Das ETI arbeitet derweil gemeinsam mit dem Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST) und dem Fraunhofer ICT an einem direktgekühlten Elektromotor: „Dabei wird Kühlwasser an den Kupferleitern vorbeigeführt, also in unmittelbarer Nähe zur Wärmequelle."



Michael Schmitt, wissenschaftlicher Mitarbeiter für hybridelektrische Fahrzeuge

Michael Schmitt, research assistant in the area of hybrid electric vehicles

Besser noch als eine optimale Kühlung sei es indes, übermäßige Wärme gar nicht erst entstehen zu lassen, gibt Doppelbauer zu bedenken. „Dazu kann man beispielsweise die Querschnittsfläche der Leiter vergrößern und auf diese Weise den elektrischen Widerstand verringern." Die neueste Entwicklung seien hier rechteckige Leiter – im Gegensatz zum traditionell verwendeten runden Kupferdraht. Allerdings seien solche Wicklungen viel schwieriger zu fertigen. Doppelbauer verweist auf die aus einem Promotionsprojekt des ETI hervorgegangene Ausgründung SciMo (Science for Motion). „Hier werden Hochleistungsantriebe entwickelt, die auf Rechteckleitern basieren. Neben der speziellen Wickeltechnik werden auch hochleistungsfähige Elektronik und geeignete Getriebe integriert", sagt Doppelbauer. „Die größte Herausforderung ist für uns im Moment, die Infrastruktur aufzubauen und alle Prozesse voranzutreiben, um aus einer universitären Technologieidee ein marktfähiges Produkt zu machen, welches die harten Einsatzanforderungen in der Praxis erfüllt. Gleichzeitig müssen wir unseren technologischen Vorsprung im Bereich der Wickeltechnik weiter ausbauen", sagt Markus Schiefer, Mitbegründer von SciMo. So lieferte die Firma etwa die Motoren, mit denen das Team der TU München seinen viel beachteten Sieg beim Hyperloop-Wettbewerb 2017 erringen konnte, sowie die Antriebe, die das KARaceIng Team 2016 zum Weltmeistertitel führten. Weiter entwickelt das Unternehmen ganz spezielle Antriebseinheiten, die der elektrischen Maschine immer neue Anwendungsfelder erschließt. „Etwa das elektrische Fliegen", sagt Schiefer.

An besonders zuverlässigen Elektromotoren forscht das ETI für die Luftfahrt. Was heute noch abgehoben klingt, könnte in naher Zukunft Realität werden: „Der Flugzeughersteller Airbus will bis 2020 ein 100-sitziges Regionalflugzeug mit einem hybridelektrischen Antrieb ausstatten", sagt Doppelbauer. Das Funktionsprinzip dabei sei einer dieselelektrischen Lokomotive nicht unähnlich. „Im Inneren des Flugzeugs erzeugt eine Turbine den Strom für die Elektromotoren. Beim Start kann eine Batterie oder eine Brennstoffzelle die zusätzlich benötigte Energie liefern." So hoffe man, auch in der Luftfahrt den klimaschädlichen Verbrauch fossiler Kraftstoffe massiv zu reduzieren.

Deutlich bodenständiger nimmt sich dagegen die Forschung an besseren Antrieben für Elektrofahrräder aus, wie sie am ETI ebenfalls betrieben wird. Die immer beliebter werdenden E-Bikes ließen die Vorteile des Elektroantriebs für jedermann deutlich werden, freut sich Doppelbauer. Allerdings hätten die heute marktüblichen Antriebe für Pedelecs einen eher mäßigen Wirkungsgrad, schränkt er ein. Hier gebe es weiten Raum für Verbesserungen, die unmittelbar in einer deutlich größeren Reichweite mündeten. „Außerdem sind Pedelecs heute noch sehr schwer", konstatiert der Experte. Um diesen Missständen auf den Grund zu gehen und abzuhelfen, haben die Wissenschaftler am ETI einen Prüfstand für Elektrofahrräder aufgebaut. „Damit wollen wir die heutigen Produkte vergleichen und neue, mechatronisch hochintegrierte Lösungen für die Zukunft entwickeln. Dabei sollen die drei Baugruppen, also der Elektromotor, das Getriebe und die Leistungselektronik, noch besser zusammenwirken als in heutigen Antrieben.

Alles in allem seien die Möglichkeiten des Elektromotors noch lange nicht ausgeschöpft, meint Doppelbauer. Im Dienste des Weltklimas seien weitere Anstrengungen dringend geboten: „Alle Effizienzgewinne der vergangenen Jahre bei Benzin- und Dieselmotoren wurden von der Gewichtszunahme der Fahrzeuge und schlechteren Luftwiderstandswerten besonders bei den SUVs aufgefressen. Auch vermeintlich saubere Dieselmotoren pusten genauso viel CO_2 in die Luft wie ihre ungefilterten Kollegen, denn die CO_2-Emissionen hängen nur vom Spritverbrauch ab und der steigt unaufhaltsam." ■

Kontakt: martin.doppelbauer@kit.edu

Smaller. Lighter. Farther

Research Projects Enhance the Potential and Applications of Electric Motors

TRANSLATION: RALF FRIESE

"Compared to internal combustion engines, electric motors are Methuselahs," says Martin Doppelbauer of the KIT Institute of Electrical Engineering (ETI). The first working system was designed by a civil engineer, Moritz Hermann Jacobi, back in 1834, while the four-cycle engine began its triumphant progress some thirty years later. Its course was by no means straight: In the US, nearly 34,000 electrically driven vehicles were on the road as early as 1912 – as many as in all of Germany in early 2017. In the light of climate change, it is imperative to reverse this trend, the professor of hybrid electric vehicles believes.

The most recent motors developed at the Electrical Engineering Institute and used in racing, for instance, manage nearly 10 kilowatts of power per kilogram. This even surpasses formula-1 engines. Doppelbauer intends to increase this power density even further in the near future. One technical challenge to be met is control of these powerful high-speed motors, acknowledges Doppelbauer. For this reason, ETI is developing appropriate computer systems, so-called field-programmable gate arrays (FPGA), and corresponding control processes.

An even more difficult area is cooling. Although electric motors have excellent efficiency, all losses need to be removed as heat. ETI together with the Institute of Vehicle System Technology (FAST) and Fraunhofer ICT are working on an electric motor with direct cooling: "In this design, cooling water is passed by the copper conductors, i.e. in the immediate vicinity of the heat source." Doppelbauer also draws attention to SciMo (Science for Motion), a spin-off of a doctoral project of ETI. "This is where high-power drives are being developed on the basis of rectangular conductors. Besides the special winding technique, an electronic system able to manage high power levels and suitable gearboxes are integrated." ETI is conducting research into particularly reliable electric motors for aerospace applications. "The Airbus aircraft manufacturer intends to equip a 100-seat regional aircraft with a hybrid electrical drive by 2020," says Doppelbauer. Much more down to earth, by comparison, is research for better drives for electric bicycles, which is also conducted at ETI. The efficiency of today's commercial pedelec drives is relatively moderate, says Doppelbauer. There is much room for improvement, which would immediately result in a longer range. ■

Contact: martin.doppelbauer@kit.edu



Dr. Alexander Stahl, Leiter des Prüfstandbetriebs am Elektrotechnischen Institut

Dr. Alexander Stahl, Head of Test Bench Operation at the Institute of Electrical Engineering

ANZEIGE





HOW TO RELIABLY PROCESS LARGE DATA VOLUMES FROM VARIOUS SERVICES

VON DR. FELIX MESCOLI // TRANSLATION: RALF FRIESE // FOTOS: MARKUS BREIG

Car Antennas with High Performance Capability







Professor Thomas Zwick, Leiter des Instituts für Hochfrequenztechnik und Elektronik, und Jerzy Kowalewski

Professor Thomas Zwick, Head of the Institute of High-Frequency Technology and Electronics, and Jerzy Kowalewski

Mobile radio, satellite navigation, WLAN, door opener – modern cars make use of a large number of wireless services. In most cases, the antennae for transmission and reception are located in the "shark fin" on the roof. However, as the number of mobile communication systems and the data volumes to be managed keep growing continuously, more complex antenna systems are needed, and space in the slim modules is becoming scarce. The problem is aggravated by the fact that future cars increasingly will need to safely move autonomously through road traffic. So a team at the Institute of High-Frequency Technology and Electronics (IHE) of KIT has designed a reconfigurable antenna system which is able to reliably handle large data volumes from different services.

"Anybody wanting to transmit simultaneously the largest possible data volumes by the largest number of users without any errors faces a variety of challenges, depending on the environment," explains Professor Thomas Zwick, head of IHE. He uses cellular phones as an example to explain his point: If you want to use your telephone, for instance, in a crowded spot like Frankfurt airport, you are more likely to run into a capacity problem. "After all, many people want to communicate at this place at the same time." On the other hand, if you want to use your telephone in the Alps, you often have no connection. "In this case, it is a matter of coverage."

As data services in cars frequently are necessary for safety, they must operate reliably anywhere. "This is influenced primarily by radiation characteristics," continues Zwick. Nowadays, car antennae are designed to respond uniformly to electromagnetic fields from all sides. "This seems to be the right choice at first sight, because it allows signals to be received from all angular directions while the car is moving," says Jerzy Kowalewski of IHE. The problem: In downtown areas, signals could be deflected by the walls of houses. The consequence: Gaps and omissions in transmission ranging up to a complete loss of data. On top of that, there are the capacity and coverage problems referred to above. This dilemma can be solved by means of MIMO (Multiple Input Multiple Output) technology, which is part of the new LTE mobile radio standard. However, this requires several antennae with transmitters and receivers, which make the system more complex, bigger, and more expensive.

This is why scientists at IHE ran a number of experiments with reconfigurable antenna systems to minimize the number of transmitters and receivers required. Their electromagnetic fields are not steady-state, but are able to change their radiation characteristics. Like a fisherman casting his net – or better, two or more nets at the same time – in different directions, the systems are thus able to work over a larger area: "Specific parts of antennae can be switched on or off alternately, which changes directionality with respect to the transmitters and receivers," says Jerzy Kowalewski. "Parallel transmission of data over different propagation paths adds to the capacity of the system and to the data rate."

The upshot is that Kowalewski's system requires fewer transmitters and receivers. This

saves not only cost but space. Together with scientists of the Vienna Technical University, the Karlsruhe scientists also studied whether their antennae might someday be hidden in the roof to save space and improve aerodynamics. Antenna cavities integrated into a car body offer ten times more volume than the conventional shark fin casings, and can be hidden below the roof line completely. These findings were presented in the "Progress in Electromagnetics Research" magazine and at the International Workshop on Antenna Technology. ■

Contact: thomas.zwick@kit.edu



Arbeitet an platzsparenden Systemen: Professor Thomas Zwick

Professor Thomas Zwick works on space-saving systems

Hochleistungsfähige Autoantennen

Wie große Datenmengen verschiedener Dienste zuverlässig verarbeitet werden können

Mobilfunk, Satellitennavigation, WLAN, Türöffner – moderne Autos nutzen eine Fülle drahtloser Dienste. Die Antennen zum Senden und Empfangen sind meist in der „Haifischflosse" auf dem Dach montiert. Doch weil die Anzahl der mobilen Kommunikationssysteme und auch die zu bewältigende Datenflut stetig wachsen, werden komplexere Antennensysteme benötigt und der Platz in den schlanken Modulen wird knapp. Dadurch, dass sich Autos zukünftig zunehmend autonom sicher durch den Straßenverkehr bewegen sollen, wird dieses Problem noch verschärft. Ein Team des Instituts für Hochfrequenztechnik und Elektronik (IHE) des KIT hat ein rekonfigurierbares Antennensystem entworfen, das zuverlässig große Mengen Daten verschiedener Dienste gleichzeitig bewältigen kann.

Eine mögliche Verbesserung soll die MIMO-Technologie (Multiple-Input-Multiple-Output) bringen, die Teil des neuen LTE-Mobilfunkstandards ist. Doch dazu werden mehrere Antennen mit Sendern und Empfängern benötigt, wodurch die Systeme noch komplexer, größer und teurer werden.

Am IHE haben die Forscher deshalb mit rekonfigurierbaren Antennensystemen experimentiert. Im Ergebnis kommt das System des IHE-Teams mit weniger Sendern und Empfängern aus. Das spart nicht nur Kosten, sondern auch Platz. Gemeinsam mit Wissenschaftlern der Technischen Universität Wien haben die Karlsruher Forscherinnen und Forscher zusätzlich untersucht, ob sich ihre Antennen zukünftig nicht platzsparend und aerodynamisch im Dach versenken lassen. In die Karosserie integrierte Antennenkavitäten bieten demnach zehnmal mehr Volumen als die herkömmlichen Haifischflossen-Gehäuse und können vollständig unter der Dachlinie verborgen werden. Diese Ergebnisse wurden im Fachmagazin Progress in Electromagnetics Research und auf dem International Workshop on Antenna Technology vorgestellt. ■

Kontakt: thomas.zwick@kit.edu

ANZEIGE





Sie wollen etwas bewegen? Dann starten Sie bei uns durch. Als Elektro- oder Mechatronikingenieur/in bei BorgWarner bestimmen Sie die Zukunft des Automobils mit Ihren Ideen maßgeblich mit.

Technologien für geringeren Kraftstoffverbrauch, weniger Emissionen und überzeugende Leistung – BorgWarner macht's möglich. Als führender Automobilzulieferer entwickeln wir innovative Powertrain-Lösungen. Unsere Produkte finden Einsatz in besonders effizienten Benzin-, modernen Diesel-, Hybrid- und reinen Elektrofahrzeugen sowie in Nutzfahrzeugen aller Art. Weil BorgWarner permanent nach neuen Lösungen sucht, können wir unseren Kunden nachhaltige Produkte anbieten, die die Umwelt entlasten und den Fahrkomfort, die Leistung und Zuverlässigkeit deutlich steigern.

borgwarner.com/careers

BorgWarner



COLLAGE: CHRISTINE HEINRICH UNTER VERWENDUNG VON: SP4764, SOERENKUHRT/FOTOLIA

ZUKUNFTSWEISENDE MOBILITÄTSSYSTEME ERFORDERN DIE INTERDISZIPLINÄRE ZUSAMMENARBEIT

VON ISABEL HÄUSER UND DR. FELIX MESCOLI

Neu denken in einem System der Systeme




FOTO: MANUEL BALZER

FOTO: MARKUS BREIG

Dass Menschen und Güter schnell und zuverlässig transportiert werden, ist für das Funktionieren moderner Gesellschaften unerlässlich. Gleichzeitig ist eine komfortable und sichere Lösung für jeden einzelnen Mobilitätsnutzer ein absolutes Muss! Aktuelle Megatrends wie Globalisierung und Urbanisierung, die mit Phänomenen wie Ressourcenknappheit, Platzmangel und einer überlasteten Infrastruktur einhergehen, machen es gleichzeitig schwieriger, Waren rechtzeitig auszuliefern und Personen pünktlich an ihr Ziel zu bringen. „Den Verkehrskollaps können wir nur abwenden, wenn wir Aspekte wie Verkehr, Infrastruktur und Energie ganzheitlich betrachten", sagt Professor Albert Albers, Leiter des IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT. Dazu müsse man Mobilitätssysteme als aus unterschiedlichsten Teilsystemen aufgebaute Organisationen (System of Systems SoS) begreifen, aus denen es ein nahtloses Gefüge zu formen gelte. Eine solche „Seamless Mobility" lasse sich freilich nur im Zusammenspiel der Disziplinen erschaffen.

Ist beispielsweise von der Mobilität der Zukunft die Rede, kommen autonomes Fahren, „third Place of Living" – also das autonome Mobilitätssystem als Lebensraum für Freizeit und Beruf, bei dem jeder seine persönliche Wohlfühl- und Arbeitsumgebung unterwegs dabei hat –, ein flächendeckendes öffentliches Nahverkehrsnetz, Elektromobilität oder Sharing-Modelle in den Sinn. „Entscheidend ist aber die sinnvolle Kombination verschiedener Transportsysteme", sagt Albers. Ein denkbares Szenario wäre beispielsweise eine Anwendung, die es dem Nutzer erlaubt, seine Fortbewegung über verschiedene Verkehrsmittel hinweg zu planen und abzurechnen: Er fährt dann mit dem Citybike vom Restaurant zur Straßenbahnhaltestelle, weiter mit der Bahn und die letzten Kilometer bis vor die Haustüre mit dem autonomen Taxi. Bezahlt wird nur einmal mit einem privatsphärenschützenden Zahlungssystem, mit dem sich Zahlungen sicher und anonym abwickeln lassen.

Eines gemeinsam haben diese bislang nur unzureichend verknüpften Teilsysteme bereits heute: Sie alle sind in zunehmendem Maße auch softwarebasiert. Ein zentraler Aspekt zukünftiger Mobilitätssysteme ist nicht nur deshalb auch die Cyber-Sicherheit. Die durch zunehmende Vernetzung entstehenden Schnittstellen bieten vermehrt Angriffsfläche für Zugriffe in das System of Systems. Zum Beispiel mit dem Ziel, den Verkehrsfluss zu stören, die Bezahlvorgänge zu manipulieren oder sogar ein autonomes Fahrzeug zu entführen. „Die Informatik muss hier intelligente Verfahren und Systeme entwickeln, die solche Gefahren erkennen und abwehren", sagt Professor Jörn Müller-Quade, Sprecher des Kompetenzzentrums für Cybersicherheit KASTEL.

Grundlegend für eine Seamless Mobility ist unter dem System-of-Systems-Ansatz die Vernetzung der verschiedenen Systeme. Dafür muss die Kommunikation der Komponenten sowohl innerhalb des Autos als auch mit anderen Fahrzeugen und schließlich mit Anlagen zur Steuerung des Straßenverkehrs wie zum Beispiel Ampeln sicher und zuverlässig funktionieren „Dabei müssen die traditionellen Schutzziele der IT-Security wie Vertraulichkeit und Integrität gewährleistet sein. Ebenso sollten Dienste wie eine kooperative Routenplanung funktionieren, ohne die Privatsphäre der Nutzer zu gefährden", sagt Professorin Martina Zitterbart, Leiterin des Instituts für Telematik und ebenfalls bei KASTEL engagiert.

Doch damit nicht genug: Denn schon das Teilsystem „Autonomes Fahren" wirft nicht nur technische, sondern auch zahlreiche juristische und gesellschaftliche Fragen auf. Ein Beispiel: Die Soft-

„Seamless Mobility" lässt sich nur im Zusammenspiel der Disziplinen erschaffen

Seamless mobility requires interaction of disciplines


FOTO: PATRICK LANGER


FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

Professor Ralf Reussner, Leiter des Instituts für Programmstrukturen und Datenorganisation

Professor Ralf Reussner, Head of the Institute for Program Structures and Data Organization


FOTO: ANDREAS DROLLINGER

Professorin Martina Zitterbart, Leiterin des Instituts für Telematik

Professor Martina Zitterbart, Head of the Institute of Telematics


FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

Sascha Ott, Geschäftsführer des IPEK – Institut für Produktentwicklung

Sascha Ott, Managing Director of IPEK, the Institute of Product Engineering


FOTO: PATRICK LANGER

Professor Albert Albers, Leiter des IPEK – Institut für Produktentwicklung

Professor Albert Albers, Head of IPEK, the Institute of Product Engineering

Rethinking in a system of systems

Future Mobility Systems Require Interdisciplinary Collaboration

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

When speaking about future mobility, we think of autonomous driving, an extensive public transport network, electric mobility or sharing schemes. Yet mobility systems have to be understood as entities consisting of partial systems or systems of systems, says Professor Albert Albers, Head of IPEK, KIT's Institute of Product Engineering.

Accordingly, seamless mobility can only be established across disciplines, as the so far insufficiently interconnected partial systems have one thing in common: They are increasingly software-based. A central aspect of future mobility systems is cybersecurity. Within in the Seamless Mobility Initiative, researchers of the Institute of Telematics (TM) are working on the development of communication protocols. "Autonomous vehicles have to communicate with traffic lights and data of transport authorities, and car sharing services have to be compared. A holistic mobility system requires reliable, stable, and secure communication of its individual components," says Martina Zitterbart, Head of TM, who is also active in the Competence Center for Applied Security Technology (KASTEL). "Computer science has to develop smart algorithms that identify and avert risks," adds Ralf Reussner of KIT's Institute for Program Structures and Data Organization (IPD), who is also involved in KASTEL.

But this is not sufficient: "Autonomous driving" as a partial system does not only give rise to technical, but also legal and social issues. An example: The software of autonomous vehicles needs to be updated regularly in order to eliminate weaknesses as they are detected or to counteract attacks by hackers, says Carsten Sinz of the Institute of Theoretical Informatics.

Sascha Ott, Managing Director of IPEK, is convinced that functioning of such a complex system requires optimal collaboration by traffic planners, engineers, and developers. For communication to succeed, terms have to be defined unambiguously and seamless cooperation has to be the standard. "The potentials of digitization and increasing use of learning systems in this context will lead to entirely new solutions in the coming years. This will strengthen Germany as a location of high technologies. We at KIT want to foster this with our Seamless Mobility Initiative," Albert Albers concludes. ■

Contact: sascha.ott@kit.edu

ware autonomer Fahrzeuge, die Teil des System of Systems der nahtlosen Mobilität sind, müssten regelmäßig aktualisieret werden, um im Nachhinein bekannt gewordene Schwachstellen zu beseitigen oder Hackerangriffen zu begegnen, gibt Dr. Carsten Sinz vom Institut für Theoretische Informatik zu bedenken. „Dabei muss allerdings sichergestellt sein, dass nicht unabsichtlich neue Fehler eingeführt werden, die das Auto an anderer Stelle vielleicht wieder unsicherer machen." Im Grunde müsse ein Fahrzeug daher nach jedem Update neu zugelassen werden. „Das ist in der Praxis heute aber überhaupt nicht umsetzbar. Da müssen Informatiker, Autobauer und Juristen Hand in Hand an einer Lösung arbeiten", fordert Sinz.

„Im Moment ist die Wissenschaft noch nicht in der Lage, mit dieser Komplexität umzugehen", konstatiert Albert Albers. Es gebe ganz unterschiedliche Modellvorstellungen, die nicht kompatibel seien. „Schon unter dem Begriff Prozess versteht ein Verkehrsplaner etwas völlig anderes als ein Produktentwickler", nennt Albers ein Beispiel. Die Folge: gegenseitiges Unverständnis. Damit sich ihre wissenschaftlichen Domänen verbinden lassen, müssen Ingenieure, Stadtplaner und Systementwickler also erst einmal eine gemeinsame Sprache (er)finden und entsprechende neue Entwicklungsprozesse für solche komplexen Systems of Systems erforschen und installieren.

Die mit dem Megatrend Urbanisierung verbundenen Verkehrsprobleme zum Beispiel bedeuten Anforderungen an die Infrastruktur, an die Fahrzeuge selbst und an die Anbieter von Serviceleistungen. Dazu gehören fehlende Ladesäulen für Elektroautos und Mangel an Parkplätzen, möglichst geringe Emissionen und Sharing-Angebote. „Während es 20 Jahre dauert, Infrastrukturprojekte zu planen und zu verwirklichen, nehmen Weiterentwicklungen bei Fahrzeugen etwa 5 Jahre in Anspruch", zählt Sascha Ott auf, Geschäftsführer des IPEK. „Eine Car-Sharing-App hingegen kann man in wenigen Monaten programmieren."

Diese so unterschiedlichen Zeithorizonte gelte es zu berücksichtigen und in Einklang zu bringen. „Dazu müssten der Service-Ingenieur und der Stadtplaner aber erst einmal ins Gespräch kommen", so Ott.

Funktionieren soll das nach Vorstellung der Wissenschaftler am KIT durch das Denken im System of Systems. Um eine fächerübergreifende Sprache zu entwickeln, müssten die einzelnen Vorstellungen und Bedürfnisse in abstrahierten Modellen dargestellt werden, sagt Professor Ralf Reussner vom IPD. „Jedes Modell ist auf eine bestimmte Funktionalität ausgerichtet. Zusammengenommen verfolgen die Modelle oder auch Systeme jedoch ein bestimmtes gemeinsames Ziel. Zum Beispiel die Fortbewegung von Personen und Gütern." Ergeben sich am einzelnen System Veränderungen, habe das im SoS auch immer Auswirkungen auf die übrigen Teilsysteme, ohne dass sich jedoch das Gesamtziel ändert.

In die Praxis gewendet heißt das: „Wir müssen aufhören, vom Auto her zu denken, sondern die Funktion im Sinne eines Kundenbedürfnisses in den Blick nehmen", fordert IPEK-Geschäftsführer Ott. Zum Beispiel beim Entwickeln neuer Produktprofile für das autonome Fahren. „Wir müssen uns fragen, was brauchen wir und wer hat etwas davon", sagt Ott. So werde das automatisierte Fahren heute vorrangig unter den Aspekten Sicherheit und Verkehrsfluss betrachtet. Wenn Autos selbst fahren, so meint man, werde die Zahl der Unfälle, also auch der Verletzten und Toten, im Verkehr sinken. Als Begründung wird oftmals angeführt, dass rund 90 Prozent der Unfälle auf menschliches Versagen zurückgehen. Außerdem würden Fahrzeuge, die mitdenken und mit anderen Autos oder Ampeln kommunizieren, den Verkehr flüssiger fließen lassen und so die Kapazitäten des Straßensystems erhöhen. „Über die Möglichkeiten an Mobilitätsgewinnen, die das automatisierte Fahren einer alternden Gesellschaft wie der unsrigen bietet, redet aber kaum jemand", wundert sich Ott. Dabei öffneten sich mit dem Transport von Personen, die selbst nicht fahren können, ganz neue Perspektiven – etwa für die ländlichen Räume: „Es gibt Millionen von Senioren, die liebend gerne nicht mehr selbst fahren würden, aber nach wie vor auf das Auto angewiesen sind."

Albert Albers liefert ein weiteres Beispiel: „Emily ist ein sechsjähriges Mädchen, das ihre Großeltern besuchen möchte, aber ihre Mutter Anika ist beschäftigt und hat keine Zeit, sie zu fahren. Per App arrangiert Anika also den Transport ihrer Tochter durch einen Dienstleister. Dessen automatisiertes fahrerloses Mobilitätssystem bringt Emily ohne Emissionen auf der optimalen Route und sicher zum Haus der Großeltern. Unterwegs übernimmt die Einheit, welche Emily befördert, vom Logistiksystem noch ein Paket für die Großeltern, sodass es schneller eintrifft – das ist ein Szenario, das wir mit unserer Forschung am KIT möglich machen wollen. Ein Kernpunkt ist dabei das Vertrauen und die Akzeptanz in die Sicherheit und Zuverlässigkeit solcher Lösungen."

