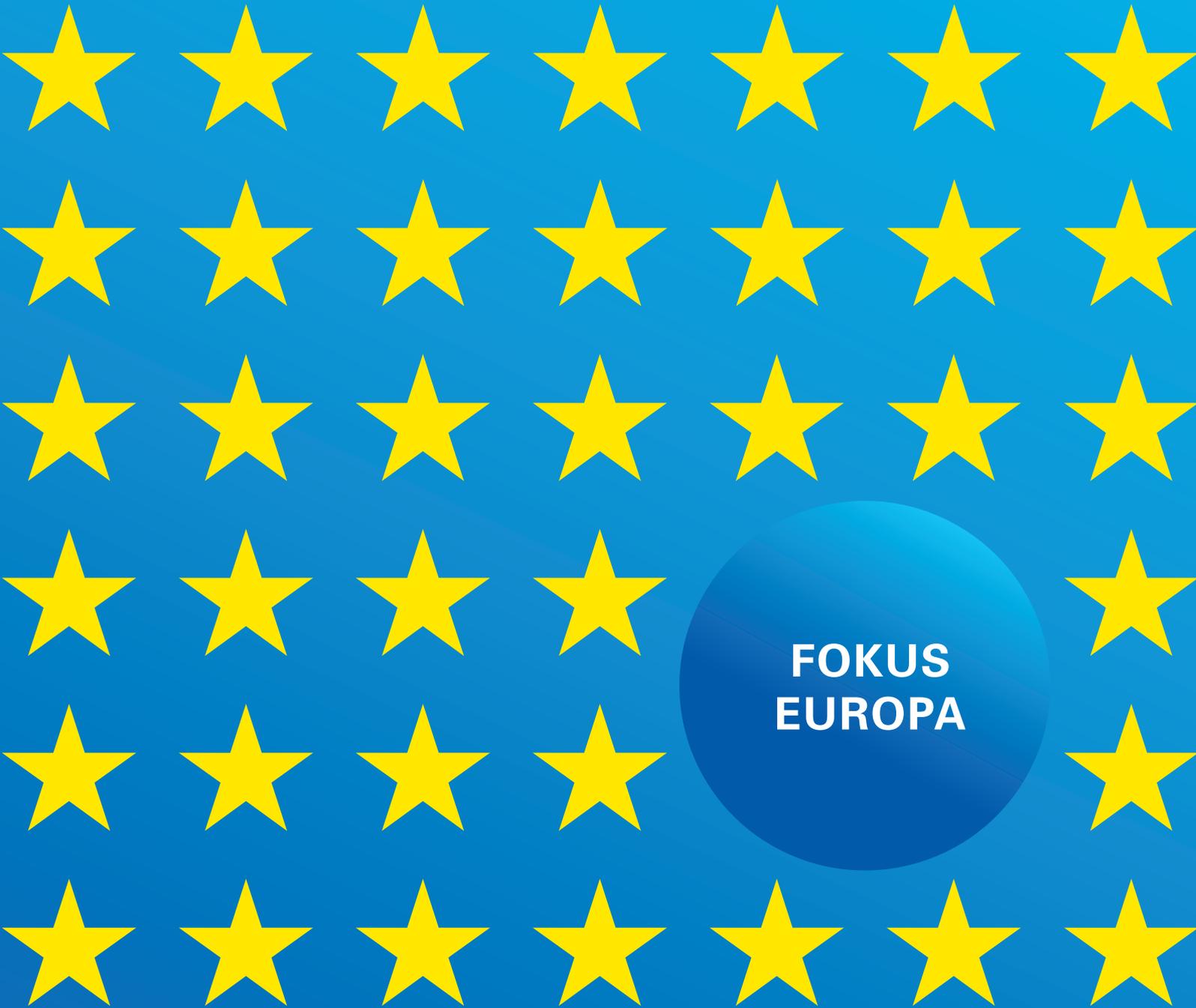




Universität Stuttgart



**FOKUS
EUROPA**

FORSCHUNG LEBEN

DAS MAGAZIN DER UNIVERSITÄT STUTTGART

NR. 10 MAI 2018





Liebe Leserinnen und Leser,

Euroskepsis, Flüchtlingsdebatte, Brexit – wohl kaum eine Institution wurde in den vergangenen Jahren derart infrage gestellt wie die Europäische Union. Dabei steht der Traum eines geeinten Europa wie kein anderer für Werte wie Freiheit, Humanismus und Toleranz.

Beispielhaft versinnbildlicht wird diese Vision durch den europäischen Forschungsraum, schon heute Garant für den freien Austausch von Menschen und Wissen. Auch viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Stuttgart tragen dazu bei, getreu der Maxime „International engagiert und vernetzt“, die im Leitbild unserer Universität als strategisches Ziel verankert ist.

Ein wichtiger Baustein ist dabei das EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation, Horizon 2020, bei dem die Universität Stuttgart zu den besonders erfolgreichen Hochschulen gehört. An welchen Themen wird an der Universität Stuttgart im Rahmen von EU-Projekten geforscht? Welche Impulse ergeben sich aus dem multikulturellen Miteinander und worin bestehen die Herausforderungen? Und kann Gemeinschaftsforschung tatsächlich dazu beitragen, die Idee eines geeinten Europas zu leben?

Antworten auf diese Fragen finden Sie in der vorliegenden Ausgabe unseres Magazins FORSCHUNG LEBEN. Kein geringerer als EU-Kommissar Günther Oettinger erläutert darin in seinem Gastbeitrag, wie sich der europäische Forschungsraum optimal nutzen lässt. Lesen Sie auch, wie europäische Forschungseinrichtungen und Unternehmen gemeinsam die Lasertechnologien voranbringen und welche Rolle Parmaschinken dabei spielt. Fragen Sie mit uns, ob Lobbygruppen eigentlich die Interessen der Bürger repräsentieren. Und erkunden Sie die Zukunft der Quantentechnologien oder ein europäisches Ballon-Observatorium im Weltraum.



Foto: Uli Regenscheit

„In grenzüberschreitenden Forschungsaktivitäten fließen die Stärken unterschiedlicher Kulturen und Standorte zusammen. Internationalisierung ist daher ein strategisches Ziel der Universität Stuttgart.“

Wolfram Ressel
Rektor der Universität Stuttgart

”

Eine inspirierende Reise in die europäische Forschungswelt wünscht Ihnen

Ihr



FREIRAUM 02
Editorial

NACHRICHTEN 06



GEMEINT
„Europäischen Forschungsraum optimal nutzen“

EU-Kommissar Günther H. Oettinger erklärt, was die Politik tun kann, damit die Vorzüge von Wissenschaft und Innovation der gesamten Gesellschaft zugutekommen.

WIE SOLL DAS GEHEN? 14
Kleiner Impuls, große Wirkung
EU ist beliebte Anlaufstelle für anwendungsorientierte Forschung.

PATENT 18
Mit Stift, Papier und Rechenkunst
Hans Peter Büchler forscht an Grundlagen der Quanteninformativverarbeitung.



Visionäre Forscher 22
ERC-Preisträger der Universität Stuttgart.

IM BILDE 28
IQST – oder Quantenphysik gestaltet Zukunft
Die Quantentechnologien gelten in einer zunehmend komplexer werdenden Welt als eine Schlüsseltechnologie.



FAKTOR X 46
Grammatische Kombinierer
Linguistinnen sind Sprachveränderungen bei bilingualen Menschen auf der Spur.



Im Namen des Volkes? 48
Lobbyarbeit auf dem Prüfstand.

RPM – REVOLUTIONS PER MINUTE 50

FUTUR 22 72
Per Ballon in die Stratosphäre
Weltraumforscher arbeiten an flexibleren und kostengünstigeren Teleskop-Plattformen.

WELTSICHT 88
„Simulation Technology“ – ein Cluster of worldwide Excellence

Ästhetik der Ressourceneffizienz... 90
... oder: Wie sich mit weniger Material nachhaltig und schön bauen lässt.



SATELLIT

94

„Das Beste aus zwei Hochschulwelten“



Nicht nur die französische Sprache, sondern auch die andere Lernkultur zwischen Stuttgart

und Bordeaux bereiteten Absolventin Hanna Petri bestens für ihren Berufsweg im EU-Umfeld vor.

IMPRESSUM

96

FORSCHUNG ERLEBEN

52

KREBSEXPERTEN VON MORGEN

EU fördert internationale Doktoranden-Netzwerke.

57

KEINE HEISSE LUFT

ICARUS kombiniert Schutz vor Gesundheitsrisiken durch Luftschadstoffe mit Klimaschutz.

60

REVOLUTIONÄRER EMPFINDLICHKEITSSPRUNG

Quantentechnologien verbessern die Materialanalytik drastisch.

64

LEBENDE CHEMIEFABRIK

Umprogrammierte Bakterien schonen Erdölressourcen.

67

FLUGZEUGLEICHTBAU LEICHT GEMACHT

Produktion von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen soll schneller werden.

70

GEZIELT MANIPULIERT: LUFTSTRÖMUNG AM FLÜGEL

Künftige Flugzeuggenerationen sollen umweltverträglicher fliegen.

5

74

FÄHRST DU?

BRAVE identifiziert Ansprüche an automatisierte Fahrzeuge.

76

MIT BESTEN EMPFEHLUNGEN

Analyse zeigt der Politik Wege zum CO₂-neutralen Energiesystem auf.

78

SMARTE IDEEN ZUM NACHMACHEN

Vorreiter-Konzepte für intelligente Stadtquartiere kennen keine Landesgrenzen.

80

RISSE AUS DEM RECHNER

Forscher erstellen Risikoprognosen für Fracking.

82

VORSPIEGELUNG KORREKTER TATSACHEN

Simulationsmodelle für den Ernstfall.

84

BESSER ALS SEIN RUF

CO₂ als Quelle sicherer und flexibler Stromerzeugung.



... aufgespießt

Informationsoffensive in Hannover

Auch in diesem Jahr zeigte die Universität Stuttgart im Rahmen der Hannover Messe auf der Leitmesse „Research & Technology“ Flagge: Als Mitaussteller auf dem „Baden-Württemberg Gemeinschaftsstand“, der von Baden-Württemberg International (bw-i) organisiert wird, stellte sie dem Messepublikum aus aller Welt Exponate ihrer Spitzenforschung vor. Ein Highlight war schon der Messestand selbst, dessen carbonfaserverstärkte Leichtbaustruktur vor den Augen der Besucherinnen und Besucher von einem KUKA-Roboter beständig weitergebaut wurde und der modernste materialeffiziente Konstruktions- und Prozesstechnologie demonstriert. Im Standinneren waren unter anderem ein bio-inspirierter, durch künstliche Muskeln angetriebener Roboter eines menschlichen Beines, der Prototyp eines Quantenmagnetometers sowie ein autonom fahrendes Fahrrad zu sehen. Auch die neue Forschungsministerin Anja Karliczek, die baden-württembergischen Minister Winfried Hermann (Verkehr) und Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut (Wirtschaft) sowie weitere hochkarätige Gäste besuchten den Stand.



Foto: Universität Stuttgart

Stuttgarter Leichtbau auf der BUGA 2019 in Heilbronn

Zwei weltweit einzigartige Pavillons werden im Rahmen der Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn gezeigt. Errichtet werden sie durch zwei Institute der Universität Stuttgart: das Institut für computerbasiertes Entwerfen (ICD, Prof. Achim Menges) und das Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen (itke, Prof. Jan Knippers). Eine Besonderheit der hoch innovativen Leichtbaukonstruktionen mit je 500 Quadratmetern Fläche ist deren komplett digitale Planung und Fertigung.



Abbildungen: BUGA

Bei einem der Pavillons handelt es sich um einen bionischen Faserpavillon, dessen Tragstruktur ausschließlich aus Faserverbundkomponenten besteht. Deren individuelle Strukturen werden aus Glasfasern und Kohlestofffasern in einem robotischen Fertigungsprozess hergestellt. Dies ermöglicht es, die Geometrie und Faseranordnung jedes einzelnen der 60 Bauteile spezifisch den jeweiligen Anforderungen anzupassen.

Die Segmente des anderen Pavillons, einem bionischen Holzpavillon, werden erstmals als hohle Kassetten ausgeführt, die in einem robotischen Vorfertigungsprozess aus Platten und Balken zusammengebaut werden. Der Holzpavillon wird aus 400 solcher Kassetten bestehen und einen Veranstaltungsraum 25 Meter weit überspannen.

Theoretisch

bringt Ihnen die Uni
alles bei.

Praktisch

lernen Sie bei uns
jeden Tag dazu.



Gemeinsam bringen wir die Dinge voran: Wir von der EnBW entwickeln intelligente Energieprodukte, machen unsere Städte nachhaltiger und setzen uns für den Ausbau erneuerbarer Energien ein. Und dafür benötigen wir tatkräftige Unterstützung.

Egal, ob Praxiseinsätze während des Studiums oder direkter Berufseinstieg danach – wir sind immer auf der Suche nach engagierten Talenten, die sich mit ihrem Fachwissen einbringen und zusammen mit uns die Energiezukunft gestalten. Im Gegenzug bieten wir spannende Aufgaben und vielfältige Entwicklungsmöglichkeiten.

Machen Sie jetzt mit: www.enbw.com/jobmarkt



Wir machen das schon.



Internationale Anlaufstelle

Eine Servicestelle, die sich um die Anliegen internationaler Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler kümmert: Das bietet das neue Welcome Center der Universität Stuttgart. Es hilft bei der Überwindung sprachlicher und kultureller Hürden, Behördengängen, der Organisation von Deutschkursen für die mitangereiste Familie oder der Suche nach einer Kindertagesstätte oder Schule.



Foto: Uli Regenscheit

Maja Heidenreich und Raphaela Diel leiten gemeinsam das neue Center und betonen: „Wir wollen internationalen Forscherinnen und Forschern im Vorfeld, bei der Ankunft, während ihres Aufenthaltes und als Alumni nach ihrem Aufenthalt zur Seite stehen.“ Neben der Beratung zu administrativen Angelegenheiten wollen die beiden den internationalen Forschenden das Leben und die Kultur in Deutschland sowie das universitäre und städtische Leben nahe bringen. Geplant sind vielfältige Veranstaltungen zum Austausch und Kennenlernen. So gab es bereits eine geführte Tour durch die Werkshallen von Daimler in Sindelfingen. Sich dieser Zielgruppe anzunehmen, bedeutet für die Universität Stuttgart, ihrer bereits gelebten Internationalität in Studium, Lehre und Forschung noch besser gerecht zu werden.

Exzellenz I: Vier Vollarträge

Vier gewichtige Pakete hat die Universität Stuttgart zum Fristende am 21. Februar 2018 bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) in Bonn eingereicht: die Vollarträge für die Exzellenzcluster, um die sich die Universität im Rahmen der von Bund und Ländern beschlossenen Exzellenzstrategie zur Stärkung der Spitzenforschung in Deutschland bewerben darf. Mit im Gepäck war die verbindliche Absichtserklärung, dass die Universität Stuttgart im Dezember auch einen Antrag in der neuen Förderlinie „Exzellenzuniversität“ einreichen wird. Thematisch unterstreichen die vier Clusteranträge die Expertise der Universität Stuttgart auf zentralen Forschungsfeldern, die programmatisch unter der Maxime „Intelligente Systeme für eine zukunftsfähige Gesellschaft“ subsumiert sind.

Exzellenz II: Internationale Konferenz Simulation Technology

Rund 200 Simulationsexperten aus aller Welt trafen sich im März zur „2nd International Conference on Simulation Technology“ (SimTech 2018) an der Universität Stuttgart. Mit der hochkarätig besetzten Konferenz schuf der Stuttgarter Exzellenzcluster „Simulation Technology“ (SimTech) eine internationale Plattform, um Fortschritte im Bereich der Simulationswissenschaft zu präsentieren und aktuelle Forschungsprojekte zu diskutieren. Das Themenspektrum der Keynotes reichte von Computational Engineering über physikalische Simulationen bis zum Umgang mit Simulationen in der Politik.

Exzellenz III: 10 Jahre GSaME

Unter dem Titel „Vernetzung, Agilität, Effizienz – Schlüssel zukunftsfähiger Produktion“ informierte die Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering GSaME auf der Jahrestagung 2018 im April über aktuelle Forschungsergebnisse auf dem Gebiet intelligenter Produktions- und Fertigungstechniken. Nach zehn Jahren Förderung innerhalb der Exzellenzinitiative zog GSaME eine Gesamtbilanz, stellte ihre Ergebnisse in Forschung, Qualifizierung sowie Nachwuchsförderung vor und informierte über ihre Perspektiven.

Mobilität und Produktion überMORGEN

Rund ein Jahr nach Bezug des modernen Gebäudekomplexes und fünf Jahre nach ihrer Gründung präsentierte die Forschungsfabrik ARENA2036 auf der zweitägigen Veranstaltung „überMORGEN“ im Februar die bisher erzielten Ergebnisse und Visionen. Auf einer Podiumsdiskussion erörterten unter anderem der EU-Kommissar Günther Oettinger, der Ministerpräsident des Landes Baden-Württemberg Winfried Kretschmann, der Rektor der Universität



Foto: Max Kovalenko

Stuttgart Prof. Wolfram Ressel und der Vorstandsvorsitzende der Daimler AG Dr. Dieter Zetsche die Herausforderungen der Automobilbranche heute, morgen und übermorgen. Des Weiteren erhielten die Besucherinnen und Besucher einen Einblick in die vier Forschungsbereiche Produktion2036, Arbeit2036, Mobilität2036 sowie Digitalisierung2036. Am zweiten Tag öffnete die Forschungsfabrik ihre Türen für die Öffentlichkeit.

Die Forschungsschwerpunkte der ARENA2036 liegen in den Bereichen Leichtbau und innovative Produktionstechnologie. Forscherinnen und Forscher entwickeln Bauteile auf der Basis von faserverstärktem Kunststoff. Darüber hinaus verwenden sie metallische Werkstoffe, die sich durch ein geringeres Gewicht auszeichnen. Schall- und Wärmedämmung sowie thermische, sensorische und elektrische Leitungen, die in die Werkstoffe eingebunden werden, führen zu weiteren Gewicht- und Kostenersparnissen.

Gesellschaftspolitischer Weitblick

Das Höchstleistungsrechenzentrum der Universität Stuttgart (HLRS) verfügt über einen der leistungsfähigsten Supercomputer Europas. Tag für Tag wird dort simuliert, wie zum Beispiel eine Karosserie geformt sein muss, um möglichst viel Energie einzusparen, wie sich das Klima verändert oder wie man medizinische Therapien verbessern kann. Doch ein Gutteil dieser Erkenntnisse bleibt bisher Experten vorbehalten.

Damit künftig mehr gesellschaftliche Gruppen von dem Einsatz von Simulationen profitieren, hat das HLRS im April 2018 einen gesellschaftlichen Beirat ins Leben gerufen. Die Mitglieder kommen aus unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen wie Pflege, Architektur, Bildung oder Journalismus. Vorsitzender ist Prof. Ortwin Renn, Wissenschaftlicher Direktor am Institute for Advanced Sustainability Studies in Potsdam. Das Gremium soll Potenziale aufzeigen, in denen Computersimulation einen gesellschaftspolitischen Beitrag leisten kann, die Berücksichtigung ethischer Werte und gesellschaftlicher Präferenzen im Auge behalten und Fragestellungen für künftige Forschungsprojekte anregen.

„Europäischen Forschungsraum optimal nutzen“ Gut ausgebildete, motivierte junge Menschen sind die Zukunft Europas. Ihre Talente gilt es, zu stärken.

Europa muss innovativer werden, als es heute bereits ist. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist, den europäischen Forschungsraum optimal zu nutzen, etwa indem Wissenschaftler und hoch qualifizierte Arbeitskräfte in der gesamten EU arbeiten und forschen können. Was sich seitens der Politik tun lässt, damit die Vorzüge von Wissenschaft und Innovation nicht nur von den Bürgern verstanden werden, sondern der gesamten Gesellschaft zugutekommen, erklärt EU-Kommissar Günther H. Oettinger in seinem Gastbeitrag für FORSCHUNG LEBEN.

Fast all unsere Lebensbereiche sind heute von der Wissenschaft durchdrungen. Dank Wissenschaft und Forschung werden Produkte und Dienstleistungen immer besser, Arbeitsplätze und neue Investitionsmöglichkeiten entstehen. Wissenschaftliche Erkenntnisse helfen auch der Politik, auf die großen Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Klimaschutz, nachhaltige Energieversorgung, Migration, Inklusion, und nicht zuletzt in der digitalen Wirtschaft, angemessen und auf Daten und Fakten basierend zu reagieren.

Auch auf EU-Ebene spielen Wissenschaft und Innovation eine zentrale Rolle. Wir vergeben Forschungsgelder im Rahmen des 8. mehrjährigen Forschungsrahmenprogramms „Horizont 2020“ (2014–2020) und haben Initiativen gestartet, die einen europäischen Forschungsraum mit optimalen Rahmenbedingungen für Wissenschaft und Innovation schaffen soll. Auch bei der Gesetzgebung und Politikgestaltung spielt Wissenschaft eine wichtige Rolle. Wir beziehen wissenschaftliche Erkenntnisse ein, seien es Daten und Fakten von EU-Agenturen, Ausschüssen, Sachverständigen Gruppen oder der hochrangigen Gruppe wissenschaftlicher Berater der EU-Kommission.

Europa muss aber noch weit innovativer werden, als es heute schon ist, und zum Ziel haben, zum Vorreiter im globalen Wettbewerb zu avancieren. Dabei sollten wir, aufbauend auf die nationalen Stärken, den europäischen Forschungsraum optimal nutzen, in dem Wissenschaftler und hoch qualifizierte Arbeitskräfte in der ganzen EU arbeiten und forschen können und auch dafür sorgen, dass die Vorzüge von Wissenschaft und Innovation nicht nur von den Bürgern verstanden werden, sondern der ganzen Gesellschaft zugutekommen.

Über Grenzen und Disziplinen hinweg

Im Rahmen von Horizont 2020 sind dafür 80 Milliarden Euro vorgesehen. Wir finanzieren daraus Forschungsprojekte, die für die EU in wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Hinsicht von strategischer Bedeutung sind. Vorrang haben Forschungs Kooperationen und Konsortien, denen Hochschulen, Forschungsorganisationen und Unternehmen aus verschiedenen EU-Ländern angehören. Horizont 2020 ist nach wie vor das einzige Programm dieser Art, in dessen Rahmen die Zusammenarbeit von Hochschulen aus einem Mitgliedstaat und Wirtschaftszweigen aus anderen Mitgliedstaaten in Grundlagen- und angewandter Forschung über Grenzen hinweg länder- und disziplinübergreifend finanziell gefördert werden können. Die Rahmenprogramme haben aber auch zum Ziel, Innovationen, die Mittelständlern zugutekommen, zu fördern. Zudem können Forschungsgelder aber auch schnell abgerufen werden, um auf Krisen zu reagieren, wie beispielsweise bei Ausbruch des Ebola- und Zika-Virus.

Im Bereich der Pionierforschung fördert Horizont 2020 Spitzenleistungen der europäischen Wissenschaft. Gefördert werden von Wissenschaftlern selbst angeregte „Bottom-up“-Forschungsprojekte in allen Bereichen der Wissenschaft, Innovation und Lehre. Viele europäische Wissenschaftler konnten schon von Marie-Sklodowska-Curie-Stipendien pro-



fitieren, und die Finanzhilfen des Europäischen Forschungsrats sind dafür bekannt, Spitzenleistungen zu belohnen. Die Vorteile liegen klar auf der Hand: eine Fülle von renommierten Veröffentlichungen und die Mitwirkung von einer immer größer werdenden Zahl renommierter Wissenschaftler.