Damit so ein komplexes System funktionieren könne, müssten Verkehrsplaner, Ingenieure und Entwickler optimal zusammenarbeiten, ist Ott überzeugt. Und damit die Kommunikation gelinge, müssten einheitliche Begrifflichkeiten erarbeitet und die vernetzte Zusammenarbeit zum Standard werden. „Die Potenziale der Digitalisierung und der verstärkte Einsatz lernender Systeme in diesem Kontext wird hier in den nächsten Jahren ganz neue Lösungen ermöglichen und besonders auch den Hochtechnologiestandort Deutschland weiter stärken, wenn wir nun alle zusammen – Politik, Unternehmen, Gesellschaft – und besonders auch die Forschung – diese Themen offensiv angehen – am KIT tun wir dies mit unserer Initiative Seamless Mobility", so Albers. ■

Kontakt: sascha.ott@kit.edu



COLLAGE: CHRISTINE HEINRICH UNTER VERWENDUNG VON: METAMORWORKS/STOCK.ADOBE.COM UND LYDIA ALBRECHT



NETZ, TAKTUNG, KOSTEN: WIE ALGORITHMEN VERKEHRSBETRIEBE UNTERSTÜTZEN KÖNNEN

VON MORITZ CHELIUS
FOTOS: SANDRA GÖTTISHEIM







Optimierung durch Störung

Kaum etwas sorgt so zuverlässig für Aufregung wie unzuverlässige Busse und Bahnen. Wie die Verkehrsbetriebe mit solchen Störungen besser umgehen können und wie sich Menschen verhalten, wenn ihr Zug oder ihr Bus nicht so fährt wie geplant, will eine interdisziplinäre Forschungsgruppe untersuchen, an der auch das KIT beteiligt ist. Bevor auch nur ein einziges öffentliches Verkehrsmittel durch eine Großstadt rollt, sind schon viele Planungsschritte passiert. Zunächst wird ermittelt, wohin die Leute überhaupt fahren wollen. Daraus erstellen Verkehrsplaner ein Liniennetz. Dann folgen die Fahrplanung, also die Konkretisierung der Fahrzeiten, und die Umlaufplanung, also welches Fahrzeug zu welchem Zeitpunkt unterwegs sein soll. Die Dienstplanung schließlich legt fest, welche Fahrer wann und wo eingesetzt werden. Kleinere Verkehrsbetriebe planen diese einzelnen Schritte oft noch manuell.

Aber je größer das Liniennetz, je mehr Fahrzeuge eingesetzt und je mehr Personen befördert werden müssen, desto komplexer werden die Planungsaufgaben und desto öfter werden auf der Suche nach einer möglichst guten Lösung computergestützte Optimierungsverfahren einbezogen, die mit komplexen Algorithmen arbeiten. Die einzelnen Planungsstufen werden allerdings der Reihe nach und getrennt voneinander optimiert. Hier setzt die DFG-Forschungsgruppe an, an der Professorin Dorothea Wagner vom Institut für Theoretische Informatik des KIT und das Institut für Verkehrswesen am KIT um Professor Peter Vortisch beteiligt sind. Ihre Überzeugung: Betrachtet man die Schritte zusammen („integriert“), lassen

Optimization by Fault

Transport System, Timing, Costs: How Algorithms Can Support Transport Companies

TRANSLATION: RALF FRIESE

Planning public transit is a complex problem often requiring the use of computer-aided optimization processes, which are conducted in several steps. A group of scientists involving the Institute of Theoretical Informatics and the Institute for Transport Studies of KIT are trying to further optimize procedures by taking an integrated look at the individual steps, such as coupling operating plans and cycle plans. To test the load-bearing capacity of line systems, scientists can also simulate realistic failures, such as delays, damage to overhead lines, line sections closed down. In another step, they want to find out how transport companies and passengers react to faults. Their findings could help make public transit even more user-friendly and economically efficient and make operating failures more manageable.

Combining the mobility offered in the Karlsruhe region in one interconnected aggregation that cuts across systems and protects the environment, as well as helping users, is the objective of the RegioMOVE project. Within the framework of the project, which is commissioned by the Karlsruhe Verkehrsverbund (KVV) to the tune of approx. EUR 5 million, KIT together with regional partners intends to develop a new mobility concept.

Besides the bus and railway connections used by millions of passengers every year, car sharing and bike rental systems are to be integrated into the system in the years to come. Plans envisage combining several vendors of mobility systems on a common platform and, in this way, satisfying increased customer requirements. ■

Contact: dorothea.wagner@kit.edu and peter.vortisch@kit.edu
Contact to RegioMOVE: martin.kagerbauer@kit.edu





Arbeiten an der Mobilitätsoptimierung: Professorin Dorothea Wagner vom Institut für Theoretische Informatik und Professor Peter Vortisch vom Institut für Verkehrswesen

Professor Dorothea Wagner of the Institute of Theoretical Informatics and Professor Peter Vortisch, Institute for Transport Studies, work on optimizing mobility

RegioMOVE

Die Mobilitätsangebote in der Region Karlsruhe zu einem systemübergreifenden, vernetzten sowie umwelt- und anwendungsfreundlichen Angebot zusammenzuführen, ist das Ziel des Projektes RegioMOVE. Im Rahmen des mit rund fünf Millionen Euro vom Karlsruher Verkehrsverbund (KVV) beauftragten Projekts will das KIT gemeinsam mit regionalen Partnern ein neues Mobilitätskonzept entwickeln.

Im Rahmen von RegioMOVE sollen bestehende Mobilitätsangebote im KVV-Gebiet sowie im Gebiet der TechnologieRegion Karlsruhe künftig miteinander vernetzt werden. Neben den Bus- und Bahnverbindungen, die jährlich von Millionen Fahrgästen genutzt werden, sollen in den kommenden Jahren unter anderem Carsharing- und Leihfahrradanbieter in das System integriert werden. Es wird angestrebt, mehrere Mobilitätsanbieter auf einer gemeinsamen Plattform zusammenzuführen und so den gestiegenen Kundenbedürfnissen Rechnung zu tragen. Zur Stärkung der Mobilität in der Region sollen die unterschiedlichen Mobilitätsangebote an Knotenpunkten – sogenannten „Ports" – ausgebaut werden. An diesen „Ports", die an ausgewählten Standorten der Region platziert werden, können Fahrgäste in Zukunft unkompliziert zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln wählen und wechseln. ■

Kontakt: martin.kagerbauer@kit.edu

sich oft bessere Lösungen finden. „Bislang versucht man, in jedem Schritt immer das Optimum auszurechnen. Es kann aber sinnvoll sein, kleine Abstriche beim Fahrplan zu machen, um dann in den nächsten Schritten viel bessere Lösungen zu finden." Ändert man zum Beispiel die Fahrplanung ein wenig, spart man in der Umlaufplanung vielleicht einen kompletten Bus ein, was wiederum Kosten spart. Ziel ist ein Angebot, das die Fahrgäste so schnell wie möglich an ihr Ziel bringt und trotzdem wenig kostet.



Um die Mobilitätswünsche der Bürger und den Verkehrsfluss besser verstehen und visualisieren zu können, hat das Institut für Verkehrswesen eine Simulation des Großraums Stuttgart mit seinen fast zwei Millionen Einwohnern erarbeitet. Über Peter Vortischs Bildschirm wuseln lauter kleine rote Punkte, jeder steht für eine Person. Morgens, wenn viele Leute zur Arbeit wollen, wandern die Punkte in Richtung Zentrum, um die Mittagszeit verändert sich nur wenig, abends bewegen sie sich wieder aus der Stadt heraus. Diese Mobilitätswünsche sind das Ergebnis von ausführlichen Befragungen. Nun kann genauer modelliert werden, welcher Teil der Leute mit dem öffentlichen Verkehr wohin fährt – die Simulation lässt sich also auf das reale Angebot in Stuttgart übertragen. Nun sieht man auf dem Bildschirm hunderte sich bewegende dickere und dünnere Punkte – U-Bahnen, Trams und Busse: Die grün eingefärbten sind relativ leer, die gelben recht voll, die roten überfüllt. Blaue Punkte dazwischen stehen für Wartende an Haltestellen. So erkennt man leicht, auf welchen Strecken und zu welchen Zeiten es sinnvoll wäre, mehr Fahrzeuge einzusetzen.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT wollen allerdings nicht nur den Idealfall simulieren, sondern auch realistische Störungen einbauen. Um herauszufinden, welche davon im öffentlichen Verkehr in welchen Situationen üblicherweise auftreten, hat ihnen der Karlsruher Verkehrsverbund Zugriff auf sein Betriebsleitsystem gewährt. Vortisch und seine Kollegen stellten fest, dass Verspätungen sehr schnell entstehen können: „Es reicht, dass ein Vater mit Kinderwagen zusteigt und dafür etwas länger braucht. Dann kommt die Bahn vielleicht nicht mehr über die Kreuzung und schon hängt sie zwei oder drei Minuten zurück."



Dramatischere Störungen sind Oberleitungsschäden, defekte Bahnen oder blockierte Streckenabschnitte, bei denen oft weite Umwege gefahren werden müssen. Auch Fahrermangel hat meistens große Verspätungen zur Folge. Mehrere solcher Störungen lassen sich nun in die Simulation einspielen. „So können wir ganz schnell sehen, wie anfällig ein Liniennetz ist. Das ist es vor allem dann, wenn wenige Reserven eingeplant sind. Eine kleine Verspätung kann dann schon ganz viel durcheinanderbringen." Plant man mehr Zeitpuffer ein, dauern die Fahrten länger und sie werden für den Anbieter auch teurer. Peter Vortisch beobachtet in der Verkehrsplanung einen Trend weg von einer allzu dichten Anschlussplanung hin zu mehr Zuverlässigkeit. „Der Klassiker ist die Bahnfahrt zum Flughafen: Da ist es egal, ob man fünf oder zehn Minuten länger braucht, Hauptsache, man kriegt seinen Flieger."

Die Wissenschaftler wollen allerdings nicht nur die Störung selbst erforschen, sondern auch, was danach passiert. Denn sobald eine Verspätung entsteht, reagiert die Leitzentrale des Verkehrsverbundes. Wie genau, ist allerdings bislang kaum erforscht. Vortisch war überrascht, dass vielen Disponenten in Leitzentralen keine Software zur Verfügung steht, die systematische Vorschläge zur Behebung von Störungen machen könnte. Die meisten Disponenten verlassen sich vielmehr auf ihre Erfahrung. Nach welchen Kriterien sie ihre Entscheidungen treffen und wie man sie dabei unterstützen könnte, soll ebenfalls Teil der Forschung sein. Aber auch die Fahrgäste reagieren, wenn die Bahn sich verspätet oder der Bus ausfällt: Wie lange sind sie bereit, an einer Haltestelle zu warten, und unter welchen Umständen nehmen sie lieber ein Taxi oder gehen zu Fuß? Diesen und weiteren Fragen wollen die Forscher durch sogenannte Stated-Preference-Befragungen auf den Grund gehen. Dabei wollen sie auch herausfinden, wie wichtig für die Fahrgäste heutzutage eine gleichbleibende Taktung ist, also beispielsweise, dass ein Bus alle zehn Minuten kommt. Einen solchen Takt kann man sich zwar leicht merken, er bedeutet aber eine große Einschränkung für die Optimierung. Die Forschungsergebnisse können einen Beitrag dazu leisten, dass Busse und Bahnen in Zukunft pünktlicher unterwegs sind. ■

Kontakt: dorothea.wagner@kit.edu und peter.vortisch@kit.edu

ANZEIGE

SO VIEL MEHR ALS LOCATIONS

Mit der perfekten Eventlocation für Feiern, Präsentationen, Messen und Kongressen ist schließlich noch lange kein Event komplett. Erst unsere Dienstleister aus dem Großraum Karlsruhe erwecken eine Veranstaltung mit viel Kreativität und Einfühlungsvermögen wirklich zum Leben.

Was wäre ein Event schließlich ohne Full-Service Agenturen und Eventplaner wie **Overcome**, die Preisträger des diesjährigen MICE - Hall of Fame Awards **Sokoll & Friends** oder die strategischen Adleraugen von **PZG** – schließlich ist gute Vorbereitung alles. Da hilft es, jemanden zu haben, der den Überblick bewahrt, sich mit Ablaufplänen, Koordination und der Organisation vom kleinen Event über Firmenjubiläen und Incentives bis zu Tagungen und Galas bestens auskennt. Für die perfekte Ausleuchtung oder Vertonung, steht Ihnen **CHARLY'S CHECKPOINT** mit Rat und Tat zur Seite. Auch **AVDATA** und **PINK Event Service** stehen Ihnen in Karlsruhe und Region als Partner rund um die technische Planung und Durchführung Ihrer Events zur Seite.

Neue Produkte, neue Corporate Identities oder ganz neue Unternehmen finden in Agenturen wie **res-ebert** oder **tac office marketing** einen kompetenten Partner. Stehen Konzept und Marke bereits, können Partner wie **e.b. artists & management** mit einmaligen Event-Highlights und künstlerisch maßgeschneiderten Live-Auftritten einen großen Teil dazu beitragen, dass Ihr Event unvergesslich wird. Auch innovative Partner wie **FUNKYBOOTH**, die die Zeichen der Zeit erkannt haben und kreative Foto-Gadgets wie Ihren Fotobus, themenbezogenen Foto Booths oder auch „einfach" professionelle Fotografen bieten, pushen jedes Event und verknüpfen Marken, Veranstaltungen und Firmenhighlights mit Social Medias wie Twitter und Instagram.

Doch der Mensch lebt nicht von der Kunst allein. Ambitionierte Caterer wie **Ratatouille** bringen die Kulinarik zur Kunst und die Kunst in die Kulinarik. Unser Partner **Catering Guides** trumpft mit umfangreichen und regional sortierten Listen ausgewählter Caterer auf.

Ganz elementar und nicht zu Vergessen: Was wäre eine Veranstaltung ohne die geladenen Gäste. Unsere Partner-Transportunternehmen wie **Hagro Transbus** oder **Losleben Omnibusse** bringen die Propheten zum Berg – ob Shuttleservice zur Veranstaltung, Betriebsausflüge, Besichtigungen oder Stadtrundfahrten. Motorisierte Touren der besonderen Art bietet **Aaglander Motorkutschen** rund um Baden-Baden an. Die im viktorianischen Stil erbauten Motorkutschen versetzen einen rund Hundert Jahre in die Vergangenheit.

Last but not least sind auch das **Karlsruher Institut für Technologie**, die **WIFOE** und die **Vollack Gruppe** strategische Partner, die wir an unserer Seite nicht missen möchten.

Das Kompetenznetzwerk **Convention Bureau Karlsruhe & Region** unterstützt Sie gern kostenfrei bei der Planung Ihrer Veranstaltung, und hilft bei der Kontaktanbahnung zu Experten in der Region. Profitieren Sie von der langen Erfahrung, starken Netzwerken und von der Innovationskraft der Region Karlsruhe. Wir geben Tagungsveranstaltern damit eine wichtige Entscheidungshilfe an die Hand und garantieren professionellen Veranstaltungsservice. Sie sparen somit Zeit und Kosten.

Kontakt:
Frau Pia Kumpmann
Leiterin Convention Bureau Karlsruhe & Region
Stabstelle Karlsruhe Tourismus
Tel.: +49 (0)721 3720-2500
pk@100pro-MICE.de
www.100pro-MICE.de



From Rental Bicycles to Premium Cars



HOW MOBILITY CHANGES DIFFERENTLY IN BIG CITIES

BY HEIKE MARBURGER // TRANSLATION: RALF FRIESE
FOTOS: INSTITUT FÜR VERKEHRSWESEN

Mobility is changing, especially in big cities. Inhabitants of densely populated regions are changing their attitude towards transport and their travel behavior. They do not always regard cars as the best solution for travelling. For this reason, automobile manufacturers want to learn how markets for mobility will develop in the big cities. At KIT, the Institute for Transport Studies (IfV), together with BMW AG, studied the mobility characteristics of conurbation areas in various countries. The "Urban Travel Monitor" (UTM) covers different facets of individual travel behavior of people, including the factors determining mobility and the psychological framework affecting choices of means of transport.

Dr. Bastian Chlond and his colleague, Sascha von Behren, are responsible for the project. Chlond explains why automobile manufacturers feel compelled to find solutions to the development of mobility: "Companies like BMW are changing from car-only manufacturers to providers of complete mobility solutions. This is based on the need to know the demand for different products in different markets. There are straightforward markets for passenger cars, while others have changed already, especially in cities. We have been commissioned to study mobility on a worldwide scale as efficiently as possible." The scientists compared three cities for their project: San Francisco, Shanghai, and Berlin. The focus was on the future demand for transport and, consequently, the demand for passenger cars against other mobility solutions or upcoming service offerings under specific conditions, and what future developments could be.



Dr. Bastian Chlond vergleicht Gewohnheiten, Nutzung und Einstellung zu Mobilität in unterschiedlichen Städten der Welt

Dr. Bastian Chlond compares habits, use, and the attitude toward mobility in different cities

For this purpose, six hundred inhabitants of each of these cities were asked about their travel behavior and their attitudes towards specific means of transport as well as psychological aspects. "We developed an interview format, a so-called mobility skeleton, whose data formed input for the UTM. Items inquired are psychological items, the attitudes toward public transport, bicycles, and the use of passenger cars as status symbols or for daily use, and the attitude toward ecological aspects," explains von Behren. These findings are to serve as a basis for deriving comprehensive knowledge about the demands and requirements of the public vis-à-vis the transport system.





According to the Karlsruhe scientists typical research questions have been: What are the similarities of certain cities, and what are the differences? And, are there specific cultural influences impacting behavior? To find out, Chlond and his colleagues classified the persons interviewed into specific types of mobility by clustering techniques. "Some clusters are characterized more by Americans, others by Chinese. Shanghai and Berlin are very similar with respect to the clusters. One cluster, for instance, reflects the orientation towards passenger cars and socialization in the United States," explains Chlond. In that country, activities and life were based on cars. This was quite different in Shanghai or Berlin. In Berlin, ownership of a car and, consequently, also car use were of lower relevance. Inhabitants used their cars much less; but more frequently public transit and bicycles.

One area that raised questions in the minds of the scientists was China. "We were not able to find explanations for certain findings. We had collected structural information, analyzed maps or tried to interpret the satellite images of Google, but Shanghai was not to be understood in the light of the data," explains Sascha von Behren. For this reason, he and his colleague travelled to five Chinese cities and met scientists there. "We were able to see that the downtown areas seem to be the activity and work spaces of more the younger people, who live there or commute into the city centers from the fringes. However, the fringes of cities were inhabited also by elderly people who would not dare to move into the inner spaces of megacities," explains the scientist. "Another Chinese peculiarity is the high symbolic value of German premium cars: This has a positive influence on current sales figures in combination with China's one-child policy," the KIT scientists say. The generation influenced by the Cultural Revolution, who had one child and no high demands, are very much concentrated on successive generations. The older generation saved, and thus allowing





Dr. Bastian Chlond (rechts) und sein Mitarbeiter Sascha von Behren sind projektverantwortlich für den Urban Travel Monitor

Dr. Bastian Chlond (right) and his co-worker Sascha von Behren are responsible for the Urban Travel Monitor project

Vom Leihfahrrad bis zum Premiumwagen

Wie sich die Mobilität in Metropolen unterschiedlich verändert

Am KIT hat das Institut für Verkehrswesen gemeinsam mit der BMW AG das Mobilitätsverhalten in Ballungsräumen verschiedener Länder untersucht. Der „Urban Travel Monitor" (UTM) erfasst unterschiedliche Facetten des individuellen Mobilitätsverhaltens von Menschen, einschließlich der jeweiligen die Mobilität bestimmenden Determinanten sowie die psychologischen Hintergründe der Verkehrsmittelwahl.

Hierfür wurden aus San Francisco, Shanghai und Berlin jeweils 600 Bewohner hinsichtlich ihres Mobilitätsverhaltens und ihrer Einstellung zu bestimmten Verkehrsmitteln sowie auch psychologischen Aspekten befragt. Auf der Grundlage der Ergebnisse sollen umfassende Erkenntnisse zu den Ansprüchen und Anforderungen einer Bevölkerung an das Verkehrssystem abgeleitet werden.

Bei ihren Erhebungen fragten die Karlsruher: Worin sind sich bestimmte Städte ähnlich, wo unterscheiden sie sich? Und: Gibt es bestimmte kulturelle Einflüsse, die sich auf das Verhalten auswirken? Um das zu sehen, haben die Forscher die Befragten durch Clusterverfahren in bestimmte Mobilitätstypen eingeteilt. Ein Cluster spiegele etwa die PKW-Orientierung und auch Sozialisierung in den USA wider, so die Forscher. Dort seien Verhalten und Leben nach dem Auto ausgerichtet. Ganz anders in Shanghai oder Berlin. In Berlin sei der PKW-Besitz und folglich auch die Nutzung gering. Dort führen die Bewohner sehr viel weniger Auto, sie benutzten häufiger den öffentlichen Nahverkehr und das Fahrrad.

Ein Gebiet, das bei den Wissenschaftlern besondere Fragen aufwarf, war China. Deswegen haben die Karlsruher fünf chinesische Städte besucht und sich dort auch mit Wissenschaftlern getroffen. Sie konnten erkennen, dass sich in den Innenstädten vorwiegend jüngere Leute aufhielten, die von den Rändern her in die Zentren einpendelten. Trotzdem hätten viele Leute ein deutsches Premium-Auto, ohne es zu benutzen, es diene als reines Statussymbol. Auch die Fahrradpolitik zeige in den chinesischen Städten eine ganz besondere Entwicklung. In den Städten bemerke man deutlich den Boom von Bikesharing-Systemen. Es gäbe dort viele Anbieter, die Nutzung der Leihfahrräder sei sehr kostengünstig. Dadurch würden Fußwege und Wege zum ÖV durch Wege mit dem Leihfahrrad ersetzt. Der Fußgänger werde zurückgedrängt, jedoch das Fahrrad wieder aktiv genutzt. ■

Kontakt: bastian.chlond@kit.edu; sascha.vonbehren@kit.edu

the youngers a much higher standard of living with e.g. an apartment and a premium car. "This positively affects German car manufacturers. In Shanghai, cars are admitted only to a limited extent. Nevertheless, many people there own a car without using or needing it; it is nothing but a status symbol," explains Chlond.

Also bicycle policy in Chinese cities exhibited a very special development. In the cities, the boom in bike sharing systems was very evident. There were many providers, and the use of leased bicycles was very inexpensive. "Thus, feeder trips by foot and by bus to the metro-stations are replaced by trips by bicycle. Walking thus becomes uncomfortable; however bicycles are in active use again," explains von Behren.

The UTM is based on a predecessor project. When the Karlsruhe scientists studied projects of quarter developments in Berlin and Hamburg, they wanted to characterize types of mobility in order to identify those city inhabitants who would best be able to give up their cars. For this purpose, two factors were defined, one subjective and one objective dependence of users on their cars. "There are people who need a car and, of course, are objectively dependent. Others want their cars for status reasons; they are subjectively dependent. We talked to persons identified as being independent of cars and able to accept other mobility solutions than the often unused passenger car, such as car sharing, and could be convinced to abandon their car. The long-term outcome would be that fewer passenger cars standing around in some urban quarters would make it possible to redesign urban spaces and improve the amenity values, make solutions available to bikers, and create a better quality of urban life," explains Bastian Chlond. The Karlsruhe scientists hope to find more uses of the UTM. "The automobile industry must recognize such transformations in mobility in order to be able to take action," emphasizes Sascha von Behren. ■

Contact: bastian.chlond@kit.edu,
sascha.vonbehren@kit.edu

Capgemini

Starte jetzt als Software Ingenieur oder IT-Architekt in Karlsruhe

Wir suchen ab sofort ambitionierte Teamplayer, mit dem Willen etwas zu bewegen. Dafür bieten wir unseren Mitarbeitern Freiheiten und Entwicklungsmöglichkeiten, energiereiche Teams sowie ein umfangreiches und spannendes Aufgabenspektrum.

Unsere Jobs in Karlsruhe findest du hier:

https://bit.ly/2NuhSB1



CHINESISCH-DEUTSCHE TECHNOLOGIEENTWICKLUNG
AM BEISPIEL DES BRENNSTOFFZELLEN-ANTRIEBSSYSTEMS

VON DR. MARTIN HEIDELBERGER // FOTOS: LAILA TKOTZ



Distanz überwinden



Manuel Petersen, Manuel Bopp und Georg Moeser (Foto unten, von links) forschen an elektrischen Antriebsystemen

Manuel Petersen, Manuel Bopp, and Georg Moeser (bottom photo, from the left) study electric drive systems







Fast neuntausend Kilometer Luftlinie sind es von Karlsruhe nach Shanghai – fast neuntausend Kilometer trennen das IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT vom Clean Energy Automotive Engineering Center (CEAEC) an der Tongji-Universität. Die räumliche Entfernung hat die beiden Forschungsinstitute aber nicht davon abgehalten, nun ein gemeinsames Entwicklerteam für das Forschungsprojekt MorEH2 (Methoden zur arbeitsteiligen räumlich verteilten Entwicklung von H2-Brennstoffzellen-Fahrzeugen in Kooperation mit China) zu gründen: „Wir arbeiten praktisch jeden Tag mit den Kolleginnen und Kollegen in China zusammen“, berichtet Projektleiter Dr. Matthias Behrendt bei einem Besuch der lookKIT-Redaktion auf dem Testgelände am Campus Ost des KIT, wo ein Teil der neuen Kooperation auf deutscher Seite umgesetzt wird. „Das Projekt ist so organisiert, dass es nicht weiter relevant ist, an welchem Ort wir uns physisch gerade befinden“, sagt er. So könne ein neu entwickeltes Antriebssystem in einem Fahrzeug auf dem Rollenprüfstand am KIT zum Einsatz kommen, während der Fahrer in China sitzt. Bei dem Forschungsprojekt geht es also nicht nur um Antriebssysteme mit Wasserstoff-Brennstoffzellen, sondern explizit auch um die Frage, mit welchen Methoden sich eine gemeinsame Technologieentwicklung an getrennten Standorten realisieren lässt und wie man dabei über die Distanz effektiv zusammenarbeitet.

Dass gemeinsame internationale Entwicklerteams ein Novum bei der Fahrzeugentwicklung darstellen, mag zunächst überraschen. Denn medial transportiert wird häufig das Bild einer Automobilindustrie, die in internationalen Produktionsverbünden organisiert ist und deren globale Fertigungsketten so effizient ineinandergreifen, wie Zahnräder in einem gut geschmierten Getriebe. Doch Professor Albert Albers, Leiter des IPEK, widerspricht: „Bei der Automobilentwicklung ist von internationalem Austausch eher wenig zu spüren.“ Zu speziell

Overcoming the Distance

Chinese-German Technology Development for Fuel Cell Vehicles

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

IPEK – Institute of Product Engineering at KIT, and the Clean Energy Automotive Engineering Center (CEAEC) of Tongji University, Shanghai, have established a joint team of developers for the MorEH2 (methods for distributed development of H2 fuel cell vehicles in cooperation with China) research project.

“We cooperate with our colleagues in China every day,” says Dr. Matthias Behrendt, who coordinates the project. “The project is organized such that it is of no relevance where we are located physically at any moment,” he says. A novel drive system might be installed on KIT’s roller dyno, while the driver is in China. Therefore, the present project does not only focus on drive systems of fuel cell vehicles, but also on the question of which methods can be used for effective collaboration and how joint technology development for market- and customer-specific novel drives can be implemented at different locations. In addition, the German-Chinese research project is intending to initiate standardization activities in this area. ■

Contact: matthias.behrendt@kit.edu



Ein Antriebssystem in einem Fahrzeug kann auf dem Rollenprüfstand am KIT zum Einsatz kommen, während der Fahrer auch in China sitzen kann

A drive system in a vehicle can be investigated on the roller dyno at KIT, while the driver can be in China



Professor Albert Albers, Leiter des IPEK – Institut für Produktentwicklung

Professor Albert Albers, Head of the Institute of Product Engineering – IPEK

strategische Partnerschaft mit der Tongji-Universität in Shanghai. Beispielsweise kooperieren beide Forschungspartner bereits seit Längerem in der Lehre: Albers nimmt dort seit 2007 eine Gastprofessur wahr.

Als Ergebnis des Forschungsprojekts werden unter anderem Methoden zur Entwicklung von Antriebssystemen in räumlich verteilten Strukturen vorliegen, die jedem zur Verfügung stehen, der sie anwenden möchte. „Man kann sich das wie beim Kuchenbacken vorstellen", erklärt Albers. „Ein Kuchen kann nur gelingen, wenn das Rezept vollständig ist und gewissen Regeln genügt. Wir entwickeln solche Regeln, natürlich nicht für neue Kuchenrezepte, sondern für die Entwicklung von Antriebssystemen." Basis für die Konzeption von Verfahren zur verteilten Produktentwicklung ist dabei der am IPEK entstandene und im KIT-Zentrum Mobilitätssysteme bereits etablierte IPEK-XiL-Ansatz (X-in-the-Loop) zur Validierung mechatronischer Systeme. Dabei werden entgegen traditioneller Validierungsmethoden virtuelle und physische Testformen nicht getrennt voneinander eingesetzt. So kann eine Brennstoffzelle physisch in einem Labor am KIT stehen, während sie aber virtuell in eine Testfahrt in Shanghai eingebunden wird. Voraussetzungen dafür sind schnelle Netzwerktechnologien und allerlei hoch spezialisierte IT-Lösungen.

wären die Ansprüche und regulatorischen Vorgaben in den jeweiligen Zielmärkten. „Als Wissenschaftler erscheint mir das manchmal geradezu anachronistisch", sagt Albers. „Denken Sie nur an die CO_2-Problematik. Wir müssen international zusammenarbeiten, um hier Lösungen zu finden." Gemeinsam mit dem chinesischen Kooperationspartner wolle man nun den Beweis antreten, dass bereits bei der Entwicklung mehr Flexibilität und internationaler Austausch möglich sei. Mit dem neuen Forschungsprojekt vertieft das KIT außerdem seine bereits bestehende

Die größte Herausforderung bei einem gemeinsamen Validierungsprozess an verteilten Standorten liege allerdings gar nicht in der physischen Distanz, betont Albers: „Wir müssen uns in Erinnerung rufen, was Validierung technischer Systeme eigentlich bedeutet. Die Frage lautet dabei ja nicht nur, ob wir funktionierende Technologien entwickelt haben. Vielmehr wollen wir auch wissen, ob wir die richtigen Technologien für die Menschen entwickelt haben, die sie später nutzen werden." Im Fall von China und Deutschland handle es sich um sehr unterschiedlich strukturierte Zielmärkte, mit verschiedenen Anforderungen an die Fahrzeuge. „Wer einmal in Shanghai Auto gefahren ist, der weiß, dass der Autoverkehr dort ganz anders funktioniert. Regeln werden weniger starr ausgelegt, vieles wird in direkter Kommunikation zwischen den Fahrern ausgehandelt." Das habe Auswirkungen etwa auf die Konzeption von Antriebssystemen und deren Topologien wie auch auf Assistenzsysteme oder auch auf das automatisierte Fahren. Die Möglichkeit zur unabhängigen und, falls erforderlich, eben auch marktspezifisch unterschiedlichen Entwicklung von Teilsystemen werde deshalb ein wichtiger Bestandteil der Methoden zur räumlich verteilten Validierung von Fahrzeugen sein, um die jeweilige Marktakzeptanz zu erzielen. Mit den im Projekt erforschten Methoden werden somit auch mehrere Antriebssysteme marktspezifisch konzipiert und in Zusammenarbeit mit dem chinesischen Partner zur Demonstration aufgebaut und getestet.

Das Büro von Albers am IPEK bietet einen guten Ausblick auf den Verkehr in der Karlsruher Innenstadt. Durchaus möglich, dass genau hier bereits im 19. Jahrhundert die allerersten Autos mit Benzinmotoren vorbeituckerten, die bis heute den Straßenverkehr in Deutschland dominieren. Welche Fahrzeuge dort wohl in den nächsten Jahrzehnten unterwegs sein werden? „Ich bin kein Hellseher – aber wir Europäer sollten nicht zu einseitig auf eine Technologie setzen", antwortet Albers. „Denn entschieden wird die Zukunft der Mobilität letztendlich in China." Die Tongji-Universität in Shanghai gilt als ein wichtiges Zentrum der Brennstoffzellenforschung in China, die dort einen hohen Stellenwert besitzt. In dem auf deutscher Seite vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und auf chinesischer Seite von der chinesischen Regierung geförderten gemeinsamen Forschungsprojekt spielt auch dieser Aspekt eine wichtige Rolle. Die Kooperation möchte beispielsweise dazu beitragen, gemeinsame Normungs- und Standardisierungsaktivitäten auf diesem Gebiet zu initiieren. ■

Kontakt: matthias.behrendt@kit.edu



Bewerben Sie sich jetzt!

„Die **Samvardhana Motherson Group** ist einer der weltweit am schnellsten wachsenden Anbieter vollständiger Systemlösungen für die Automobilindustrie. Die **Samvardhana Motherson Peguform (SMP)** ist der Spezialist für Kunststofftechnologien im Konzern. Mit Standorten in Europa, Nordamerika, Südamerika und Asien unterstützen wir die großen Automobilhersteller in aller Welt mit hochwertigen Cockpits, Stoßfängern und Innenraumverkleidungen. Angesichts unseres schnellen Wachstums suchen wir ständig nach talentierten, neuen Mitarbeitern für unser Team."

Offene Stellen.

- **Product Engineer (m/w)** in Bötzingen, Neustadt a.D., München, Gifhorn
- **Global Trainee (m/w)** in Bötzingen
- **Praktikantenstellen (m/w)** in Bötzingen
- **Bachelorandenstellen (m/w)** in Bötzingen

Nähere Informationen zu unseren offenen Stellen finden Sie online unter: www.smp-automotive.com

Was wir bieten.

Interessante und herausfordernde Aufgaben mit hoher Eigenverantwortung, flexible Arbeitszeiten, attraktive Sozialleistungen, betriebliche Altersvorsorge und gute Weiterentwicklungsmöglichkeiten in einem global wachsenden Unternehmen an unserem Standort Bötzingen.

So lernen wir uns kennen.

Bitte senden Sie Ihre aussagefähigen Bewerbungsunterlagen mit Angaben zu Ihrer Gehaltsvorstellung und zum frühestmöglichen Eintrittstermin an: victoria.ziebold@smp-automotive.com. Bei Rückfragen steht Ihnen Frau Ziebold unter +49 (0) 7663-61 3152 gerne zur Verfügung. Bewerbungen von Menschen mit Behinderung sind uns willkommen.

Proud to be part of samvardhana **motherson**



Bei der Montage von Bauteilen benötigen Techniker oft beide Hände. Eine Brille mit Augmented Reality kann Bedienungsanleitungen direkt im Blickfeld anzeigen

Technicians often need both hands for the assembly of components. Goggles with augmented reality can display assembly instructions directly in the field of view



Augmented Reality Frees Hands for Other Chores

ASSISTANCE SYSTEM HELPS BUILD AND MAINTAIN CRAMPED AIRPLANE TANKS BY SANDRA WIEBE // FOTOS: MARKUS BREIG // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

A cyborg is a being with both organic and biomechatronic body parts. The word reminds us of science fiction films, such as 1984's "Terminator," or 2017's "Ghost in the Shell." In the real world, however, humans increasingly merge with the technical systems that support them in everyday life, examples being cardiac pacemakers, smart prostheses, hearing implants and portable computing devices, such as smart watches, fitness wristbands or digital goggles. The latter devices, also called head-mounted displays, use augmented reality (AR) to display information such as route descriptions, directions or operational instructions in the field of view. Virtual contents thus mix with the real world. Based on this technology, a team at KIT's Institute for Anthropomatics and Robotics, Chair for Intelligent Sensor-Actuator Systems (ISAS, under the direction of Professor Uwe D. Hanebeck) is developing an assistance system to support technical staff in building and maintaining airplane tanks. This system now is being tested by industry.

"We develop software that helps build and maintain airplane tanks. The software will increase the flexibility of workers, accelerate workflow, and interconnect and optimize the processes," explains Christian Tesch, who coordinates the project at KIT. For instance, many airliners have fuel tanks that are too small for long flights. Additional tanks are required for them to fly longer distances and these have to be regularly maintained. Technicians now must climb into the tanks through a small opening to do their maintenance work. They often need both hands to accomplish their tasks and inexperienced technicians, in particular, also need assembly instructions.

"Augmented reality goggles display the working steps to be performed in the field of view of the technicians. In this way, they have their hands free to install or repair components," Tesch says. The goggles are equipped with cameras. The camera scans special markers on the tank while technical data and exact locations are transmitted to the goggles. Then, a transparent 3D computer model of the tank's interior is projected onto the "real" tank. Technicians thus can look into the closed tank from outside, so they understand its construction in detail, and receive step-by-step instructions to, for instance, install a pipe. In addition, the goggles use markers on the floor to show where

Eine Augmented-Reality-Brille zeigt die zu erledigenden Arbeitsschritte im Sichtfeld des Technikers

Augemented reality goggles display the working steps to be executed in the technician's field of view



Hände frei dank Augmented Reality

Assistenzsystem hilft dabei, enge Flugzeugtanks anzufertigen und zu warten

Ein Team am Institut für Anthropomatik und Robotik des KIT entwickelt auf Basis von Augmented Reality ein Assistenzsystem, das Techniker dabei unterstützt, enge Flugzeugtanks anzufertigen und zu warten. Das System soll außerdem die Flexibilität der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erhöhen und die Prozesse vernetzen und optimieren.

Bei der Wartung oder Montage von Bauteilen benötigen die Techniker oft beide Hände. Eine Augmented-Reality-Brille zeigt die zu erledigenden Arbeitsschritte im Sichtfeld der Techniker an, die so die Hände frei haben, um Bauteile anzubringen oder zu reparieren.

Die Brille ist mit Kameras ausgestattet. Über diese scannt der Nutzer vorab spezielle Marker am Tank, die beispielsweise den genauen Standort und technische Daten an die Brille übermitteln. Auf den „echten" Tank wird dann ein transparentes 3-D-Computermodell vom Inneren des Tanks projiziert – so können Techniker auch von außerhalb in den geschlossenen Tank blicken, die Konstruktion im Detail nachvollziehen und sich Schritt für Schritt anleiten lassen, wie etwa ein Rohr zu montieren ist. Außerdem zeigt die Brille anhand eingeblendeter Markierungen auf dem Boden an, wo im Lagerraum die benötigten Bauteile zu finden sind.

Die Forscher entwickeln das System nicht nur für AR-Brillen: In Zukunft soll die Software auch mit handelsüblichen Smartphones funktionieren. Das System wird gerade in der Industrie erprobt. ■

Kontakt: christian.tesch@kit.edu





stored components can be found. "We combine work on the tank with locating objects," Tesch says.

All required calculations are performed directly in the goggles. Additional information about the state of the tank, the progress of work, or the inventory of components is supplied from an external database, so users always are aware of the current situation. The AR glasses are operated via gestures or speech input. "AR goggles are an interface for digitally modeling and documenting production steps. In the future, it is conceivable that AR goggles could also be used for automatic visual inspection, i.e. for visually checking a product or a product part for defects," explains Dr. Benjamin Noack, who is also coordinating the project.

Research is not limited to AR goggles. "Today, many people have a smartphone or tablet PC. These devices have long been integrated into daily work. In the future, our software will work with commercial smartphones as well," says Dr. Antonio Zea, who is responsible for the development of software for mobile end devices at the Institute for Anthropomatics and Robotics. In future years, hardware for AR applications is expected to further improve. AR glasses will become smaller, cheaper, and more widely usable.

Within this project, KIT cooperates with PFW Aerospace GmbH, where scientists test and improve the software under actual conditions. By early 2019, the software should be ready for use. ■

Contact: christian.tesch@kit.edu

Die Öffnungen von Flugzeugtanks sind klein

The openings of airplane tanks are small



50-jährige Expertise in drei starken Kompetenzzentren vereint: **ESG MOBILITY, CYOSS und ESG DEFENCE + PUBLIC SECURITY** stehen den Kunden bei ihrem Lösungsbedarf an Systementwicklung, Systemintegration und Systembetreuung mit leidenschaftlichem Ingenieurs- und Innovationsgeist zur Seite.

Wir suchen neue Kolleginnen und Kollegen mit den Schwerpunkten IT, Elektrotechnik, Mechatronik o.ä.

▸ Praktikum ▸ Werkstudententätigkeit ▸ Abschlussarbeit ▸ Direkteinstig

An einem festen Arbeitsplatz bieten wir Ihnen die Freiräume eines mittelständischen Unternehmens. Nutzen Sie unsere flexiblen Arbeitsmodelle, Afterwork- und Technologie- Events. In Ihrem fachlichen, methodischen und persönlichen Vorankommen profitieren Sie von der Exzellenz erfahrener Kollegen sowie einer großen Auswahl an Weiterbildungen. Gut genug, um noch besser zu werden?

Bewerben Sie sich gleich unter jobs.esg.de

MÜNCHEN FÜRSTENFELDBRUCK INGOLSTADT STUTTGART WOLFSBURG RÜSSELSHEIM

Die Turbo-Fertiger



IN DER KARLSRUHER FORSCHUNGSFABRIK SOLLEN HERSTELLUNGSPROZESSE OPTIMIERT WERDEN, WÄHREND BEREITS REALE GÜTER VOM BAND LAUFEN

VON JUSTUS HARTLIEB



FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

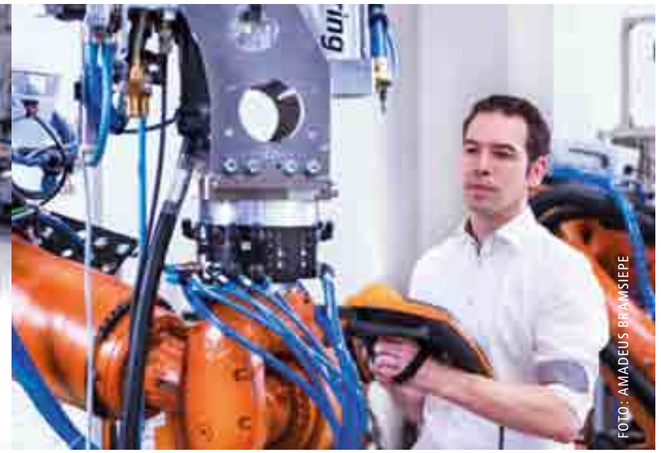


FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

Sven Coutandin, Gruppenleiter Leichtbaufertigung und Oberingenieur am wbk Institut für Produktionstechnik

Sven Coutandin, Head of the Lightweight Construction Group of the wbk Institute of Production Science

Industrielle Fertigungsverfahren gehen üblicherweise erst dann in Serie, wenn sie bis ins Letzte erprobt worden sind. Neuere Ansätze bauen auf eine Optimierung bereits während der Produktion. Das erscheint zunächst widersinnig, könnte sich jedoch, zum Nutzen des Innovationsstandorts Deutschland, zu einem echten Perspektivwechsel in der Produktionstechnik entwickeln. In der am KIT entstehenden Karlsruher Forschungsfabrik will man dem „unreifen Produzieren" auf den Grund gehen.

„Nehmen Sie zum Beispiel diese Spule", sagt Sven Coutandin, Oberingenieur am wbk Institut für Produktionstechnik, und deutet auf eine metallisch schimmernde Drahtwicklung. „In der industriellen Produktion geht es darum, möglichst viele Windungen des Kupferdrahtes auf den Spulenkörper zu wickeln – und das in konstanter Qualität." Nun gut, denkt sich der interessierte Besucher, wenn es das ist, worauf es ankommt, muss man sich als Fabrikant, ehe es an die Massenfertigung geht, eben die Zeit nehmen, sein Personal, seine Maschinen und seine Materialien so vorzubereiten, dass die Sache mit der Spule klappt.

So zu denken ist logisch, aber nicht unbedingt wirtschaftlich. Vor allem bei anspruchsvollen Fertigungsverfahren sitzt Unternehmen zunehmend die Zeit im Nacken: „Gerade in der deutschen Wirtschaft ist Innovation ein zentraler Erfolgsfaktor", sagt Jürgen Fleischer, Professor und Institutsleiter am wbk. „Zugleich ist es im internationalen Wettbewerb entscheidend, immer wieder und schnell neue Produkte auf den Weltmarkt zu bringen." Wer sich dem Markt erst dann stellt, wenn die Herstellung ausgereift ist, läuft mithin Gefahr, den Anschluss zu verlieren und das „Fenster des Erfolgs", welches die innovative Substanz der eigenen Entwicklung eigentlich aufstoßen sollte, verschlossen vorzufinden. Hinzu kommt der Trend zur individualisierten, hochgradig flexiblen Fertigung; bereits heute gleicht kein Auto einer Baureihe mehr dem anderen. All das erhöht den Veränderungsdruck, dem Produktionstechnik sich in der anbrechenden Industrie-4.0-Ära ausgesetzt sieht.

Hier tritt die Karlsruher Forschungsfabrik auf den Plan. Salopp ausgedrückt, besteht die Grundidee des Projekts darin, mit der Produktion loszulegen, sobald man ein Produkt hat, aber noch kein (ausgereiftes) Verfahren zu dessen Fertigung. Komplexe, noch nicht beherrschte oder gar noch unbekannte Herstellungsprozesse sollen sicher und profitabel gemacht werden, bereits während reale Güter vom Band laufen. Mit diesem neuartigen Ansatz, erklärt Jürgen Fleischer, lässt sich der Zeitraum von der Entwicklung bis zur Markteinführung eines Produkts in der Größenordnung von Jahren verkürzen: „Wir wollen fertigen, noch während die Fertigung selbst erprobt und verbessert wird. So können neue Produkte schon auf den Markt kommen, bevor die Fertigung final ausgereift ist. Dadurch ergeben sich für Unternehmen deutliche wirtschaftliche Erfolge und Vorteile – und für Baden-Württemberg und Deutschland ein großer volkswirtschaftlicher Nutzen."



FOTO: FELIX WIRTH

Um diese Vision in den Maßstab betrieblicher Wirklichkeit zu überführen, hat sich das KIT, in Gestalt des wbk Instituts für Produktionstechnik, mit Partnern der Fraunhofer-Gesellschaft zusammengetan, namentlich dem Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) und dem Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT). „Nur durch das Verschmelzen von Prozesstechnik, Maschinenbau und Informatik können wir prozesssichere, profitable Methoden entwickeln, um unreife Fertigungsprozesse so weiterzuentwickeln, dass Unternehmen innovative Produkte qualitativ hochwertig herstellen können", stellt wbk-Leiter Fleischer fest. Erst die Digitalisierung, so Fleischer, mache diesen Ansatz möglich: „Durch Fortschritte in der Datenverarbeitung, maschinelles Lernen und kostengünstige Sensorik können wir anfängliche Schwächen und Unsicherheiten in Prozessen beherrschen." Die bislang einmalige Konstellation KIT + Fraunhofer komplettiert eine Reihe von Industrieunternehmen; auch sie werden ihre je eigenen Bedürfnisse und Erfahrungen vor Ort einbringen.

Vielversprechend sind auch die Ressourcen, die KIT und Fraunhofer dem Projekt zuwenden. Anfang 2019 beginnt der Bau des L-förmigen Fabrik-Gebäudes auf dem Campus Ost des KIT. Ab Herbst 2020 werden mehr als sechzig Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auf einer Fläche von 4500 Quadratmetern beste Bedingungen zur Verfügung stehen, den Weg von der unreifen zur gereiften Fertigung sowohl zu untersuchen als auch beherrschen zu lernen. Hierfür nutzen sie Sensoren, die anfängliche Schwächen und Unsicherheiten in den unreifen Prozessen detailliert und hochaufgelöst erfassen. Anschließend können die Ingenieure mithilfe modernster Regelungstechnik einzelne Abläufe gezielt verbessern.



FOTO: SANDRA GÖTTISHEIM

Professor Jürgen Fleischer, Leiter des Forschungsfeldes Maschinen, Anlagen und Prozesstechnik am wbk Institut für Produktionstechnik

Professor Jürgen Fleischer, Head of the Machines, Equipment and Process Automation Division of the wbk Institute of Production Science



FOTO: HENLE, WISCHER UND PARTNER

Architektenstudie der Forschungsfabrik

Architectural concept of the Research Factory

The Turbo Manufacturers

Manufacturing Processes Are Being Optimized at the Karlsruhe Research Factory Even as Products Are Coming off the Assembly Line

TRANSLATION: RALF FRIESE

Industrial manufacturing processes normally are implemented on a technical scale only after they have been tried out in the minutest detail. A more recent approach is to optimize processes during production. companies more and more are running out of time, especially when it comes to developing sophisticated manufacturing processes. Those who go to market only after their manufacturing processes are mature run the risk of being left behind. In addition, there is a trend toward individualized, highly flexible manufacturing; nowadays, no car in a series will be like the others. All this adds to the increased pressure on production technology as the era of Industry 4.0 begins.

This is where the Karlsruhe Research Factory comes in. Complex manufacturing processes, as well as those not completely managed or not yet known are to be made safe and profitable while real goods are coming off the assembly line. This novel approach allows the period between development and launch of a product to be shortened by something like years. Applications of this optimization will be in hybrid lightweight construction and electromobility. At the same time, transferability to other production contexts is part of the concept: Research is conducted not only under aspects of basic research, but also pursued in close cooperation with industry. By combining the specific product and process know-how of companies with the interdisciplinary technology know-how and application skills of science, immature processes can be industrialized faster.

To transfer this vision to operational reality, the wbk Institute for Production Technology cooperates with the Fraunhofer Institute of Optronics, Systems Technology, and Image Evaluation (IOSB), and the Fraunhofer Institute of Chemical Technology (ICT). In early 2019, construction of the L-shaped Factory building will begin on Campus East of KIT. Beginning in autumn of 2020, more than 60 scientists will have 4500 m² of unparalleled facilities for studying how to transition from immature to mature fabrication and how to manage it. ■

Contact: juergen.fleischer@kit.edu and sven.coutandin@kit.edu

Anwendungsfelder dieser akribisch sich vortastenden Optimierung werden der hybride Leichtbau und die Elektromobilität sein. Zugleich ist die Übertragbarkeit auf andere Produktionskontexte Teil des Konzepts: Geforscht wird nicht nur unter grundlagenorientierten Gesichtspunkten, sondern in enger Kooperation mit der Industrie. Indem so das spezifische Produkt- und Prozess-Know-how der Unternehmen mit dem interdisziplinären Technologie-Know-how und Anwendungswissen der Wissenschaft zusammengebracht werden, können unreife Prozesse schneller industrialisiert werden.

Entsprechend ernst nehmen die Forschungsfabrik-Betreiber die spätere Zugänglichmachung ihrer Erkenntnisse. In Exklusiv-Kooperationen, Verbundprojekten und Workshops werden interessierte Unternehmen ihre Fertigungskompetenz auf das 4.0-Level bringen können. Über die Lehre am wbk ist die Forschungsfabrik darüber hinaus mit der kommenden Ingenieur-Generation verbunden. Apropos 4.0: „Fernziel unseres Ansatzes für unreife Produktionsprozesse", sagt Jürgen Fleischer, „könnte die autonome Produktionsstraße sein, in der vernetzte und selbstregulierende Maschinen die bestmögliche Fertigung eines Produkts sozusagen untereinander auf den Weg bringen." Das ist Zukunftsmusik – doch die Instrumente haben die Karlsruher Produktionspioniere in Stellung gebracht. ■

Kontakt: juergen.fleischer@kit.edu und sven.coutandin@kit.edu



WER MACHT DAS RENNEN?

WHICH CAR WILL WIN THE RACE?

VON SANDRA WIEBE // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // FOTO: CYNTHIA RUF

Im Audimax des KIT stehen zwei Spielzeugautos – ein sehr kleines und eines, das etwa viermal so groß ist. Äußerlich haben sie nichts gemeinsam, aber in ihrem Inneren befinden sich identische Elektromotoren. „Welches Auto fährt schneller?", fragt Eva-Maria Knoch vom Institut für Fahrzeugtechnik die kleinen Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Vorlesung. Viele Kinderhände schießen nach oben, ganz einig sind sich ihre Besitzerinnen und Besitzer aber nicht. Die beiden Spielzeugautos fahren los: Das kleinere dreht seine Runden, während das größere sich nur langsam vorwärtsbewegt. Es ist zu schwer für den kleinen Motor – dafür kann es wegen seiner Masse und der größeren Räder aber problemlos über Hindernisse fahren, während das kleine Auto an diesen hängen bleibt.
Die erste Vorlesung der diesjährigen KIT-Kinder-Uni in den Sommerferien stand ganz unter dem Thema Elektroautos, wie sie funktionieren, welche Unterschiede es zum Benziner gibt und wie viele Spielekonsolen so viel Strom verbrauchen, um ein echtes E-Auto über 100 Kilometer mit 50 km/h anzutreiben – es sind übrigens 75. Seit mehr als 16 Jahren gehören Sommerferien und die KIT-Kinder-Uni untrennbar zusammen. Über einen Zeitraum von drei Wochen tauchen Schülerinnen und Schüler im Alter von sieben bis vierzehn Jahren in die Welt der Wissenschaft und Forschung ein. Neben zahlreichen interaktiven Themenständen auf dem Kinder-Uni Campus können sie an zehn verschiedenen Vorlesungen teilnehmen. ■

Info: www.kinder-uni.kit.edu

Two toy cars are standing in the middle of the main auditorium of KIT, a very small one and one that is four times as large. Externally, they look very different, but inside, they have identical electric motors. "Which car is the quicker one?" Eva-Maria Knoch of KIT's Institute of Vehicle System Technology asks the little students. Many hands go up, but the children have different opinions. The toy cars start: The small car drives around quickly, while the bigger one moves forward only very slowly. It is too heavy for the small motor. Thanks to its mass and the larger wheels, however, it crosses obstacles very easily, while the small car gets stuck.