Die Zwischenbewertung von Horizont 2020 fällt daher sehr positiv aus. Bisher sind über 100.000 Anträge auf Fördermittel eingegangen – weit mehr als im vorherigen 7. Rahmenprogramm. Vergeben wurden die Forschungsgelder an führende Hochschulen und private Forschungseinrichtungen aus mehr als 130 Ländern. Im Vergleich zum 7. Rahmenprogramm sind auch deutlich mehr private Forschungseinrichtungen zum Zuge gekommen. Knapp ein Viertel der Mittel wurde für Innovationen verwendet, die den Mittelständlern zugutekommen. Dies ist mehr als der Richtwert. Das Forschungsprogramm ist zudem kosteneffizient, weil die Verwaltungskosten sehr gering sind und die Regeln erheblich vereinfacht wurden. Horizont 2020 hat einen klaren europäischen Mehrwert, denn 83 Prozent der geförderten Projekte wären ohne finanzielle Unterstützung von der EU nicht durchgeführt worden.

Gesellschaft einbeziehen

Für das künftige Rahmenprogramm müssen wir meiner Meinung nach Folgendes berücksichtigen. Der erste Punkt betrifft die Bedeutung des Humanfaktors. Dies wurde auch im deutschen Positionspapier zum 9. Forschungsrahmenprogramm (ab 2021), dem Nachfolger von Horizont 2020, hervorgehoben: „Eine Stärke Europas ist die große Zahl gut ausgebildeter, motivierter junger Menschen. Sie bilden und gestalten die Zukunft Europas. Ihre Talente müssen wir insbesondere stärken, sei es als junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die an verschiedenen Orten in Europa Erfahrungen sammeln, sei es als junge Unternehmerinnen und Unternehmer, die mit der Umsetzung ihrer Ideen die Welt

Offene Wissenschaft zu praktizieren, ist eine der zentralen Herausforderungen für die modernen Hochschulen der Zukunft.

Günther H. Oettinger

Europäischer Kommissar für Haushalt und Personal



verändern. Wir müssen den Blick weiten und von Beginn an die Bedarfe der Bürgerinnen und Bürger mit berücksichtigen und angemessene Formen der Bürgerbeteiligung entwickeln.“ Es ist äußerst wichtig, Bürgerinnen und Bürger mit einzubeziehen und auf ihre Belange einzugehen. Offene Wissenschaft zu praktizieren – und dazu gehört auch, anderen Wissenschaftlern und der breiten Öffentlichkeit Zugang zu wissenschaftlichen Artikeln und Daten zu gewähren –, wird eine der zentralen Herausforderungen für die modernen Hochschulen der Zukunft sein. Zweitens muss Europa im Bereich Innovation mehr tun. Unsere Konkurrenten in den USA und Asien sind bei der Gründung innovativer Unternehmen führend, und viele der Unternehmensgründer sind noch nicht einmal 20 Jahre alt. Beispiele sind Unternehmen wie Tencent, Alibaba, Netflix und Paypal.

In Europa ist die Zahl solcher Blockbuster-Unternehmen überschaubar. In Europa wird fünf Mal weniger Wagniskapital mobilisiert als in den USA. Im nächsten Forschungsrahmenprogramm muss daran gearbeitet werden. Ein neuer Europäischer Innovationsrat soll innovativen Start-ups in Europa helfen. Dazu braucht es natürlich öffentliche Gelder, aber mehr noch Investitionen und Wagniskapital von privater Seite.

Drittens hat die italienische Ökonomin Marianna Mazzucato kürzlich in einem Bericht an die Kommission nachdrücklich für auftragsorientierte Forschung plädiert – eine Politik, die systematisch auf Pionierwissen und auf das Prinzip „große Wissenschaft löst große Probleme“ setzt. Dieses Konzept zielt auf Lösungen für die vielen Herausforderungen in unserem Alltag. Dies erfordert die aktive Mitwirkung aller Arten von Stakeholdern, die zu konkreten Lösungen beitragen können, damit das Konzept maximale Wirkung zeigt.

Allerdings wage ich zu behaupten, dass Horizont 2020 mit 80 Milliarden Euro immer noch unterfinanziert ist, selbst wenn man weiß, dass der EU-Etat für Forschung seit den 1980er-Jahren stetig gestiegen ist. Denn es werden weit mehr Anträge auf finanzielle Unterstützung gestellt als Mittel verfügbar sind, was für die Antragsteller eine enorme Verschwendung von Ressourcen und für Europa den Verlust vieler guter Vorschläge bedeutet. Gegen diese in den meisten EU-Mitgliedstaaten zu beobachtende Unterfinanzierung im Bereich Forschung und Innovation vorzugehen, ist eine Voraussetzung dafür, dass Europa im Wettbewerb mit den größten „Global Players“ im Bereich Forschung und Innovation wie vor allem China mithalten kann. Aber die Differenz zur Zielgröße von drei Prozent des Bruttoinlandsprodukts kann nicht allein durch den EU-Etat für Forschung und Innovation überbrückt werden.

Die Universität Stuttgart ist eine der erfolgreichsten deutschen Universitäten, die Forschungsgelder aus

dem Programm Horizont 2020 bekommt. Sie ist an 82 im Rahmen von Horizont 2020 geförderten Projekten beteiligt und hat bisher über 41 Millionen Euro an EU-Mitteln erhalten. In dieser Ausgabe des Magazins FORSCHUNG LEBEN finden Sie einige herausragende Beispiele für Forschungsprojekte der Universität Stuttgart, die im Rahmen von Horizont 2020 gefördert werden. Ich bin zuversichtlich, dass die Universität Stuttgart auch weiterhin einen sehr wertvollen Beitrag zur europäischen Forschung und Gesellschaft allgemein leisten wird.

*Günther H. Oettinger,
Europäischer Kommissar für
Haushalt und Personal*

➤ **Günther H. Oettinger war von 2005 bis 2010 Ministerpräsident von Baden-Württemberg. Seit Februar 2010 ist er für die Europäische Kommission tätig. Bis Oktober 2014 zeichnete er als EU-Kommissar für den Bereich Energie verantwortlich, von November 2014 bis Dezember 2016 für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft. Seit Januar 2017 ist er EU-Kommissar für Haushalt und Personal.**



Innovation beginnt im Kopf. Ihre Karriere bei uns.

In der Industrie 4.0 verschmelzen Produktion und digitale Welt. Festo gestaltet diesen Trend maßgeblich mit – mit intelligenten Automatisierungslösungen von der Steuerungstechnik bis zur Sensorik und Aktorik. Neben der Entwicklung neuer Technologien bedeutet Industrie 4.0 für uns aber auch, unsere rund 18.800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf künftige Herausforderungen optimal vorzubereiten. Und ihnen die Freiheit zu geben, Innovationen aktiv mitzugestalten. Sind Sie bereit für die Industrie von morgen? Dann starten Sie Ihre Karriere bei Festo.

Kleiner Impuls, große Wirkung EU ist beliebte Anlaufstelle für anwendungs- orientierte Forschung

Die Universität Stuttgart ist führend in der Erforschung industrieller Fertigungsverfahren mit Lasertechnologie. Das Institut für Strahlwerkzeuge ist deshalb ein begehrter Partner in europäischen Projekten. Doch wie funktioniert Forschung über die Grenzen verschiedener Länder und Kulturen hinweg, zwischen Wissenschaft und Industrie? Und was ist der Mehrwert?

Die Biografie von Marwan Abdou Ahmed ist so international wie seine wissenschaftlichen Projekte. Er ist in Dschibuti geboren, französischer Staatsbürger und arbeitete mit Forschenden aus Russland, Bulgarien, den Niederlanden und der Schweiz zusammen. Heute leitet er am Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW) der Universität Stuttgart den Bereich Laserentwicklung und Laseroptik. „Ich habe einen ziemlich guten Einblick in die Vielfalt von Kulturen“, sagt der promovierte Physiker. Für seine tägliche Arbeit ist das eine große Hilfe: Auf seinem Gebiet ist die internationale Zusammenarbeit in der Wissenschaft besonders stark ausgeprägt. Zu den Partnern gehören staatliche Institute ebenso wie Unternehmen, die ihre Fertigungsverfahren verbessern wollen und deshalb den Zusammenschluss mit Forschenden an den Hochschulen suchen. Die Universität Stuttgart ist auf dem Gebiet der Lasertechnik ein beliebter Partner. Das IFSW hat in den vergangenen Jahrzehnten wichtige Grundlagen des Gebiets erschlossen.

Eines der Projekte von Marwan Abdou Ahmed heißt RAZipol (Ultrafast Lasers with Radial and Azimuthal Polarizations for High-efficiency Micro-machining Applications) und hat das Ziel, Fertigungsverfahren mit Scheibenlaser noch effizienter zu machen als es derzeit möglich ist. Eine der Problemstellungen lässt sich vereinfacht so darstellen: Heute arbeitet ein Laserstrahl entweder sehr schnell und dafür

weniger präzise – oder er arbeitet langsamer und dafür extrem genau. „Die Herausforderung in diesem Projekt ist es, beide Ziele zu vereinen“, sagt Abdou Ahmed. Dabei spielen ganz verschiedene Parameter eine Rolle, zum Beispiel die Intensität und die Dauer des Laserpulses.

Anders als die bekannten, bei Lichtbildvorträgen eingesetzten Laser-Pointerstrahler arbeiten die in der Industrie verwendeten Laser nicht ununterbrochen: In der Fertigung gehen sie in schneller Folge an und aus. Die Dauer dieser Impulse kann im Bereich von einer Billionstel Sekunde liegen. Je nach Frequenz und Intensität lassen sich so sehr unterschiedliche Aufgaben präzise durchführen. Laser bohren haarfeine Löcher oder sie bearbeiten Oberflächen und geben ihnen eine Struktur, die nur unter dem Mikroskop erkennbar ist. „Solche Anwendungs-verfahren sind zum Beispiel in der Mikroelektronik sehr wichtig“, sagt Abdou Ahmed.

Feine Löcher für Einspritzdüsen

Die Hersteller von Smartphones oder Tablets wenden Laser-Verfahren an, um winzige Teile zu bearbeiten, die in diesen Geräten sitzen. Das gilt auch für die Autoindustrie. „Diseleinspritzdüsen, die mit ultraschnellen Lasern hergestellt werden, verschmutzen die Luft nachweislich weniger als Düsen, die mit konventionellen Verfahren gefertigt wurden“, sagt Abdou Ahmed. Zum Einsatz kommen Laserverfahren auch bei der Herstellung von Spinddüsen, die in Textilfabriken eingesetzt werden.

An RAZipol beteiligt sind neben dem IFSW auch das französische Forschungsinstitut Charles Fabry, fünf mittelständische Unternehmen aus unterschiedlichen Ländern sowie die Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Mecklenburg-Vorpommern (SLV M-V) GmbH. Gemeinsam haben die Partner Geld bei der Europäischen Union beantragt, den Zuschlag bekommen und werden nun gefördert. Die Beteiligten treffen sich regelmäßig, um über die Fortschritte



In der Lasertechnologie geht es oft um angewandte Wissenschaft: „Die industrielle Nutzung steht im Mittelpunkt und dort starten auch die Planungen“, sagt Projektleiter HIPERDIAS Abdou Ahmed.

Foto: Foto: Universität Stuttgart/Uji Regenscheit

ihrer Arbeit zu sprechen. Dabei gehen sie nach einem Regelwerk vor, dass sie bei der Planung des Projekts vereinbart haben. Um von der Europäischen Union eine Förderung zu bekommen, muss zum Beispiel genau abgesprochen sein, wer die Forschung in welche Richtung vorantreibt und bis wann Ergebnisse vorliegen. Dabei teilen sich Firmen und Forschungsinstitute die Arbeit sinnvoll auf. Geht es eher um die Grundlagen der Laserphysik, ist die Wissenschaft gefordert; die Unternehmen setzen den Schwerpunkt auf den Einsatz in Fertigungsverfahren.

Diamanten und Armbanduhren

Marwan Abdou Ahmed weiß, wie man europäische Projekte führt. Er hat RAZipol koordiniert und leitet nun das Nachfolgeprojekt HIPERDIAS (High throughPut LasER processing of DIAMond and Silicon). Ziel dieses Projekts ist es, hocheffiziente Fertigungsverfahren mit Scheibenlasern zu entwickeln, die in der Lage sind, dreidimensionale Strukturen in Silizium zu bearbeiten. Für die Halbleiterindustrie ist das sehr wichtig. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Bearbeiten von Diamanten, die in Industriemaschinen harte Werkstoffe bearbeiten. Außerdem sollten sie dünne Metallteile hochpräzise schneiden können. Das ist zum Beispiel für die Arm-

banduhrenindustrie interessant, aber auch für die Hersteller von Medizintechnik. Zu den zehn Partnern von HIPERDIAS gehören außer der Universität Stuttgart auch der Technologiekonzern Bosch, die Universität von Limoges, der französische Laserhersteller Amplitude und weitere Organisationen aus Deutschland, Großbritannien, Belgien, Irland und der Schweiz.

Wie der Physiker Abdou Ahmed Leiter eines europäischen wissenschaftlichen Projekts wurde? Er lacht. „Ich hatte die Idee – und der Initiator übernimmt in der Regel diesen Job.“ Wie andere Forschende auch, muss er Drittmittel beantragen, wenn er Projekte realisieren will. Wie erfolgreich man dabei ist, hängt von vielen Faktoren ab. Zunächst gilt es natürlich, die Idee zu haben, und einen guten wissenschaftlichen Ruf. Um die geeigneten Partner zu finden, kann auch ein Netzwerk nicht schaden. „Ich habe viele Stunden am Telefon verbracht, wissenschaftliche Institute und Unternehmen angerufen.“ In der Szene kennt man sich – aus früheren Projekten oder von wissenschaftlichen Konferenzen.

In der Lasertechnologie geht es um angewandte Wissenschaft. „Die industrielle Nutzung steht im Mittelpunkt und dort starten auch die Planungen“, sagt Abdou Ahmed. Also hörte er sich erst einmal

bei Unternehmen um und fragte, an welchen Stellen Forschungsbedarf bestehen könnte. Für Fördermittel stehen mehrere Institutionen zur Wahl, zum Beispiel das Bundesforschungsministerium, die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) oder die Europäische Union. Die EU macht es zur Auflage, dass die Projektpartner aus mehreren Ländern kommen. Bei Laserprojekten ist die EU eine beliebte Anlaufstelle. Das liegt auch daran, dass etwa die DFG eher Grundlagenforschung finanziert und die Laserstrahlquellen dort als Teil einer theoretisch ausgerichteten Physik betrachtet wird. „Für eine anwendungsbezogene Strahlquellenentwicklung im Rahmen von Projekten wie HIPERDIAS waren die Chancen dort deshalb nicht so gut“, sagt Abdou Ahmed.

Lebenswichtige Drittmittel

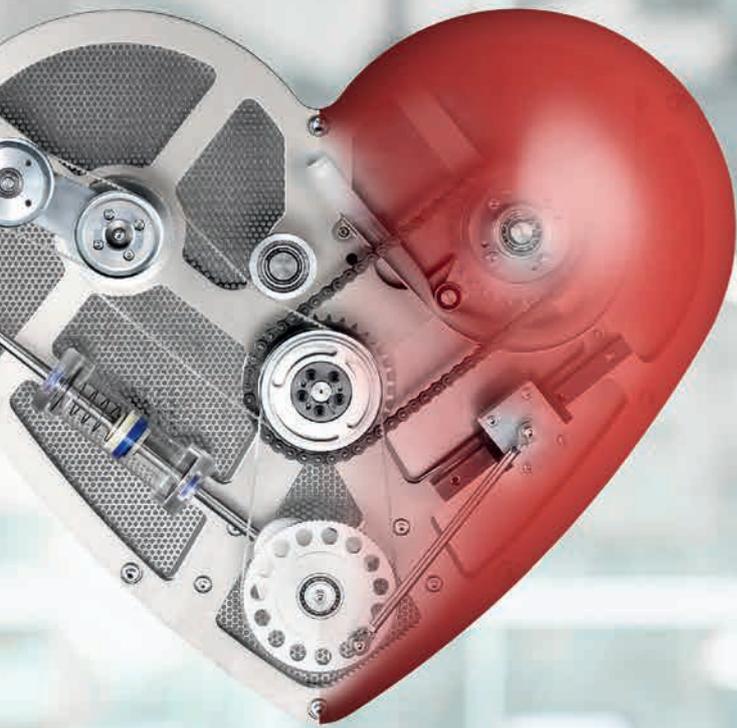
Forschende investieren oft einen großen Teil ihrer Arbeitszeit, um Anträge für Drittmittel einzureichen. Die Erfolgsquote kann stark schwanken, liegt aber über alle Fördermittelgeber hinweg bei etwa 30 Prozent.

Schon in der Antragsphase müssen sich die internationalen Projektpartner organisieren. Die Planung des Budgets steht an erster Stelle. „Jede Seite muss wissen, wie viel Geld ihr zur Verfügung steht“, sagt Abdou Ahmed. Ein strittiger Punkt kann auch die Forschungsstrategie sein. „Unternehmen legen den Schwerpunkt gerne auf einen Aspekt der Technologie, der für sie besonders wichtig ist.“ Die wissenschaftliche Perspektive ist in der Regel allgemeiner und grundlegender ausgerichtet.

Auch die kulturellen Unterschiede können ein europäisches Projekt prägen. „Manchmal interpretieren die Partner getroffene Vereinbarungen unterschiedlich“, sagt Abdou Ahmed. Zum Beispiel, wenn es darum geht, wann bestimmte Ergebnisse geliefert werden müssen. Auch kann es sein, dass Unternehmen versuchen, bestimmte Ergebnisse nicht zu

veröffentlichen, weil sie Sorge haben, der Konkurrenz zu viel zu offenbaren. In staatlichen geförderten Projekten muss jedoch Transparenz herrschen. „Alle grundlegenden wissenschaftlichen Ergebnisse müssen publiziert werden“, sagt Prof. Thomas Graf, Direktor des IFSW und Prorektor für Wissens- und Technologietransfer der Universität Stuttgart. Sein Institut hat 50 Mitarbeiter, rund 80 Prozent von ihnen sind auf Drittmittelförderung angewiesen. Viele Anträge reichen sie bei der EU ein. Zwar bezuschusst auch das Bundesforschungsministerium auf die Industrie ausgerichtete Projekte in der Lasertechnologie, allerdings in geringerem Umfang als früher. „Deutschland hat die Bedeutung der Lasertechnologie sehr früh erkannt“, sagt Graf. Das Forschungsministerium hatte entsprechende Projekte über zwei Jahrzehnte hinweg intensiv gefördert. „Das hat uns sehr vorangebracht. Gleichzeitig war aber absehbar, dass es nicht ewig so weitergeht.“

Aus diesem Grund steht nun die EU eher im Mittelpunkt der Anträge. Ein weiteres Projekt, an dem das IFSW mit anderen europäischen Partnern arbeitet, heißt TresClean (High ThRoughput lasEr texturing of Self-CLEANing and antibacterial surfaces). Einer der Partner ist das französische Laserzentrum ALPhANOV aus Bordeaux. Die Universität Parma ist dabei, aber auch Bosch Siemens Hausgeräte (BSH) aus Spanien, Raylase aus Deutschland sowie ECOR, ein italienischer Hersteller von Abfüllanlagen. „Es geht darum, mithilfe der Lasertechnologie antibakterielle Oberflächen zu erzeugen“, sagt Volker Onuseit, der das Projekt aufseiten des IFSW vertritt. Keine Oberfläche ist völlig glatt, unter dem Mikroskop lassen sich stets Strukturen erkennen. Die winzig kleinen Aushöhlungen sind ein beliebter Ort für Bakterien. Sie können sich dort festsetzen und die Oberfläche verunreinigen. „Mithilfe von UltrakurzpulsLasern ist es möglich, die Struktur so fein zu machen, dass Bakterien darin keinen Platz



Leidenschaft für Technik.

Starten Sie Ihre Karriere bei REIFF!

Mehr erfahren:

www.reiff-gruppe.de/technik-karriere



REIFF

mehr finden“, erläutert Onuseit. Auch Wasser oder andere Flüssigkeiten können sich darin dann nicht mehr sammeln.

Keine Angst vor Soßenspritzern

Für die Hersteller von Abfüllanlagen für die Lebensmittelindustrie hat das viele Vorteile. Werden zum Beispiel Soßen abgefüllt, spritzen fast immer winzige Partikel vorbei und verunreinigen die Maschinen. Sind deren Oberflächen so fein, dass weder Speisereste noch Bakterien an ihnen haften bleiben, müssen sie seltener gereinigt werden. Das Ergebnis: weniger Produktionspausen und mehr Effizienz.

Interessant sind die Oberflächen auch für die Hersteller von Geschirrspülmaschinen. „In den darin enthaltenen Wassertanks können sich ebenfalls Bakterienkulturen bilden“, sagt Onuseit. Hat die Oberfläche eine bestimmte Struktur, können sie sich dort nicht halten. Ziel des Projekts ist es herauszufinden, wie sich mithilfe des Lasers diese Strukturen am besten herstellen lassen. Wissenschaftler wie Onuseit sind es gewohnt, in internationalem Rahmen zu arbeiten. In den Forschungskulturen der ein-

zelnen europäischen Länder stellt der Ingenieur wenig Unterschiede fest, was die Inhalte betrifft. „Da arbeiten alle Beteiligten professionell und beachten dieselben hohen wissenschaftlichen Standards.“

Kleine feine Unterschiede

Die Zusammensetzung der an Projekten beteiligten Teams kann jedoch von Land zu Land unterschiedlich sein. Onuseit nennt als Beispiel Frankreich. „Dort sind in der Regel Postdoktoranden mit den Aufgaben betraut.“ Sie arbeiten auf deutscher Seite mit Doktoranden zusammen, die hier meist älter sind und selbstständiger arbeiten dürfen als in Frankreich, wo die Promotion eher verschulter ist. Wer an internationalen Projekten teilnimmt, lernt diese Unterschiede schnell kennen. Beispiel Italien: „Wer dort promoviert, will oft in der Wissenschaft bleiben“, sagt Onuseit. Die meisten Studierenden, die in Deutschland promovieren, sehen diese Phase eher als Durchgangsstation, um Erfahrung zu sammeln und mit dem Titel ihre Chancen auf eine Position in der Industrie zu erhöhen.

Heimo Fischer

Mit Stift, Papier und Rechenkunst

Hans Peter Büchler forscht an Grundlagen der Quanteninformationsverarbeitung

Hans Peter Büchler ist Professor für theoretische Physik und Leiter des gleichnamigen Instituts an der Universität Stuttgart. Dank Fördermitteln des Europäischen Forschungsrats (European Research Council, ERC) konnte er 2016 seine Arbeitsgruppe ausbauen, die sich mit quantenmechanischen Vielteilchensystemen befasst. Den Schweizer reizt es, haarklein nachzuvollziehen und zu erklären, wie komplexe Systeme funktionieren.

Licht geht ungehindert durch anderes Licht hindurch. Das klingt so banal, dass man sich darüber im Alltag keine Gedanken macht. Doch dieser „Nichtangriffspakt“ zwischen den Photonen stellt für mögliche künftige Anwendungen ein echtes Problem dar: Wie sollen schnelle Computer eines Tages mit einzelnen Lichtteilchen rechnen können, wenn diese untereinander gar nicht wechselwirken? Zum Glück haben Physiker inzwischen Mittel und Wege gefunden, diesem Problem beizukommen. So ist es im Labor möglich, die Photonen untereinander zur Wechselwirkung zu zwingen. Dazu werden Lichtteilchen in ein geeignetes Medium geschickt, wo sie Atome anregen. Aufgrund der Quantennatur der Photonen in Kombination mit den angeregten Atomen lässt sich nun eine Interaktion erwirken, die die Physiker über die geeignete Wahl der Rahmenbedingungen für das Experiment gezielt steuern können. Das Ganze ist – man ahnt es bereits – ziemlich komplex und klappt weder experimentell reibungslos noch ist es theoretisch im Detail verstanden.