The first lecture of this year's KIT Children's University during the summer holidays focused on electric cars, how they work, and how they differ from gasoline-based vehicles. Then, the children were asked to guess how many video game consoles consume as much electricity as is needed by an electric vehicle to cover a distance of 100 km at a speed of 50 km/h. After a while, Ms. Knoch gave the answer – 75. For more than 16 years now, summer holidays and the KIT Children's University have been an inseparable entity. Over a period of three weeks, children ages 7 to 14 are immersed in the world of science and research. In addition to visiting interactive theme exhibits on the Children's University Campus, they can attend ten different lectures. ■

Info: www.kinder-uni.kit.edu



AUSGRÜNDUNG
SIMUTENCE ENTWICKELT
SIMULATIONSSOFTWARE FÜR
FASERVERBUNDKUNSTSTOFFE

Mobilität erfordert Leichtbau

VON EKART KINKEL // FOTOS: AMADEUS BRAMSIEPE



Von der Forschungsgruppe zur Ausgründung: Martin Hohberg, Benedikt Fengler und Dominik Dörr (v.l.)

From the research group to the spinoff: Martin Hohberg, Benedikt Fengler, and Dominik Dörr (from left to right)





Die halbe Fahrgastzelle eines BMW i8 steht nicht zufällig im Flur des Instituts für Fahrzeugsystemtechnik (FAST) auf dem Campus Ost des KIT. Die Kunststoffzelle dient den Entwicklern der Forschungsgruppe für Lang- und Endlosfaserverbunde sowie Hybride am Teilinstitut für Leichtbautechnologie nämlich als Anschauungsmaterial und Inspiration gleichermaßen. Der BMW i8 ist schließlich das erste in Deutschland serienmäßig produzierte Auto, bei dem die Fahrgastzelle komplett aus Faserverbundkunststoffen gefertigt wurde. „Allerding dient dieses Fahrzeug eher der Technikdemonstration", sagen Benedikt Fengler und Dominik Dörr. Die hohen Kosten für die Entwicklung eines solchen Fahrzeugs können ihrer Ansicht nach bislang nämlich nur von den großen Automobilproduzenten gestemmt werden und immer noch sei der Einsatz von Faserverbundkunststoffen bei vielen Firmen mit gewissen Unsicherheiten verbunden. Deshalb haben sich die beiden Maschinenbauingenieure zusammen mit Martin Hohberg auch ein ehrgeiziges Ziel auf die Fahnen geschrieben: Mit der Software Simutence können das optimale und zuverlässige Design sowie die Auslegung dieser Kunststoffe simuliert werden. Dadurch sollen neben den OEMs und TIER1s auch kleineren und mittleren Unternehmen ohne das nötige Expertenwissen bei der Simulation von Leichtbaumaterialien der effiziente Einsatz von Faserverbundkunststoffen im Automobilbau ermöglicht werden.

Im Frühjahr 2019 soll das Unternehmen Simutence offiziell aus dem KIT ausgegründet werden. Zur Finanzierung der zweieinhalb Stellen für wissenschaftliche Mitarbeiter sowie der notwendigen Sachmittel erhalten die drei Unternehmensgründer Benedikt Fengler, Dominik Dörr und Martin Hohberg bereits ab Herbst 2018 die notwendigen Fördermittel von der Helmholtz-Gemeinschaft. Basis von Simutence sind die Simulationsprogramme Abaqus, Moldflow und OpenFOAM. Diese drei Softwares wurden von der Forschungsgruppe weiterentwickelt und mit zusätzlichen Modulen zur Simulation von Faserverbundkunststoffen versehen. „Mit den Weiterentwicklungen von Simutence können die relevanten Herstellungsprozesse im Leichtbau mit Faserverbundkunststoffen zuverlässig simuliert werden. Außerdem ist es möglich, wichtige Zustandsgrößen, wie die sich im Herstellungsprozess einstellende Faserorientierung, der Faserverbundkunststoffe zuverlässig vorherzusagen", stellt Benedikt Fengler klar. Neben der Bereitstellung der Zusatzmodule für die kommerzielle Software wollen die drei Unternehmensgründer ihren Kunden aus der Maschinenbaubranche die Berechnungen mit der Software auch als Ingenieursdienstleistung anbieten.

Die Vorteile von Faserverbundkunststoffen im Fahrzeugbau liegen für Benedikt Fengler, Dominik Dörr und Martin Hohberg auf der Hand. Faserverbundkunststoffe weisen hervorragende mechanische Eigenschaften auf und sind in punkto Steifigkeit oder Festigkeit sogar Metallen überlegen. Außerdem haben die Kunststoffe noch eine deutlich geringere Dichte als Metalle. Die Gewichtsreduktion hat die Gruppe bereits beim vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt Systemintegrativer Multi-Material-Leichtbau für die Elektromobilität (SMiLE) mit Partnern wie Audi, VW, BASF und dem Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT) in Pfinztal-Berghausen nachgewiesen. Bei einem für einen Prototypen des elektrisch betriebenen Golf 7 entwickelten Fahrzeugunterboden konnten insgesamt 26 Prozent an Gewicht eingespart werden. Historisch gesehen spielte die Reduktion des Gewichts in der Automobilbranche nicht immer die wichtigste Rolle, wissen Benedikt Fengler und Dominik Dörr, doch durch den geplanten Ausbau der Elektromobilität sei die gesamte Branche zum Umdenken gezwungen.

Bislang herrscht beim Einsatz von Kunststoffen im Automobilbau allerdings noch eine gewisse Unsicherheit. „Die Herstellungsprozesse haben einen großen Einfluss auf das mechanische Verhalten der Bauteile und werden üblicherweise noch nicht simuliert“, sagt Benedikt Fengler. Ohne ausreichende Erfahrungswerte und das notwendige Fachwissen werden Faserverbundkunststoffteile oft deutlich überdimensioniert verbaut und wird außerdem zu viel Verschnitt erzeugt. Dadurch wird mehr Material verbraucht als nötig und in der Folge bei höheren Materialkosten weniger Gewicht eingespart als möglich. Außerdem können Metallteile nicht einfach durch Kunststoffbauteile ersetzt werden. „Das Materialverhalten von Faserverbundkunststoffen unterscheidet sich maßgeblich von dem von Metallen“, sagt Benedikt Fengler. Während Metalle in alle Raumrichtungen die gleichen mechanischen Eigenschaften aufweisen, sind diese bei Faserverbundkunststoffen richtungsabhängig. Endlosfaserverbunde verfügen etwa nur in Faserrichtung über eine große Zugfestigkeit und Steifigkeit. Wenn lasttragende Karosseriestrukturen künftig aus Faserverbundkunststoffen hergestellt werden sollen, muss deshalb auch das bisherige Design überdacht und dem Herstellungsprozess angepasst werden.

Durch den Ausbau der Elektromobilität kann der Leichtbau laut Dominik Dörr künftig an Wichtigkeit gewinnen. „Dank unserer Lösungen können die Entwickler den Einsatz von Faserverbundkunststoffen während der gesamten Prozesskette simulieren“, so Dörr.

Allerdings sind auch dem Einsatz von Faserverbundkunststoffen im Automobilbau Grenzen gesetzt. „Manche Radien sind für Faserverbundkunststoffe schlichtweg zu klein“, sagt Dominik Dörr. Besonders schwierig sei der Einsatz der Kunststoffe bei der Kombination aus beschränktem Bauraum und komplexen Strukturen. Bereits heute werden Tanks, Unterbodenabdeckung und Motorabdeckung aus Faserverbundwerkstoffen hergestellt. Viele tragende Bauteile und die Achsen sind dagegen noch aus Metall.

Für die drei Ingenieure sind deshalb Hybride aus Metall und den verschiedenen Kunststoffarten für manche Bauteile derzeit die sinnvollste Lösung. „Man darf Kunststoffe nicht auf Biegen und Brechen einsetzen. Wichtig ist und bleibt der Einsatz des richtigen Werkstoffs am richtigen Ort“, betont Dominik Dörr. Ein Beispiel für einen solchen Materialmix haben Fengler und Dörr auch schon parat: Bei einem Querlenker sorgen Endlosfasern in drei Richtungen für die gewünschte Festigkeit, Spritzguss für das Volumen und Metallringe an den Verbindungsstellen für den Schutz gegen zu schnellen Abrieb. ■

Kontakt: benedikt.fengler@kit.edu, dominik.p.doerr@kit.edu und martin.hohberg@kit.edu



Mobility Requires Weight Reduction

Simutence Spinoff: Lightweight Construction Engineers Develop Simulation Software for Fiber Composite Materials in Automotive Engineering

TRANSLATION: RALF FRIESE

Many companies regard the use of fiber composite polymers as an uncertain venture. For this reason, the three mechanical engineers, Benedikt Fengler, Dominik Dörr and Martin Hohberg of the Institute of Vehicle System Technology (FAST), Lightweight Technology, set themselves an ambitious goal: The Simutence software is to allow even small and medium-sized enterprises without the necessary expert knowledge of lightweight material simulation, as well as OEMs and TIERs, to make efficient use of composites in automotive engineering.

In the spring of 2019, the Simutence enterprise is to be spun off KIT officially. The three founders of the company, Benedikt Fengler, Dominik Dörr and Martin Hohberg, will receive the necessary startup funds from the Hemholtz Association from the autumn of 2018. The advantages of composites in vehicle construction are obvious to Fengler and Dörr; the materials have excellent mechanical properties and are superior even to metals in terms of stiffness and strength, when used in the correct way. Moreover, fiber-reinforced polymers have an even lower density than metals. This weight reduction has been proved by the group in a project funded by the German Federal Ministry for Education and Research (BMBF), namely Integrated-system Multi-material Lightweight Construction for Electromobility (SMiLE), with partners such as Audi, VW, BASF, and the Fraunhofer Institute of Chemical Technology (ICT) at Pfinztal-Berghausen. An underbody developed for a prototype of the electrically driven Golf 7 showed aggregate weight savings of 26%. The planned expansion of electromobility required the entire industry to rethink. “Batteries are simply very heavy,” says Dörr. ■

Contact: benedikt.fengler@kit.edu, dominik.p.doerr@kit.edu and martin.hohberg@kit.edu

IDEE KIT





IDEEN GEGEN DIE PLASTIKFLUT

STUDIERENDE DES KIT SIND ERNEUT TEILNEHMER IM EUROPÄISCHEN LEBENSMITTELWETTBEWERB

IDEAS ON STEMMING THE TIDE OF PLASTICS

KIT STUDENTS AGAIN TAKE PART IN THE EUROPEAN FOOD COMPETITION

VON SANDRA WIEBE // TRANSLATION: RALF FRIESE // FOTOS: KOFCO

Eine echte Erfolgsgeschichte und reichhaltiger Ideenpool: Erneut wird ein Team des KIT im Oktober Deutschland beim europäischen ECOTROPHELIA-Wettbewerb vertreten. Im Rahmen dieses Wettbewerbs entwickeln Studierende der Lebensmittelwissenschaften in ganz Europa ein innovatives, nachhaltiges Lebensmittel mit ökologischem Mehrwert. Mit „kof.co“, einem Frühstückskeks mit Algen und Guaraná, hatte das Team des KIT zunächst im Frühjahr Platz 1 beim Ideenwettbewerb TROPHELIA Deutschland 2018 gewonnen, jetzt konnte die Gruppe das für die Einladung nach Paris notwendige Produktdossier erfolgreich einreichen. Bei der Entwicklung und Umsetzung wurden sie von Professorin Heike P. Karbstein und ihrem Team vom Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik unterstützt. Bereits vor zwei Jahren war ein Team aus dem KIT bei ECOTOPHELIA in Paris sehr erfolgreich: Mit EATAPPLE, einem essbaren Trinkhalm, der aus Apfeltrester hergestellt wird, hatte das Team den Sonderpreis für das innovativste Lebensmittel gewonnen. Zu Recht, denn mittlerweile ist das nachhaltige Produkt, das eine echte Alternative zum Kunststoff-Trinkhalm ist, erfolgreich auf dem Markt. Die Idee und das Produktions-Know-how hatte die Gruppe an das Start-up Wisefood GmbH verkauft, die es nun vermarktet.

Mit der Teilnahme in Paris wird die eindrucksvolle Liste der TROPHELIA-Wettbewerbsbeiträge und -erfolge aus dem KIT um einen Beitrag reicher:

2013: „Cookie-to-go“: Plätzchen-Deckel zum Coffee-to-go-Becher, Alternative zum herkömmlichen Plastikverschluss (Platz 2 bei TROPHELIA D)
2015: „KIAMO“: Essbarer Becher aus Amaranth, Quinoa & Chia, gefüllt mit Apfeljoghurt (Preis 2 und Innovationspreis, TROPHELIA D),
2016: „EATAPPLE“: Essbarer Trinkhalm, der aus Apfeltrester hergestellt wird – ECOTOPHELIA-Sonderpreis für das innovativste Lebensmittel
2017: „Mixcuit“: „Rührkeks“ ersetzt Plastikrührstäbchen und Zuckertütchen (1. Preis und Innovationspreis bei TROPHELIA D, Preis für das beste Marketingkonzept bei ECOTOPHELIA Europe) und „BROST“: alkoholhaltiges Getränk aus Altbrot (Platz 2 bei TROPHELIA D)
2018: „kof.co“: Frühstückskeks mit Algen und Guaraná (1. Preis TROPHELIA D) ■

Info: www.fei-bonn.de/trophelia

A real success story and a rich pool of ideas: Again, a KIT team will represent Germany in October at the European ECOTROPHELIA competition, where food science students from all of Europe develop innovative, sustainable food items with added ecological value. The KIT team initially won first place in the TROPHELIA Germany 2018 competition of ideas with “kof.co,” a breakfast cookie made with algae and guaraná. The group was then able to successfully file the product dossier required for the invitation to Paris. Development and implementation were assisted by Professor Heike P. Karbstein and her team of the Institute of Biotechnology and Food Technology. Two years ago, a KIT team was very successful at ECOTROPHELIA in Paris: EATAPPLE, an edible straw made of pomace, had won the team the special prize for the most innovative food item. This decision was well deserved, because the sustainable product, which is an alternative to plastic straws, subsequently has succeeded on the market. The group sold the idea and the production know-how to a startup company, Wisefood GmbH, which now markets it.

Participation in Paris will add another item to an impressive list of TROPHELIA competition contributions and successful ventures from KIT:

2013: „Cookie-to-go:“ Cookie lid for the coffee-to-go cup, alternative to the conventional plastic lid (2nd place in TROPHELIA D).
2015: “KIAMO:” Edible cup made of amaranth, quinoa & chia, filled with apple yogurt (2nd prize and innovation prize, TROPHELIA D).
2016: “EATAPPLE:” Edible straw made out of pomace – ECOTROPHELIA – special award for the most innovative food item.
2017: „Mixcuit:“ „Mixed cookie“ replaces both plastic sticks for stirring and sugar bags (1st prize and innovation prize at TROPHELIA D, award for the best marketing concept with ECOTROPHELIA Europe) and “BROST:” alcoholic beverage made of old bread (2nd prize at TROPHELIA D).
2018: „kof.co:“ Breakfast cookie with algae and guaraná (1st prize, TROPHELIA D). ■

Info: www.fei-bonn.de/trophelia

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

NACHRICHTEN KIT



FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

BUND UND LAND TREIBEN WEITERENTWICKLUNG DES KIT ENTSCHLOSSEN VORAN

Um das KIT in seiner wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit weiter zu unterstützen und konsequent fortzuentwickeln, wollen Bund und Land die mutige Fusion von 2009 auf die nächste Stufe heben. Dazu haben die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Anja Karliczek, und die baden-württembergische Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Theresia Bauer, bei einem gemeinsamen Besuch am KIT am 27. Juli die weiteren Schritte vereinbart. Ziel ist es, das volle Potenzial in Forschung, Lehre und Innovation auszuschöpfen, indem unter anderem administrative Hürden abgebaut und mehr Flexibilität in der Mittelverwendung ermöglicht werden soll. So wollen die Ministerinnen für das KIT künftig einen gemeinsamen einheitlichen Haushalt schaffen.

PRÄSIDENT UND VIZEPRÄSIDENT DES KIT WIEDERGEWÄHLT

Professor Holger Hanselka steht für weitere sechs Jahre an der Spitze des KIT. Der KIT-Senat hat mit sehr großer Mehrheit das einstimmige Votum des Aufsichtsrates bestätigt. Der 56-jährige Maschinenbauingenieur leitet das KIT seit 2013. In seiner ersten Amtszeit hat er Forschung, Lehre und Innovation strategisch ausgerichtet, das KIT strukturell weiterentwickelt, mit hochkarätigen Berufungen sowie wichtigen Kooperationspartnern den Weg für die kommenden Jahre vorgezeichnet. In seiner zweiten Amtszeit will er ‚Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft' in ihrer Vorreiterrolle und mit Unterstützung von Bund und Land auf eine neue Stufe heben, um die Synergien der bundesweit einzigartigen Einrichtung vollends auszuschöpfen. Auch für Professor Alexander Wanner, Vizepräsident für Lehre und akademische Angelegenheiten, hat der KIT-Senat das Votum des Aufsichtsrates mit sehr großer Mehrheit bestätigt. Alexander Wanner hat das Amt des Vizepräsidenten seit 2013 inne. Eine wesentliche Aufgabe seiner weiteren Arbeit sieht Alexander Wanner in der Weiterentwicklung der Einheit von Forschung und Lehre am gesamten KIT.



ERC STARTING GRANT: ANTENNAS FOR COSMIC RAYS

Dr. Frank Schröder, scientist of KIT's Institute for Nuclear Physics and Assistant Professor of the University of Delaware, USA, has been awarded an ERC Starting Grant for his research related to the search for sources of the highest-energy cosmic rays in the Milky Way, The European Research Council is sponsoing his project with EUR 1.6 million for a period of five years. Major progress in the radio measurement technique developed by Frank Schröder with colleagues enables the search for high-energy photons that accompany the massive charged particles of cosmic rays.

Contact: frank.schroeder@kit.edu

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // FOTO: LAILA TKOTZ

SMALLEST TRANSISTOR IN THE WORLD

Physicist Professor Thomas Schimmel of the Institute of Applied Physics and his team have developed a single-atom transistor: a quantum electronics component that switches electric current through the controlled displacement of a single atom, now also in the solid state in a gel electrolyte. The single-atom transistor works at ambient temperature and consumes very little energy. This opens up new possibilities for information technology, as information technology in industrialized countries now consumes more than 10% of available electricity. In the future, the single-atom transistor might contribute to improved energy efficiency. Earlier this year, Professor Schimmel, who is considered the pioneer of single-atom electronics, was appointed Co-director of the Center for Single Atom Electronics and Photonics of KIT and ETH Zurich. The transistor is described in the Advanced Materials Journal (DOI: 10.1002/adma.201801225).

Contact: thomas.schimmel@kit.edu

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

FOTO: ARBEITSGRUPPE PROFESSOR THOMAS SCHIMMEL/KIT

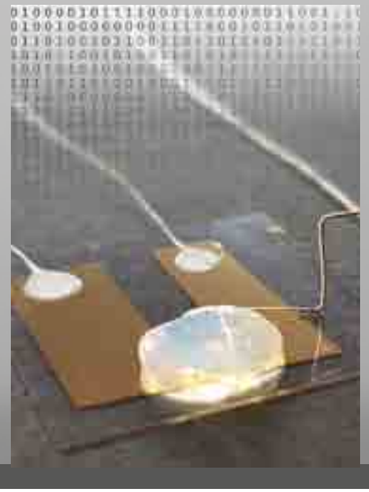




FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

MIT ZWEI EXZELLENZCLUSTERN ERFOLGREICH

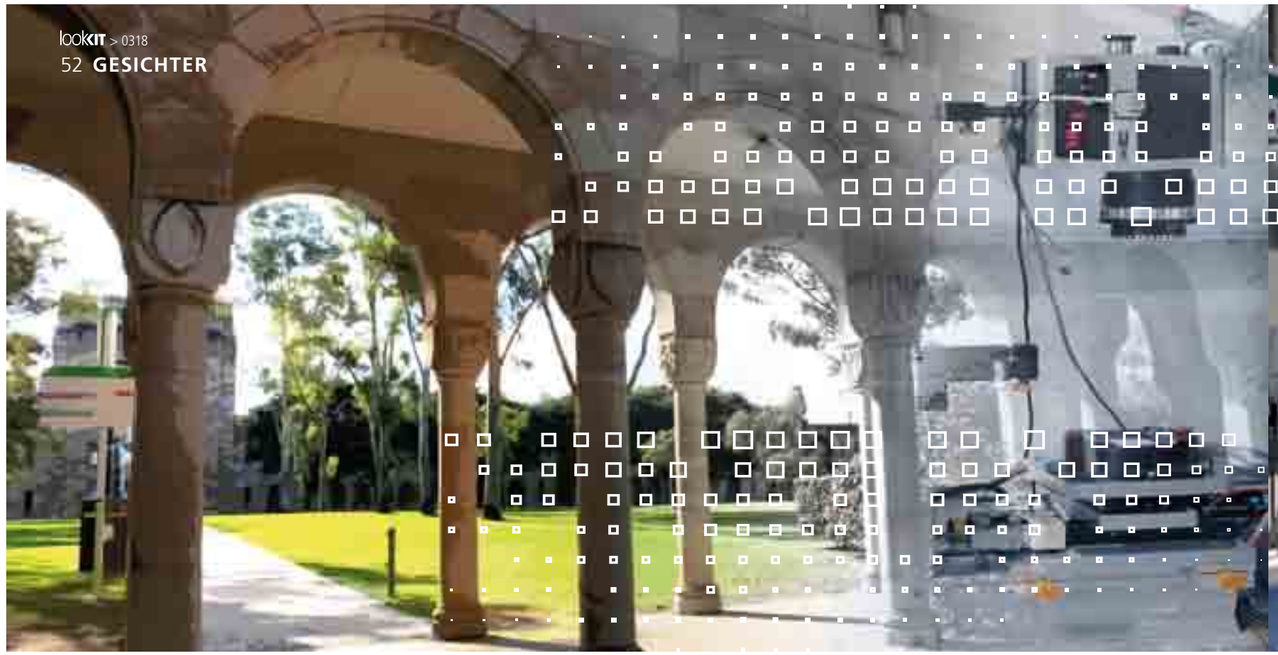
In der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder hat das KIT erfolgreich zwei Exzellenzcluster eingeworben. In dem gemeinsam von KIT und der Universität Ulm beantragten Exzellenzcluster „Energy Storage Beyond Lithium" arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Elektrochemie, Materialwissenschaften, theoretischer Modellierung und Ingenieurwissenschaften in einem multidisziplinären Ansatz zusammen. Zentrales Ziel des Clusters ist es, ein fundamentales Verständnis der elektrochemischen Energiespeicherung in neuartigen Systemen zu erarbeiten. Das gemeinsam von KIT und der Universität Heidelberg getragene Exzellenzcluster „3D Matter Made to Order" verfolgt in der Verbindung von Natur- und Ingenieurwissenschaften einen stark interdisziplinären Ansatz. Das Cluster nimmt dreidimensionale additive Fertigungstechniken in den Blick – von der Ebene der Moleküle bis hin zu makroskopischen Abmessungen. Es erhält auch eine Förderung der Carl-Zeiss-Stiftung.
„Dies ist ein großartiger Erfolg für die beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und für das KIT und sichert uns die Chancen für den weiteren Wettbewerb um den Titel Exzellenzuniversität", sagt der Präsident des KIT, Professor Holger Hanselka. „Die Entscheidung zeigt, dass das KIT mit seinen Forscherinnen und Forschern sehr gut aufgestellt ist", so auch Professor Oliver Kraft, Vizepräsident des KIT für Forschung. Die Exzellenzkommission wählte die Anträge zur Förderung für sieben Jahre aus.

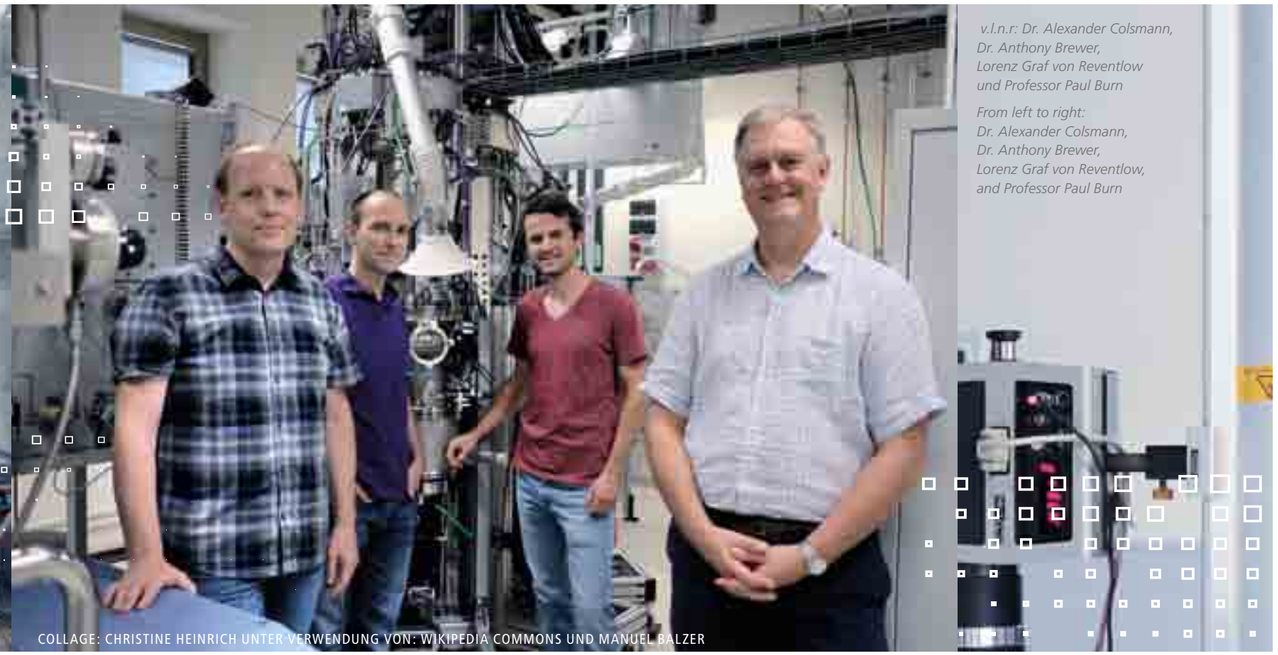
FORSCHUNGSOFFENSIVE ZU REGENERATIVEN KRAFTSTOFFEN

Im Rahmen des Strategiedialogs Automobilwirtschaft haben die Landesregierung Baden-Württemberg, das KIT und Industriepartner ihre Absicht erklärt, in dem Projekt „reFuels – Kraftstoffe neu denken" Alternativen zu fossilen Treibstoffen, ihren Verwendungsmöglichkeiten und ihrer Akzeptanz auf breiter Grundlage zu erforschen. Sogenannte „reFuels" lassen sich aus nichtfossilen Kohlenstoffquellen wie biogenen Reststoffen in Kombination mit der direkten Umwandlung von CO_2 und erneuerbarem Wasserstoff herstellen und können so helfen, das Weltklima zu schützen.



FOTO: (C) E-MOBIL BW / STUDIO KD BUSCH





v.l.n.r: Dr. Alexander Colsmann, Dr. Anthony Brewer, Lorenz Graf von Reventlow und Professor Paul Burn

From left to right: Dr. Alexander Colsmann, Dr. Anthony Brewer, Lorenz Graf von Reventlow, and Professor Paul Burn

COLLAGE: CHRISTINE HEINRICH UNTER VERWENDUNG VON: WIKIPEDIA COMMONS UND MANUEL BALZER

HELMHOLTZ INTERNATIONAL FELLOW AT LTI: AUSTRALIAN CHEMIST PAUL BURN BY KLAUS RÜMMELE

Little Bits Going a Long Way

The Helmholtz International Fellow Award aims to further strengthen the links between Helmholtz researchers and outstanding colleagues abroad. It is endowed with 20,000 € and is to allow successful candidates to carry out joint research projects with colleagues from the Helmholtz Association or to intensify existing cooperation. KIT nominated Paul Burn, a distinguished chemist from the University of Queensland (UQ) in Australia. In July, he spent three weeks at the Material Research Center for Energy Systems (MZE) of KIT.

Eight years ago, Paul Burn first met Prof. Uli Lemmer from the Light Technology Institute (LTI) at KIT, when the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) organized a tour of a German delegation to Australia. As part of the trip, Professor Burn invited his colleague from Germany for a presentation to Brisbane, and it immediately turned out that a strong common interest in collaborative projects existed. Coming back to Karlsruhe, Lemmer discussed with Senior Researcher Alexander Colsmann possible links between Burn's team and LTI. Colsmann and Burn then wrote a proposal for Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and Australian funding to initiate joint projects. Burn visited LTI and that was the start of their cooperation. "It has been growing over time," Paul Burn says.

From the beginning, Burn and Colsmann offered exchange possibilities to young scientists in both ways. In July, during his first stay at KIT in the course of his Helmholtz International Fellowship, Paul Burn invited Anthony Brewer, a postdoctoral researcher from UQ, to accompany him. Brewer worked with Lorenz Graf von Reventlow, doctoral student at LTI, quickly developing a productive collaboration. Thus, both young researchers experienced the quality of the German-Australian link: "It is mutually beneficial," Paul Burn says.

With their teams, Burn and Colsmann both are doing research on organic semiconductors for lighting and solar technologies. "Our skills are complementary," Burn says. He heads the Centre for Organic Photonics & Electronics (COPE) at UQ – the researchers there are strong in the structural analysis and development of new organic semiconductors by combining synthesis, materials and device characterization, molecular modelling and condensed matter theory. They use fairly simple prototypes – and Burn realized quickly that Colsmann and his team had "really cool expertise" in engineering and processing new materials into technology: "This was different from what others had done." Researchers at LTI, for example, produce solar cells out of eco-friendly, alcohol-based organic semiconductor dispersions, light-emitting devices to eventually replace compact fluorescent lamps, and sunglasses with colored, semitransparent solar cells applied onto lenses that supply integrated gadgets with electric power. During the visit, Brewer and Graf von Reventlow took COPE materials specifically designed for organic light-emitting diode (OLED)-based lighting, they fabricated and tested prototype devices. The functional semiconductor layers they use in OLEDs are as small as a 1000th of the thickness of a hair – it's fascinating, Burn says, to see "a little bit going a long way." They started on small test devices before graduating to mini lighting modules of similar dimensions and then to standard commercial LED downlight bulbs. While the small test devices were white, the larger modules had a lobster color tone – "still some work to do," say Colsmann and Burn. "OLED lighting has the potential to be twice as efficient as fluorescent tubes, which could lead to a substantial reduction in electricity usage", Burn says.

The initial proposal helped to get to know each other and each other's expertise. "It's like going to

Paul Burn

In 2017, Professor Paul Leslie Burn was appointed ARC Laureate Fellow at the University of Queensland, Australia, for five years. Since 2007, he has been Head and Director of the Centre for Organic Photonics & Electronics. Since 2012, he also has been Honorary Professor at Nanjing University of Posts and Telecommunications, China.

He held the Dow Research Fellowship (Christ's College Cambridge) (1989–1992), a University Lectureship at Oxford University and Helen Martin Fellowship in Organic Chemistry at University College Oxford (1992–2007), and an Australian Research Council Federation Fellowship (2007–2012). He has been a Fellow of the Royal Society of Chemistry since 2010 and Fellow of the Australian Academy of Science since 2012. Twice he won the Uniquest Trailblazer Open Competition for inventions. With others, he holds roundabout 30 patents, which have been the basis of technologies for three spin-out companies. He has published more than 350 refereed journal articles, with his publications and patents currently cited more than 35,000 times. ■

Paul Burn

2017 wurde Professor Paul Leslie Burn von der Universität Queensland, Australien, für fünf Jahre zum Laureate Fellow des australischen Forschungsrates ernannt. Seit 2007 leitet er das Zentrum für Organische Photonik und Elektronik. Seit 2012 arbeitet er außerdem als Honorarprofessor an der Universität für Post und Telekommunikation in Nanjing, China.

Burn erhielt ein Dow-Forschungsstipendium (Christ's College, 1989–1992), einen Lehrauftrag an der Universität Oxford, ein Helen-Martin-Stipendium für organische Chemie am University College in Oxford (1992–2007) und ein Stipendium des australischen Forschungsrates (2007–2012). Er ist Fellow der Royal Society of Chemistry seit 2010 und Fellow der australischen Akademie der Wissenschaften seit 2012. Zweimal gewann er den Uniquest Trailblazer Open-Wettbewerb für Erfindungen. Mit Kolleginnen und Kollegen hält er circa 30 Patente, auf denen Technologien für drei Spin-Offs aufbauen. Bisher hat Burn mehr als 350 referierte Zeitschriftenartikel publiziert, seine Veröffentlichungen und Patente wurden über 35 000-mal zitiert. ■

a dance," Burn says, asking someone to have the next dance and realizing after a couple of steps and moves that this could be a harmonious dancing couple. A fine analogy for a partnership that has been very efficient and successful. For Burn, the success of the cooperation "is great science with significant publications and more in the pipeline." As an Australian Research Council (ARC) Laureate Fellow at UQ and Head of COPE, Burn is in a top position, working with brilliant scientists and having access to excellent equipment worldwide. Still, "it's very important to me to have Alexander as a partner investigator," for example when developing advanced prototypes for OLEDs. But it is not a one-way street. With the International Fellow Award, Helmholtz facilitates a form of cooperation that inspires and advances KIT, Colsmann says. "It's a great opportunity for KIT cooperating with a very distinguished expert from one of the leading universities in the world with internationally renowned chemistry." Together, they think about ways to build a bridge between the two institutions, for example, graduate activities that facilitate exchange of students in both directions.

Burn's research and the cooperation with LTI links closely to the Helmholtz Research Program STN (Science and Technology of Nanosystems) where KIT sets out to explore and realize all-printed organic solar cells and OLEDs. It also is connected to the Cooperative Research Center (SFB) 1176 "Molecular Structuring of Soft Matter" uniting experts from ten KIT institutes taking on the challenge of designing macromolecular materials at the molecular level with yet unachieved precision in order to understand and correlate structure to properties in different applications. What the SFB and the cooperation between Burn and Colsmann have in common is that they are interdisciplinary. "Physicists and chemists have different languages, they are forced to find ways to communicate," Burn says. Obviously, he is able to do so – he held the inaugural lecture for the SFB that started in January 2016.

Burn and Colsmann are convinced that this interdisciplinary approach is of advantage especially to doctoral and master's students who take part in the exchange between KIT and UQ. They go to different laboratories and see new methods, and they develop their own new ideas: "Very often, teams are thinking in certain ways. Then there are people from other disciplines or institutions raising questions like 'Why do you do this?'" Experienced as he is, Paul Burn is still enthusiastic about exploring new ways and discussing the broad range of scientific possibilities in the field of organic semiconductors for solar and light technology: "You should never give up to learn something new."

For Paul Burn, it's a matter of openness and trust: "It's an important basis for an intense and productive cooperation like this." KIT to him is a place of high-quality science, especially in the field of the development of optoelectronic process chains. Moreover, Paul Burn feels at home in Karlsruhe – so much that he wondered about Alexander Colsmann turning his car to the left because of a construction site, when he turned right the last time. ■

Contact: andreas.colsmann@kit.edu



Die Universität von Queensland (UQ) in Australien

University of Queensland (UQ) in Australia

Viel mit wenig erreichen

Helmholtz International Fellow am LTI: Chemiker Paul Burn aus Australien

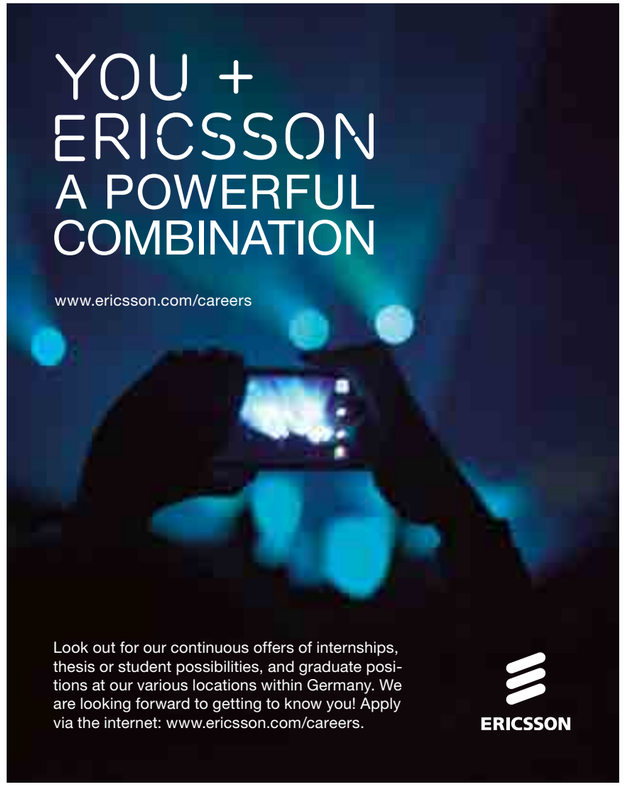
Der Helmholtz International Fellow Award soll einen Beitrag dazu leisten, dass bestehende Kooperationen zwischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern an Helmholtz-Zentren und exzellenten ausländischen Forschenden intensiviert werden. Er ist mit 20.000 Euro dotiert und soll es erfolgreichen Kandidatinnen und Kandidaten ermöglichen, gemeinsame Forschungsprojekte mit Kolleginnen und Kollegen aus der Helmholtz-Gemeinschaft zu realisieren oder bestehende Kooperationen zu stärken. Das KIT nominierte nun Paul Burn, einen ausgezeichneten Chemiker an der Universität von Queensland (UQ) in Australien. Im Juli arbeitete er drei Wochen am Materialwissenschaftlichen Zentrum (MZE) des KIT.

Vor acht Jahren begegneten sich Paul Burn und Professor Uli Lemmer vom Lichttechnischen Institut (LTI) des KIT, der mit einer deutschen Delegation des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) nach Australien kam. In der Folge beantragten der leitende LTI-Wissenschaftler Alexander Colsmann und Burn sowohl Mittel beim BMBF als auch von australischen Geldgebern für gemeinsame Forschungsprojekte. Burn besuchte das LTI, damit begann die Kooperation. „Sie ist mit der Zeit stetig gewachsen", betont Paul Burn. Von Anfang an boten Burn und Colsmann ihren Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern Austauschmöglichkeiten.

Die Gruppen von Burn und Colsmann forschen an organischen Halbleitern für Licht- und Solartechnologien. „Unsere Kompetenzen ergänzen sich", sagt Burn. Er leitet das Zentrum für Organische Photonik und Elektronik (COPE) an der UQ. Strukturanalyse und Entwicklung neuer organischer Halbleiter gehören zu den Stärken der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dort. Alexander Colsmann und sein Team verfügen über fundierte Kenntnisse auf dem Gebiet der Entwicklung von Technologien für funktionale Schichten von Halbleitern, die tausendfach kleiner als der Durchmesser eines menschlichen Haares sein können. Es sei überaus faszinierend, zu sehen, „wie viel man mit wenig erreichen kann", sagt Burn.

Für Paul Burn manifestiert sich der Erfolg der Kooperation „in großartiger Wissenschaft mit bedeutenden Veröffentlichungen". Als Laureate Fellow des australischen Forschungsrates (ARC) an der Universität von Queensland und Leiter von COPE hat Burn eine führende Position inne. Er arbeitet mit brillanten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zusammen und hat Zugang zu hervorragenden Arbeitsgeräten weltweit. Und doch „ist es sehr wichtig für mich, Alexander als Forschungspartner zu haben", beispielsweise bei der Gestaltung hoch entwickelter Prototypen für organische Leuchtdioden (OLED). Ihre Zusammenarbeit ist freilich keine Einbahnstraße: Mit dem Helmholtz International Fellow Award stärkt die Helmholtz-Gemeinschaft Kooperationen, „die auch das KIT inspirieren und voranbringen", sagt Colsmann. ■

Kontakt: andreas.colsmann@kit.edu





Praxisorientierte Fortbildungen für Ihren Einstieg in neue Aufgaben und Themen. Technisch, wissenschaftliche Weiterbildung für Ingenieure und Naturwissenschaftler in Oberpfaffenhofen bei München.

Carl Cranz Gesellschaft e.V.

Ihre Ansprechpartnerin:
Jutta Ries
Tel.: 08153 88119812
jutta.ries@ccg-ev.de
www.ccg-ev.de

- Informations- und Kommunikationstechnologien
- Informatik
- Luft- und Raumfahrt
- Sensorik
- Verkehr, Mobilität
- Werkstoffkunde und Werkstofftechnologien
- Fachübergreifende Themen



Neue Mobilitätsformen erobern den urbanen Raum und beeinflussen, wie die Menschen sich in der Stadt bewegen, leben und arbeiten.

Als Weltmarktführer entwickeln wir intelligente Softwarelösungen und helfen dabei die Smart City von morgen zu gestalten.

Du möchtest den Mobilitätswandel vorantreiben? Bewege mit uns vom Karlsruher Hauptsitz aus die Welt!

karriere.ptvgroup.com

PTV Group
Haid-und-Neu-Str. 15
76131 Karlsruhe

www.ptvgroup.com

ANZEIGEN



Hightech-Zahnersatz

ZAHNIMPLANTATE MIT NANOSTRUKTURIERTEN OBERFLÄCHEN HALTBARER MACHEN

VON DR. JUTTA WITTE // FOTOS: LAILA TKOTZ

Leiter der Forschungsgruppe BioMEMS-Biomedizinische Mikrotechnik Professor Andreas Guber mit Patrick Doll und Dr. Ralf Ahrens (v.l.n.r.)

Professor Andreas Guber, Head of the BioMEMS Biomedical Microtechnology research group, with Patrick Doll and Dr. Ralf Ahrens (from the left)



Mikro- und Nanotechnik zählt zu den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Und ihre Potenziale sind längst nicht ausgeschöpft. Das zeigt ein Blick in die Medizintechnik: Gefäßerweiternde Stents, „Labs-on-Chip" für Analysen auf kleinster Fläche oder auch 3-D-Zellkultursysteme für die Geweberekonstruktion machen deutlich, wo die Reise hingeht. Auch in der Implantologie öffnen sich mit mikro- und nanostrukturierten Bauteilen neue Möglichkeiten. Sie zu erforschen und weiterzuentwickeln, ist das Ziel der zum Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT) gehörenden Forschungsgruppe „Bio-MEMS-Biomedizinische Mikrotechnik".

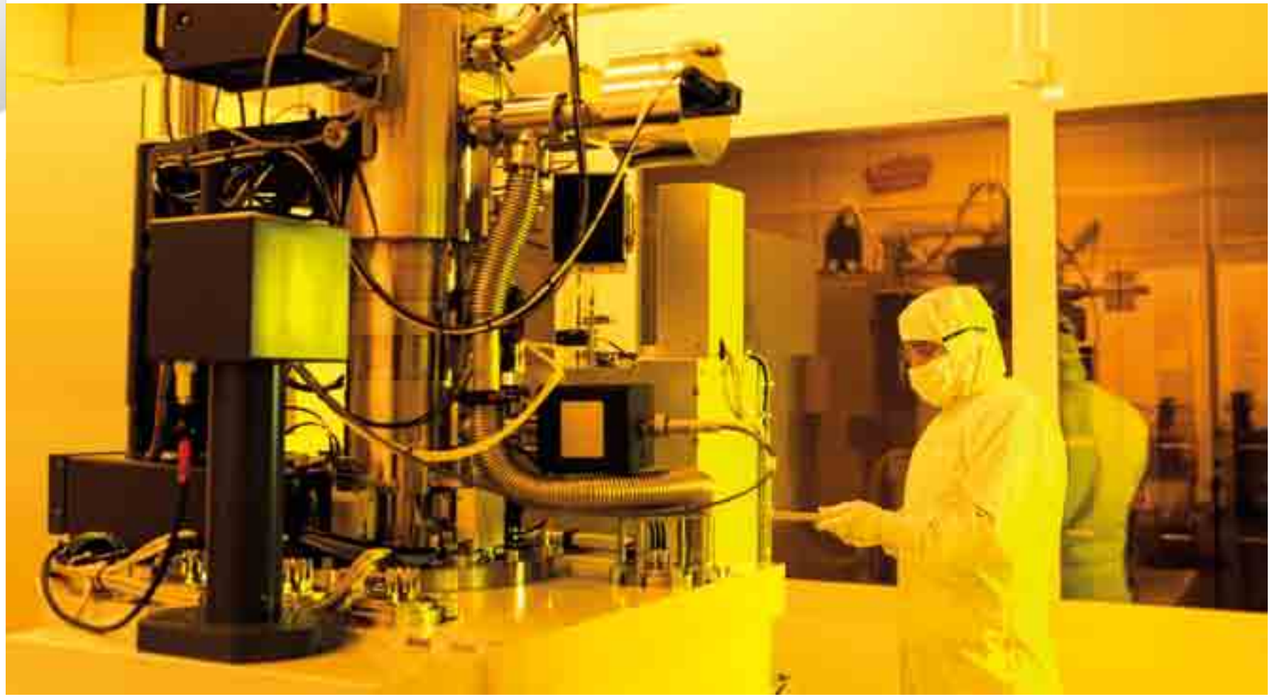
„Mikro- und Nanotechnologien werden für medizinische Anwendungen immer wichtiger". Davon sind die Leiter der Forschungsgruppe, Professor Andreas Guber und Dr. Ralf Ahrens, überzeugt. Ihr Team will das Know-how aus der Mikro- und Halbleiterelektronik und in diesen Bereichen etablierte Verfahren, wie zum Beispiel die klassische UV-Lithographie, oder auch Technologien wie die Oberflächenstrukturierung mittels Elektronenstrahlschreiber für den Einsatz in der Medizintechnik adaptieren und optimieren. „Wir sehen große Potenziale – unter anderem für die nachhaltige Verbesserung von Implantaten", sagen die Experten.

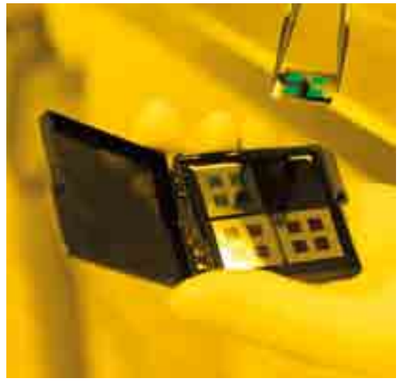
In Kooperation mit dem Implantat-Spezialisten „Abutments4Life" und dem Universitätsklinikum Freiburg hat die BioMEMS-Gruppe eine nanostrukturierte Oberfläche entwickelt, die Bakterien ausbremsen und damit Zahnimplantate vor Entzündungen schützen kann. Diese bestehen in der Regel aus einer Titan-Schraube, die als Wurzelersatz in den Kieferknochen eingebracht wird und fest mit dem Knochen verwächst, einem damit verbundenen Stützpfeiler für die Prothetik, dem sogenannten „Abutment", bestehend aus einer Titanbasis und einer keramischen Suprastruktur, sowie der sichtbaren Zahnkrone, die meist aus Keramik gefertigt wird. Titan ist hierbei das Material der Wahl, da es biokompatibel ist und für ein gutes Einwachsen der Schraube in den Knochen, die sogenannte Osseointegration, sorgt. Um diesen Prozess zu verbessern, fokussierte sich die Fachwelt bei der Optimierung von Zahnimplantaten bislang vor allem auf die Titanoberfläche der Schraube. „Ein großes Problem ist aber nach wie vor, dass auch nach erfolgter Osseointegration bakterielle Entzündungen im umliegenden Bereich des Zahnimplantats entstehen können", berichtet Patrick Doll, Wissenschaftler am IMT.

Haupteinfallstor für Bakterien ist das Abutment. An diesem Implantatteil wächst das Zahnfleisch häufig nicht richtig an. Dadurch können sich Taschen bilden, über die Bakterien bis zum Kieferknochen gelangen und dort Entzündungen hervorrufen können. Dr. Bruno Spindler, Zahnarzt und Gründer von „Abutments4Life", kennt dies

Das Hauptaugenmerk der Forschungen richtet sich auf die Erzeugung nanoskaliger Substrukturen in Rillen, damit die Bakterien möglichst wenig Fläche zum Anhaften haben

Research focuses on the production of nanoscales substructures in grooves for the bacteria to hardly have any area to adhere to





aus seiner täglichen Praxis. „Wenn eine solche Periimplantitis auftritt, ist das Implantat in der Regel verloren“, sagt der Experte. „Wenn wir dies verhindern wollen, müssen wir präventiv vorgehen“. Um das Abutment für das Anwachsen von Weichteilgewebe zu optimieren, hat Spindler eine spezielle Mikrostruktur entwickelt, die bereits erfolgreich im Einsatz ist: Kaum haarbreite Rillen umlaufen den Stützpfeiler und steuern die für die Wundheilung zuständigen Fibroblasten gezielt in die richtige Richtung. Die Wunde kann so schneller verheilen.

„Dieses System wollen wir mithilfe von Mikro- und Nanotechnologie weiter optimieren“, erklärt Doll. Um die Oberflächen besser an die biologischen Anforderungen anpassen zu können, setzt der Wissenschaftler statt auf klassische Verfahren wie Fräsen oder lasergestützte Bearbeitung auf ein lithographisches Fertigungsverfahren und erreicht hiermit deutlich diversifiziertere Strukturen. Das Hauptaugenmerk seiner Forschungen richtet sich dabei jedoch auf die Erzeugung nanoskaliger Substrukturen in den Rillen. „Wir suchen nach der optimalen Nanooberfläche, die Bakterien möglichst wenig Fläche zum Anhaften bietet.“

Hierfür nutzt Doll einen Elektronenstrahlschreiber – eine Technologie, die zu den „Next-Generation-Lithographie-Verfahren“ gehört und in der Medizintechnik bislang kaum eingesetzt wird. Zuvor trägt er mittels Aufschleudern eine dünne, elektronenstrahlempfindliche Resistschicht auf eine Silizium-Oberfläche auf. Mithilfe eines mit 100 kV beschleunigten Elektronenstrahls schreibt er dann kleinste Strukturen in die aufgebrachte Resistschicht. Dabei werden die belichteten Stellen lokal chemisch vernetzt und alle unbelichteten Stellen können herausgelöst werden. Das zwischen den Punkt-Strukturen freiliegende Silizium trägt Doll nun mit Hilfe eines trockenchemischen Ätzverfahrens ab und erzeugt hierdurch eine regelmäßige Säulenstruktur, bei der jede Säule einen Durchmesser von 100 Nanometern und eine Höhe von 500 Nanometern besitzt. Zum Vergleich: Der Durchmesser eines menschlichen Haares ist ca. 1000-mal größer. Erst unter dem Rasterelektronenmikroskop werden diese Strukturen erkennbar.



Zahnimplantate bestehen meist aus einer Titan-Schraube, die als Wurzelersatz in den Kieferknochen eingebracht wird und fest mit dem Knochen verwächst



Dental implants mostly consist of a titanium screw that is fixed in and grows together with the jawbone to replace the root

Fotos: Wikipedia Commons

High-tech Dental Replacement

Dental Implants more Durable by Means of Nano-structured Surfaces

TRANSLATION: RALF FRIESE

Micro- and nanotechnology are among the key technologies of the 21st century. Micro- and nanostructured components, for instance, are creating new possibilities in implantology . Studying and advancing them further is the objective of the work by the “BioMEMS Biomedical Microtechnology” research group, which is part of the Institute for Microstructure Technology (IMT).

The heads of the research group, Professor Andreas Guber and Dr. Ralf Ahrens, want to optimize established processes, such as classical UV lithography, and technologies such as surface structuring by electron beam scribing, and adapt them for use in medical technology. “We see major potentials, among other things, for sustainable improvement of implants,” say the experts.

Cooperating with “Abutments4Life” implant specialists and the Freiburg University Hospital, the BioMEMS group developed a nanostructured surface which can slow down the spread of bacteria and thus reduce the risk of inflammation associated with dental implants.