Erstes Gebot: Komplexität reduzieren

Auftritt Hans Peter Büchler. Der Professor ist Leiter des Instituts für theoretische Physik III der Universität Stuttgart und – nomen est omen – der Mann für die Theorie. Mit seiner Arbeitsgruppe versucht er, die Abläufe in quantenmechanischen Vielteil-

chensystemen mathematisch möglichst präzise zu beschreiben. „Um die Frage zu beantworten, was mit den Photonen in diesen Systemen passiert, muss man Gleichungen für eine sehr große Anzahl quantenmechanischer Teilchen ausrechnen“, verdeutlicht Büchler die Aufgabe: „So etwas ist nicht mehr exakt lösbar.“ Daher geht es ihm um die Frage, wie sich die Komplexität reduzieren und die Physik des Vielteilchensystems trotzdem korrekt beschreiben lässt – wenigstens für einige Spezialfälle. „Manchmal ist es schon eine Herausforderung, die Problemstellung mathematisch so zu formulieren, dass sie sich überhaupt lösen lässt.“ Büchler bedient sich analytischer Methoden, um Gleichungen so umzuformen, dass am Ende eine Lösung steht. „Natürlich arbeiten wir auch mit numerischen Verfahren, versuchen also Näherungslösungen mit dem Computer zu finden“, sagt Büchler. „Wenn wir hier alleine nicht weiterkommen, sind die Spezialisten für bestimmte numerische Methoden unsere Ansprechpartner, denn Programmcode steht nie im Vordergrund unserer Arbeit.“ Und so kommt es, dass Büchlers Arbeitsgruppe häufig ganz analog mit Stift und Papier oder an der Tafel arbeitet; er selbst beziffert 90 Prozent seiner „Rechentätigkeit“ als analytisch.

Physiker aus und mit Leidenschaft

Von Mathematik sei er schon früh fasziniert gewesen, sagt der 44-Jährige, „sie ging mir immer spielend von der Hand“. Aufgewachsen ist Büchler in der Ostschweiz: in Wattwil, einer weitläufigen Gemeinde mit einigen Tausend Einwohnern, 40 Autokilometer bis St. Gallen, der Säntis nur 20 Kilometer Luftlinie entfernt. Die Physik erlebte er als Gymnasiast hingegen als „fürchterlichen Unterricht“. Und das, obwohl sie ihn ebenfalls fesselte. „Fragte man den Lehrer etwas, das über den Schulstoff hinausging, dann bekam man zu hören, dass das alles viel zu kompliziert sei.“ Mancher hätte sich mit dieser Antwort abgefunden, für Büchler hingegen war sie



“

„Manchmal ist es schon eine Herausforderung, die Problemstellung mathematisch so zu formulieren, dass sie sich überhaupt lösen lässt.“

Peter Büchler

”

Foto: Universität Stuttgart/Uli Regenscheit

Antrieb, „selbst herauszufinden, was es zum Beispiel mit der Relativitätstheorie auf sich hat“. Nach dem Abitur studierte er Physik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule ETH Zürich. „Mathematik und Physik waren dort zu Beginn des Studiums eng miteinander verwoben, das kam mir entgegen“, erzählt Büchler. Dass es in Richtung theoretische Physik gehen würde, war ihm bereits früh klar: „Dort kann man die Dinge wirklich von Grund auf verstehen.“ Die String-Theorie hätte er sich als künftiges Forschungsgebiet vorstellen können, „aber in einer Vorlesung überzeugte mich ein Professor davon, mit der theoretischen Physik lieber ein Gebiet zu wählen, dessen Berechnungen sich irgendwann mal überprüfen lassen“. Der Professor war Gianni

Blatter, bei dem Büchler später über festkörperphysikalische Themen seine Diplom- und Doktorarbeit schrieb. 2004 wechselte er als Postdoc in die Arbeitsgruppe des theoretischen Physikers Peter Zoller, Professor an der Universität Innsbruck. Drei Jahre danach trat Büchler in Stuttgart seine W3-Professur am Institut für Theoretische Physik III an. Er war 33 Jahre alt, seit Beginn seines Studiums waren gerade einmal 13 Jahre vergangen.

Was zählt, sind kluge Köpfe

Sechs Jahre wollte er hier bleiben, inzwischen sind es mehr als zehn. „Es heißt ja immer, dass die Schwaben keine Kölner sind“, sagt Büchler mit einem Augenzwinkern. „Aber ich bin hier gut aufgenom-



Prof. Peter Büchler, Leiter des Instituts für theoretische Physik III der Universität Stuttgart, versucht mit seiner Arbeitsgruppe, die Abläufe in quantenmechanischen Vielteilchensystemen mathematisch möglichst präzise zu beschreiben.

Foto: Universität Stuttgart/Uli Regenscheit

men worden und erlebte die Schwaben von Anfang an als offen.“, Stuttgart sei ein großes Dorf – und das meint er positiv. Doch nicht nur die Region hat es ihm angetan, sondern vor allem „die sehr gute, sehr produktive Zusammenarbeit“ mit den Experimentalphysikern in Stuttgart. „Da entstehen neue Ideen und Rechnungen für Experimente, die auch für einen Theoretiker interessant sind.“ Nach dem frühen Tod des Institutsleiters Professor Alejandro Muramatsu übernahm Büchler im vergangenen Herbst offiziell dessen Funktion.

Im Jahr 2016 bekam Büchler Mittel durch die EU zur Verfügung gestellt. Die Fördersumme des sogenannten ERC Consolidator Grant beläuft sich auf insgesamt bis zu zwei Millionen Euro. Viel Geld für

eine Theoriegruppe in der Grundlagenforschung, die keine Investitionen in aufwendige Experimente tätigen muss, sondern mit Computer, Papier, Tafel und Stift auskommt. Also hat Büchler auch nur das beantragt, was er wirklich braucht, und das fließt in der Hauptsache in Personalkosten. Denn wie meistens in der theoretischen Forschung, ist hier weniger die Ausstattung entscheidend, als vielmehr ein fähiges Team an Mitarbeitern. Dass Büchler auch hier darauf achtet, im Rahmen zu bleiben, liegt nur am Rande an der abgefärbten schwäbischen Sparsamkeit. Der Hauptgrund ist, dass der Professor einfach zu gerne selbst rechnet, als sich nur mit Managementaufgaben befassen zu wollen.

Michael Vogel

Driving progress in tunnel projects.



Seit über 20 Jahren ist VMT mit seinen Vermessungssystemen und -services führender Anbieter im Tunnelbau und in der Industrievermessung. Weit über 1.000 erfolgreiche Tunnelvortriebe weltweit dokumentieren die Leistungsfähigkeit und die Innovationsstärke des VMT-Produktportfolios.

Wir suchen am Standort Bruchsal:

- ▣ **Vermessungsingenieure (m/w)**
- ▣ **Projektingenieure (m/w)**
- ▣ **Softwareentwickler / Softwaretester (m/w)**
- ▣ **Mitarbeiter Produktmanagement (m/w)**

Es erwarten Sie:

- ▣ Herausfordernde Aufgaben, kurze Entscheidungswege und viel Eigenverantwortung
- ▣ Entwicklungschancen in einem dynamisch wachsendem, internationalen Unternehmen
- ▣ Umgang mit modernstem Equipment
- ▣ Förderung der persönlichen Entwicklung

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung an: personal@vmt-gmbh.de oder
VMT GmbH | Personalabteilung | Stegwiesenstraße 24 | 76646 Bruchsal

Weitere Details zu unseren Stellenangeboten finden Sie unter www.vmt-gmbh.de



Visionäre Forscher

Der Europäische Forschungsrat (European Research Council, ERC) fördert bahnbrechende und visionäre Forschung und richtet sich an exzellente Forschende in verschiedenen Karrierestufen. ERC-Grants haben sich als ein Markenzeichen für die internationale Wettbewerbsfähigkeit einer Hochschule etabliert. Eine ganze Reihe an Wissenschaftlern der Universität Stuttgart sind Träger der mit bis zu 2,5 Millionen Euro dotierten Auszeichnung.



Starting Grants

Prof. Oliver Röhrle
Institut für Mechanik
Projekt: Biomechanische Forschung für bessere Beinprothesen
(2012 – 2017)

Mit dem ERC Starting Grant intensivierte Oliver Röhrle als Nachwuchswissenschaftler seine Arbeiten im Bereich der Modellierung von Bewegungsabläufen bei Patienten, deren Bein über dem Knie amputiert wurde. Das Forschungsgebiet ist eine Schnittstelle von Mechanik, Mathematik, Physiologie und Medizin. „Der ERC Starting Grant war eine tolle Bestätigung meiner Forschungsarbeiten. Die Fördergelder haben mir geholfen, meine Biomechanik-Forschungsgruppe auch langfristig hervorragend aufzustellen.“

Ausgeschiedene ERC-Preisträger:

Prof. Clemens Bechinger
(jetzt Universität Konstanz)
Projekt: Verhalten kolloidaler Teilchen
(2016 – 2021)

Prof. Lapo Bogani
(jetzt University of Oxford)
Projekt: Optical Quantum Control of Magnetic Molecules
(2014 – 2018)

Prof. Albrecht Schmidt
(jetzt LMU München)
Projekt: Digitale Erweiterung der menschlichen Sinne
(2016 – 2021)



Consolidator Grants

Prof. Hans Peter Büchler
3. Institut für Theoretische Physik
Projekt: Wechselwirkung zwischen Lichtteilchen
(2016 – 2021)

Für viele Anwendungen der Quantentechnologie wäre es hilfreich, eine kontrollierte Wechselwirkung zwischen einzelnen Photonen zu erreichen. Hans Peter Büchler untersucht entsprechende Methoden. Ausgangspunkt ist das Phänomen von langsamem Licht, bei dem durch geeignete Wechselwirkung mit Atomen die Lichtteilchen eine große Beimischung des elektronisch angeregten Zustandes bekommen. Sind diese Rydberg-Zustände gegeben, führt die starke Wechselwirkung zwischen Rydberg-Atomen wiederum zu einer Wechselwirkung zwischen den Photonen.

Prof. Johannes Kästner
Institut für Theoretische Chemie
Projekt: Projekt: Quantenmechanischer Tunneleffekt
(2015 – 2020)

Mithilfe von Simulationen untersucht Johannes Kästner den quantenmechanischen Tunneleffekt von Atomen. Dieser lässt einige chemische Reaktionen bei niedrigen Temperaturen schneller ablaufen und ermöglicht Reaktionen im eiskalten Weltraum. „Mich fasziniert der Tunneleffekt schon seit Jahren“, sagt der geborene Wiener, der im Exzellenzcluster Simulation Technology (SimTech) der Universität Stuttgart forscht. „Dank der Förderung durch die EU kann ich diesen Effekt umfangreich untersuchen. Zudem konnte ich meine Forschungsgruppe deutlich vergrößern.“



Advanced Grants



Prof. Peer Fischer

Institut für Physikalische Chemie / Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme
Projekt: Projekt "Holographic acoustic assembly and manipulation"
(2018 – 2023)

Ultraschall, der sich im Wasser mit einer Wellenlänge von wenigen hundert Mikrometern ausbreitet, wird in der medizinischen Bildgebung erfolgreich eingesetzt und kann zum Einfangen und zur Manipulation von Mikropartikeln und Zellen eingesetzt werden. Peer Fischer und sein Team wollen mithilfe von Schallwellen aus Mikropartikeln und Zellen Strukturen bis hin zu ganzen Organoiden erzeugen - einfach und viel schneller als im 3D-Druck.



Prof. Harald Giessen

4. Physikalisches Institut
Projekt: Plasmonik am ultimativen Limit
(2013 – 2018)

Dank metallischer Nanostrukturen kann Licht mithilfe von Nanoantennen auf kleinste Dimensionen konzentriert werden – viel kleiner als die Lichtwellenlänge. Dies hat zu neuen Effekten bei der Licht-Materie-Wechselwirkung geführt, zum Beispiel bei der Sensorik. Harald Giessen untersucht die ultimativen Limits dieser Wechselwirkungen. Damit will er eine Brücke schlagen zwischen Grundlagenforschung und möglichen Anwendungen sowie zwischen den Disziplinen Physik, Chemie und molekularer Biologie.



Prof. Tilman Pfau

5. Physikalisches Institut
Projekt: Wechselwirkungen in Quantengasen
(2011 – 2016)

Quantensysteme mit langreichweitigen Wechselwirkungen ermöglichen neuartige Zustände der Materie sowie neue Quantenbauelemente wie zum Beispiel integrierbare und skalierbare Einzelphotonenquellen und Sensoren. Tilman Pfau und sein Team untersuchten neuartige Quantenflüssigkeiten sowie hoch empfindliche Quantensensoren für Mikrowellen und Spurengase. Sie konnten zeigen, dass auch Atome aufeinander so empfindlich reagieren, dass sie sich über einen Abstand von einem Mikrometer spüren. Das hat zur Demonstration einer Einzelphotonenquelle bei Raumtemperatur geführt.



Prof. Hans-Joachim Werner

Institut für Theoretische Chemie
Projekt: Quantenmechanische Simulationen von Molekülen und chemischen Reaktionen
(2013 – 2018)

Hans-Joachim Werner und sein Team haben im Rahmen des Projekts neue Methoden und umfangreiche Computerprogramme zur Berechnung der Elektronenstruktur von großen Molekülen entwickelt. Ausgehend von den grundlegenden physikalischen Gesetzen und Naturkonstanten, können damit chemische und physikalische Eigenschaften von Molekülen vorhergesagt werden, ohne empirische Informationen zu verwenden.



Prof. Jörg Wrachtrup

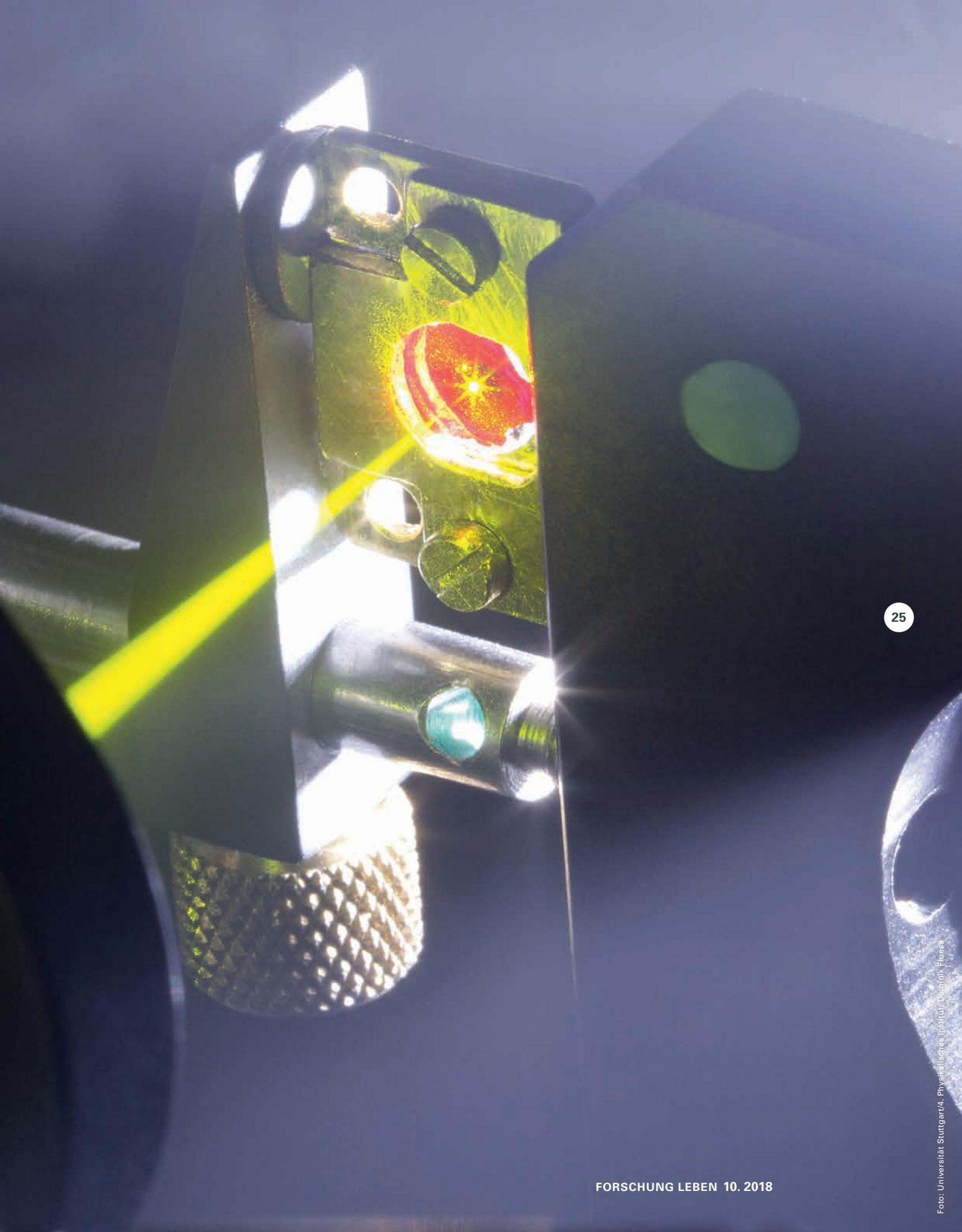
3. Physikalisches Institut
Projekte: Quantentechnologie mit Elektrospins
(2011 – 2016)
Abbildung elektrischer Felder einzelmolekularer Ladungen mit Quantensensoren
(2017 – 2022)

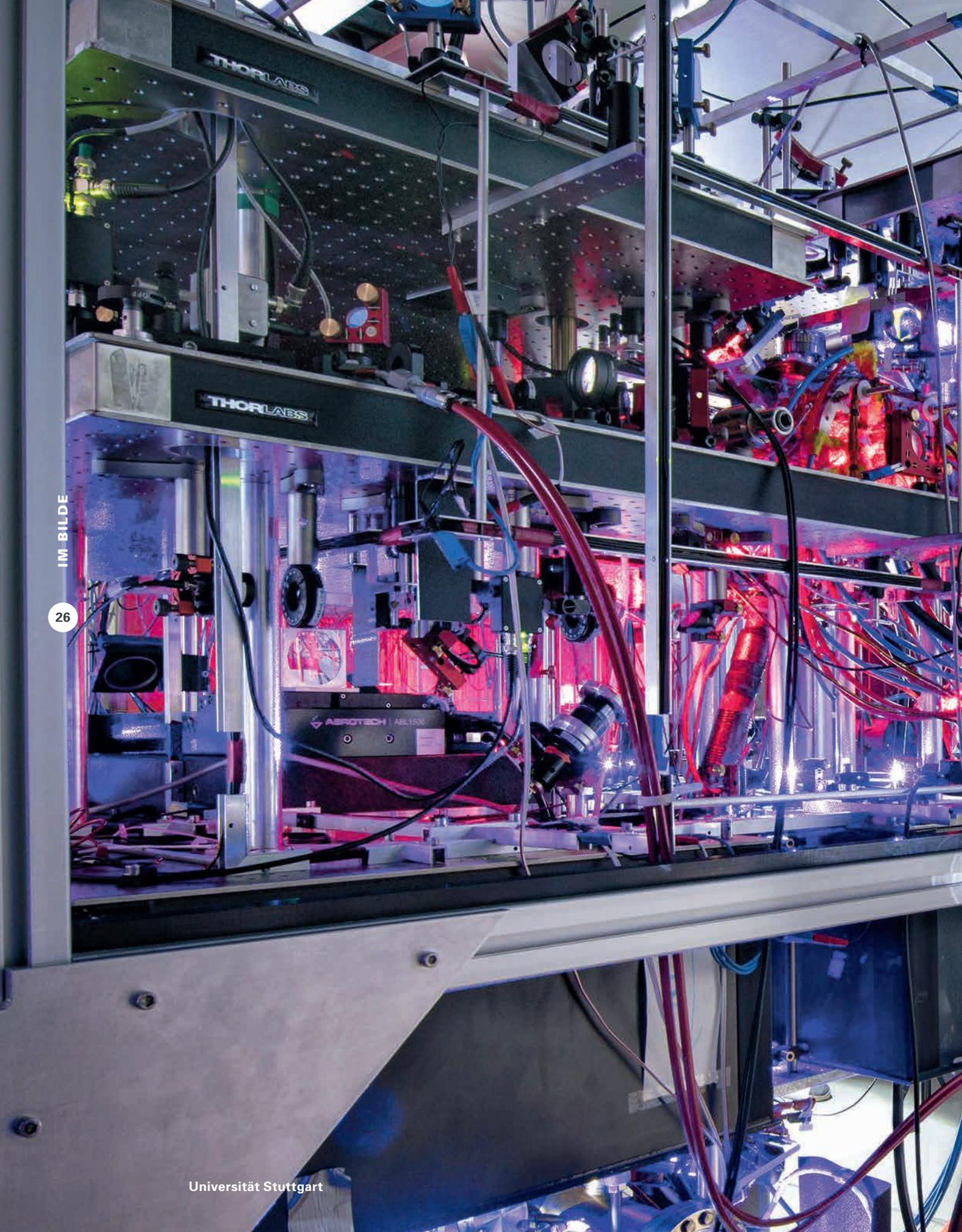
Jörg Wrachtrup und sein Team haben in dem ERC Advanced Grant aus dem Jahr 2011 die Nutzung atomarer Defekte in Diamanten für die Quantentechnologie erforscht. Dabei ist es ihnen gelungen, mit Quantensensoren neue Empfindlichkeitsrekorde aufzustellen – auch unter Umgebungsbedingungen. „Mit dem zweiten Grant 2017 möchte ich zeigen, wie man mithilfe von Quantensensoren elektrische Felder mit bisher unerreichter Empfindlichkeit und räumlicher Auflösung und damit zum Beispiel einzelne elektrische Ladungen verfolgen kann. Besonders freue ich mich über einen zusätzlichen Proof-of-Concept Grant, mit dem ich einige Ideen in die Anwendungen überführen kann.“



IQST – oder Quantentechnologien gestalten die Zukunft

Leistungssteigerung von Computern oder mehr Datensicherheit, hoch empfindliche Messmethoden für Medizintechnik oder Umweltanalytik, neue Materialien für mehr Ressourceneffizienz: Die Quantentechnologie gilt in einer zunehmend komplexer werdenden Welt als eine Schlüsseltechnologie. Das Zentrum für Integrierte Quantenwissenschaft und -technologie in Baden-Württemberg (Center for Integrated Quantum Science and Technology, IQST) ist mit 27 beteiligten Instituten an den Universitäten Stuttgart und Ulm sowie am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung ein internationaler Dreh- und Angelpunkt: Hier arbeiten Spitzenforscherinnen und -forscher aus den Bereichen Physik mit anderen Disziplinen Hand in Hand und in direkter Kooperation mit der Industrie, um auf der Grundlage quantenphysikalischer Prinzipien zukünftigen Herausforderungen zu begegnen. Die interdisziplinäre Verknüpfung exzellenter Grundlagenforschung mit ausgezeichneter angewandter Forschung sowie Industriepartnern soll zahlreichen Konzepten der Quantentechnologie in die technische Anwendung helfen. Die zweite Quantenrevolution zu befeuern, ist auch das Ziel der Flaggschiff-Initiative der Europäischen Kommission zur Quantenforschung und -technologie, die maßgeblich vom IQST mit initiiert wurde. Sie gehört zu den ehrgeizigsten langfristigen Forschungs- und Innovationsinitiativen der EU-Kommission: Die in diesem Jahr angelaufene EU-Förderung soll mit einem Finanzvolumen von 1 Milliarde Euro dazu beitragen, die Spitzenstellung Europas in der Quantenwissenschaft zu stärken.