Laboratory research will now be followed by preclinical testing of a technology that could pave the way for medical progress well beyond dentistry. “We are developing expertise which, in principle, can be transferred to any implant or many other surfaces susceptible to bacterial infection,” emphasize Professor Guber and Dr. Spindler. They regard bony implants or artificial joints, such as knee or hip implants, as potential additional areas of application.

The joint project run by IMT and “Abutments4Life” was funded by the German Federal Ministry for Economics and Energy (BMWi). It was supported by the Oral Microbiology Unit of the Department for Tooth Preservation and Periodontology of the Freiburg University Hospital and the Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF). ■

Contact: andreas.guber@kit.edu

Eine solche Säulenstruktur bietet per se schon eine reduzierte Kontaktfläche im Vergleich zu anderen geometrischen Formen. Im Rahmen von Adhäsionsexperimenten mit typischen Testkeimen wie S. aureus, E coli oder P. aeruginosa, bei denen der Freiburger Mikrobiologe Professor Ali Al-Ahmad die Forschungsgruppe unterstützt hat, haben die Experten den Abstand und die Anordnung der Säulen immer wieder verändert. Dabei zeigte sich: Für ein gewisses Verhältnis aus Abstand und Anordnung der Säulen reduziert sich die Anhaftung der Bakterien und desto länger verzögert sich die Bildung des typischen, für Implantate gefährlichen Biofilms. Dies kann den nachwachsenden Fibroblasten mehr Zeit verschaffen, um den Heilungsprozess voranzutreiben und die Wunde sicher zu verschließen.

Solch einen Effekt können Mediziner bislang meist nur mit Hilfe von Antibiotika erreichen. „Wir glauben, dass unser struktureller Ansatz zukunftsweisend ist“, sagt Doll. Ziel ist es jetzt, sowohl weiterführende Untersuchungen mit verschiedenen Testkeimen durchzuführen als auch weitere Modelloberflächen zu erzeugen, die dieses Prinzip weiter bestätigen. Dass dies auf Silizium-Basis fehlerfrei und reproduzierbar gelingt, hat das BioMEMS-Team inzwischen bewiesen. Verfahren für die Übertragung dieses Prinzips auf Titan haben die Wissenschaftler ebenfalls entwickelt. Nach den Forschungen im Labor soll nun die präklinische Erprobung einer Technologie folgen, die medizinischen Fortschritten über die Zahnheilkunde hinaus den Weg bahnen könnte. „Wir entwickeln hier eine Expertise, die im Prinzip auf jedes Implantat oder viele andere Oberflächen übertragen werden kann, die anfällig für Bakterien sind“, betonen Professor Guber und Dr. Spindler. Knochenimplantate oder auch künstliche Gelenke wie zum Beispiel Knie- oder Hüftimplantate sind für sie potenzielle weitere Anwendungsbereiche.

Das Kooperationsprojekt von IMT und „Abutments4Life“ wurde gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Unterstützt haben es der Bereich Orale Mikrobiologie der Klinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie des Universitätsklinikums Freiburg und die Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF). ■

Kontakt: andreas.guber@kit.edu

ANZEIGE





FOTO: 2JENN/FOTOLIA.COM

Farbe im Sprudel

20 JAHRE MARKIERUNGSVERSUCHE IM STUTTGARTER MINERALWASSER ALMUT OCHSMANN

Wer in Stuttgart ins Mineralbad geht, kommt in den besonderen Genuss eines sprudelnden Badeerlebnisses: Natürliche Kohlensäure-Bläschen prickeln beim Schwimmen auf der Haut. Unter der Stadt befindet sich ein komplexes und das nach Budapest zweitgrößte Mineralwassersystem in Europa. Pro Sekunde schüttet es 500 Liter Wasser aus. Die staatlich anerkannten Heilquellen werden in den drei öffentlichen Mineralbädern Berg, Leuze und Bad Cannstatt genutzt: Das Wasser hilft unter anderem bei Herz-, Gefäß- und Atemwegskrankheiten sowie bei rheumatischen Erkrankungen. Reste römischer Badeanlagen zeugen davon, dass die Stuttgarter Mineralquellen schon seit Jahrtausenden vom Menschen genutzt werden. Seitdem 1984 in dem wertvollen Wassersystem erstmals Schadstoffe nachgewiesen wurden, ist klar, dass es besonders geschützt werden muss. Dazu leisten Markierungsversuche einen wichtigen Beitrag.

Da die Quellen mitten in der Stadt liegen, ist es besonders schwierig, sie vor Verunreinigungen zu bewahren. Professor Wolfgang Ufrecht vom Amt für Umweltschutz der Stadt Stuttgart hat seit Jahrzehnten ein einzigartiges Schutzsystem erarbeitet. Er kennt das unterirdische Wassersystem, den Aquifer, wie seine Westentasche. Schon 1998 hat Ufrecht das KIT (damals Universität Karlsruhe) als Projektpartner gewonnen. Das Institut für Angewandte Hydrogeologie erhielt den ersten Forschungsauftrag und führte die ersten beiden großen Markierungsversuche durch, um das Wassersystem zu erkunden. Professor Nico Goldscheider und Dr. Nadine Göppert waren damals als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Studentin daran beteiligt: „Wir freuen uns, dass wir jetzt 20-jähriges Jubiläum der ersten Markierung in Stuttgart feiern. Jetzt gerade haben wir den dritten großen Markierungsversuch abgeschlossen, den wir 2013 angefangen hatten“, sagt Nico Goldscheider.

Mit Markierungsversuchen können unterirdische Fließwege und Verbindungen nachgewiesen werden. „Wir geben den sogenannten Tracer an einer Stelle ein, und wenn er woanders ankommt, dann wissen wir sicher, dass es dort eine Verbindung gibt. Und wir wissen, wie schnell das Wasser fließt. Außerdem messen wir die Konzentration der eingegebenen Stoffe. Die Markierungsstoffe sind human- und ökotoxikologisch unbedenklich, man kann sie gut verwenden, um die Schadstoffausbreitung experimentell zu simulieren“, sagt Nadine Göppert. Die wichtigsten hoch mineralisierten Quellen sind diejenigen vom Berger-Bad, Leuzebad und Cannstatter Bad. Diese Quellen befinden sich links und rechts des Neckars im Stuttgarter Neckartal. Mit den ersten Markierungsversuchen konnte bewiesen werden, dass ihr unterirdischer Zustrom direkt unter der Stuttgarter Innenstadt hindurchläuft.



FOTO: MANUEL SCHÖNFELD/FOTOLIA



FOTOS: LALA TKOTZ



Professor Nico Goldscheider und Dr. Nadine Göppert schauen auf zwanzig Jahre Forschungsarbeit über das Mineralwassersystem Stuttgarts zurück

Professor Nico Goldscheider and Dr. Nadine Göppert look back on twenty years of research into the mineral water system of the city of Stuttgart

Im Vordergrund stand, das bedeutende Mineralwasservorkommen besser kennenzulernen, um es zu schützen und zu bewirtschaften. Der Aquifer wird durch die darüberliegenden Schichten gut geschützt. Trotzdem gibt es im Untergrund der Großstadt viele Altlasten, es gibt sehr viel Industrie, unter anderem Autozulieferindustrie und metallverarbeitende. Da stecken Jahrzehnte, wenn nicht Jahrhunderte urbaner Entwicklung dahinter. Es sind Kontaminationen mit chlorierten Kohlenwasserstoffen aufgetreten, die auch schon in den Quellen in Spuren nachgewiesen wurden. Das zeigt, dass wir in diesem Grundwasserleiter sehr vorsichtig sein müssen.“ Die entsprechenden Stellen wurden in den letzten Jahrzehnten systematisch erfasst, untersucht und so weit wie möglich saniert, abgepumpt und eingekapselt.

Während mit den ersten beiden Markierungsversuchen die vermuteten Hauptfließwege zu den Mineralquellen bewiesen werden konnten, wurde mit dem jüngsten eine vermutete Trennstromlinie zwischen den hoch und den niedrig mineralisierten Quellen bestätigt. Genau auf dieser unterirdischen Wasserscheide haben die Hydrogeologen vom KIT den Tracer eingegeben: 75 kg Natrium-Naphthionat in körniger Form wurde in einem kleinen Tankwagen in 2000 Litern Wasser aufgelöst. Diese Mischung wurde dann mit einem langen Schlauch in den Aquifer eingeleitet. „Üblicherweise geben wir ungefähr ein Kilo ein. Die große Menge brauchten wir, weil das System sehr groß, langsam und träge ist. Wir haben in Stuttgart nicht den üblichen farbigen Fluoreszenz-Tracer, das grüne Ura-

nin, genommen. Damit hätten wir sämtliche Berger-Quellen und das Schwimmbad für längere Zeit grün gefärbt. Natrium-Naphthionat ist nur im UV-Bereich farbig, aber für das menschliche Auge unsichtbar“, erklärt Nadine Göppert.

Fünf Jahre lang wurden an verschiedenen Stellen Wasserproben genommen, etwa an Wasserhähnen im Keller der Bäder oder beim Haifischbecken in der Wilhelma. „Wir waren darauf vorbereitet, dass es lange dauert. Aber dass es so lange dauert, damit hätten wir nicht gerechnet“, sagt Nico Goldscheider. „Bei den Versuchen vor zwanzig Jahren sind die ersten Markierungsstoffe nach ein, zwei Wochen an den Quellen angekommen. Dieses Mal mussten wir drei Monate warten. Aus hydraulischen Gründen ist die Strömung auf einer Trennstromlinie verlangsamt.“ Üblicherweise wird bei Markierungsversuchen im Abstand von dreißig oder sechzig Minuten eine Wasserprobe genommen. Beim jüngsten Stuttgarter Versuch wurden anfangs drei Mal pro Woche Proben genommen, dann wöchentlich, später monatlich und zuletzt alle drei Monate.

Am Ende zeigen die Messkurven ein Plateau, das heißt, die Konzentration des Tracers bleibt einige Jahre lang mehr oder weniger gleich. Genauso würden sich auch schädliche Stoffe sehr lange Zeit bei einer gleichbleibenden Konzentration halten. „Wir machen eine Pulseingabe“, sagt Nadine Göppert, „das heißt, wir geben den Farbstoff zu einem definierten Zeitpunkt innerhalb eines Tages ein. Die Schadstoffquellen aber haben in der Vergangenheit kontinuierlich Schadstoffe abgegeben. Sie wären deswegen höher konzentriert und viel länger nachweisbar.“ Die Versuche von 1999 haben sogar ergeben, dass Schadstoffe, die an bestimmten Stellen in den Aquifer gelangen, innerhalb weniger Wochen alle Quellen erreichen und dort mehrere Jahre nachweisbar sind. Außerdem konnte mit großer Beweiskraft gezeigt werden, wo das Zustromgebiet auf die hoch mineralisierten Quellen endet und wo die Trennstromlinie wirklich verläuft.

Nico Goldscheider ist froh über die Forschungsaufträge vom Stuttgarter Amt für Umweltschutz: „Für uns ist es eine tolle Gelegenheit, an der Untersuchung dieses einzigartigen und überragend wichtigen, artesischen Mineralwassersystems beteiligt zu sein.“ Das Stuttgarter Mineralwasser ist sehr reich an gelösten Mineralstoffen. „Es gibt etliche Brunnen im Stadtgebiet, an denen die Stuttgarter ihre Flaschen abfüllen. Und darauf sind sie auch stolz. Es ist für alle ein großer Wert, den es zu schützen gilt.“ ■

Kontakt: nico.goldscheider@kit.edu und nadine.goeppert@kit.edu

Dye in Sparkling Mineral Water

20 Years of Tracer Experiments with Stuttgart Mineral Water

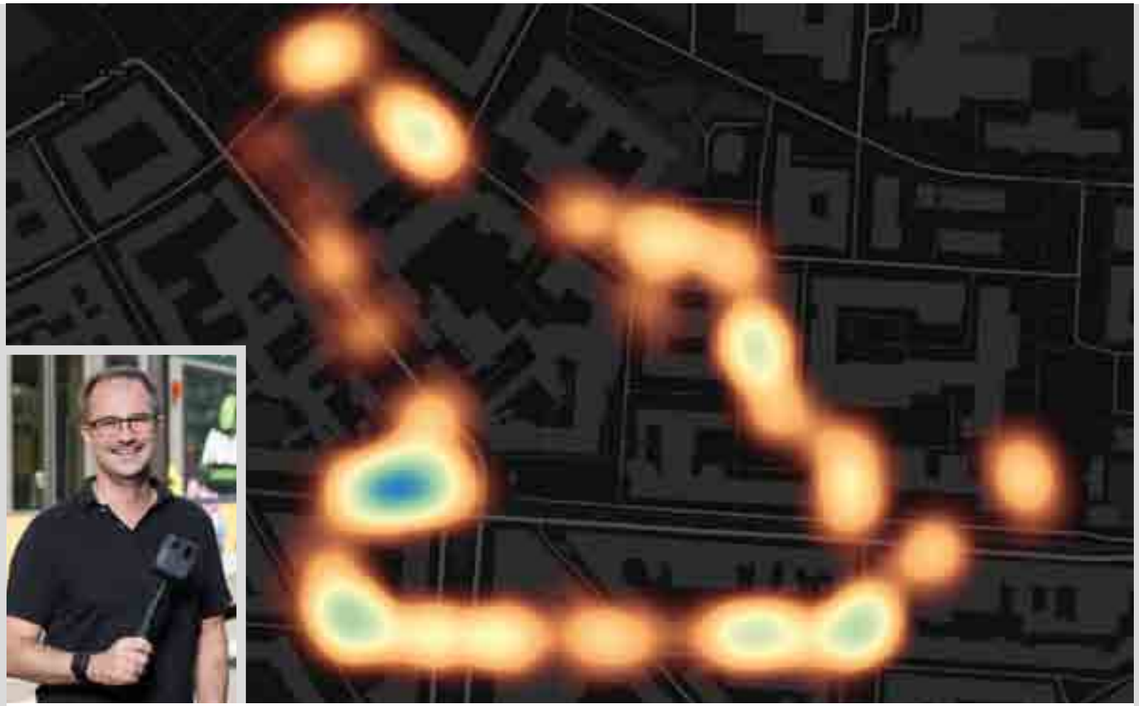
TRANSLATION: RALF FRIESE

The ground beneath the city of Stuttgart contains Germany’s largest mineral water system. Protecting it from harmful contamination is a continuing challenge. Tracer experiments make important contributions to this effort. Dyes which are safe for humans and for eco-toxicology, so-called tracers, are added to the water system. When and if dye appears at some other point, the existence of a link between the points is demonstrated. Measurements also determine the speed at which water flows and the concentration of the materials added. This allows pollutant propagation to be simulated. Over the past twenty years, Professor Nico Goldscheider and Dr. Nadine Göppert of the Division of Hydrogeology of the Institute of Applied Geosciences performed several large tracer experiments in Stuttgart. They proved the existence of numerous underground flowpaths and connections. Among other findings, the first tracer experiments showed that the underground influx of the most important highly mineralized sources runs right below downtown Stuttgart. The most recent experiment just concluded confirms the existence of a presumed flow line separating highly and poorly mineralized springs. ■

Contact: nico.goldscheider@kit.edu and nadine.goeppert@kit.edu

ANZEIGE





AUF EINE FRAGE KIT

KÖNNEN MENSCHEN EINE STADT FÜHLEN?

TELL ME, ARE PEOPLE ABLE TO FEEL A CITY?

VON DOMENICA RIECKER-SCHWÖRER // TRANSLATION: RALF FRIESE // FOTO: URBAN EMOTIONS, PORTRAIT: PATRICK LANGER

„Ja, auf eine gewisse Art schon“, sagt Dr. Peter Zeile, Forschungsgruppenleiter am KIT im Fachgebiet Stadtquartiersplanung. „In unserem Forschungsprojekt Urban Emotions versuchen wir sogar, eine neue Sichtweise auf den Körper Stadt zu entwickeln. Dabei stellt der Mensch das zentrale Messelement dar.“

Die dabei erzielten Ergebnisse sollen traditionelle Planungsmethoden keineswegs ersetzen, sondern sie unterstützen. „Das Verfahren funktioniert mithilfe von Freiwilligen, die sich digital vernetzt durch den urbanen Raum bewegen und dabei alle an sich selbst gemessenen sowie beobachteten oder automatisch erfassten Umgebungsdaten zur Verfügung stellen“, so Zeile. Zur Identifizierung von städtischen Hotspots, in denen die Probanden Stress verspüren, müsse lediglich eine steigende Hautleitfähigkeit bei gleichzeitig sinkender Hauttemperatur identifiziert werden. Dieses Muster für eine negative Erregung sei allgemein bekannt: der kalte Angstschweiß. Durch das gleichzeitig abgegebene GPS-Signal könne die Erregung an einem Punkt innerhalb der Stadt zugeordnet werden, erklärt Peter Zeile.
Diese Punkte seien wiederum für Planer sehr interessant, denn sie markieren Orte, wo sich die Probandinnen und Probanden offensichtlich unwohl fühlten. Nach einer Prüfung vor Ort durch Fachleute könne dann entschieden werden, ob ein städtebaulicher Missstand bestehe, der durch eine planerische Intervention beseitigt werden könnte. Unterstützend zeichneten Kameras in Ego-Perspektive die einzelnen Läufe auf, je nach Datenlage könnten auch Social-Media-Feeds hilfreiche Informationen zu neuralgischen Punkten und raumrelevanten Themen liefern. ■
Kontakt: peter.zeile@kit.edu

“I think they can, in a way,” says Dr. Peter Zeile, research group leader at the KIT area of Urban Quarter Planning. “We even try, in our Urban Emotions research project, to develop a new way of seeing the city as a body. In this approach, persons are the key measuring component.”

The results achieved in this way are not meant to replace traditional planning methods but rather support them. “The procedure works with the help of volunteers moving through urban space in a digitally interconnected form and, in doing so, making available all environmental data they measured in themselves or observed or scanned automatically,” says Zeile. Urban hot spots where test persons felt stress could be identified simply by measuring rising conductivity of the skin accompanied by decreasing skin temperature. This pattern of negative excitation is generally known as cold sweat. Tagging the measurement with a GPS signal allowed this excitation to be attributed to particular points within the city, explains Peter Zeile.

These points, in turn, were very interesting to planners, as they marked places where test persons obviously did not feel well. Expert examination at the spot then made it possible to determine whether there was a failure in urban construction which could be corrected by planning intervention. In addition, cameras recorded the individual runs in an ego perspective; depending on the availability of data, social-media feeds could also supply helpful information about sensitive spots and space-related topics. ■

Contact: peter.zeile@kit.edu

Links oben: In der Leitwarte von KATRIN laufen alle Informationen über den Zustand des Experiments und die Messdaten zusammen.

Top left: All information on the status of the experiment and the data measured are pooled in the control room of KATRIN

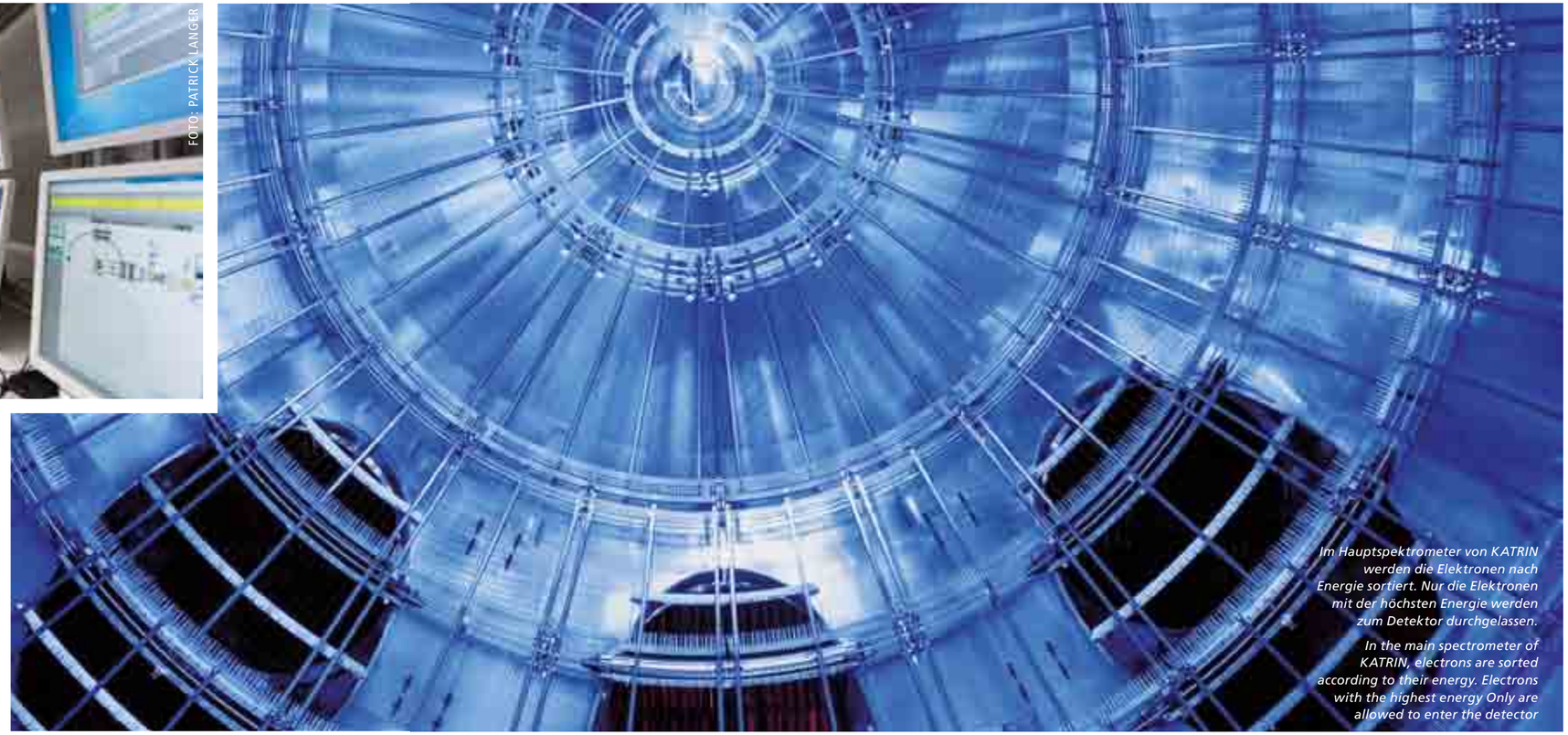
Links unten: In der Aufbauphase des KATRIN-Experiments installieren Techniker die letzten großen Flansche am Hauptspektrometertank.

Bottom left: In the assembly phase of the KATRIN experiment, technicians install the last big flanges on the main spectrometer tank



FOTO: PATRICK LANGER





Im Hauptspektrometer von KATRIN werden die Elektronen nach Energie sortiert. Nur die Elektronen mit der höchsten Energie werden zum Detektor durchgelassen.

In the main spectrometer of KATRIN, electrons are sorted according to their energy. Electrons with the highest energy Only are allowed to enter the detector

Den Geisterteilchen auf der Spur

DIE GENAUESTE WAAGE DER WELT SOLL DIE MASSE DER GEHEIMNISVOLLEN NEUTRINOS BESTIMMEN

VON DR. JOACHIM HOFFMANN // FOTOS: MARKUS BREIG

Am 11. Juni 2018 war es soweit: Am KIT wurden zum Start der Tritiummessungen von KATRIN (KArlsruhe TRItium Neutrino) gleichzeitig viele rote Knöpfe gedrückt. Alle der insgesamt 16 Startgeber sind KATRIN eng verbunden: entweder in ihrer Rolle als nationale und internationale Zuwendungsgeber oder in ihrer leitenden Funktion in der knapp 200-köpfigen KATRIN-Kollaboration, zum Teil seit ihrer Gründung im Jahre 2001. Nachdem alle roten Knöpfe gedrückt waren, sprang ein Lichtsignal von Rot auf Grün. Dies signalisierte, dass die ersten Elektronen aus Beta-Zerfällen von Tritiumgas in der KATRIN-Quelle durch Magnetfelder über das riesige Hauptspektrometer zum sogenannten Fokalebenendetektor geleitet wurden. Die dabei erzeugten elektronischen Signale ließen das in der FTU projizierte Bild des Detektors aufleuchten, dies führte bei den mehr als 400 Gästen aus vielen Ländern zu lang anhaltendem Applaus und großer Freude. Der reibungslose Start von KATRIN markiert den Beginn einer mehrjährigen Messphase des Experiments zur Bestimmung der Masse des leichtesten bekannten Materieteilchens, des Neutrinos.

Neutrinos spielen eine wichtige Rolle bei der Gestaltung der sichtbaren Strukturen im Kosmos und in unserem Verständnis, wie Elementarteilchen ihre Masse erhalten. Ihre Masse ist um viele Größenordnungen kleiner als die Masse von Elektronen oder Quarks. Die derzeitige Obergrenze für die Neutrinomasse von 2 eV wurde durch Vorläuferexperimente in Mainz und Troitsk bestimmt. Als präziseste Waage der Welt soll KATRIN nun die Neutrinomasse um einen Faktor 10 präziser vermessen: Dazu muss die die experimentelle Empfindlichkeit um zwei Größenordnungen verbessert werden. „KATRIN wird als absolutes Hightech-Experiment in den nächsten Jahren in bisher unerforschtes Neuland vorstoßen und uns dabei wichtige neue Erkenntnisse zu Schlüsselfragen der Teilchenphysik und Kosmologie liefern", freut sich Guido Drexlin, Professor am Institut für Experimentelle Teilchenphysik des KIT und wissenschaftlicher Co-Sprecher der internationalen KATRIN-Kollaboration.

Das KATRIN-Experiment benutzt eine hochintensive Tritiumquelle, in der Tritium durch Betazerfall zu Helium-3 zerfällt. Die dabei freigesetzte Energie von 18 600 Elektronenvolt teilt sich auf das beim Zerfall entstehende Elektron und Neutrino auf. Die Neutrinos verlassen das Experiment ungehindert und nehmen dabei Energie mit, die den Elektronen fehlt. Diese Tatsache ist ganz besonders interessant, wenn die Elektronen fast die gesamte Energie des Zerfalls aufweisen, da dann das Neutrino – entsprechend Einsteins weltberühmter Formel $E=mc^2$ – nur die seiner Ruhemasse entsprechende Energie wegträgt. Dies führt dazu, dass das Energiespektrum der Elektronen aus dem Tritiumzerfall um einen winzigen Betrag (d. h. die Neutrinoruhemasse) verschoben ist gegenüber dem theoretischen Energiespektrum für masselose Neutrinos. Da diese Zerfälle mit einer extrem ungleichen Energieverteilung zwischen Elektron und Neutrino sehr selten vorkommen, sind insgesamt 5 Jahre Messzeit erforderlich, um bei den höchsten Energien eine ausreichende Zählrate zu bekommen.