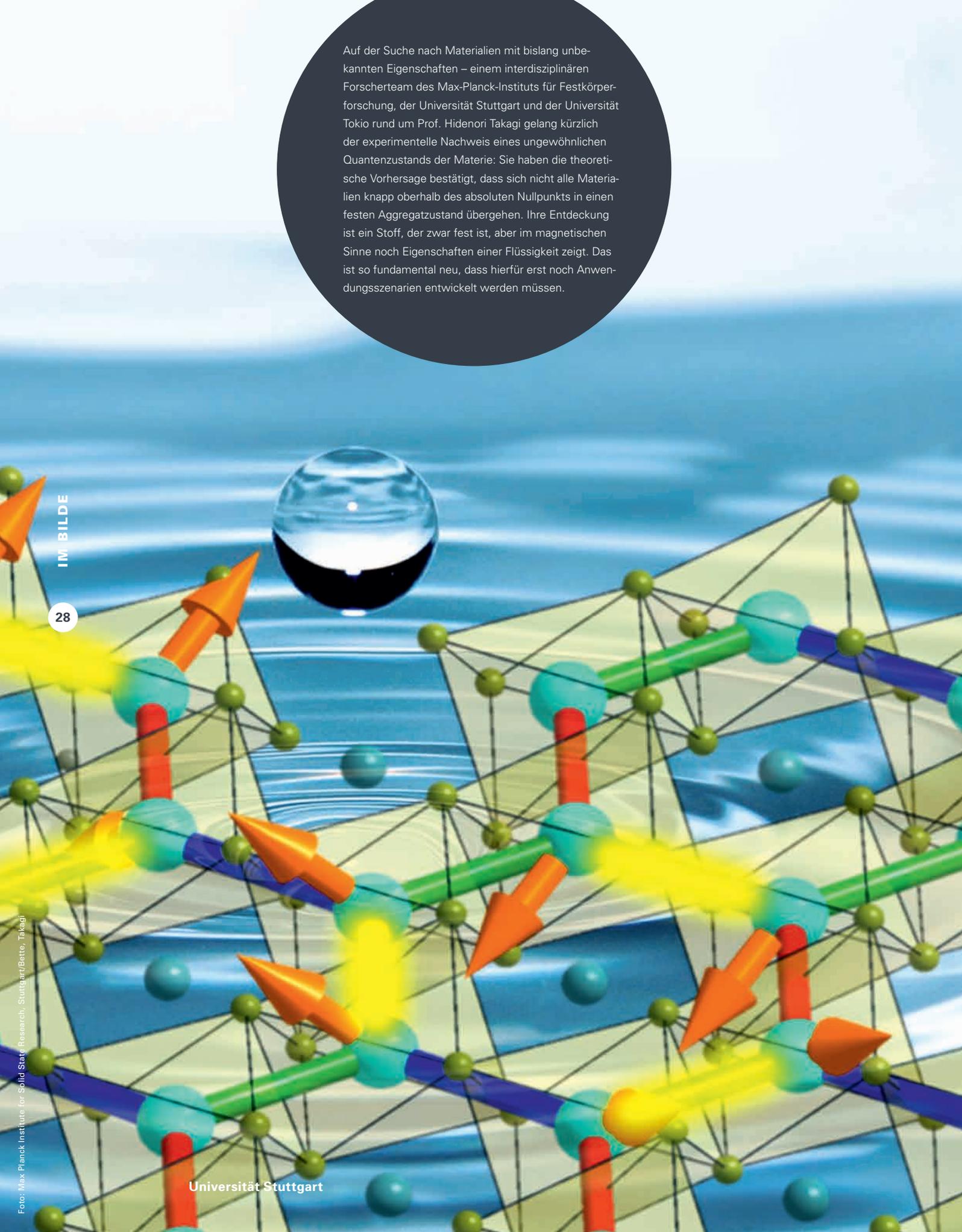


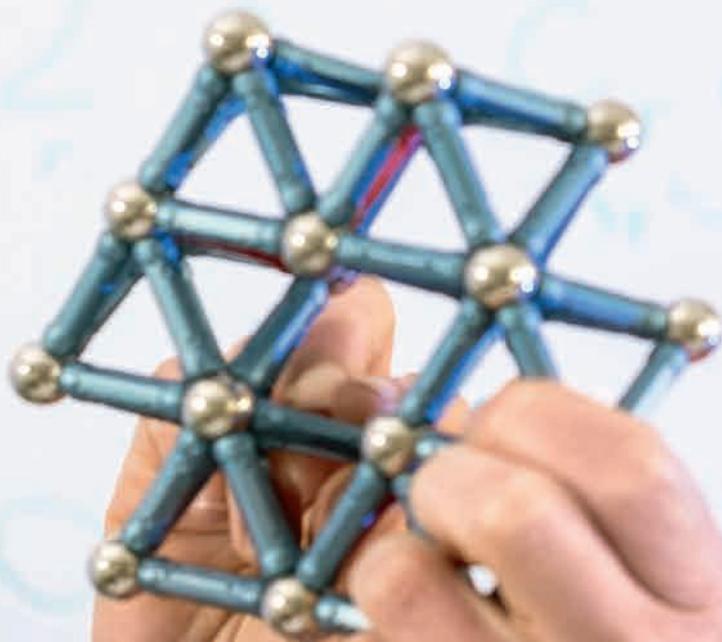




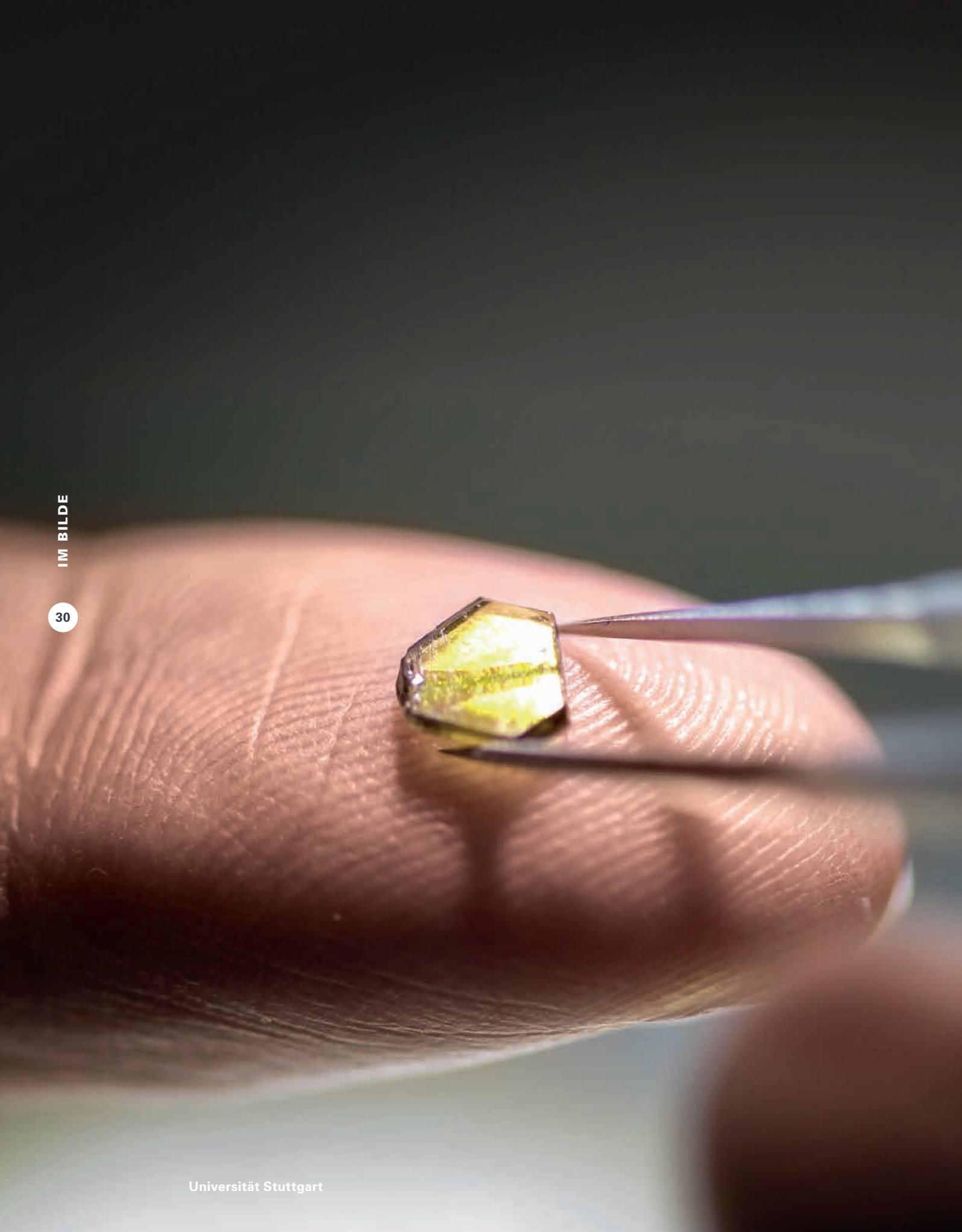
Quantenphysikerinnen und -physiker mit anderen Disziplinen Hand in Hand kontrollieren einzelne Atome, Elektronen und Lichtteilchen, mit denen sich die Funktionen von elektronischen Bauteilen nachempfinden lassen, was die Miniaturisierung der Digitaltechnik voranbringen soll. Die natürlichen Grundbausteine der Materie sind außerdem ideale Sensoren, denn sie reagieren sehr sensibel auf physikalische Reize und erreichen höchste Präzision. Im Laserlabor schafft die Forschergruppe um Prof. Tilmann Pfau, Leiter des 5. Physikalischen Instituts an der Universität Stuttgart und Direktor des IQST, die Grundlage für miniaturisierte Messgeräte. Hier wird experimentell und in noch handhabbarer Größe erprobt, wie sich mithilfe von Lichtteilchen Sensoren ansprechen und auslesen lassen.

Auf der Suche nach Materialien mit bislang unbekanntenen Eigenschaften – einem interdisziplinären Forscherteam des Max-Planck-Instituts für Festkörperforschung, der Universität Stuttgart und der Universität Tokio rund um Prof. Hidenori Takagi gelang kürzlich der experimentelle Nachweis eines ungewöhnlichen Quantenzustands der Materie: Sie haben die theoretische Vorhersage bestätigt, dass sich nicht alle Materialien knapp oberhalb des absoluten Nullpunkts in einen festen Aggregatzustand übergehen. Ihre Entdeckung ist ein Stoff, der zwar fest ist, aber im magnetischen Sinne noch Eigenschaften einer Flüssigkeit zeigt. Das ist so fundamental neu, dass hierfür erst noch Anwendungsszenarien entwickelt werden müssen.

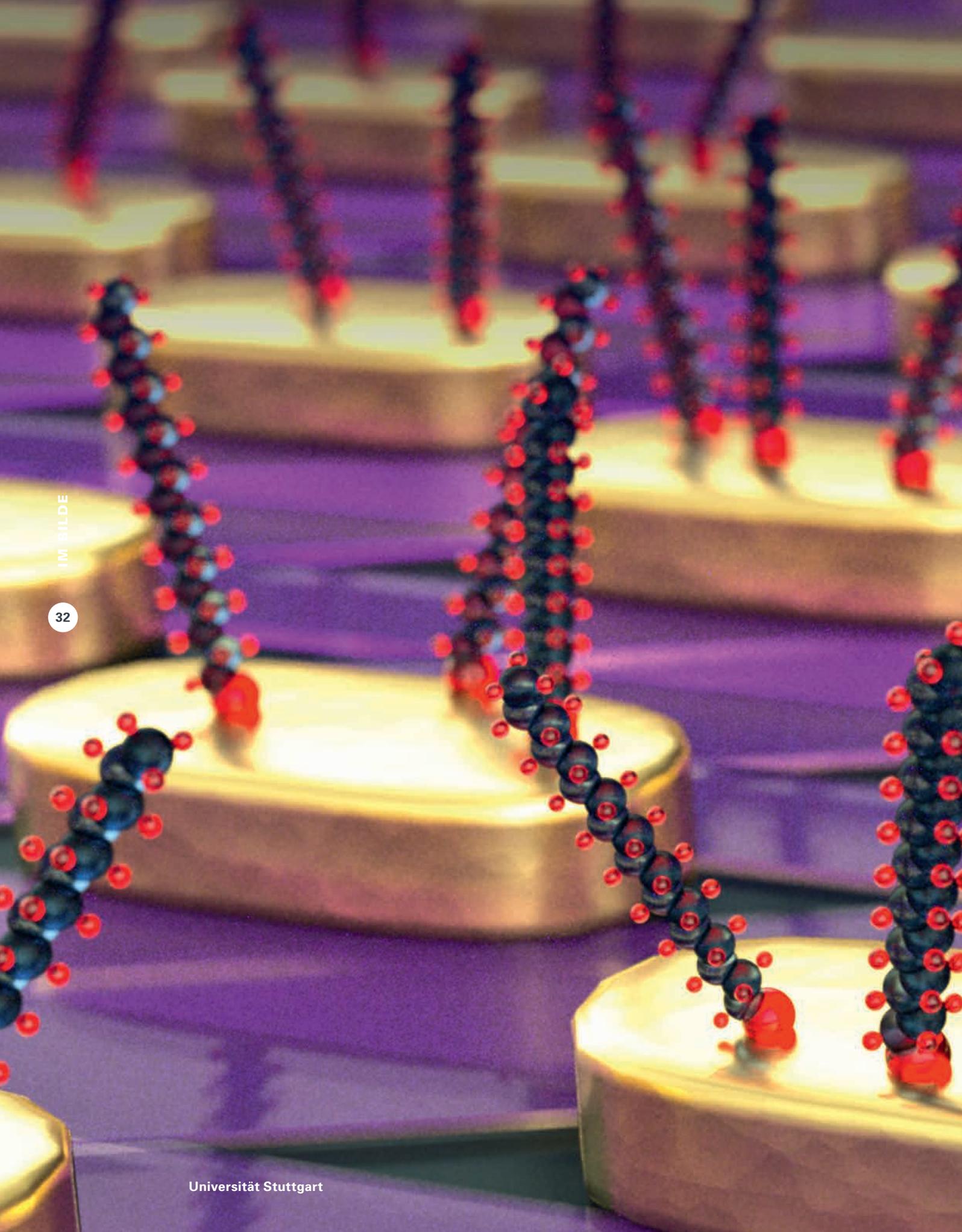




Was passiert, wenn viele elementare Teilchen wie Atome oder Elektronen zusammenkommen und ein größeres Stück, zum Beispiel einen Festkörper zu bilden? Was muss man beachten, um seine wichtigsten Eigenschaften zu verstehen? Dass das Ganze mehr sein kann als seine Teile, erfahren die Physiker und Physikerinnen im Team von Prof. Maria Daghofer, Leiterin des Instituts für Funktionelle Materie und Quantentechnologien an der Universität Stuttgart, oft schon am Modell. Ziel ist es unter anderem, neue Materialien zu finden, die exotische elektronische Zustände aufweisen und zum Beispiel Phänomene wie Supraleitung oder hohe Thermoelektrizität zeigen. Supraleitung erlaubt es etwa, starke Magnetfelder für Teilchenbeschleuniger, Kernfusionsreaktoren oder Magnetresonanztomographen zu erzeugen, oder extrem schwache Magnetfelder in biologischen Systemen zu messen.



Quantenphysikalische Prinzipien werden künftig für die Informationsverarbeitung, -übertragung und die Sensorik eine große Rolle spielen. Dafür machen sich Prof. Jörg Wrachtrup, der das 3. Physikalisches Institut der Universität Stuttgart leitet, und Prof. Fedor Jelezko, Leiter des Instituts für Quantenoptik der Universität Ulm, die physikalische Eigenschaft von Diamanten zunutze: Weil sie sehr hart sind, schirmen sie die atomaren Defekte so gut ab, dass sich Quantenzustände bei Raumtemperatur präparieren lassen. Um hochreine Diamanten auf atomarer Skala zu manipulieren, werden Stickstoffatome in das Material geschossen, die den Platz von Kohlenstoffatomen einnehmen. Dieser gewünschte „Defekt“ hat eine magnetische Komponente. Solchermaßen mit einem magnetischen Barcode versehen, könnten winzige Diamantpartikel künftig medizinische Wirkstoffe markieren und so die Diagnostik verbessern.





Eine Standard-TV-Antenne empfängt Signale, die mit elektromagnetischen Frequenzen im Megahertz-Bereich übertragen werden und konvertiert sie zu elektrischen Pulsen im Stromkabel. Hierbei werden durch die Antenne verschiedene Größenskalen miteinander verknüpft: Die Übertragungswellenlänge liegt im Bereich von Zentimetern bis Metern, während die Größe einer elektrischen Leitung im Millimeter-Bereich liegt. Prof. Harald Giessen, Leiter des 4. Physikalischen Instituts, ist es in Zusammenarbeit mit Kollegen am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung gelungen, dieses Konzept auf das Gebiet der Nano-Optik zu übertragen. Sie realisieren etwa 100 Nanometer große metallische Strukturen, die effizient optische Frequenzen im Bereich von mehreren hundert Terahertz empfangen, und eröffnen damit neue Möglichkeiten für die schnelle Datenübertragung sowie zur empfindlichen Sensorik. Das Bild zeigt einzelne Moleküle auf den Nanoantennen, die mithilfe ihrer Vibrationen höchst empfindlich detektiert werden können.



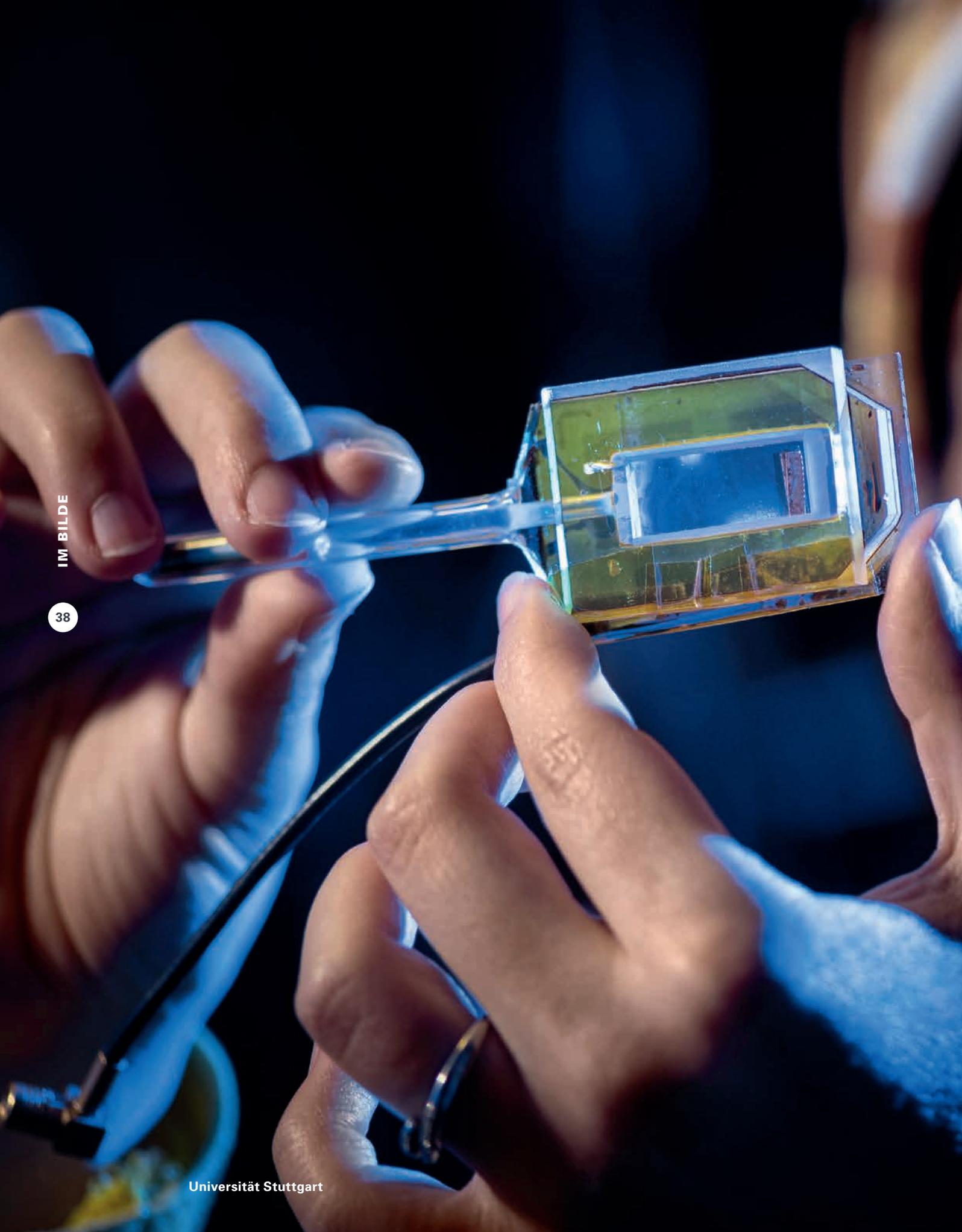


Cloudcomputing ohne Sicherheitsrisiken – möglich werden könnte dies durch die Zusammenführung von Quantencomputern und quantentechnologischen Verfahren zur Datenverschlüsselung. Was praxisnah klingt, ist jedoch absolute Grundlagenforschung. Mit ihr befasst sich Prof. Stefanie Barz, die am Institut für Funktionelle Materie und Quantentechnologien die Arbeitsgruppe „Integrierte Quantenoptik“ leitet. Das Team erzeugt einzelne Lichtteilchen und vermisst sie mit dem Ziel, Anwendungen aus dem Bereich der Quanteninformationen zu demonstrieren. Das sind zum Beispiel kleine Quantencomputer, Quantensimulatoren und Quantennetzwerke. Um den Sprung aus der Quantenphysik in die Praxis zu schaffen, ist eine enge Zusammenarbeit mit den Kolleginnen und Kollegen aus den Ingenieurwissenschaften gefragt.





Auf der Spur quantenchemischer Prozesse bei der Molekülbildung: In einer Ionenfalle werden Ionen, also elektrisch geladene Atome oder Moleküle, mittels elektrischer und magnetischer Felder festgehalten. In den letzten Jahren hat sich ein neues Forschungsfeld entwickelt, bei dem kalte, gefangene Ionen in Kontakt gebracht werden mit ultrakalten, neutralen atomaren Gasen. Prof. Johannes Hecker-Denschlag, Leiter des Instituts für Quantenmaterie an der Universität Ulm, studiert im Rahmen des IQST-Teams mit seinen Kolleginnen und Kollegen Kollisionen und Reaktionen der Ionen mit neutralen Atomen. Sie ziehen aus diesen Experimenten Erkenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen den Teilchen. Die Forschungsergebnisse könnten dazu beitragen, chemische Prozesse sehr effizient und kontrolliert ablaufen zu lassen.



In Glaszellen eingeschlossene atomare Dämpfe finden bereits Anwendung als Atomuhren und Magnetfeldsensoren. Im Rahmen von IQST werden sie am 5. Physikalischen Institut der Universität Stuttgart mit Laseranregungen in hoch angeregte „Rydberg-Zustände“ kombiniert, um neue Anwendungsfelder zu erschließen. Diese erstrecken sich zum Beispiel von Sensoren für Mikrowellen über Einzelphotonenquellen bis hin zu Spurengassensoren.

Die Funktionsweise neuartiger funktioneller Mikro- und Nanostrukturen basiert oft auf der Manipulation äußerst fragiler Quantenzustände. Bei der Herstellung solcher Strukturen können bereits minimale Verunreinigen die Leistungsfähigkeit der Bauteile beeinträchtigen. Die Reinräume der Universität Stuttgart und des Max-Planck-Institut für Festkörperforschung genügen höchsten Ansprüchen an Luftreinheit, -feuchtigkeit und Temperatur und erfüllen strenge Anforderungen an die Abschirmung elektromagnetischer Schwingungen bzw. mechanischer Vibrationen. Die komplementäre Ausstattung der Reinräume umfasst eine Vielzahl von Geräten zum epitaktischen Wachstum hochreiner dünner Schichten und Volumenkristalle, zu deren Strukturierung durch Elektronen- und Ionenstrahlen sowie zur Charakterisierung der fertigen Bauteile. Die Herstellung von Prototypen schlägt eine Brücke zwischen Grundlagenforschung und technologischer Anwendung von quantenphysikalischen Phänomenen als Vorstufe zur industriellen Nutzung.



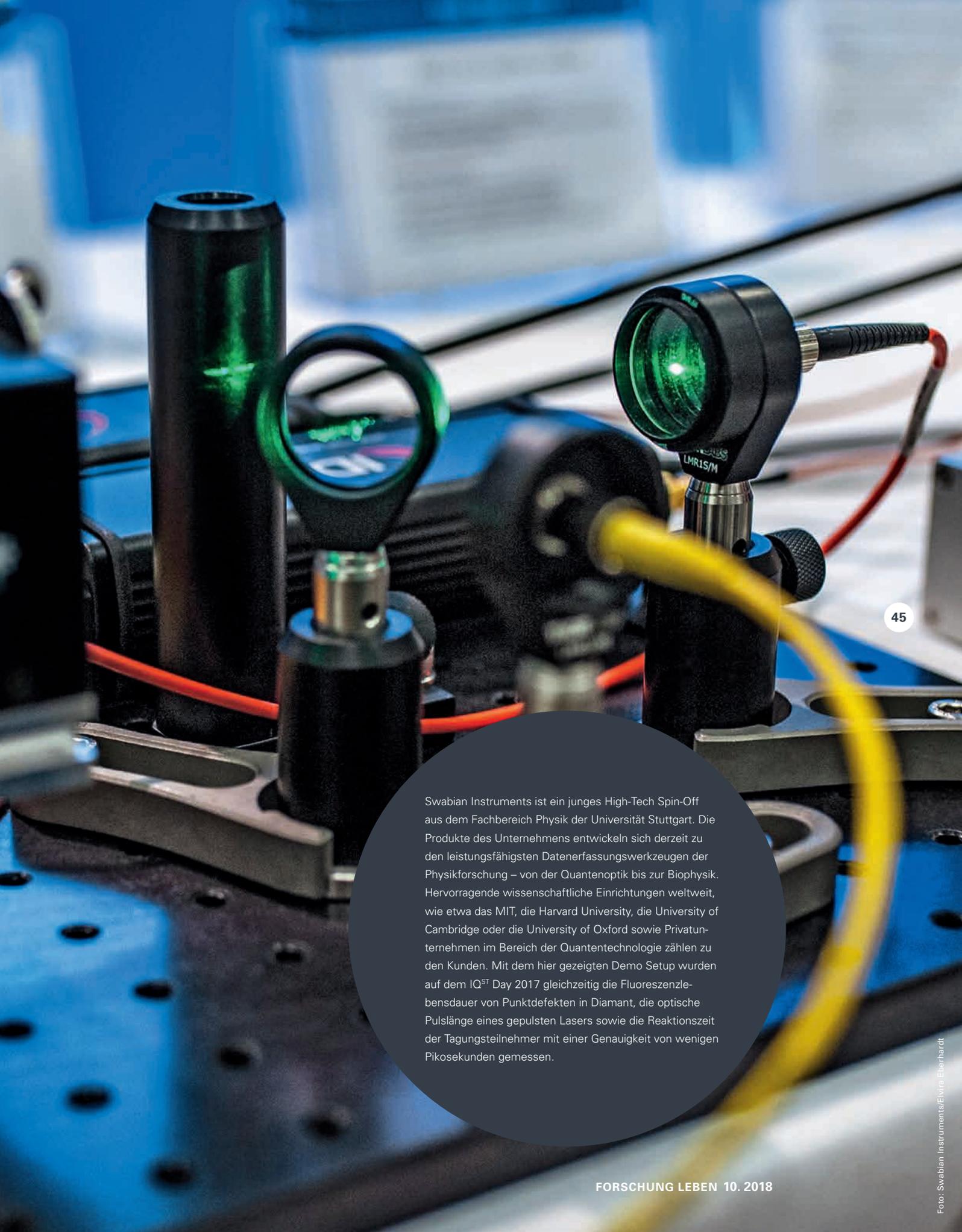




Vom virtuellen Netzwerk in die reale Welt: Der jährliche IQST Day ist das Forum, um Forschungsprojekte des Zentrums vorzustellen, den wissenschaftlichen Austausch zu stärken und wichtige Impulse für den Dialog mit Wirtschaft und Politik zu geben. Renommierete Quantenforscherinnen und -forscher aus aller Welt präsentieren neueste Ergebnisse aus ihrem hoch innovativen Wissenschaftsbereich und erörtern die Potenziale, die sich aus der Flaggschiff-Initiative der EU-Kommission zur Quantenforschung und -technologie ergeben.



NVision Imaging Technologies ist eine Ausgründung aus den Instituten für Theoretische Physik und Quantenoptik der Universität Ulm. Unternehmer, Produktentwickler und weltweit führende Wissenschaftler arbeiten gemeinsam daran, eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung und Kommerzialisierung neuartiger Bildverarbeitungs- und Sensoranwendungen zu übernehmen. Zum Einsatz kommt die Entdeckung der einzigartigen Quanteneigenschaften einzelner Stickstoff-Vakanzdefekte (NV-Zentren) in Diamanten: Aufgrund der Steifigkeit des Diamantgitters lässt sich der Elektronenspin einzelner NV-Zentren durch Laserlicht initialisieren, detektieren und mit Mikrowellen manipulieren. NVision setzt diese Funktionen ein, um die Bildgebung in der Medizin maßgeblich zu verbessern und zum Beispiel die Magnetresonanztomographie (MRT) zu optimieren.



Swabian Instruments ist ein junges High-Tech Spin-Off aus dem Fachbereich Physik der Universität Stuttgart. Die Produkte des Unternehmens entwickeln sich derzeit zu den leistungsfähigsten Datenerfassungswerkzeugen der Physikforschung – von der Quantenoptik bis zur Biophysik. Hervorragende wissenschaftliche Einrichtungen weltweit, wie etwa das MIT, die Harvard University, die University of Cambridge oder die University of Oxford sowie Privatunternehmen im Bereich der Quantentechnologie zählen zu den Kunden. Mit dem hier gezeigten Demo Setup wurden auf dem IQST Day 2017 gleichzeitig die Fluoreszenzlebensdauer von Punktdefekten in Diamant, die optische Pulslänge eines gepulsten Lasers sowie die Reaktionszeit der Tagungsteilnehmer mit einer Genauigkeit von wenigen Pikosekunden gemessen.



Grammatische Kombinerer Linguistinnen sind Sprachveränderungen bei bilingualen Menschen auf der Spur

„Dikka brat, du weißt nich grad, was passiert ist“, dieser Satz aus der WhatsApp-Nachricht eines russischstämmigen Teenagers an seinen Freund zeigt als kleines Beispiel, wie kreativ junge Menschen mit Migrationshintergrund die Muttersprache ihrer Vorfahren mit der Sprache ihres Heimatlandes kombinieren. Eine Forschergruppe will nun erstmals vergleichend untersuchen, ob und wie diese Menschen die Grammatiken ihrer Sprachen dauerhaft verändern. Zwei Linguistinnen der Universität Stuttgart untersuchen dabei die Sprechweise russischstämmiger junger Leute in den USA.

Eine Frau auf dem Fahrrad ist von einem Auto angefahren worden. Wie genau ist das geschehen? Was tun die Beteiligten? Eine Bildergeschichte mit Szenen wie dieser steht im Mittelpunkt der Sprach-Versuche des Instituts für Linguistik, Abteilung Anglistik, der Universität Stuttgart: Eine Gruppe von Testpersonen bekommt die Geschichte vorgelegt. Nun sollen die Probanden erzählen, was sie gesehen haben: einer Person im Raum, einem Freund über einen Messenger-Dienst auf dem Smartphone, einem Polizisten bei der Zeugenvernehmung. Die Testpersonen haben eines gemeinsam: Alle haben russische Vorfahren, sind aber selbst in den USA aufgewachsen. Wie diese Gruppe Russisch und Englisch spricht, will Prof. Sabine Zerbian gemeinsam mit ihrer Doktorandin Yulia Zuban im Projekt „Grammatische Dynamiken im Sprachkontakt – ein komparativer Ansatz“ herausfinden. Weil Zerbian dabei mit fünf weiteren Instituten verschiedener deutscher Universitäten zusammenarbeitet, fördert die Deutsche Forschungsgemeinschaft das Projekt bis 2021. Denn es ermöglicht erstmals vergleichende Erkenntnisse darüber, ob und wie bilinguale Menschen die Grammatiken in insgesamt fünf Sprachen abwandeln.

Ein Wort gibt das andere

„Sprache verändert sich ständig, auch bei monolingualen Sprechern und Sprecherinnen“, sagt Zerbian. „Aber wir denken, dass in dieser Sprachkontakt-Situation besondere Dynamiken herrschen. Sprache dient der Kommunikation. Man möchte verstanden werden, deshalb wird man kreativ. Also schauen wir uns an, welche Besonderheiten sich dabei ergeben.“ Unter den zweisprachigen Menschen fokussiert sich das Team auf sogenannte Heritage-Sprecherinnen und -Sprecher. Das sind Menschen, die Zuhause die Sprache sprechen, die im kulturellen Erbe der Familie wichtig ist, und außerdem Deutsch beziehungsweise Englisch als dominante Sprache, weil sie in Deutschland oder in den Vereinigten Staaten aufgewachsen. „Wir schauen uns die Entwicklungen in der Grammatik dieser Sprecher und Sprecherinnen an – sowohl in der Heritage-Sprache als auch in der dominanten.“ Untersuchen will die Forschergruppe die Heritage-Sprachen Griechisch, Türkisch und Russisch, gesprochen jeweils in Deutschland und in den USA. Das könnte nicht nur Veränderungen der Sprache allgemein sichtbar machen, sondern auch Erkenntnisse darüber bringen, wie Information über Sprache vermittelt wird. Oder darüber, wie es mit den Sprachrepertoires und sprachlichen Kompetenzen dieser Gruppen aussieht. „Wir sehen Mehrsprachigkeit nicht als Barriere, sondern als Reichtum und Sprachqualität mit besonderer Dynamik“, so Zerbian. Später könnten die Erkenntnisse zum Beispiel dazu dienen, Spracherkennungsprogramme zu verbessern, wenn etwa ein Sprecher von einer in eine andere Sprache wechselt.

Für ihr Teilprojekt Heritage-Russisch und Dominant-Englisch werden Zerbian und Zuban in den USA mit russischstämmigen Testpersonen Sprech-Situationen mit Bildergeschichten aufnehmen. Bei den 30 Teilnehmern handelt es sich um Jugendliche im Alter von 16 bis 18 Jahren und junge Erwachsene Ende 20. Anschließend untersuchen die Wissen-

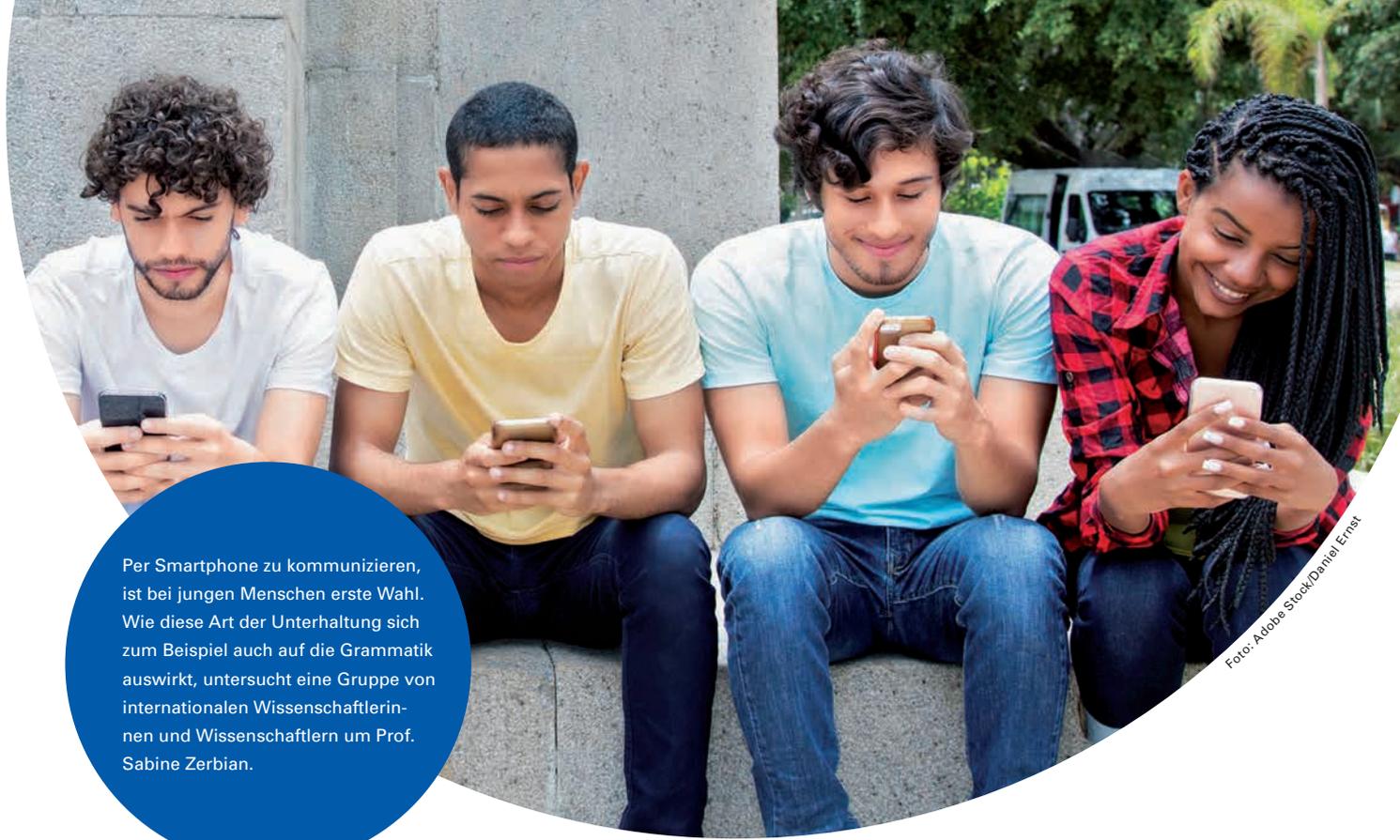


Foto: Adobe Stock/Daniel Ernst

Per Smartphone zu kommunizieren, ist bei jungen Menschen erste Wahl. Wie diese Art der Unterhaltung sich zum Beispiel auch auf die Grammatik auswirkt, untersucht eine Gruppe von internationalen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern um Prof. Sabine Zerbian.

schaftlerinnen, wie sich die mündliche Sprache von der schriftlichen unterscheidet, und was passiert, wenn die Freiwilligen informell mit Freundinnen und Freunden sprechen, oder formell, etwa mit einer Polizistin.

Einsprachige dienen als Kontrollgruppe

Bevor die beiden in die USA fliegen, sind jedoch Absprachen mit den anderen Instituten nötig: Alle Beteiligten wollen ein einheitliches Verfahren festlegen, mit dem sie die Sprechsituationen aufnehmen und codieren. So entsteht eine gemeinsame Datenbasis, auf der später alle mit allen Texten arbeiten und forschen können. Dadurch lassen sich zum Beispiel auch Vergleiche ziehen zwischen Heritage-Griechisch in Deutschland und in den USA und Untersuchungen darüber anstellen, ob sich das Griechische in Deutschland und den USA in gleicher Weise verändert.

Als Phonologin, die sich mit gesprochener Sprache beschäftigt, will Zerbian gezielt Melodie, Rhythmus und Betonung untersuchen. Aus der Forschung weiß man bislang lediglich: Es gibt in der Sprachmelodie immer wieder Veränderungen, und Sprachen beeinflussen sich gegenseitig. „Wir schauen uns an, wie Sätze phrasiert, Wörter gruppiert und wie Akzente

verteilt werden, die dazu dienen, wichtige Aspekte kenntlich zu machen.“ Um die Ergebnisse einzuordnen, erhebt die Gruppe auch den Sprachgebrauch einsprachiger Menschen: Deutsche in Deutschland, Einsprachige in der Türkei und so weiter. „So sehen wir, wie Monolinguale dieselbe Aufgabe umsetzen. Denn wir wissen zwar, was die Grammatikbücher sagen, aber tatsächlich gesprochene Standardsprache ist selten.“ Die Forscherin gibt ein Beispiel: Als sie die Bildergeschichte des Unfalls wiedergaben, betonten einige mehrsprachige Versuchspersonen in einem bereits aufgenommenen Pilotprojekt im Satz „Er ging zu ihr“ das Pronomen „ihr“. „Das erwartet man nicht“, so Zerbian, üblicherweise betone man in dem betreffenden Kontext die Präposition „zu“. „Wenn wir das vermehrt fänden, könnte die Hypothese lauten, dass es grammatische Gründe hat.“ Kurioserweise hat die Forschergruppe diese Betonung aber auch bei der einsprachigen Vergleichsgruppe beobachtet. „Das zeigt, wie wichtig Kontrollgruppen sind. Denn vielleicht handelt es sich hier um eine allgemeine Veränderung in der Sprache.“

Daniel Völpel

Im Namen des Volkes? Lobbyarbeit auf dem Prüfstand

In einer idealen Welt tragen Lobbyisten dazu bei, dass die Regierenden auf die politische Agenda setzen, was den Bürgerinnen und Bürgern auf den Nägeln brennt. Inwieweit Lobbyisten in der realen Welt tatsächlich die Interessen der Menschen repräsentieren, untersuchen Sozialwissenschaftler der Universität Stuttgart gemeinsam mit Teams aus Großbritannien, den Niederlanden und den USA.

Des Volkes Willen drückt sich in Wahlen, Parlamenten und Gesetzen aus, so lauten Maximen der Demokratie. Daneben bemüht sich eine Vielzahl von Verbänden, Vereinen und Initiativen darum, den Regierenden die Präferenzen der Bürger nahezubringen. Die Hürden für die Bildung solcher Organisationen sind niedrig. „Getreu der Devise ‚Wenn jeder an sich selbst denkt, ist an alle gedacht‘ müssten in einem solchen System alle gesellschaftliche Gruppen politisch angemessen repräsentiert sein“, meint Studienleiter Prof. Patrick Bernhagen, Inhaber des Lehrstuhls Politische Systeme und Politische Soziologie an der Universität Stuttgart. „Die Frage ist allerdings, ob es dabei fair zugeht.“ Frühere Untersuchungen des Politikwissenschaftlers lassen Zweifel aufkommen.

Fürsprecher – für wen?

Gerade auf EU-Ebene, so die Ergebnisse einer Erhebung aus dem Jahr 2012, tun sich vermeintlich starke und gut organisierte Verbände wie zum Beispiel der Industrie relativ schwer, ihre Forderungen in Gesetze umzumünzen. Umwelt- und Verbraucherverbände dagegen agieren oft sehr erfolgreich. Die damalige Veröffentlichung löste teils empörte Reaktionen aus, widersprechen die Aussagen doch dem landläufig negativen Bild, das dem Begriff „Lobbyismus“ bis heute anhaftet. Dies mündete in die Idee, die Rolle von Lobbyisten fundiert zu bewerten und

zu prüfen, ob das schlechte Image gerechtfertigt ist. Damit war der Grundstein gelegt für ein dreijähriges Forschungsprojekt, das den Titel „Agenden und Interessengruppen“ (AIG) trägt und über die europäische Open Research Area (ORA) noch bis 2019 finanziert wird.

ORA ist eine Kollaboration europäischer Förderinstitutionen, an der auch die Deutsche Forschungsgemeinschaft beteiligt ist. In der Regel arbeiten in ORA-Projekten Universitäten aus drei bis vier europäischen Ländern zusammen. Über Großbritannien können bislang auch US-amerikanische und außerdem im Zweijahres-Rhythmus japanische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einbezogen werden. Bei AIG sind dies neben dem Stuttgarter Team Arbeitsgruppen um Dr. Joost Berkhout (Amsterdam), Dr. Adam Chalmers (London), Prof. Beth Leech (Rutgers, USA) und Dr. Amy McKay (Exeter, Großbritannien).

Gegenüber früheren Projekten verschiebt sich in AIG der Fokus: Gefragt wird nicht länger, wer sich am besten durchsetzt, sondern worüber die Akteure reden. „Wir wollen wissen, ob die Lobbygruppen in den verschiedenen Ländern die Vielfalt der Bürgerinteressen weitergeben, oder ob sie womöglich Scheindebatten führen“, spitzt Bernhagen zu.

Soziales, Mieten, Sicherheit

Um sich dieser Frage zu nähern, setzen die Forscherinnen und Forscher auf „Ergebnisoffenheit und Neugier“, so Prof. Bernhagen. Per Telefon wurden zunächst in jedem Teilnehmerland 1.000 Personen aus der Bevölkerung gefragt, welches aus ihrer Sicht das wichtigste Problem ist, das die Politik lösen sollte. Die Antworten sind noch nicht vollständig ausgewertet, bieten auf den ersten Blick jedoch zumindest für Deutschland wenig Überraschendes: Ganz oben auf der Liste stehen sozialpolitische Themen, wie zum Beispiel die Altersversorgung, Bildung und nach wie vor das Thema Flüchtlinge.



Parallel gaben über 100 Lobbyisten verschiedener Gruppen darüber Auskunft, an welchen großen Themen ihr Verband derzeit arbeitet. Erwartungsgemäß fielen die Antworten hier je nach Struktur der Verbandsmitglieder wesentlich detaillierter aus und umfassten viele Spezialfragen. Zur Sprache kamen aber auch übergreifende Themen, die auch die Bevölkerung umtreiben, wie etwa die Digitalisierung der Arbeitswelt oder der Klimawandel. Die Themenpräferenzen von Bevölkerung und Lobbyisten vergleichbar zu machen, ist allerdings eine Herausforderung. Helfen soll dabei ein Codier-Schema, das die Antworten zu bestimmten Themenfeldern aggregiert. Auf diese Weise wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler neun Themen herausfiltern, die von den Interessenverbänden am häufigsten bearbeitet werden. Zu diesen „Lieblingsthemen“ wird in einer zweiten Erhebungswelle die Bevölkerung gezielt erneut befragt. Wie wichtig ist den Menschen, um beim Beispiel zu bleiben, das Megathema Klimawandel tatsächlich und wo zwischen Ökonomie und Ökologie verorten sie sich dabei persönlich? „Da werden wir von Daimler-Mitarbeitern möglicherweise andere Antworten bekommen als von Mitgliedern der Grünen“, mutmaßt Bernhagen.