Die Energiemessung der höchstenergetischen Elektronen erfolgt im riesigen Hauptspektrometer von KATRIN durch das Anlegen einer sehr präzisen Hochspannung, die nur die Elektronen mit quasi maximaler Energie überwinden können, die dann im Detektor gezählt werden. Niederenergetische Elektronen werden durch die Gegenspannung am Spektrometer reflektiert und laufen zurück zur Quelle, hinter der sie absorbiert werden. Um sicherzustellen, dass nur Elektronen und keine neutralen Tritiummoleküle aus der fensterlosen Quelle ins Hauptspektrometer gelangen, müssen in einer mehrstufigen Pumpstrecke alle in die Tritiumquelle eingespeisten Gasmoleküle wieder entfernt werden.

Die Aufbauphase von KATRIN bis zur jetzigen Inbetriebnahme mit Tritium gleicht einem Ma-



Professor Guido Drexlin, wissenschaftlicher Co-Sprecher der internationalen KATRIN-Kollaboration, freut sich über den gelungenen Start von KATRIN.

Professor Guido Drexlin, Scientific Co-spokesperson of the international KATRIN collaboration, is happy about the successful start of KATRIN



Schon der Transport des Hauptspektrometers zum KIT war spektakulär: Nach einer Reise rund um Europa lief die letzte Etappe durch die Häuserreihen von Leopoldshafen.

Transportation of the main spectrometer to the KIT already was spectacular: After traveling all around Europe, the last leg went through the rows of houses of Leopoldshafen

rathon: Das bekannteste Bauteil, das riesige Hauptspektrometer mit einer Länge von 24 Metern und einem Durchmesser von zehn Metern wurde bereits 2006 am KIT aufgestellt. Zuvor wurde auf es einem 8000 Kilometer langen Seeweg über das Meer, und auf den letzten Kilometern unter der Begleitung von über 30.000 Schaulustigen angeliefert. Das Foto, auf dem das „silberne Raumschiff" über die Häuser der Leopoldstraße in Leopoldshafen ragt, ging um die Welt und wurde zu einem der BBC-Fotos des Jahres gewählt. Das Spektrometer ist seit mehreren Jahren der weltgrößte Ultrahochvakuum-Behälter: In seinem Inneren ist der Druck so niedrig wie an der Mondoberfläche.

Als weiterer wichtiger Meilenstein wurde im September 2015 die letzte Großkomponente von KATRIN ins Tritiumlabor Karlsruhe (TLK) angeliefert, ein rund 25 Tonnen schwerer und 16 Meter langer Kryostat, der die hochintensive, gasförmige Tritiumquelle aufnimmt. Das TLK liefert mit seiner weltweit einzigartigen Infrastruktur und Expertise das benötigte hochreine Tritiumgas zum Betrieb der Quelle und garantiert den erforderlichen geschlossenen Gaskreislauf mit einem täglichen Durchsatz von 40 Gramm.

Knapp ein Jahr nach Anlieferung der letzten Schlüsselkomponente erfolgte im Herbst 2016 bereits die technische Inbetriebnahme von KATRIN. Im Rahmen der „First Light"-Kampagne durchflogen die ersten niederenergetischen Elektronen – noch aus einer Photo-Elektronenquelle – das 70 Meter lange Experiment. Bei der wissenschaftlichen Inbetriebnahme am 11. Juni kamen diese Elektronen nun aus den Betazerfällen von Tritium in der Quelle.

Bei den umfangreichen Inbetriebnahme-Messungen der letzten Jahre konnte das KATRIN-Team viele technische Neuerungen erfolgreich erproben und dabei einige „Weltrekorde" aufstellen. „Eine besondere Erfolgsgeschichte ist das ultrapräzise Hochspannungssystem und das 700 Quadratmeter große Drahtelektrodensystem für das große Spektrometer. Ohne derartige Entwicklungen würde KATRIN nicht die gewünschte Empfindlichkeit auf die Neutrinomasse erreichen können", erläutert Professor Christian Weinheimer von der Universität Münster, ebenso wie Guido Drexlin wissenschaftlicher Co-Sprecher von KATRIN, der mit seiner Gruppe durch die Entwicklung und den Bau wichtiger Komponenten sehr sichtbar zum Erfolg des Projekts beigetragen hat. Zahlreiche der für KATRIN entwickelten Technologien finden bereits jetzt in anderen Experimenten und sogar in anderen Disziplinen Anwendung. Das internationale Team konnte vor Kurzem einen letzten wichtigen Erfolg feiern: Die sehr anspruchsvollen Anforderungen an die Stabilität der Quelle konnten um mehr als eine Größenordnung unterboten werden.

Nach vielen Jahren der Planung und des Aufbaus sowie der Inbetriebnahme der Großkomponenten des Experimentaufbaus freuen sich die Mitglieder der internationalen KATRIN-Kollaboration aus 20 Institutionen in sieben Ländern, dass die Messungen nun begonnen haben. „Ich bin besonders stolz auf unser enthusiastisches Team mit seinem unglaublichen Einsatz und seiner breiten Expertise", betont Guido Drexlin, der als Projektleiter auch den Aufbau von KATRIN am KIT koordinierte. „Mein besonderer Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung und der Helmholtz-Gemeinschaft, die den Aufbau von KATRIN über viele Jahre unterstützt und finanziert haben."

KATRIN ist gestartet. „Der Weg war voller Herausforderungen. Jetzt stehen wir am Start und freuen uns auf spektakuläre und überraschende KATRIN-Resultate, in guter Tradition der Neutrinophysik der letzten Jahrzehnte", schauen Guido Drexlin und Christian Weinheimer und das gesamte KATRIN-Team erwartungsvoll nach vorne bis weit ins nächste Jahrzehnt. ■

Kontakt: guido.drexlin@kit.edu

Tracking Down the Spurious Particles

The World's Most Precise Balance Will Determine the Mass of the Mysterious Neutrino

TRANSLATION: RALF FRIESE

It finally happened on June 11, 2018: Many red buttons were pushed simultaneously at KIT to start the tritium measurements of the KATRIN (KArlsruhe TRItrium Neutrino) experiment. After they had been pushed, a light signal switched from red to green, thus indicating that the first electrons originating from beta decays of tritium gas in the KATRIN source were passing through magnetic fields over the huge main spectrometer to the so-called focal plane detector. The smooth start of KATRIN marks the beginning of many years of measurement in the experiment to determine the mass of the lightest known particle of matter, the neutrino.

Neutrinos are the lightest, most common, but also most elusive particles in our Universe. They are electrically neutral, interacting with their environment only through gravitation and the so-called weak nuclear force. Until recently, neutrinos were described in the standard model of particle physics as particles without mass. However, observations of atmospheric and solar neutrinos in the past few years have shown that neutrinos do have a low mass. However, the magnitude of that mass is still unknown.

The KATRIN experiment is targeted to determine the neutrino mass to a precision of 0.2 eV/c2. It is a visionary experiment that builds on earlier tritium ß-decay experiments. To that end, it is equipped with a more powerful source and more refined detectors. European and American scientists cooperate in the venture. ■

Contact: guido.drexlin@kit.edu

ANZEIGEN



Messtechnik mit Durchblick.

DIE ZUKUNFT IST EINE MESSAUFGABE. WIR DENKEN HEUTE DARÜBER NACH.

Wer aussichtsreiche Sensortechnik in einem fortschrittlichen Team entwickeln will, muss Verbindungen knüpfen – zwischen Mensch und Technik, analytischem Denken und emotionaler Intelligenz. Vielleicht sind wir bei burster deshalb technologisch und sozial oft einen Schritt voraus.

Möchten Sie zu unserem Netzwerk gehören?

Wir suchen Sie für unsere Produktentwicklung:
MySensor – kundenspezifische Sensoren

- **Messtechnik:** Sensoren für mechanische Industrieanwendungen
- **Kundenprojekte:** Zuhören, Verstehen, Analysieren, Umsetzen
- **Zusammenarbeit:** mit erfahrenen Kollegen in spannenden Projekten
- **Sie:** Ideen, Wünsche, Werte, Vorstellungen

Ihre direkte Verbindung zu uns: www.burster.de/jobs



Weiterbilden. Weiterkommen.
MASTERSTUDIENGANG
TECHNOLOGIE-MANAGEMENT

Hochschule Augsburg
University of Applied Sciences
Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Berufsbegleitend zum Master of Engineering

Informationsveranstaltung für einen Studienbeginn im März 2019

Do., 08.11.2018, 19 Uhr

An der Hochschule 1
86161 Augsburg
Campus am Brunnenlech
Gebäude A, Raum A 3.09

Anmeldung:
tm@hs-augsburg.de
www.hs-augsburg.de

Neues Glas

EIN GLAS-KUNSTSTOFF-KOMPOSIT ERÖFFNET VIELFÄLTIGE MÖGLICHKEITEN

VON JUTTA WITTE // FOTOS: MARKUS BREIG



Das sogenannte Glassomer besteht zu 60 Prozent aus Glaspartikeln und zu 40 Prozent aus Kunststoffpartikeln

The so-called glassomer consists of 60% glass particles and 40% plastic particles

Glas gehört zu den ältesten Werkstoffen der Welt. Vorratsgefäße, Trinkpokale, Fenster, Glühbirnen, Labortechnik, Linsen, Flachbildschirme, Datenkabel und künftig vielleicht auch Implantate: Die Nutzungsmöglichkeiten sind so vielfältig wie die Herstellungstechniken und Rezepturen. Siliziumdioxid (SiO_2), besser bekannt als Quarzsand, ist die wichtigste Ingredienz von Glas. Als Hochleistungswerkstoff für Industrie und Forschung hat es große Potenziale. Doch die hohe Schmelztemperatur und die Formung der Glasschmelze bleiben eine Herausforderung. Wissenschaftler am KIT bearbeiten SiO_2 wie Kunststoff und könnten damit den Weg in die Massenproduktion öffnen.

Schmelzen, Läutern, Formen und Kühlen waren schon bei den alten Ägyptern und Römern die Prozessschritte, um Glas herzustellen. Sie brauchten dafür Sand, dem sie Pottasche zum Absenken der Schmelztemperatur, Kalk für eine bessere Qualität und Soda zur Läuterung, also Entfernung von Gasblasen, beimengten. Am Anfang schmolz man die Mischung bei 1400 Grad Celsius, kühlte die Schmelze auf 900 Grad Celsius herunter und wickelte sie dann um einen Kern aus Sand, der nach dem Auskühlen heraus gekratzt wurde – ein Balanceakt, denn, ist die Schmelze zu heiß, zerfließt sie, ist sie zu kalt, kann man sie nicht formen.

Die Kunst des Glasblasens gibt es erst seit Erfindung der Glasmacherpfeife im Jahr 200 v. Chr. Nach dem Untergang des römischen Reiches setzte sie sich über Byzanz und Venedig in ganz Europa durch. Glas, zunächst vor allem für Luxusgüter attraktiv, entwickelte sich weiter zum Werkstoff für Gebrauchsgegenstände und die industrielle Produktion. „Vieles rund um die frühen Entwicklungen hat sich schon um die Frage gedreht: Wie kann man die hohen Schmelztemperaturen senken?“, sagt Dr. Bastian Rapp. Er leitet am KIT das NeptunLab, eine interdisziplinäre Gruppe aus Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern, die sich mit der reinsten Form von Glas befassen. Im Fokus ihrer Forschung steht das sogenannte Quarzglas, das zu hundert Prozent aus Siliziumdioxid besteht und das Zeug zum Werkstoff der Zukunft hat.

„Überall dort, wo wir eine hohe Lichtdurchlässigkeit sowie eine große Resistenz gegenüber thermischen, chemischen und physikalischen Einwirkungen brauchen, ist Quarzglas der Werkstoff der Wahl“, so der Maschinenbauingenieur. Denn für den Einsatz in Hightech-Produkten, die heute in der Optik, Mikroelektronik, Medizintechnik, Biotechnologie oder Datenverarbeitung gefragt sind, ist das „verunreinigte, spröde und wenig transparente“ Kalk-Natron-Glas nicht geeignet. Will man allerdings SiO_2 schmelzen, braucht man mehr als 2000 Grad Celsius. „Das hält nicht einmal Metall aus“, sagt Rapp. „Wir haben also kein Formwerkzeug für reines Glas, das für die Massenproduktion geeignet wäre.“ Dies ist unter anderem der Grund, warum in diesen Bereichen überwiegend Kunststoffe eingesetzt werden. Denn Polymere schmelzen bei 100 bis 200 Grad. Sie danach in Formen zu gießen, nach dem Aushärten umzuformen oder auch additiv mittels 3-Druck weiter zu bearbeiten, ist inzwischen „state of the art“.

Um reines Quarzglas zu strukturieren, gibt es derzeit im Wesentlichen nur zwei Methoden: entweder durch Lasern – ein Verfahren, das sich nicht für jede Struktur eignet und Materialrückstände an der Oberfläche hinterlassen kann – oder Ätzen mit Flusssäure, ein gefährlicher chemischer Prozess. „Hochreines Quarzglas und seine hervorragenden Eigenschaften mit einer einfachen Technologie zu dessen Strukturierung zu verbinden, ist eine riesen Herausforderung“, betont Rapp. Seit 2015 entwickeln er und sein Team neue Verfahren für die industrielle Glasbearbeitung. Die Forschergruppe, die seit 2014 im Rahmen des Nachwuchswettbewerbs „NanoMatFutur“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird, „denkt Glas anders“.

Statt große Glasblöcke mittels Laserbearbeitung oder Ätzen in Form zu bringen, setzen die Wissenschaftler bei den kleinsten Glasteilchen an. Sie rühren Glaspartikel in der Größe von 40 Nanometern in flüssigen Kunststoff ein, formen das Gemisch wie „einen Sandkuchen“ und härten es durch Erwärmung oder Belichtung zu einem Feststoff aus, der zu 60 Prozent aus Glaspartikeln und zu 40 Prozent aus Kunststoff besteht. Die Polymere wirken dabei wie ein Kleber, der die Glaspartikel an der richtigen Stelle festhält und so die Form fixiert. Dies ist die Ausgangsbasis für alle neuen Verfahren, die das Team inzwischen für die Weiterverarbeitung des Glas-Kunststoff-Komposits, genannt „Glassomer“, entwickelt hat.

Es zeigt sich, dass man nicht nur das flüssige Komposit in eine Form gießen und mittels klassischer Polymerisation aushärten kann. Mittlerweile haben die Experten auch ein Verfahren entwi-



Dr. Bastian Rapp leitet am KIT das NeptunLab

Dr. Bastian Rapp heads the NeptunLab at KIT



Gefräst, gedreht, gelasert oder in CNC-Maschinen bearbeitet: Glassomer hat unzählige Verwendungsmöglichkeiten

Milled, turned, lasered, or processed in CNC machines: Glassomer has countless applications

New Glass

A Glass-plastic Composite Opens up Various Opportunities

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Glass is one of the oldest materials in the world. Its uses are as diverse as are its production techniques and compositions. Silicon dioxide (SiO_2), better known as quartz sand, is the most important ingredient of glass. It has great potential as high-performance material for industry and research. Its high melting point and the formation of the glass melt, however, remain a challenge. Scientists of KIT process SiO_2 just like polymer and, thus, could open up the path to mass production.

Dr. Bastian Rapp heads the NeptunLab at KIT, an interdisciplinary group of early-career researchers dealing with the purest form of glass. Their research focuses on the so-called quartz glass that is made of 100% silicon dioxide and has what it takes to become the material of the future.

Instead of forming large glass blocks by laser processing or etching, the scientists begin with the smallest of glass particles. They stir 40 nm glass particles into liquid plastic, mold the mix just like a "cake," and harden it to a solid by heating or exposure to light. The solid consists of 60% glass particles and up to 40% polymer. The polymers act like adhesives that keep the glass particles in the right locations and hence, fix the form. This is the basis for all new methods that have been developed by the team for the further processing of the glass-plastic composite, called GLASSOMER. Meanwhile, the experts also have designed a process suited for 3D printing, or additive manufacturing.

Based on their experience with SiO_2, the NeptunLab scientists now plan to extend research to hybrid glass forms, such as glass ceramics. And GLASSOMER GmbH, a spinoff of KIT, will commercialize the new material. ■

Contact: bastian.rapp@kit.edu

ckelt, das sich für den 3-D-Druck und damit für die additive Fertigung eignet. Die neueste Innovation Glassomer wird in einer Standardform – einer Platte oder Stange – ausgehärtet. Danach kann es wie ein herkömmlicher Kunststoff gefräst, gedreht, gelasert, oder auch in CNC-Maschinen bearbeitet werden. „Damit öffnen wir die gesamte Bandbreite der Polymerformtechnik für Glas", betont Rapp.

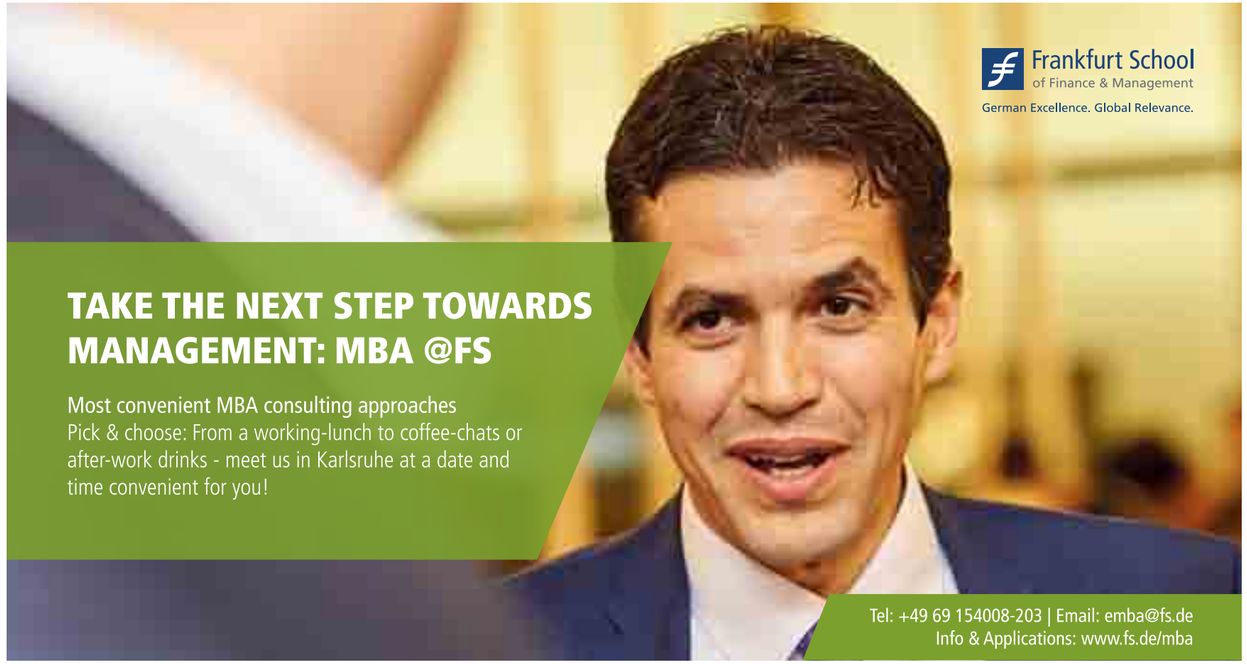
Zum Beispiel für die Herstellung von Hightech-Linsen, die unter anderem in Smartphones zum Einsatz kommen: Die Wissenschaftler fertigen nach Herstellung und Aushärtung der Glas-Kunststoff-Schmelze zunächst eine Stange aus Glassomer, spannen sie in eine Werkzeugmaschine und drehen die Linsen heraus. Für ein hochreines Quarzglas müssen sie danach die Polymere in den Linsen wieder entfernen. Hierfür werden sie in einem Ofen bei 500 bis 600 Grad erhitzt. Der Kunststoff verbrennt dabei vollständig zu CO_2. Um die hierbei entstehenden Lücken im Material zu schließen, werden die Linsen bei 1300 Grad gesintert, ein Prozess, bei dem die verbleibenden Glaspartikel zu porenfreiem Glas verdichten. Die beiden letzten Schritte, das Erhitzen und Sintern, verlaufen bei der Polymerisation und beim 3-D-Druck genauso.

Urformung, additive Fertigung und Umformung: Alle Verfahren, die bislang nur in der Massenverarbeitung von Kunststoff funktionieren, könnten so auch bei hochreinem Quarzglas zum Einsatz kommen. „Damit können wir ganze Industrien verändern", glaubt Rapp. Glassomer biete nicht nur der glasverarbeitenden Industrie, sondern auch den späteren Endkunden neue Möglichkeiten. Würde man Spezialkunststoffe durch Quarzglas ersetzen, könne die Qualität der Produkte ebenso steigen wie ihre Umweltbilanz; die Produktionskosten könnten sinken. Denn Siliuiumdioxid ist unabhängig von fossilen Energieträgern und nachhaltig in der Verwendung, es verursacht keinen Sondermüll und steht buchstäblich „wie Sand am Meer" zur Verfügung. Insofern hat sich in seiner Geschichte wenig verändert.

Im „NeptunLab" wollen sie nun ausgehend von den Erfahrungen mit SiO_2 die Forschungen auf hybride Glasformen, zum Beispiel Glaskeramiken, ausweiten. Und über die „Glassomer GmbH", eine Ausgründung des KIT, soll der neue Werkstoff auf den Markt kommen. Das Interesse in der Industrie, sagt Rapp, sei groß. ■
Kontakt: bastian.rapp@kit.edu

ANZEIGEN





AACSB ACCREDITED EFMD EQUIS ACCREDITED











KIT BIG BAND BEIM MONTREUX JAZZ FESTIVAL 2018

KIT BIG BAND AT THE 2018 MONTREUX JAZZ FESTIVAL

VON DOMENICA RIECKER-SCHWÖRER // TRANSLATION: RALF FRIESE // FOTOS: PRIVAT

Let it swing: An zwei Nachmittagen im Juli ließ die KIT Big Band beim legendären Montreux Jazz Festival das Publikum in ihr Programm aus Latin, Rock, Funk und Swing eintauchen. „Wir haben uns riesig gefreut, bei einem so renommierten Festival wie dem Montreux Jazz Festival, auf dem schon fast alle großen Namen der Jazzgeschichte gespielt haben, überhaupt zugelassen zu werden", erzählt der Leiter Dr. Günter Hellstern. „Obwohl wir schon im Jahr 2005 beim Festival aufgetreten waren, mussten wir uns auch dieses Mal wieder formell mit Demoaufnahmen, Bildern und einer Referenzenliste bewerben."

Während die großen Stars in den Sälen des Montreux Kongresszentrums spielen, gibt es für die ausgewählten Ensembles das Format „Music in the Park", bei dem Bands überwiegend aus Europa und den USA über die Dauer des zweiwöchigen Festivals Open-Air-Konzerte geben. Hier ist es der KIT Big Band gelungen, zwei der begehrten Wochenend-Konzerttermine für ein je 90-minütiges Konzert auf der großen Bühne direkt am Genfer See zu ergattern. Mit einem auf das Festival zugeschnittenen Programm und dank der beiden Vokalsolisten Marlene Helm, Bauingenieurstudentin, und Rafiandi Giri, Wirtschaftsingenieurstudent, das Publikum anzuziehen und zu begeistern.

„Für die 22 Musikerinnen und Musiker der KIT Big Band war es nicht nur interessant, den Betrieb auf einer professionell organisierten Festival-Bühne hautnah zu erleben, sondern auch die Erfahrung, mit den richtigen musikalischen Konzepten und einer sehr guten Teamleistung unter den vielen hochwertigen Bands eines internationalen Festivals bestehen zu können", resümiert Günther Hellstern den für alle Musikerinnen und Musiker unvergesslichen Auftritt. ■

Info: www.bigband.kit.edu

Let it swing: On two afternoons in July, the KIT Big Band entertained its audience at the renowned Montreux Jazz Festival with a program made up of Latin, rock, funk, and swing. "We were really happy to have been invited at all to a festival as renowned as the Montreux Jazz Festival, at which nearly all the great names in the history of jazz have played," says leader Dr. Günter Hellstern. "Although we had appeared at the festival back in 2005, we again had to apply formally with demonstration recordings, pictures, and a list of references."

While the great stars play in the halls of the Montreux Congress Center, there is the "Music in the Park" format for selected ensembles where bands mainly from Europe and the USA present open-air concerts throughout the two-week festival. The KIT Big Band succeeded in securing two of the coveted weekend dates for one 90-minute concert each on the big stage right next to Lake Geneva. A program tailored to the festival, and the two vocalists, Marlene Helm, a civil engineering student, and Rafiandi Giri, a business engineering student, managed to attract and fascinate the audience.

"For the 22 musicians of the KIT Big Band, it was not only interesting to acquire first-hand experience in working on a professionally organized festival stage, but also to see that the right musical concepts and excellent team playing allowed them to succeed among the many high-grade bands of an international festival," says Günter Hellstern, summarizing an experience unforgettable to all musicians. ■

Info: www.bigband.kit.edu

IMPRESSUM / IMPRINT

Herausgeber/Editor
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
Präsident Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka
Postfach 3640 // 76021 Karlsruhe // Germany
www.kit.edu
KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft
KIT – The Research University in the Helmholtz Association

Zertifikat seit 2010 audit familiengerechte hochschule

AUFLAGE/CIRCULATION

15 000

REDAKTIONSANSCHRIFT/EDITORIAL OFFICE

Strategische Entwicklung und Kommunikation/
Strategic Corporate Development and Communication
Leiterin: Alexandra-Gwyn Paetz
SEK-Gesamtkommunikation, Leiterin: Monika Landgraf
Postfach 3640 // 76021 Karlsruhe

REDAKTION/EDITORIAL STAFF

Domenica Riecker-Schwörer (verantwortlich/responsible) <drs>
Tel./Phone: 0721 608-21163 // E-Mail: domenica.riecker-schwoerer@kit.edu

BILDREDAKTION/COMPOSITION OF PHOTOGRAPHS

Gabi Zachmann und Dienstleistungseinheit Allgemeine Services/Dokumente
General Services Unit/Documents Group

Nachdruck und elektronische Weiterverwendung von Texten und Bildern nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Redaktion.

Reprint and further use of texts and pictures in an electronic form require the explicit permit of the Editorial Department.