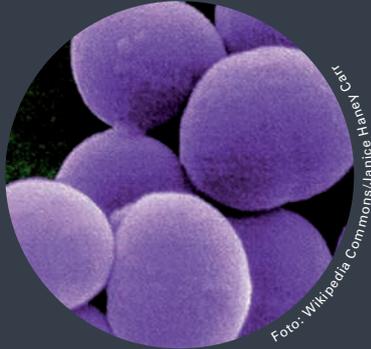
Im Ausland dominieren Brexit und Trump

Ein Vergleich über die Grenzen der beteiligten Länder hinweg wird zudem dadurch erschwert, dass aktuelle Krisen die Wahrnehmung wichtiger Themen stark beeinflussen. Diese „Aufreger“ sind von Land zu Land sehr unterschiedlich ausgeprägt. „In Großbritannien ist derzeit der ‚Brexit‘ sehr dominant und in den USA reden die Menschen hauptsächlich über Donald Trump. Dadurch rücken andere Themen ein wenig in den Hintergrund“, erklärt Bernhagen. Die ursprüngliche Sorge der Wissenschaftler, die Umfrage zeige keine ausreichende Varianz, bestätigte sich jedoch nicht: „Es gab auch viele andere Themen.“



Der Anspruch der Studie geht über die obligate Lobbyismus-Debatte hinaus und trägt normative Züge. „Wenn wir abschätzen können, wie groß die Diskrepanz zwischen den Themen der Verbände und denen der Bevölkerung ist, erlaubt das Rückschlüsse darauf, wie authentisch organisierte Interessen die Wünsche und Ängste der Bevölkerung abbilden. Letztlich sagt dies etwas aus über das Funktionieren der Demokratie“, meint Bernhagen. Auch die Repräsentativität und damit die Qualität der Lobbyarbeit im Ländervergleich wird aus den Daten erkennbar. Zudem lässt sich anhand des Codier-Schemas ersehen, inwieweit konkrete Agenden der Gesetzgebung, beispielsweise im Koalitionsvertrag, die Präferenzen der Bürgerinnen und Bürger abbilden. Konkrete Empfehlungen an die Politik wollen die Forscher aus der Grundlagenstudie nicht ableiten, praktische Implikationen hat sie dennoch. Je nach Ergebnis könnten Politiker zu dem Schluss kommen, dass man das Antichambrieren von Lobbyisten nicht immer ernst nehmen muss, meint Bernhagen augenzwinkernd. „Oder umgekehrt, dass sie Lobbyisten künftig noch mehr Gehör schenken sollten.“

Andrea Mayer-Grenu



Mikroalgen bereit für das All

Wie versorgt sich der Mensch während einer Langzeitmission zum Mars oder beim Aufbau einer Station auf der Mondoberfläche? Die Lösung könnten Algen sein. Das Institut für Raumfahrtssysteme (IRS) der Universität Stuttgart hat zwei Fotobioreaktorkammern an Airbus Defence and Space übergeben. Darin soll noch 2018 die Mikroalgenart *Chlorella vulgaris* auf der ISS heimisch werden. Die Mikroalge ist für die Raumfahrtanwendung besonders geeignet, da sie schnell wächst und wenig Platz und Wasser braucht. Sie ist reich an Proteinen und könnte bis zu 30 Prozent des täglichen Nahrungsbedarfs der Astronauten decken. Die Stuttgarter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bauen außerdem ein spezielles Gerät, mit dem die Astronauten die Mikroalgen mit Nährstoffen versorgen und ernten können. Die Forscher zeichnen zudem für die Entwicklung und Vorbereitung der Mikroalgen-Startkulturen und der Nährmedien-Fütterungseinheiten verantwortlich.

Standardisierte Batterien für Elektrofahrzeuge

Gabelstapler, Leichtfahrzeuge, Kehrmaschinen und Motorboote: Wenn alle elektrischen Fahrzeugtypen mit einem standardisierten Batteriesystem angetrieben werden könnten, wäre das sehr vorteilhaft. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Forschungs- und Lehrgebiets Technisches Design des Instituts für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD) der Universität Stuttgart arbeiten gemeinsam mit Partnern aus Forschung, Industrie und Normung daran, diese Vision zu ermöglichen. Durch die Entwicklung eines standardisierten Grundmoduls auf Basis moderner Lithium-Ionen-Technologie lassen sich die Batteriesysteme abhängig von den Anforderungen nach dem Baukastenprinzip zusammenstellen. Nur die äußeren Schnittstellen des Moduls sind standardisiert, das Innere ist nicht festgelegt. Zudem beschäftigen sich die Forscherinnen und Forscher des IKTD damit, die Handhabung des Moduls nach ergonomischen Standards zu entwickeln, und sorgen dafür, dass auch Laien sicher damit umgehen können. Ein möglicher Batteriewechsel sollte von Hand oder alternativ automatisiert ausführbar sein, und jeder soll in der Lage sein, das Batteriesystem intuitiv zu bedienen.

Smartphone als Mikroskop

Ein Mikroskop für unterwegs, einfach und preiswert herzustellen – das war das Ziel von Prof. Alois Herkommer und Carsten Reichert vom Institut für Technische Optik (ITO) der Universität Stuttgart. Mit einem speziell gefertigten Aufsatz, bestehend aus einer umfunktionierten Smartphone-Optik als Mikroskop-Objektiv und verschiedenen Haltevorrichtungen, lässt sich jetzt jedes handelsübliche Smartphone als Mikroskop nutzen. Es erreicht eine Auflösung im Bereich von drei bis vier Mikrometern. Komplexere Prototypen ermöglichen sogar Phasenkontrast- oder Hologramm-Aufnahmen. Es gebe zwar wenige ähnliche Konkurrenzprodukte, doch diese seien meist an eine bestimmte Smartphone-Marke gebunden, erklären die Forscher. Zudem hätten ähnliche Produkte entweder eine sehr viel schlechtere Auflösung oder seien teurer. Das von Herkommer und Reichert entwickelte Modell kostet im Verkauf rund 25 Euro und kann für verschiedene Smartphone-Typen verwendet werden.

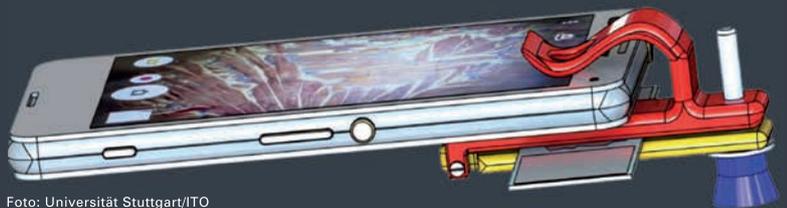


Foto: Universität Stuttgart/ITO



Foto: Universität Stuttgart/IRS

Antibiotika gegen multiresistente Keime

Immer weniger wirksame Antibiotika stehen im Kampf gegen multiresistente Keime zur Verfügung. Doch es gibt Hoffnung: Eine Gruppe um Prof. Bernd Plietker vom Institut für Organische Chemie der Universität Stuttgart beschrieb in einer gemeinsamen Publikation mit Forschenden um Prof. Friedrich Götz von der Universität Tübingen grundlegend neuartige Antibiotika-Strukturen, die im Kampf gegen die oft tödlichen Krankheitserreger einen signifikanten Beitrag leisten könnten.

Die Wissenschaftler haben gezeigt, dass neuartige,

nicht-natürliche Derivate der aus Orchideen isolierten Naturstoffklasse der polyzyklischen polyprenylierten Acylphloroglucine (PPAP) potente Antibiotika gegen multiresistente Krankheitserreger sind. Während die momentan gängigen Reserveantibiotika häufig auf komplexen, zyklischen Peptiden basieren und unter anderem die Zellwandbiosynthese hemmen, behindern die von den Forschern untersuchten PPAP diese nicht. Dennoch weisen sie eine Aktivität wie die Reserveantibiotika auf.

Neue Photovoltaikgeneration

Photovoltaikmodule sollen effizienter, umweltfreundlicher und qualitativ hochwertiger werden. Das ist das Forschungsziel der Universität Stuttgart, die gemeinsam mit dem Energieversorger EnBW ein neues Verfahren zur Herstellung von Photovoltaikmodulen untersucht. Durch den Einsatz von Lasertechnologie in der Fertigung sollen Module zukünftig einen höheren Wirkungsgrad erzielen und langlebiger sein. Zudem verzichtet das neue Verfahren auf umweltschädliche Stoffe und Schwermetalle wie Blei oder Cadmium und verspricht außerdem, preisgünstiger zu werden.

„Mit dem neuen Verfahren, das wir jetzt gemeinsam fertig entwickeln wollen, könnten Solarzellen auf der gleichen Fläche mehr Sonnenstrom gewinnen, und das mit potenziell geringeren Modulkosten als heute und ganz ohne giftige Bestandteile“, erklärt Prof. Dr. Wolfram Münch, Leiter Forschung und Entwicklung bei der EnBW, das Ziel des Forschungsprojekts. Bis zum Frühjahr 2020 soll das gemeinsame Forschungsvorhaben abgeschlossen sein. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie fördert das Forschungsprojekt und die EnBW übernehmen ebenfalls einen Teil der Kosten.



Foto: Universität Stuttgart/IPV

Krebsexperten von morgen EU fördert internationale Doktoranden-Netzwerke

Etwa 1,3 Millionen Menschen sterben in der EU jährlich an Krebs. Das ist über ein Viertel aller Todesfälle. Um dem entgegenzuwirken, hat Prof. Markus Morrison, Leiter des Instituts für Zellbiologie und Immunologie, ein internationales Forschungs- und Trainingsprogramm für junge Krebsforscher initiiert. Mittlerweile ist es Vorbild für zwei weitere Doktoranden-Netzwerke, die durch das „Marie-Sklodowska-Curie“-Programm der Europäischen Kommission mit je knapp vier Millionen Euro gefördert werden.

„Je größer unser Verständnis der zellulären Prozesse im Tumor ist, also beispielsweise darüber, warum er nicht auf die Therapie anspricht, desto besser können wir intervenieren“, sagt Markus Morrison. Seine Forschungsgruppe „Zellbiologie und angewandte Systembiologie“ beschäftigt sich mit den komplexen Signalwegen in Zellen, die darüber entscheiden, ob eine Körperzelle stirbt, oder, wie im Falle von Krebs, anfängt zu wuchern. Das ist keine Aufgabe, die ein einzelner Forscher im Elfenbeinturm lösen könnte. Deshalb setzen die EU-Netzwerke bereits in der Ausbildung der Promovierenden an. „Die Idee dahinter ist, dass junge Forscher in Kontakt mit Forschern aus anderen Ländern kommen und lernen, sowohl im akademischen als auch im klinischen und unternehmerischen Umfeld zu arbeiten“, betont der Biologe. Ziel ist es, den Horizont über Disziplin- und Kulturgrenzen hinweg für neue Lösungen in der Krebsforschung zu erweitern. In den Netzwerken werden drei Jahre lang bis zu 15 Promovierende gefördert. An jedem dieser Doktorandenprojekte sind immer eine akademische Einrichtung, eine Klinik und ein Unternehmen aus Europa oder vereinzelt auch aus Nicht-EU-Ländern beteiligt.

Die Mitglieder des Netzwerks machen an allen Stationen halt. Bis zu neun Monate sind sie daher

während ihrer Förderperiode auf Reisen. „Das ist nicht wie in den klassischen Forschungskonsortien, wo ich einen Kooperationspartner bitte, eine Messung zu machen, und dann das Ergebnis zugeschickt bekomme“, sagt Morrison.

Fern der Heimat

Internationale Bewegung entstand auch dadurch, dass sich Masterabsolventen nur auf Projekte außerhalb ihres Heimatlandes bewerben konnten. Eine der Kandidatinnen war die Bioinformatikerin Nivetha Krishna Moorthy. „Ich habe mich sehr gefreut, als ich ausgewählt wurde, schließlich sind Marie-Curie-Doktorandenprogramme ziemlich angesehen“, erzählt die Inderin, die einen Master in Biomedizintechnik von der berühmten Sorbonne-Universität in Paris in der Tasche hat. Also packte sie die Koffer und zog Ende Januar 2018 nach Stuttgart, wo sie zeitgleich mit einer Italienerin ihre Promotion innerhalb des GLIOTRAIN-Netzwerks am Institut für Zellbiologie und Immunologie begann.

Im September 2017 gestartet, ist es das jüngste der drei Netzwerke. Die 21 Kooperationspartner aus acht Ländern haben dabei Glioblastome im Visier. Sie sind die häufigsten aller Hirntumore und zugleich die tödlichsten: Etwa 85 Prozent aller Patienten sterben trotz Therapie innerhalb von zwei Jahren. „Es ist eine riesige Herausforderung für die Forschung, aber da Hirntumore in der Bevölkerung eher selten vorkommen, war es bisher schwierig, Fördergelder zu bekommen“, erklärt Morrison das Dilemma.

Passierschein fürs Gehirn

Krishna Moorthy wird mithilfe von Computersimulationen eine gehirngängige Variante eines am Institut weiterentwickelten Wirkstoffs designen und diese dann experimentell testen. Dabei handelt es sich um einen Fusions-Antikörper, der den programmierten Zelltod der Krebszellen einleiten soll. Damit der Wirkstoff aus dem Blut in das Gehirn



Foto: Universität Stuttgart/Max Koylentso

Indien, Italien, Kroatien und Bangladesch sind die Heimatländer der jungen Forscherinnen und Forscher, die derzeit im Rahmen des Hautkrebs-Netzwerks MelPlex am Institut für Zellbiologie und Immunologie der Universität Stuttgart arbeiten.

übergeht, will sie den Antikörper mit einem Molekül-Anhängsel ausstatten, das quasi als „Passierschein“ für die Blut-Hirn-Schranke dient. Bei der Biotechnologie-Firma YUMAB in Braunschweig lernt Krishna Moorthy, wie man maßgeschneiderte humane Antikörper herstellt. Ihre zweite Reise wird sie an das Royal College of Surgeons im irischen Dublin führen, wo sie die Verteilung des Wirkstoffs im Körper von Labormäusen untersuchen wird. „Ich denke, es gibt nach der Promotion nie wieder die Möglichkeit, so viel zu lernen. Und mit diesem Doktorandenprogramm ist das eindeutig möglich“, sagt Krishna Moorthy. „Ich kann hier Erfahrung im privaten und öffentlichen Sektor sammeln und viele Kontakte knüpfen, sodass ich mir später herausuchen kann, wo ich arbeiten möchte“, ergänzt sie. Krishna Moorthys Doktorvater Morrison kennt die Koordinatorin von GLIOTRAIN am Royal College of Surgeons noch aus seiner eigenen Zeit in Dublin. Der gebürtige Osnabrücker hat in derselben Abteilung 13 Jahre lang geforscht und gelehrt, bevor er 2016 als Professor an die Universität Stuttgart wechselte. In Dublin hat Morrison 2014 auch das erste Doktoranden-Netzwerk MEL-PLEX ins Leben gerufen, an das die anderen beiden angelehnt sind. Darin erforschen die jungen Wissenschaftlerinnen

und Wissenschaftler bösartige Melanome, auch schwarzer Hautkrebs genannt. Diese Krebsart ist gerade unter der hellhäutigen Bevölkerung in Europa auf dem Vormarsch. 17 Partner aus elf Ländern hat Morrison für das Netzwerk gewinnen können. Dass die EU dem Netzwerk, das noch bis November 2018 läuft, eine Förderzusage erteilt hat, war nicht selbstverständlich: „Im Bereich der Lebenswissenschaften ist der Wettbewerb sehr hoch und es gibt viele Ausschlusskriterien, warum ein Antrag abgelehnt wird“, weiß Morrison, der das Hautkrebs-Netzwerk seither koordiniert. Das sich das Konzept bewährte, hat auch dafür gesorgt, dass die nachfolgenden Doktoranden-Netzwerke Förderung erhielten, ist Morrison überzeugt. Über 400 junge Forscherinnen und Forscher hatten sich seinerzeit für das MEL-PLEX-Programm beworben. Hier mag auch das Gehalt eine Rolle gespielt haben, das im Marie-Curie-Programm etwas höher ist als die hierzulande übliche Bezahlung von Doktoranden.

Vorhersage von Hautkrebs

Ziel des MEL-PLEX-Netzwerks ist es zunächst, schwarzen Hautkrebs besser zu verstehen. Dieser streut relativ früh in andere Organe und bildet dort Tochtergeschwülste. Wird er erst in diesem fortge-

schrittenen Stadium entdeckt, bedeutete er für die betroffenen Patienten noch vor einigen Jahren den sicheren Tod. Mittlerweile überleben diese Patienten dank neuer Therapien zwar etwas länger, doch noch sind viele weit davon entfernt, geheilt zu werden. Die Wissenschaftler wollen daher auch neue Therapeutika weiterentwickeln und anhand von Biomarkern vorhersagen können, welchen Verlauf die Krebserkrankung nehmen oder ob der Tumor auf eine bestimmte Therapie ansprechen wird. „Wir wollen von vorneherein Patienten identifizieren, die langfristig von einer Therapie profitieren“, sagt Morrison. Allen anderen bliebe dadurch eine für sie unwirksame, dafür aber mit Nebenwirkungen verbundene Therapie erspart. „Weil die modernen Therapien immer teurer werden, würden die Kosten andernfalls jedem Gesundheitssystem das Genick brechen“, meint Morrison.

Mit solchen Vorhersagemodellen für schwarzen Hautkrebs beschäftigt sich in Morrisons Arbeitsgruppe der Italiener Cristiano Guttà. Innerhalb des MEL-PLEX-Netzwerks hat er sich zunächst angesehen, ob bestimmte Eiweiße, die in der zellulären Qualitätskontrolle eine Rolle spielen, im Tumorgewebe vermehrt oder vermindert gebildet werden. „Diese sogenannte Autophagie erlaubt es den Zellen, Organellen und Proteine, die geschädigt sind oder nicht mehr gebraucht werden, zu verdauen und die Moleküle dann wiederzuverwerten“, erzählt Guttà. Bei schweren Schäden kann dies sogar dazu führen, dass sich die Zelle komplett selbst verdaut und damit umkommt.

„Ich fülle mathematische Modelle mit den Eiweiß- und klinisch-pathologischen Daten und mit Informationen, wie die Eiweiße miteinander vernetzt sind, und teste das Vorhersagepotenzial der Modelle“, erklärt der Molekularbiologe mit einem Faible für Informatik. So konnte er bestätigen, dass bei Patienten die Krebserkrankung schneller voranschreitet, wenn die Selbstverdauung der Zellen im frühen Krank-

heitsstadium herunterreguliert ist. Das statistische Wissen, um die Proteindaten auszuwerten, hat Guttà sich bei der Firma Oncomark in Dublin angeeignet, einem Spezialisten für Krebs-Biomarker. Dort hat er im vergangenen Jahr zwei Monate verbracht.

„Austausch von Wissen ist gewaltig“

Zurzeit will Guttà zusammen mit Pathologen der Uniklinik Bern zwei weitere Proteine des Autophagie-Weges in Tumorbiopsien quantifizieren. „Hierbei bekomme ich Einblick, wie die Daten, die ich nutze, produziert werden – von der Probenentnahme bis zur Datensammlung“, freut sich Guttà. „Gleichzeitig brauchen die Schweizer jemanden, der ihnen Systembiologie nahebringt: Es ist ein gewaltiger Austausch von Wissen und Expertise.“ Später will sich Guttà die Protein-Signatur von fortgeschrittenen Hauttumoren vornehmen. Denn es gibt Hinweise, dass das Recycling-Programm der Zelle den Krebs in diesem Stadium eher befeuert.

Außer Guttà arbeiten noch eine Kroatianin und ein Kollege aus Bangladesch innerhalb des Hautkrebs-Netzwerks am Institut für Zellbiologie und Immunologie. „Am Mittagstisch triffst du die ganze Welt. Diesen Schmelztiigel der Kulturen sehe ich überall in der Wissenschaft“, schwärmt Guttà. Alle sechs Monate treffen sich die Doktoranden eines Netzwerks, entweder um ihre Ergebnisse zu präsentieren, oder um Fortbildungskurse zu besuchen, die Morrison koordiniert. „Wann immer wir uns treffen, ist es so, als ob wir uns schon immer gekannt hätten. Du hast eine Arbeitsgruppe hier und eine zweite quer durch Europa, in denen du dein Projekt diskutierst und zu neuen Ideen kommst“, sagt Josip Skoko.

Wie Guttà erforscht auch Skoko schwarzen Hautkrebs. Er ist Mitglied im dritten Netzwerk TRAINERS, das ein befreundeter Wissenschaftler Morrisons im irischen Galway koordiniert. Der Kroatianer Soko ist gemeinsam mit Morrison von Dublin nach Stuttgart gekommen. In TRAINERS, das von 2015

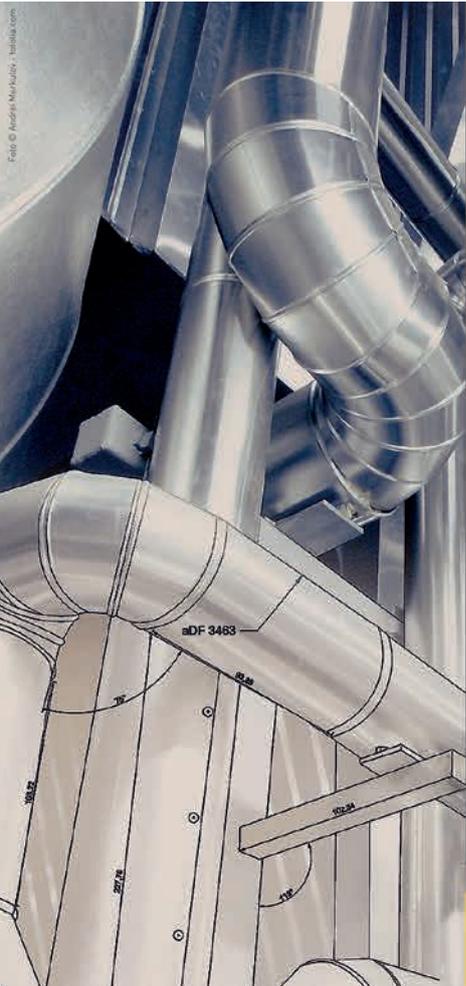
bis 2019 läuft, befassen sich die Doktoranden allgemein mit der Qualitätskontrolle von Proteinen in Zellen, die in verschiedenen Erkrankungen gestört sein kann. Bei neurodegenerativen Erkrankungen wie Parkinson oder Alzheimer etwa werden fehlgefaltete Proteine nicht mehr abgebaut und verklumpen, sodass Nervenzellen absterben. Bei Krebs wollen die Forscher genau diesen Effekt erzielen, indem sie den Abbau von Eiweißen blockieren. Diese Eiweiß-Vermüllung leitet letztlich den Zelltod der Krebszellen ein.