ÜBERSETZUNG/TRANSLATION

Dienstleistungseinheit Internationales/Sprachendienst
International Affairs Service Unit/Translation Services
Byron Spice

KORREKTORAT/PROOFREADING

Dr. Grit Zacharias // www.lektorat-zacharias.de

ANZEIGENVERWALTUNG/ADVERTISEMENT MANAGEMENT

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

LAYOUT UND SATZ/LAYOUT AND COMPOSITION

modus: medien + kommunikation gmbh // Albert-Einstein-Str. 6
76829 Landau // www.modus-media.de
Mediengestaltung: Julia Eichberger

Grafik-Design: Christine Heinrich // www.christine-heinrich.design

DRUCK/PRINT

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

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

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

lookKIT

Starte Deine IT-Karriere in Stuttgart!



Werkstudent / Praktikant
in der Softwareentwicklung / Beratung (m / w)

Abschlussarbeiten
vielfältige Themen in den Bereichen Smart Factory und IoT (m / w)

Berufseinsteiger
Direkteinstieg / Traineeprogramm (m / w)

Franziska Voeltz, HR Recruiter I +49 385 39572-27 I personal@t-h.de I www.t-h.de/karriere
Trebing & Himstedt Prozeßautomation GmbH & Co. KG | Friedrichstraße 15 | 70174 Stuttgart | Germany
TREBING + HIMSTEDT SAP Leonardo



Nachwuchsführungskraft (w/m)

im Bereich Bau & Immobilien

Starten Sie durch in einem erfolgreichen internationalen Handelsunternehmen, das auf Leistung, Dynamik und Fairness setzt. Allein in Deutschland tragen unsere rund 75.000 Mitarbeiter mit ihrem Engagement entscheidend zu unserem Erfolg bei.

Gehen Sie bei uns die ersten Schritte Ihrer Karriere und übernehmen Sie in einer unserer Niederlassungen Verantwortung für Bau- und Immobilienprojekte.

Ihre Einstiegsmöglichkeiten
Sie haben die Möglichkeit in unseren verschiedenen Bereichen wie zum Beispiel der Immobilienentwicklung, dem Bauprojekt - und Baubestandsmanagement, dem Beschaffungsmanagement, der Vermietung oder dem kaufmännischen Facility Management einzusteigen. Wählen Sie dabei zwischen einem:

- **Direkteinstieg** oder
- **Traineeprogramm**

Ihre Vorteile
Freuen Sie sich auf verantwortungsvolle und spannende Aufgaben in einem dynamischen Team. Profitieren Sie von einer motivierenden Arbeitsatmosphäre, die von gegenseitiger Wertschätzung geprägt ist. Neben vielfältigen Entwicklungsmöglichkeiten erwartet Sie eine attraktive Vergütung.

Ihr Kontakt
Selina Beck | Recruiting

Werden Sie Teil unseres Teams und starten Sie gemeinsam mit uns in eine erfolgreiche Zukunft.

Entdecken Sie mehr auf kaufland.de/karriere

Technik. Menschen. Spannung.

Steig ein und beweg was bei uns!

Werde Teil eines international tätigen Unternehmens und starte Deine Karriere im Maschinenbau bei GPA-Jakob, einer soliden Adresse in der Welt der Pressenautomation.

Das duale Studium findet in Kooperation mit der Dualen Hochschule in Karlsruhe statt. Dabei unterstützt Du in den Praxisphasen unser Team bei der täglichen Arbeit und kannst erste Erfahrungen in der Arbeitswelt sammeln.

Für die Jahre 2018/2019 bieten wir in Karlsruhe folgende Duale Studiengänge an:

- **Maschinenbau**
- **Elektrotechnik**
- **Betriebswirtschaft**

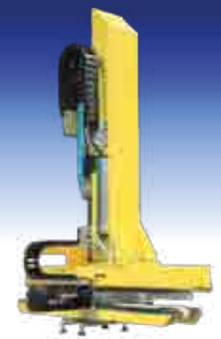
Voraussetzungen:

- Guter Schulabschluss (Abitur)
- Nachweisliche Stärken in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern oder kaufmännischen Fächern
- Engagement und Interesse an kreativen, technischen oder kaufmännischen Tätigkeiten
- Große Lernbereitschaft, Motivation, Teamfähigkeit und Flexibilität, um sich auf wechselnde Tätigkeiten einstellen zu können.

Ausbildungsbeginn: 01.10.2018 / 01.10.2019
Ausbildungsdauer: 4 Jahre

Haben wir Dein Interesse geweckt?
Dann sende Deine aussagekräftigen, vollständigen Bewerbungsunterlagen an: **personal@gpa-jakob.de.**

GPA-Jakob Pressenautomation GmbH
Im Sonnenschein 8, 76467 Bietigheim
Telefon 0721/6202-0, www.gpa-jakob.de



GPA® JAKOB
PRESSENAUTOMATION





Bauwerksabdichtungen und Blitzschutz

Von der Planung bis zur Fertigstellung gewerblicher und privater Objekte – kompetente Beratung und optimaler Service mit **bundesweiten** Niederlassungen.

Zur Verstärkung unserer Teams suchen wir laufend **Bauingenieure (m/w) als Bauleiter**. Interesse an Bauleitung und Baustellenverantwortung, einem sicheren Arbeitsplatz, attraktiven Bezügen und einem Firmen-PKW? Dann bewerben Sie sich noch heute!

Holl FLACHDACHBAU

personal@hollflachdachbau.de
www.hollflachdachbau.de



Wir suchen Mitarbeiter (m/w) in den Bereichen:

Vertrieb
Software Entwicklung
Customer Service
Qualitätssicherung

Die PROCITEC GmbH ist eines der führenden Softwareunternehmen in den Bereichen Nachrichtentechnik und Informationstechnologie. Als Spezialist für Signalverarbeitung entwickeln wir innovative und qualitativ hochwertige Systemlösungen und Software-Produkte zur Erfassung und Verarbeitung analoger und digitaler Funksignale.

PROCITEC®

PROCITEC GmbH
Rastatter Str. 41, 75179 Pforzheim
Telefon +49 7231 155 61 0
personal@procitec.de
www.procitec.de

Member of the PLATH Group

IM DEZEMBER ERSCHEINT DIE NEUE AUSGABE!

Bei Interesse an einer Anzeigenschaltung wenden Sie sich bitte an:

ALPHA

ALPHA Informationsgesellschaft mbH

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

www.alphapublic.de

Wir suchen clevere Köpfe

Bereich: Telefonmarketing – Verkauf von Anzeigen

in Forschungsmagazinen von Universitäten und medizinischen Fachpublikationen

Was wir von Ihnen erwarten:
Sie sollten dynamisch und mit sicherem Auftreten unsere seit vielen Jahren am Markt eingeführten Publikationen einer anspruchsvollen Klientel anbieten und veräußern können. Die Umsetzung klarer Zielvorgaben sollten Sie mit geistiger Flexibilität, Redegewandtheit, Lebendigkeit und Ehrgeiz verwirklichen.

Was Sie von uns erwarten können:
Wir bieten Ihnen ein gutes Grundgehalt in festem Angestelltenverhältnis, erfolgsorientierte Prämien, Urlaub, Gratifikationen und die 35 Stunden-Woche. Durch Arbeitsfreude und Engagement verdienen Sie bei uns überdurchschnittlich. Branchenfremde werden wir in intensiven Trainingsprogrammen schulen.

Wir bieten:
ein junges und sympathisches Team in einem innovativen Umfeld

Senden Sie uns Ihre Bewerbungsunterlagen, wir werden Sie umgehend zu einem ersten Gespräch einladen.

ALPHA

ALPHA Informationsgesellschaft mbH
Finkenstraße 10 | 68623 Lampertheim
Telefon: 06206 939-222 | Telefax: 06206 939-232
arjeta.krasnici@alphapublic.de | www.alphapublic.de



Das
Regierungspräsidium Karlsruhe
sucht

Bauingenieurinnen / Bauingenieure

Kompetenz. Vielfalt. Bürgernähe.
Diese Schlagworte stehen für das Regierungspräsidium Karlsruhe.

Die Einsatzgebiete finden in unserer Abteilung 4 – Straßenwesen und Verkehr – in der Förderung der Mobilität auf Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen und in unserer Abteilung 5 – Umwelt – für ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Mensch und Natur statt.

Interesse?
Besuchen Sie uns unter
www.rp-karlsruhe.de
Informationen über die Abteilungen und alle Stellenanzeigen sind dort veröffentlicht.

www.rp-karlsruhe.de

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM KARLSRUHE

THORLABS

Wir sind einer der weltweit führenden Hersteller optischer und optoelektronischer Produkte. Zu unseren Kunden zählen namhafte Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen im Bereich Photonik. Aufgrund unseres stetigen Wachstums suchen wir am Standort Dachau bei München zum nächstmöglichen Zeitpunkt einen

Tech Support-Ingenieur (m/w)

Ihr Aufgabengebiet umfasst:
- die Beratung unserer internationalen Kunden in den Forschungsbereichen Photonik, Physik und Biophysik
- Vorstellung des Produktsortiments auf Konferenzen und Messen
- Durchführung von Tests für neu entwickelte Geräte
- Betreuung des Kunden und seiner Anliegen in enger Zusammenarbeit mit der Entwicklung

Für diese Aufgabe haben Sie:
- Ein erfolgreich abgeschlossenes Studium der Physik, Optik, Elektrotechnik oder Chemie
- Erste Erfahrung in der Anwendung von LabView, Matlab oder Zemax und der Programmierung in C/C++
- Sehr gute Kommunikationsfähigkeit und Lust, sich in neue Bereich einzuarbeiten
- Sehr gute Deutsch- und Englischkenntnisse
- Interesse an der Teamarbeit mit internationalen Partnern

Wir suchen Menschen, die Dynamik und Professionalität in flacher Hierarchie schätzen und unseren Kunden herausragende technische Beratungsqualität bieten.

Teilen Sie die Freude am Erfolg mit uns! – Wir freuen uns auf Sie!

Bitte richten Sie Ihre Bewerbung unter Angabe Ihres frühestmöglichen Eintrittstermins und Ihrer Gehaltsvorstellung an:
bewerbung@thorlabs.com

OEM Projektmanager (m/w)

Als technisch versierter Vertriebsspezialist bringen Sie Erfahrung aus einer High-Tech-Produktbranche mit oder überzeugen durch Ihre breiten Kenntnisse des Photonik-Marktes. Sie erkennen und entwickeln proaktiv neue OEM-Marktsegmente in Europa für ausgewählte Produkte unseres Produktportfolios und realisieren daraus Projekte, die Sie in Zusammenarbeit mit unseren Applikationsingenieuren und dem Produktentwicklungsteam umsetzen. Damit erweitern und betreuen Sie, auch durch regelmäßige Besuche, nachhaltig unseren OEM-Kundenstamm. Darüber hinaus vertreten Sie uns auf Messen weltweit. Sie berichten an den OEM Leiter.

Für diese Aufgaben erwarten wir:
- Ein abgeschlossenes technisches Studium
- Mind. 1 Jahr Berufserfahrung im technischen Vertrieb
- Sehr gute Kommunikationsfähigkeit
- Strukturierte und selbständige Arbeitsweise
- Unternehmerisches Denken und Handeln
- Exzellente Englisch- und Deutschkenntnisse
- Reisebereitschaft (20 bis 30 % Reisetätigkeit), Führerschein

Wenn Sie Spaß daran haben, in einem dynamischen, wachstumsorientierten Umfeld unsere Marktpräsenz mit Ihrem Können weiter auszubauen und eigeninitiativ neue Impulse zu setzen, dann bewerben Sie sich!

Bitte richten Sie Ihre Bewerbung unter Angabe Ihres frühestmöglichen Eintrittstermin und Ihrer Gehaltsvorstellung an:
bewerbung@thorlabs.com

www.thorlabs.com

„Ich will mich als Bauingenieur weiterentwickeln und dabei nicht nur eine Nummer sein."

Max B., Absolvent

STATIK
MASSIVBAU
STAHLBAU
INDUSTRIEBAUPLANUNG
FACHBERATUNG

Ingenieurbüro Olker GmbH
Beratende Ingenieure
Adam-Opel-Straße 8
67227 Frankenthal
Telefon 06233 3696-0
ibo@olker-ingenieure.de
www.olker-ingenieure.de

Ingenieurbüro Zahnleiter GmbH
Beratende Ingenieure
Nebeniusstraße 8
68167 Mannheim
Telefon 0621 35084
ibz@zahnleiter-ingenieure.de
www.zahnleiter-ingenieure.de

OLKER INGENIEURE
BERATUNG MIT PLAN

ZAHNLEITER INGENIEURE
MANNHEIM



Entdecke Deine Möglichkeiten am FZI.

FZI FORSCHUNGSZENTRUM INFORMATIK

FZI

Weitere Informationen unter:
www.fzi.de/karriere



Hitex sucht Verstärkung:
Funktionale Sicherheit, Embedded-Systems und mehr ...

hitex
EMBEDDED TOOLS & SOLUTIONS

Wir sind seit 40 Jahren Embedded-Partner der Industrie, besonders für Safety, Security und Connectivity.

Am Standort Karlsruhe suchen wir die Experten der Zukunft für die Entwicklung und Integration von Hardware und Software, vor allem für sicherheitskritische Anwendungen in Embedded-Systemen:

> Software- Applikationsentwickler (m/w)
> Trainee Funktionale Sicherheit (m/w)
> Experte Funktionale Sicherheit (m/w)

Auch studienbegleitend oder zum Studienabschluss bieten wir regelmäßig spannende und interessante Aufgaben.

Bewerben Sie sich noch heute!

Christiane Spiegel-Hock
E-Mail: personal@hitex.de
www.hitex.com/jobs

Heimerle + Meule
Heimerle + Meule Group



Als älteste Gold- und Silberscheideanstalt Deutschlands hat sich Heimerle + Meule zum Komplettanbieter im Edelmetall verarbeitenden Marktsektor entwickelt. Mit europaweit über 950 Mitarbeitern steht die Heimerle + Meule Group für persönliche Kundennähe im Einklang mit Tradition und Innovation.

Zur Verstärkung unserer Abteilung IT suchen wir zum sofortigen Eintritt einen:

IT-Projektentwickler / Wirtschaftsinformatiker (m/w)

Ihre Aufgaben

- Administration und Weiterentwicklung der gesamten IT-Infrastruktur
- User-Betreuung im vorhandenen ERP-System
- Betreuung unserer Websysteme
- Administration der Datenbanken
- Planung und Durchführung von IT-Projekten
- Schulung von Usern in Softwareanwendungen
- Sicherstellung der Systemverfügbarkeit und der ordnungsgemäßen Datensicherung

Ihr Profil

- Erfolgreich abgeschlossenes Studium der Wirtschaftsinformatik oder Wirtschaftsingenieurwesen mit mehrjähriger Berufserfahrung
- Fundierte Kenntnisse in der Anwendung aktueller Webtechnologien REST SOAP WSDL HTML5
- Erfahrung in LAMP – Stack und MS Visual Studio
- Fähigkeit der Analyse von wirtschaftlichen Prozessen und deren Umsetzung in Programmcodes
- SAP-ECC6 Kenntnisse sind von Vorteil
- Gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift
- Erfahrung in der selbstständigen Planung und Durchführung von Projekten
- Ausgeprägte Dienstleistungs- und Beratungsorientierung
- Schnelle Auffassungsgabe sowie zielorientierte und sorgfältige Arbeitsweise
- Hohe Selbstständigkeit, Teamfähigkeit und ausgeprägte Kommunikationsfähigkeit
- Hohe Einsatzbereitschaft und Flexibilität

Unser Angebot

- Einen abwechslungsreichen und herausfordernden Arbeitsplatz
- Intensive und umfassende Einarbeitung
- Ein motiviertes und kompetentes Team in einem offenen und modernen Unternehmen
- Umfassende Leistungen eines tarifgebundenen Unternehmens
- Übertarifliche Sozialleistungen
- Langfristige Perspektiven in einem renommierten Unternehmen

Wir freuen uns auf Ihre schriftliche Bewerbung per Post oder E-Mail (bitte als PDF-Datei).

Heimerle + Meule GmbH
Personalabteilung
Dennigstr. 16 | 75179 Pforzheim | Tel. 07231 940-0
bewerbung@heimerle-meule.com | www.heimerle-meule.com

Sparkassen Versicherung



Bei uns einsteigen heißt aufsteigen! Starten Sie Ihre Karriere bei der SV.

Hochschulabsolventen der Bereiche

Informatik
Mathematik
Ingenieurwesen
Physik

2018 TRAINEE-AUSZEICHNUNG ABSOLVENTA

sind bei der SV goldrichtig. Steigen Sie ein mit unserem SV Nachwuchsprogramm und nutzen Sie die zahlreichen Aufstiegs- und Entwicklungsmöglichkeiten. Bei uns können Sie Themen übergreifend bewegen, eigenverantwortlich in Projekten arbeiten und Sie werden professionell dabei begleitet.

Die Leistungen können sich sehen lassen; flexible Arbeitszeiten bieten Spielraum.

Mit knapp 5.000 Mitarbeitern ist die SV Sparkassen-Versicherung ein Konzern, der sich durch ein partnerschaftliches Miteinander und eine hohe Aufgabenvielfalt auszeichnet. Mit unseren innovativen Produkten sind wir ein erfolgreiches Unternehmen und im Markt bestens positioniert.

TOP NATIONALER ARBEITGEBER 2018
FOCUS
DEUTSCHLANDS BESTE ARBEITGEBER IM VERGLEICH
IN KOOPERATION MIT kununu | stellenanzeigen.de

Verwirklichen Sie mit Kompetenz und Engagement Ihre Karriereziele.

Interessiert?
Dann bewerben Sie sich online über www.sv-karriere.de

Nemko

ONE WORLD • OUR APPROVAL



Hohe Spannungen, fliegende Verdrahtung, heisse Oberflächen und bewegte Teile… Was im Uni-Labor noch akzeptabel scheint, wird im täglichen Leben schnell zur gefährlichen Falle. Denn nicht jeder weiss um die Gefahren oder lässt sich durch Warnschilder abschrecken.

Nemko ist zur Stelle, wenn es darum geht, Geräte und Installationen sicher zu machen. Seit über 80 Jahren prüfen und zertifizieren wir alles, für das es eine Norm gibt - vom Küchenmixer bis zur Zentrifuge, von der Kochplatte bis zur Heizungsanlage. Und nicht nur Deutschland und Europa machen wir ein stückweit sicherer. Auch bei internationalen Zertifizierungen sind wir ein verlässlicher Ansprechpartner und sorgen für stressfreien Marktzugang zu über 150 Ländern.

Und neben sicheren Geräten sorgen wir auch für sichere Fahrtreppen, Fluchtwege, Blitzableiter, Feuerlöschanlagen... und was sonst an öffentlichen Gebäuden oder Einrichtungen noch geprüft und abgenommen werden muss.

Einen Einblick in unsere Dienstleistungen finden Sie auf **www.nemko.com/de**.

Und weil es bei Prüfung und Zertifizierung immer viel zu tun gibt, sind wir am Standort Pfinztal ständig auf der Suche nach Verstärkung durch **Prüfingenieure**. Das gilt für unser akkreditiertes Sicherheits- und EMV-Labor als auch für die Prüfungen vor Ort an Gebäuden und Anlagen im Bereich der Revision.

Wenn Sie ein Studium der Fachrichtungen **Maschinenbau oder Elektrotechnik** erfolgreich abgeschlossen haben und einen verantwortungsvollen und abwechslungsreichen Job suchen, bewerben Sie sich bei Nemko.

Bei uns finden Sie flache Hierarchien, offene Kommunikationskultur und echte Teamarbeit bei einer herausfordernden Aufgabe, die auf langfristige Zusammenarbeit baut.

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbungen!

Nemko GmbH & Co. KG
- Bewerbung -

Reetzstr. 58
76327 Pfinztal

e-mail: bewerbungen@nemko.com



Steffen Pippig
Ingenieurbau

„Join the Team. Wirken Sie

Kompetenz ist unsere Referenz. Steigen Sie ein. Wir bieten

dabei mit, Unmögliches

Praktika, Ausbildung, Studium, Karrierechancen weltweit.

machbar zu machen.“

www.meva.de

… mehr als nur Schalung

meva



Wir legen die Bausteine für deine Karriere!



innovation & business development

training & technical support

design & web technologies

business software & app development

consulting & project management

Querdenker und kreative Köpfchen sind herzlich willkommen!

- **Frontend-Entwickler (m/w)**
- **IT-Projektmanager (m/w)**
- **Java-Entwickler (m/w)**

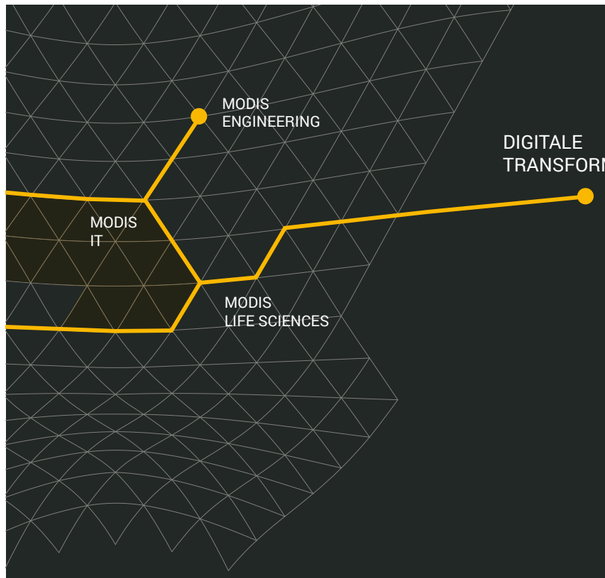
Informiere dich jetzt unter **www.fasihi.net/karriere**.

Wir freuen uns auf deine Bewerbung!

FASIHI

+49 (0) 621 - 520 078 - 234
karriere@fasihi.net

Bildmaterial: ©baranq – Fotolia, ©vectorfusionart – Fotolia



modis

Modis. Connect Smarter.

Weltweit führend in IT, Engineering und Life Sciences.

Wir glauben daran, dass die Zukunft denen gehört, die Innovation antreiben, die Wandel gestalten und die durch Zusammenarbeit vernetzen.

Wir bringen auf der ganzen Welt Unternehmen mit den klügsten Köpfen zusammen: IT-Wegbereiter, innovative Ingenieure und Life Sciences-Experten. Sie alle brennen darauf, ihre Talente für die herausforderndsten Aufgaben von heute und morgen einzusetzen.

Treten Sie unser globalen Community bei, denn unser Ziel ist es Deine Fähigkeiten optimal mit geeigneten Unternehmen und Projekten zu verbinden, sei es in IT, Engineering oder Life Science.

Wir bieten spannende Jobs für Absolventen, Young Professionals und Senior Professionals.

IT Engineering Life Sciences

Connect Smarter.

modis.de

Gepflegtes Schrägsitzventil sucht neugierigen

Ingenieur,

der einen untrüglichen Riecher für Innovationen hat.



Bürkert Fluid Control Systems
Christian-Bürkert-Straße 13-17
74653 Ingelfingen

Wir sind ständig auf der Suche nach neuen Ideen. Unser Anspruch ist es, Produkte zu entwickeln, die echte Meilensteine sind. Dabei zögern wir auch nicht, mit Gewohnheiten zu brechen und ganz neue Wege zu gehen. Deshalb suchen wir immer Leute, die im besten Sinne neugierig sind. Die ihr ganzes Wissen und ihre Leidenschaft ins Team einbringen. Gehören Sie dazu?

Wir bieten für Studierende Praktika, Werkstudententätigkeiten und Abschlussarbeiten.

Mutige gesucht.

www.buerkert.de

Unter- und **Oberirdisch:** auf jeden Fall spannend!



Jung – dynamisch – erfolgreich: In knapp 25 Jahren ist es der VMT GmbH gelungen, sich weltweit als führender Anbieter im Tunnelbau und in der Industrievermessung zu etablieren. Die VMT Gruppe beschäftigt weltweit über 270 Mitarbeiter – am Hauptsitz in Bruchsal und an 6 weiteren Standorten: Shanghai, Seattle, Melbourne, Sankt Petersburg, Singapur und Neu-Delhi.
Weil wir weiterhin wachsen möchten, suchen wir kontinuierlich gut ausgebildete, motivierte Mitarbeiter, die uns in allen Bereich unterstützen und voranbringen.

Interesse geweckt? Dann finden Sie unsere aktuellen Stellenangebote und weitere Infos unter:
vmt-gmbh.de/jobs

VMT

inprotec AG





inprotec AG - Sitz der Gesellschaft
innovative produktionstechnologien
Neuer Weg 1
D-79423 Heitersheim

Fon +49 (0) 76 34 / 50 99-0
Fax +49 (0) 76 34 / 50 99-129
info@inprotec-ag.de
www.inprotec-ag.de

Lohnfertigung und Lohntrocknung: 3 Standorte - 1 Konzept
Wir realisieren Innovation





Projektleiter Produktion (m/w)
im Bereich Wirtschaftsingenieurwesen, Verfahrenstechnik oder Chemie

Die detaillierte Stellenausschreibung finden Sie unter www.inprotec-ag.de oder telefonisch bei Frau Martina Ortlieb 0 76 34 /50 99-135. Wenn Sie sich verändern wollen und in dieser Position den nächsten Karriereschritt sehen, freuen wir uns darauf Sie kennen zu lernen.

Haben Sie Spaß an interessanten Aufgaben und herausfordernden Zukunftsprojekten?

MiRO



Mineraloelraffinerie Oberrhein

Deutschlands größte Raffinerie

Die Mineraloelraffinerie Oberrhein in Karlsruhe ist eine der leistungsfähigsten Raffinerien in Europa und der größte Benzinerzeuger in Deutschland. Jeder dritte bis vierte Liter Benzin stammt von uns. Für unsere Gesellschafter Shell, Esso, Rosneft und Phillips 66 veredeln unsere 1.000 Mitarbeiter den Rohstoff Rohöl zu hochwertigen Mineralölprodukten wie Benzin, Diesel und Heizöl: ca. 15 Millionen Tonnen im Jahr.

Einstiegsmöglichkeiten bei MiRO

Hochschulpraktika

Masterarbeit

Direkteinstieg als Ingenieur (m/w)
für Verfahrenstechnik oder
Chemische Technik

Interesse geweckt?
Weitere Infos
und Bewerbung
direkt unter
www.miro-ka.de

Mineraloelraffinerie Oberrhein GmbH & Co. KG / 76187 Karlsruhe / www.miro-ka.de
Kontakt: Absolventen – Heidemarie Schultze / Tel. 0721 958-3341 / bewerbung@miro-ka.de
Studierende – Claudia Zöller / Tel. 0721 958-3226 / zoeller.c@miro-ka.de