Müllüberfrachtung killt Krebszellen

Für Blutkrebs sind Hemmstoffe der Proteinabbauzentrale in der Zelle, dem Proteasom, bereits

zugelassen. Skoko hat festgestellt, dass auch Hautkrebszellen absterben, wenn er sie mit dem Wirkstoff behandelt. Vorher senden die Zellen aber noch Signale aus, die zusätzlich die körpereigene Immunabwehr gegen den Krebs in Stellung bringen. „Wir hoffen, dass ein Proteasom-Blocker den Erfolg bisheriger Immuntherapien oder zielgerichteter Therapien bei Hautkrebs verbessern kann, da eine Immunantwort bei ersterer verzögert eintritt und der Tumor gegen zielgerichtete Therapien schnell Resistenzen entwickelt“, sagt der Biologe.

Doch damit gibt sich Skoko nicht zufrieden: Er will den durch Proteasom-Blocker angestoßenen programmierten Zelltod sowie die Aktivierung des Immunsystems weiter steigern, indem er nach



Leitungsbau
Fahrzeugtechnik
Anlagentechnik

Seit 1833.



Als mittelständische Unternehmensgruppe mit 150 Mitarbeitern zählen wir zu den führenden Unternehmen in den Bereichen Leitungsbau, Anlagentechnik und Fahrzeugtechnik im süddeutschen Raum. Wir verlegen Gas-, Wasser-, Fernwärme-, Telekommunikations- und Stromleitungen. Ferner beraten, planen und erstellen wir zukunftsfähige und effiziente Versorgungs- und Energieanlagen. Die Fahrzeugtechnik ist ein renommierter Aufbaubetrieb für Lkw-Ladekrane, Containerwechselsysteme und Sonderaufbauten. Unsere Kunden sind Kommunen, Energie- und Wasserversorger, Industrieunternehmen, Immobilienentwickler und Gebäudenutzer sowie Privatkunden.

Ob als Bachelor, Master, Praktikant oder auch zur Erstellung einer Bachelor- oder Masterarbeit – bereichern Sie unser Team als

Maschinenbauingenieur m/w

Schwerpunkt Fahrzeugbau, Fahrzeugtechnik

Ingenieur Versorgungstechnik m/w

Bauingenieur m/w

Tiefbau, Straßenbau

Ausführliche Informationen finden sie unter jkurz.de

Josef Kurz GmbH

Hauptstraße 31 | 74597 Stimpfach-Randenweiler | Telefon 07967 9002-15 | bewerbung@jkurz.de

Gentechnisch hergestellte Fluoreszenz-Sonden erlauben es, Todesentscheidungen in Krebszellen in Echtzeit zu verfolgen. Dies trägt zum Verständnis der Wirksamkeit neuer Therapeutika bei. Zu sehen sind zwei menschliche Krebszellen, deren Farbumschläge und Morphologie-Änderungen auf apoptotischen Zelltod hinweisen.

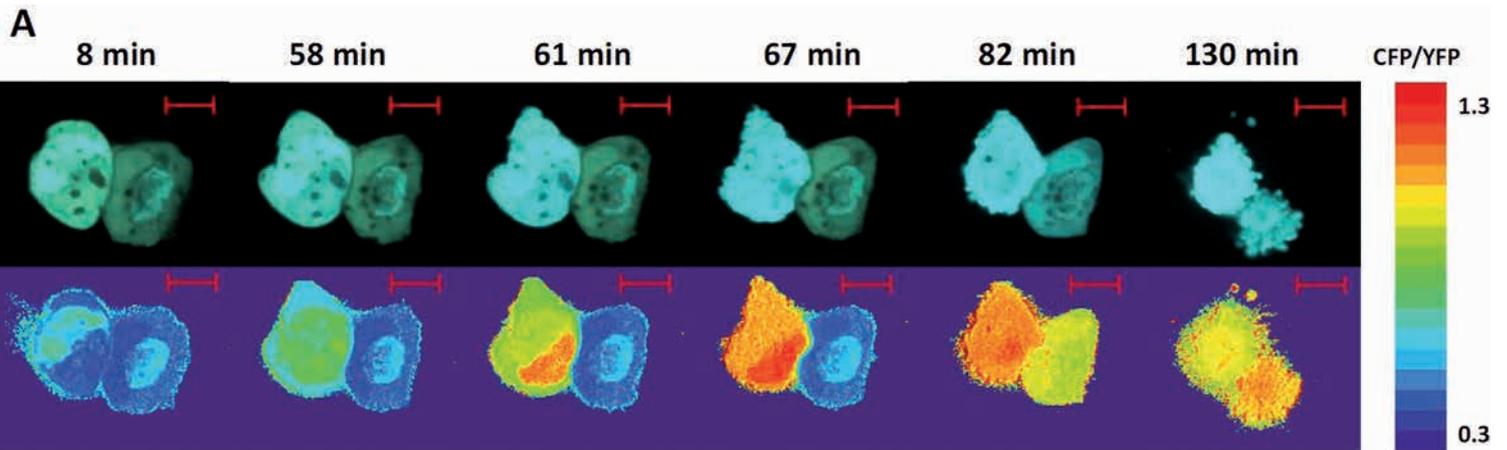


Foto: Universität Stuttgart/IZI

56

Schlüsselproteinen innerhalb der Protein-Qualitätskontrolle sucht und diese gezielt ein- oder ausschaltet. Eine der Fragen ist, wie stark die Immunbotenstoffe, die die behandelten Hautkrebszellen daraufhin ausschütten, das Immunsystem aktivieren. Dazu will er zunächst einmal bei einer Außenstelle des Diagnostikunternehmens Radox in Irland alle ausgeschütteten Immunbotenstoffe mithilfe von Biochips detektieren. Mit diesen Ergebnissen im Gepäck wird er dann zu den Experten für immungetriggerten Zelltod an der Katholischen Uni Leuven in Belgien reisen.

Zukunftsperspektiven

Wie es nach der Doktorarbeit weitergeht? „Mal sehen, vielleicht werde ich als Postdok in einem Land arbeiten, in dem ich vorher noch nicht war“, überlegt Skoko. „Das Wichtigste ist, dass ich durch das Netzwerk von Stellenausschreibungen und neuen Forschungsprojekten erfahre, noch bevor sie öffentlich sind“, ergänzt er. „Auch für uns als Forschungsstandort ist es wichtig, Netzwerke zu knüpfen“, sagt Institutsleiter Morrison. Die Doktoranden bringen einerseits Wissen mit, das am

Institut noch nicht vorhanden ist, andererseits sind sie Botschafter“ der Universität Stuttgart. „Wenn unsere Kooperationspartner sehen, dass die Doktoranden, die wir zu ihnen schicken, tiptop ausgebildet sind, werden wir als Institut deutlich attraktiver für weitergehende Kooperationen“, ergänzt er. Die Doktoranden-Netzwerke sind also ein Gewinn für beide Seiten.

Helmine Braitmaier

Keine heiße Luft

ICARUS kombiniert Schutz vor Gesundheitsrisiken durch Luftschadstoffe mit Klimaschutz

Um zwei große Umweltprobleme kreist die öffentliche Debatte immer wieder: Wie ist es zu schaffen, Luftschadstoffe wie beispielsweise Feinstaub deutlich zu verringern? Und wie lassen sich die international vereinbarten Ziele zum Klimaschutz erreichen, damit sich die Erde nicht immer weiter erwärmt? Bislang wurden beide Fragen getrennt betrachtet. Mit einem Gesamtkonzept für die Stadt Stuttgart wollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Stuttgart dazu beitragen, die Luft sauber und den Ausstoß von Treibhausgasen möglichst gering zu halten.

Wie kann etwas dem Klima nutzen, aber der Stadtluft schaden? Auf den ersten Blick ein Widerspruch, doch Prof. Rainer Friedrich nennt ein einfaches Beispiel: Ersetzt man eine Erdgas- durch eine Holzheizung, ist letztere CO₂-neutral, weil Holz ein nachwachsender Rohstoff ist. „Die Gesundheitsschäden, die durch die Schadstoffe entstehen, die eine Holzheizung ausstößt, sind aber als viel höher zu bewerten, als der Nutzen durch die CO₂-Einsparung“, erklärt der Leiter der Abteilung Technikfolgenabschätzung und Umwelt am Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart. Bisher habe man Klimaschutz und Luftreinhaltung als getrennte Herausforderungen betrachtet, die in unterschiedlichen Abteilungen innerhalb der Behörden angesiedelt sind. Weil sich die jeweiligen Maßnahmen aber gegenseitig beeinflussen, ist dieses Vorgehen nicht sinnvoll. Daher beteiligt sich das IER am Projekt ICARUS (Integrated Climate forcing and Air pollution Reduction in Urban Systems). In dem mit 6,5 Millionen Euro ausgestatteten Forschungsprojekt des EU-Programms „Horizon 2020“ untersuchen Institute aus mehreren Ländern bis zum Jahr 2020

für Stuttgart und acht weitere europäische Städte, wie im Rahmen eines integrierten Luftreinhalte- und Klimaschutzkonzepts die Stadtluft sauber und die Städte klimaneutral werden können.

Kurzfristige Maßnahmen, langfristige Vision

Die Universität Stuttgart nimmt innerhalb des Projekts eine wichtige Stellung ein. „Wir entwickeln und erproben die Methodik zunächst für Stuttgart, bevor sie in den anderen Städten zum Einsatz kommt“, erklärt Friedrich. Beteiligt sind neben dem IER und der Stadt Stuttgart Prof. Günter Scheffknecht und sein Team vom Institut für Feuerungs-

und Kraftwerkstechnik (IFK) sowie der Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen (ISV) um Prof. Markus Friedrich. Mit den Verkehrsmodellen des ISV lässt sich beispielsweise berechnen, wie sich eine City-Maut auswirken würde. Das IFK analysiert die Luftschadstoffe und ordnet sie den jeweiligen Quellen zu, um herauszufinden, was zu welchen Teilen für die hohen Luftschadstoff-Konzentrationen verantwortlich ist. „So wird zum Beispiel deutlich, dass fast ein Viertel des Feinstaubes in Stuttgart aus Holzheizungen kommt“, sagt Friedrich. „Wir haben zwei Ziele“, erklärt der Physiker. „Zuerst möchten wir kurz- und mittelfristige Maß-



Datensammeln per Fahrrad: Um die Feinstaubbelastung an verschiedenen Stellen in der Stadt zu messen, steigen die Wissenschaftler selbst in die Pedale.

Foto: Universität Stuttgart/IER

nahmen identifizieren, die besonders effizient sein könnten.“ Dazu haben die Wissenschaftler Listen mit Vorschlägen erstellt, die sie derzeit diskutieren. Ausgewählte Maßnahmen bewerten sie ganzheitlich hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile, wie etwa sinkender Gesundheitsrisiken, Kosten, Komfort- und Zeitgewinnen oder -verlusten sowie des Klimaschutzes. Aus den effizientesten Maßnahmen entwickeln die jeweiligen Forschergruppen für jede der Modellstädte eine Strategie. „Diese wird den Klimaschutz und die Luftreinhaltung jedoch nur begrenzt verbessern. Die gewünschten drastischen Verbesserungen erreichen wir damit noch nicht“, so Friedrich. „Also haben wir uns im zweiten Teil die Aufgabe gesetzt, Visionen zu entwickeln, wie die Städte längerfristig aussehen könnten, sodass sie wirklich klimaneutral sind und die Luft kaum noch verschmutzen – und das, ohne dass Wohlbefinden und Wohlfahrt der Bevölkerung darunter leiden.“

Weg von der Straße

Dass ICARUS weit über aktuelle Debatten um Grenzwerte hinausgeht, verdeutlicht Friedrich am Beispiel Stuttgarts: Der überschrittene Grenzwert für den etwas gröberen Feinstaub PM10 liegt bei maximal 50 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft an nicht mehr als 35 Tagen pro Jahr. Die feineren Feinstäube sind jedoch deutlich schädlicher, hohe chronische Gesundheitsrisiken entstehen weniger durch kurzzeitige Spitzen, als vielmehr durch eine lebenslange Exposition. Zwar ist der Grenzwert für die kleineren Feinstäube eingehalten, dennoch schädigt die derzeitige Luftbelastung die Gesundheit. „Deshalb geht es zwar auch um die Einhaltung von Grenzwerten, viel wichtiger ist aber die Minimierung der Gesundheitsrisiken durch die Luftschadstoffe.“ Noch präziser soll die ICARUS-Studie dadurch werden, dass nicht mehr nur die Werte der Messstationen an Hauptstraßen Beachtung finden, sondern

auch Orte, an denen sich die Menschen dauerhaft aufhalten. Das gilt vor allem auch für Innenräume: „Wir wollen berechnen, welchen Schadstoffen die Menschen konkret an ihrem Aufenthaltsort ausgesetzt sind. Dadurch können wir auch Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit betrachten, die mit der Außenluft nichts zu tun haben.“

Auf der Basis der Ergebnisse soll in zwei Jahren eine Vision für ein grünes Stuttgart im Jahr 2050 entstehen. Die wichtigsten neu zu gestalteten Bereiche werden Verkehr und Heizung sein, die Hauptverursacher heutiger Umweltprobleme in der Stadt. Tendenziell werde man wohl beide auf strombasierte Verfahren umstellen, schätzt der Forscher – die Heizung mit Wärmepumpen in Kombination mit Nah- und Fernwärme sowie Solarthermie. Der Verkehr wird mit selbstfahrenden Fahrzeugen erfolgen, wahrscheinlich mit elektrischen Antrieben, evtl. auch mit Brennstoffzellen, bei denen der benötigte Wasserstoff mit regenerativ erzeugtem Strom hergestellt wird. Die Visionen entstehen auf dem heutigen Stand der Erkenntnisse und mithilfe von in die Zukunft projizierten Trends, „wohl wissend, dass die Visionen so nicht Realität werden“, sagt Friedrich. „Aber sie sind erforderlich, um eine Richtung vorzugeben, in die sich Energie- und Verkehrssysteme entwickeln müssen. Und sie werden angesichts neuer Erkenntnisse sukzessive angepasst.“ Die Stadt Stuttgart und die anderen Modellstädte haben sich verpflichtet, die Ergebnisse von ICARUS politisch zu diskutieren, „damit das Ziel, Luftreinhaltung und Klimaschutz in Kombination zu verbessern, hoffentlich keine Vision bleibt.“

Daniel Völpel

Revolutionärer Empfindlichkeitssprung Quantentechnologien verbessern die Materialanalytik drastisch

Unter der Koordination der Universität Stuttgart arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an einer Technologie, die für die Kernspinresonanzspektroskopie völlig neue Möglichkeiten eröffnet. Dank der Quanteneigenschaften bestimmter Verunreinigungen in Diamanten steigt die Empfindlichkeit der Methode um einen Faktor 1.000. Pharmaunternehmen, Labore, Arztpraxen und nicht zuletzt auch die personalisierte Medizin werden davon profitieren.

Der Preis bestimmt das Einsatzgebiet einer Technologie. Wenn sie in der Anschaffung einen sechs- bis siebenstelligen Betrag kostet, dann mag sie noch so leistungsfähig sein – sie wird sich nur in Nischen etablieren. Doch wenn dieselbe Technologie um den Faktor 100 billiger wäre und in zehn Jahren sogar nur noch einige hundert Euro kosten würde, dann käme das einer Revolution gleich: Auf einen Schlag wäre die Technologie für jedermann erschwinglich. Wenn Prof. Jens Anders, Leiter des Instituts für Intelligente Sensorik an der Universität Stuttgart, über die Kernspinresonanzspektroskopie spricht, dann geht es um eine solche Revolution. Der Elektrotechnik-Ingenieur ist Koordinator des EU-Forschungsprojekts „Nanospin“, das demnächst startet und interdisziplinäre Teams aus fünf europäischen Ländern zusammenbringt. Die Projektbeteiligten haben sich zum Ziel gesetzt, die Kernspinresonanzspektroskopie um einen Faktor 1.000 empfindlicher zu machen. „Dadurch werden Geräte möglich, die entweder viel leistungsfähiger sind als ihre Vorgänger oder sehr viel kleiner und billiger als heute“, verdeutlicht Anders. Um zu verstehen, wie das geht, muss man ihm gedanklich vom ganz Großen – den heutigen Geräten – zum ganz Kleinen folgen, zu einem quantenphysikalischen Effekt. Mit dem Thema Kernspinresonanz kommt der Normalbürger für

gewöhnlich beim Arzt in Berührung. Wer zur Diagnose „in die Röhre“ muss, der liegt in einem Gerät mit rund zwei Metern Durchmesser, das Bilder von Gewebe und Organen aufnimmt. Eventuell hat der Patient zuvor noch ein Kontrastmittel verabreicht bekommen. Neben der medizinischen Anwendung der Kernspinresonanz gibt es eine weitere in der Analytik: Hier lassen sich mit dieser Technologie Materialien und Wirkstoffe exakt untersuchen, und zwar so genau, dass Moleküle einfach zu unterscheiden sind. Diese Methode heißt Kernspinresonanzspektroskopie – und um sie geht es im Projekt „Nanospin“.

Geräte so groß, dass sie Hallen füllen

„Sie nutzt eine quantenphysikalische Eigenschaft von Atomkernen aus, den sogenannten Kernspin“, erläutert Anders. Jeder Atomkern verhält sich wie ein kleiner Magnet. Setzt man eine Materialprobe einem starken statischen Magnetfeld aus und strahlt Energie über ein elektromagnetisches Wechselfeld ein, lassen sich die Kernspins resonant anregen und anschließend mittels einer Spule „auslesen“. So können die Experimentatoren auf die Struktur und Dynamik von Molekülen zurückschließen und deren Konzentrationen bestimmen. Es ist ein mächtiges Analyseinstrument – mit mächtigen Geräten. „Die empfindlichsten füllen eine Werkhalle komplett aus und erreichen Magnetfeldstärken von 28 Tesla“, verdeutlicht Anders. Das ist rund 3.000-mal so stark wie ein Kühlschrankmagnet; so starke Magnetfelder erfordern entsprechend große Ströme in tiefgekühlten Magnetspulen. Während solche Riesen weltweit nur in Speziallaboren stehen, sind Geräte mit ungefähr sieben Tesla relativ weit verbreitet, etwa in Forschungseinrichtungen oder Pharmaunternehmen. „Der Nachteil der Technologie ist ihre geringe Empfindlichkeit“, sagt Anders. „Will man zum Beispiel die Zusammensetzung der Moleküle in einer Probe ermitteln, dann dauert so eine Messung die ganze



Prof. Jens Anders (links) ist Leiter des Instituts für Intelligente Sensorik an der Universität Stuttgart und Koordinator des EU-Forschungsprojekts „Nanospin“, das interdisziplinäre Teams aus fünf europäischen Ländern zusammenbringt.

Foto: Universität Stuttgart/Max Kovalenko

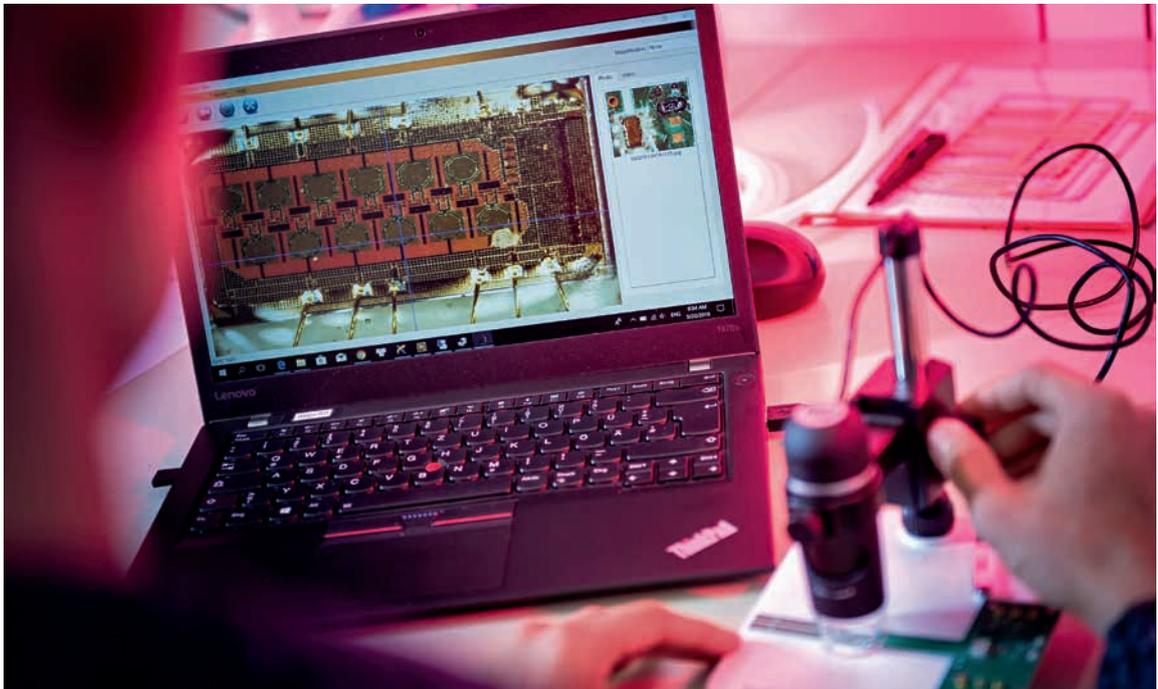
Nacht.“ Durchsatzmessungen, wie sie etwa in der Pharmaforschung weit verbreitet sind, sind daher oft unwirtschaftlich. Bei solchen Messungen geht es beispielsweise darum, möglichst viele Varianten pharmazeutischer Substanzen systematisch auf ihre Wirksamkeit hin zu untersuchen. „Kernspektroskopisch klappt das nur, wenn man die möglichen Varianten durch andere Methoden bereits stark eingeschränkt hat“, erklärt Anders. „Dann ist ihre Zahl klein genug, um sie langwierig kernspektroskopisch zu untersuchen.“ Gelänge es dagegen, die Empfindlichkeit um einen Faktor 1.000 zu steigern, dann säne die erforderliche Messzeit dramatisch: Was zuvor eine Nacht gedauert hat, wäre dann innerhalb weniger Minuten machbar.

Der Natur ein Schnippchen geschlagen

Leider lässt sich die Empfindlichkeit des Verfahrens, so wie es heute umgesetzt ist, kaum noch steigern, da der Bau von Magneten mit noch höheren Feldstärken technologisch limitiert ist. „Daher verfolgen wir in unserem Projekt einen völlig anderen Ansatz“, sagt Anders. Die Wissenschaftler nutzen einen quantenphysikalischen Effekt, der auf Farbzentren in künstlich hergestellten Diamanten beruht, die sogenannte dynamische Kernpolarisation.

Farbzentren sind gezielt erzeugte Verunreinigungen, zum Beispiel durch Stickstoffatome, die Licht einer bestimmten Wellenlänge absorbieren und dem an sich farblosen Diamant somit eine Farbe verleihen. Letztlich ermöglicht das, mehr Atomkerne in der zu untersuchenden Probe auszurichten, als dies natürlicherweise der Fall wäre. Mehr ausgerichtete Atomkerne bedeuten eine höhere Empfindlichkeit bei den kernspektroskopischen Messungen – und zwar um den von Anders genannten Faktor 1.000.

Um dieses ehrgeizig klingende Ziel zu erreichen, arbeiten im Projekt „Nanospin“ Forscher aus fünf europäischen Ländern interdisziplinär zusammen. Mit den Gruppen von Prof. Fedor Jelezko und Prof. Martin Plenio von der Universität Ulm sind ausgewiesene Fachleute für die dynamische Kernpolarisation an Bord. Die Ulmer werden im Projekt die physikalischen Grundlagen weiter vorantreiben, damit das Thema „aus dem Physik- ins Anwenderlabor kommt“, wie es Anders formuliert. Mit an Bord ist zudem eine von Jelezko und Plenio mitgeführte Ausgründung, NVision Imaging Technologies, die zur industriellen Umsetzung der Forschungsergebnisse für die Kernspinresonanzspektroskopie beitragen wird. Die Stuttgarter Gruppe von Jens Anders wiederum ist für die sensorseitige Umsetzung verant-



Kernspinresonanzspektroskopien, die um einen Faktor 1.000 empfindlicher sind – das würde Geräte möglich machen, die entweder viel leistungsfähiger, oder sehr viel kleiner und billiger wären als heute.

wortlich. Mit der belgischen Universität Hasselt und der Tschechischen Akademie der Wissenschaften sind darüber hinaus zwei Einrichtungen am Projekt beteiligt, die für die materialwissenschaftliche Perspektive sorgen. Sie haben langjährige Expertise bei Fehlstellen in Diamanten und können diese gezielt erzeugen. Mit dem ungarischen Wigner-Forschungszentrum für Physik bekommt diese materialwissenschaftliche Expertise zudem eine theoretische Komponente: Physiker der Einrichtung untersuchen mit Simulationen die Eigenschaften der Diamanten. Und schließlich sind bei „Nanospin“ mit der Universität Wageningen Spezialisten für die Kernspinresonanz an Bord. „Alle Projektpartner gehören auf ihren Fachgebieten zu den weltweit führenden Experten, und mit der Universität Stuttgart ist erstmals auch die Ingenieursseite in einem solchen Forschungsprojekt zur so genannten hyperpolarisierten Kern-

spinresonanzspektroskopie vertreten“, sagt Anders. „Das ist eine einzigartige Konstellation, die durch die europäische Zusammenarbeit möglich wurde.“ Das Projekt „Nanospin“ ist Teil des „QuantERA“ getauften europäischen Netzwerks, in dem sich 32 Organisationen aus 26 Staaten zusammengeschlossen haben, um die Forschung im Bereich Quantentechnologien voranzutreiben.

Miniaturisierung oder Empfindlichkeitssteigerung

Die Nanospin-Projektpartner haben sich drei Ziele gesetzt, die sie innerhalb der Laufzeit von drei Jahren erreichen möchten. Erstens wollen sie nachweisen, dass mit den Fehlstellen in Diamanten sogar kernspektroskopische Messungen auf der Ebene einzelner Moleküle möglich werden. Das brächte

neue Erkenntnisse in der Molekularbiologie. Zweitens wollen die Forscher für tragbare Geräte die Hyperpolarisationstechnologie auf Chipebene umsetzen. Dabei sind zwar nur relativ schwache Magnetfelder im Bereich von etwa einem Tesla möglich, aber durch die tausendfach höhere Empfindlichkeit wird dies wieder wettgemacht. „Unsere Vision ist es, dass mittelfristig Kernspinresonanztpektrometer in einem Preissegment unter 10.000 Euro möglich werden“, sagt Anders. „Damit wären diese Geräte zum Beispiel für die Blutanalytik in Arztpraxen wirtschaftlich interessant.“ Innerhalb eines Jahrzehnts, so die Hoffnung des Elektrotechnikers, könnten chipbasierte Geräte dann so stark miniaturisiert und vereinfacht werden, dass sie bereits für

einige hundert Euro zu haben wären. „Das wäre für die personalisierte Medizin interessant, damit zum Beispiel Patienten ihr Blut ohne Arztbesuch auf spezifische Krankheitsmarker untersuchen könnten – so wie Diabetiker heute ihren Blutzuckerspiegel selbst bestimmen.“ Das dritte Ziel schließlich gilt den High-end-Kernspinresonanztpektrometern, die bereits Werkhallen füllen: Für sie wollen die Wissenschaftler ein Zusatzsystem entwickeln, mit dem sich in Betrieb befindliche Geräte aufrüsten ließen, um die Messzeiten für typische Experimente um weit mehr als das Tausendfache verkürzen. Schon jedes der drei Ziele für sich allein wäre bereits ein gewaltiger Fortschritt.

Michael Vogel



1. Jessica Alvar Heib; 2. Achim Meiday; 3. bloomimages; 4. Brigitta Gonzalez; 5. Johannes Vogt; 6. Christian Richters; 7. Diemar Strauß.

35.752 km², um sich selbst zu verwirklichen.

Vermögen und Bau Baden-Württemberg

Wenn wir morgens zur Arbeit gehen, wissen wir genau wofür. Dafür, dass im Land alles nach Plan läuft, das Immobilienvermögen erhalten bleibt, Forschung und Lehre stattfinden können und unsere Kulturdenkmäler auch zukünftig eine breite Öffentlichkeit begeistern.

Informieren Sie sich jetzt über eine Karriere als Ingenieurin oder Ingenieur, Architektin oder Architekt unter: www.vermoegenundbau-bw.de

**Wir bauen Baden-Württemberg.
Bauen Sie mit.**



Baden-Württemberg

VERMÖGEN UND BAU

Lebende Chemiefabrik Umprogrammierte Bakterien schonen Erdölressourcen

Farben, Lacke oder Reinigungsmittel: Die meisten chemischen Erzeugnisse werden heute aus Erdöl und Erdgas hergestellt. EU-Forscherinnen und -Forscher, darunter von der Universität Stuttgart, wollen stattdessen das Bodenbakterium *Pseudomonas putida* Grundchemikalien aus Zucker produzieren lassen. Dafür nutzen sie Werkzeuge der synthetischen Biologie.

Schon seit Jahrtausenden nutzen Menschen Mikroorganismen, um Bier, Wein, Sauerteig oder Käse herzustellen. Eine der ersten industriellen Massenproduktionen startete 1916 mit der Vergärung von Stärke oder Zucker zu den Lösungsmitteln Aceton und Butanol durch Bakterien der Gattung *Clostridium acetobutylicum*. Der Biochemiker und spätere erste Präsident Israels, Chaim

Weizmann, hatte die Bakterien zuvor isoliert und das biotechnische Verfahren optimiert. Doch mit der aufkeimenden Erdölchemie nach dem Zweiten Weltkrieg wurde es billiger, Chemikalien aus Erdöl zu synthetisieren, anstatt Bakterien die Arbeit machen zu lassen. Heute werden Bakterienfabriken angesichts des knapper werdenden Erdöls wieder interessant. Prof. Ralf Takors, Leiter des Instituts für Bioverfahrenstechnik an der Universität Stuttgart, interessiert sich nicht so sehr für das Aceton, sondern unter anderem für mikrobiologisch hergestellte Butanole und deren gasförmigen Abkömmlinge, Butene und Buta-

diene. Butanol war anfangs vor allem gefragt, um synthetisches Gummi herzustellen. Mittlerweile ist es etwa als Lösungsmittel in der Farb- und Lackindustrie und als Zusatz in Reinigungsmitteln weit verbreitet, dient als Ausgangsstoff für Parfümduftstoffe oder ist als Komponente von Biokraftstoff im Gespräch. Die Butanol-Derivate dienen zum Beispiel als Zwischenprodukte für Kunststoffe oder Reifenkautschuk. Sie werden bislang ausschließlich chemisch synthetisiert.

Wie Weizmann vor über 100 Jahren nutzt auch Takors Team Zucker als Basis für die mikrobielle Vergärung, setzt jedoch andere, von Biotechnologen eher unbeachtete Bakterien ein. In der trüben Kulturflüssigkeit eines drei Liter umfassenden gläsernen Fermenters am Institut für Bioverfahrenstechnik schwimmen Bakterien der Gattung *Pseudomonas putida*, genauer des Stammes KT2440, die über ein ausgedehntes Schlauchsystem im Kreis gepumpt werden. In einem weiteren 200-Liter-Bioreaktor testen und optimieren Takors Wissenschaftler die biotechnische Produktion von Biobutanol und Co. in größerem Maßstab.

„Allesfresser“ mit großem Potenzial

„Der Stamm hat mehrere Vorteile: Er toleriert sowohl die Akkumulation organischer Lösungsmittel wie Butanol als auch oxidativen Stress, der bei der Kultivierung in riesigen Bioreaktoren auftreten kann“, sagt der Bioverfahrenstechniker. Ursprünglich stammen Takors Labor-„Haustiere“



Leitbild des EU-Projekts EmpowerPutida: Das Projekt stellt die Nutzung des Mikroorganismus *Pseudomonas putida* für die industrielle Anwendung in den Vordergrund. Der Stamm soll durch synthetisch-biologische Maßnahmen gezielt so verändert werden, dass er die unterschiedlichsten Grund- und Feinchemikalien herstellen kann.



aus dem Boden, wo sie auf Pflanzenwurzeln leben. Dort ernähren sie sich von nahezu allem, was sie finden können. Selbst toxische Substanzen können sie abbauen oder dank Exportpumpen aus der Zelle befördern, weshalb sie oft an schadstoffbelasteten Orten zu finden sind. Außerdem stellen sie große Mengen der zellulären Reduktionsmittel NADH und NADPH her. Sie dienen – beispielsweise für die Enzyme – als Co-Faktoren, die oxidativem Stress entgegenwirken. Andererseits könnten Biotechnologen dieses Plus an Reduktionsmitteln nutzen, um Zucker in chemisch wesentlich reduziertere Produkte umzuwandeln als es biotechnisch bisher möglich war. Es ist diese natürliche Robustheit, die *Pseudomonas putida* womöglich zu den neuen Stars in der Biotechnologie avancieren lässt.

Bisher scheiterten die Biotechnologen meist an der geringen Toleranz der verwendeten Bakterien gegenüber organischen Lösungsmitteln. Selbst Weizmann erzielte nur eine geringe Ausbeute mit seinen Bakterien. „Bei hohen Konzentrationen verbrauchen bisher verwendete Bakterien viel Zucker und Energie, nur um mit diesen harschen Bedingungen umzugehen. Die Leistungsfähigkeit geht dadurch herunter“, erklärt Takors. Hohe Produktausbeuten sind allerdings

nötig, um die Herstellungskosten gering zu halten, denn die erdölbasierten Produkte gibt es bereits zum Spottpreis von weniger als einem Euro pro Kilogramm. Da *Pseudomonas putida* anders als Weizmanns Bakterien kein natürlicher Produzent von Biobutanol und dessen Derivaten ist, muss es dazu erst „befähigt“ (englisch empower) werden – mithilfe der synthetischen Biologie. Die Methoden, um den Stoffwechsel von *Pseudomonas putida* genetisch so umzuprogrammieren, dass es diese Produkte, aber auch ein Herbizid, herstellt, entwickeln Forscher und Forscherinnen zurzeit im EU-Projekt EmPowerPutida. „Wir wollen an diesen Beispielen zeigen, dass es erfolgreich funktioniert und so den Stamm für die industrielle Anwendung salonfähig machen“, sagt Takors. Er ist zusammen mit seinem Kollegen Bernhard Hauer, Leiter des Instituts für Technische Biochemie, und weiteren Partnern aus Deutschland, Großbritannien, den Niederlanden, Portugal, Schweiz und Spanien an dem Projekt beteiligt.

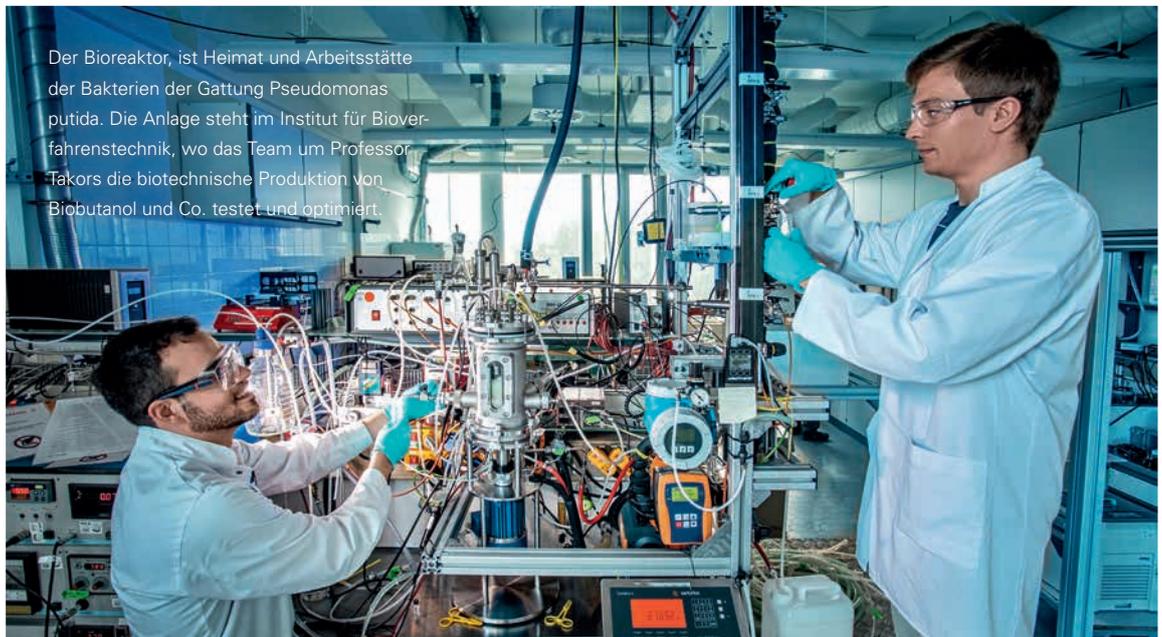
Umbau zu Bakterienfabriken

„Die größte Herausforderung war es, den ‚Allesfresser‘ *Pseudomonas putida* dazu zu bringen, dass er die

Produkte, die er herstellt, nicht selbst wieder „frisst“, erzählt Takors. Daher reduzierten die Partner zunächst das Erbgut der Bakterien bis auf die Grundfunktionen, die es zum Überleben braucht. Bernhard Hauer's Team verpasste dem Bakterium anschließend die Erbinformation für neue Stoffwechselwege, die zum gewünschten Produkt führen. „Wir gehen von Enzymen auch aus anderen Bakterien aus, sehen uns die Struktur an und entwickeln die Enzyme mithilfe von computerbasierten und evolutiven Methoden weiter, sodass sie zum Beispiel auch andere Substrate akzeptieren“, sagt Hauer.

Um die Ausbeute weiter zu erhöhen, sorgten die Partner dafür, dass die Bakterienzelle alle Schleusen für die Aufnahme von Zucker öffnet und diesen hauptsächlich in die spätere Produktion steckt, anstatt ins eigene Wachstum. Takors Arbeitsgruppe designte neue, patentrelevante Regelkreise und Genschalter, die dafür sorgen sollen, dass die Bakterien auch unter Mangelbedingungen die ge-

wünschten Produkte herstellen. „Das Bakterium soll nicht unter schlecht wachsenden Bedingungen den Stoffwechsel herunterfahren, sondern maximal produzieren“, erklärt Takors. Die EU fördert das vierjährige Projekt über ihr Rahmenprogramm Horizont 2020 mit mehr als 5 Millionen Euro. Bis zum Projektende im kommenden Jahr wollen die Forscherinnen und Forscher die Produktionsstämme und die Produktion in großen Fermentern noch optimieren, um die Ausbeute weiter zu erhöhen. „Alleine hätten wir nur die Enzyme entwickeln können“, sagt der Biochemiker Hauer: „Das Schöne an dem EU-Projekt ist, dass wir durch die vielen anderen Partner alles zu einem funktionierenden Bakterienstamm zusammenbauen konnten“. Bei der Ausschreibung damals zur „Synthetischen Biologie“ war es eines von lediglich drei geförderten Projekten, davon waren zwei zu *Pseudomonas putida*. „Das zeigt die Bedeutung, die diesen Bakterien zukommt“, unterstreicht Takors.



Der Bioreaktor, ist Heimat und Arbeitsstätte der Bakterien der Gattung *Pseudomonas putida*. Die Anlage steht im Institut für Bioverfahrenstechnik, wo das Team um Professor Takors die biotechnische Produktion von Biobutanol und Co. testet und optimiert.

Foto: Universität Stuttgart/Uli Regenscheit

Flugzeugleichtbau leicht gemacht Produktion von Bauteilen aus Faser- verbundwerkstoffen soll schneller werden

Ein europäisch-japanisches Forschungskonsortium will bestehende Schwächen von Faserverbundwerkstoffen ausmerzen, die in der Luftfahrt bereits breite Anwendung finden. So sollen die Flugzeughersteller der steigenden Nachfrage im Luftverkehr gerecht werden und gleichzeitig energieeffizientere Maschinen bauen können. Mit an Bord: das Institut für Flugzeugbau der Universität Stuttgart.

Wer die neueste Version des Airbus A350 vor sich sieht, wird mit dem Passagierflugzeug vermutlich nicht den Begriff „Leichtgewicht“ in Verbindung bringen. Aber in gewisser Hinsicht ist er das. 52 Prozent seines Flugwerks – Rumpf, Tragflächen, Leitwerk, Fahrwerk – bestehen aus Kohlenstofffaserverbundwerkstoffen. Nur knapp die Hälfte ist aus Metallen gefertigt, die zwei- bis fünfmal schwerer sind. Hersteller Boeing nennt für sein neuestes Modell 787 beim Leichtbauanteil einen ähnlichen Wert wie der europäische Wettbewerber beim A350. „Leichtere Flugzeuge bedeuten einen geringeren Kerosinverbrauch“, fasst Dr. Stefan Carosella das Interesse der Luftfahrtindustrie an Faserverbundwerkstoffen zusammen. Und neben Antrieb und Aerodynamik ist das Gewicht eines Passagier- oder Frachtflugzeugs eine der maßgeblichen Stellschrauben für noch effizientere Maschinen. Carosella erforscht als Gruppenleiter Faserverbundtechnologie am Institut für Flugzeugbau der Universität Stuttgart. „Zwar sind Faserverbundwerkstoffe im Flugzeugbau inzwischen ein etabliertes Material, aber sie sind nicht unproblematisch“, sagt er. Die Schwierigkeiten, die der Luft- und Raumfahrtingenieur meint, treten in der Produktion auf: Sie dauert zu lange. Denn damit Faserverbundwerkstoffe die notwendige Steifigkeit erreichen, müssen sie aushärten. Dies geschieht in einem Autoklaven, einer Art Schnellkochtopf, bei hohen Temperaturen und un-



ter Druck. „Im Flugzeugbau sind diese Autoklaven haushohe Öfen, in denen Rumpfstrukturen von zehn Meter Länge und sechs Meter Durchmesser Platz haben“, verdeutlicht Carosella die Dimensionen. „Bei zehnfachem Atmosphärendruck und 180 Grad Celsius dauert das Aushärten Tage.“ Schließlich muss der gigantische Autoklav zunächst aufgeheizt und später wieder abgekühlt werden.

Kooperation mit Japan

Der Prozess in dieser Form lässt sich kaum beschleunigen – und wird so zum Nadelöhr in der Produktion. Derzeit schaffen die Hersteller es gerade mal, 25 bis 30 Flugzeuge im Monat fertigzustellen. Um der prognostizierten Nachfrage gerecht zu werden, müssten sie ihre Leistung jedoch verdoppeln. Dass

sich das erreichen lässt, dazu soll auch das Forschungsprojekt EFFICOMP (Efficient Composite Parts Manufacturing) beitragen, an dem Carosella Institut beteiligt ist. Ziel des Projekts, das im April 2016 begann und drei Jahre läuft, ist die effizientere Fertigung von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen. Den vier Projektpartnern stehen hierfür rund 1,7 Millionen Euro aus Mitteln der Europäischen Union zur Verfügung. Zusätzlich kooperieren die Europäer mit vier japanischen Partnern – eine Strategie der EU, damit die europäischen Forschungspartner in wichtigen Feldern international agieren. Zwar wird das japanische Teilkonsortium von japanischer Seite finanziert, aber es gibt einen gemeinsamen Projektplan, und die beiden Teilkonsortien tauschen ihre Ergebnisse aus.

Vermessung
Geotechnik
Geoinformatik
Entwicklung

 **intermetric**
Das richtige Maß

DEIN NEUER ARBEITSPLATZ...

Wir suchen Geodäten, Informatiker, Mathematiker, ...
Bewirb dich unter: www.intermetric.de/karriere



Bei den „Out-of-Autoclave-Prepregs“ handelt es sich um Matten aus Kohlefasern, die mit einem Harz getränkt sind. Sie härten ohne Autoklav in einer Form aus, in die eine Heizung integriert ist.

Foto: Universität Stuttgart/IFB

Die Japaner erforschen neue Konzepte für den Blitzschutz von Flugzeugen, in denen Faserverbundwerkstoffe verbaut sind. Eigentlich wird ein einschlagender Blitz über die metallische Außenhaut eines Flugzeugs abgeleitet. Genau wie ein Auto wirkt es als Faradayscher Käfig. Faserverbundwerkstoffe sind jedoch schlechte Stromleiter, sodass man Drahtgitter aus Kupfer integrieren muss – mit Nachteilen für das Gewicht. Die japanischen Forscher arbeiten an einem Blitzschutzkonzept, das weniger zulasten des Gewichts geht. Auf europäischer Seite wiederum forscht die TU Delft an besseren Verbindungstechniken zwischen fertig ausgehärteten Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen. Kleben und Nieten sind dabei im Flugzeugbau die von den Aufsichtsbehörden zugelassenen Verfahren. Projektkoordinator Airbus untersucht, wie sich dicke Komponenten aus Faserverbundwerkstoffen etwa durch Pressen umformen lassen, wobei „dick“ hier bereits bei zehn Millimetern beginnt. Und das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt beurteilt alle im Projekt neu erarbeiteten Prozesse aus betriebswirtschaftlicher Sicht.

Aushärten in beheizter Wanne

Carosellas Institut erarbeitet im Rahmen von EFFICOMP einen Produktionsprozess, der ohne Autoklav auskommt. „Wir verwenden hierfür sogenannte Out-of-Autoclave-Prepregs“, erklärt der Ingenieur. Dabei handelt es sich um Matten aus Kohlefasern, die mit einem Harz getränkt sind.

„Prepregs werden heute bereits im Flugzeugbau verwendet, weil sie aufgrund der gestreckten Anordnung der Fasern die höchste Stabilität ermöglichen.“ Ihr Aushärten im Autoklav erfolgt in einer Form. Carosella und sein Team kommen ohne Autoklav aus. Sie hatten in einem früheren Forschungsprojekt einen Prozess für die Verarbeitung von Faserverbundwerkstoffen für den Automobilbau entwickelt, den sie nun auf Flugzeuge übertragen. Er funktioniert bereits bei geringeren Temperaturen und bei normalen Druckverhältnissen. Die Wissenschaftler bringen die Out-of-Autoclave-Prepregs dazu in eine Kunststoffform ein, in die eine Heizung integriert ist. „Wir müssen dann nicht so stark aufheizen wie im Autoklaven, und weil die Form dünn ist und wenig Masse hat, lässt sie sich viel schneller aufheizen und abkühlen.“ Das senkt die Standzeiten und damit die Verarbeitungsdauer. Das Prinzip funktioniert also bereits. Nun geht es darum, den Prozess tatsächlich industrietauglich zu machen. Dazu gehört auch eine Automatisierung: Wie das bereits heute im Flugzeugbau zum Teil geschieht, fertigen auch beim Stuttgarter Prozess Roboter die Prepreg-Strukturen. „Unser Ziel ist ein kleiner Demonstrator, der Bauteile aus Faserverbundwerkstoffen in der Größe von drei bis vier Quadratmetern fertigen kann“, sagt Carosella. „Wir sind bereits um einen Faktor fünf besser als der Autoklav.“ Das hieße: zweieinhalb, statt zwölf Stunden Prozessdauer.

Michael Vogel

Gezielt manipuliert: Luftströmung am Flügel

Künftige Flugzeuggenerationen sollen umweltverträglicher fliegen

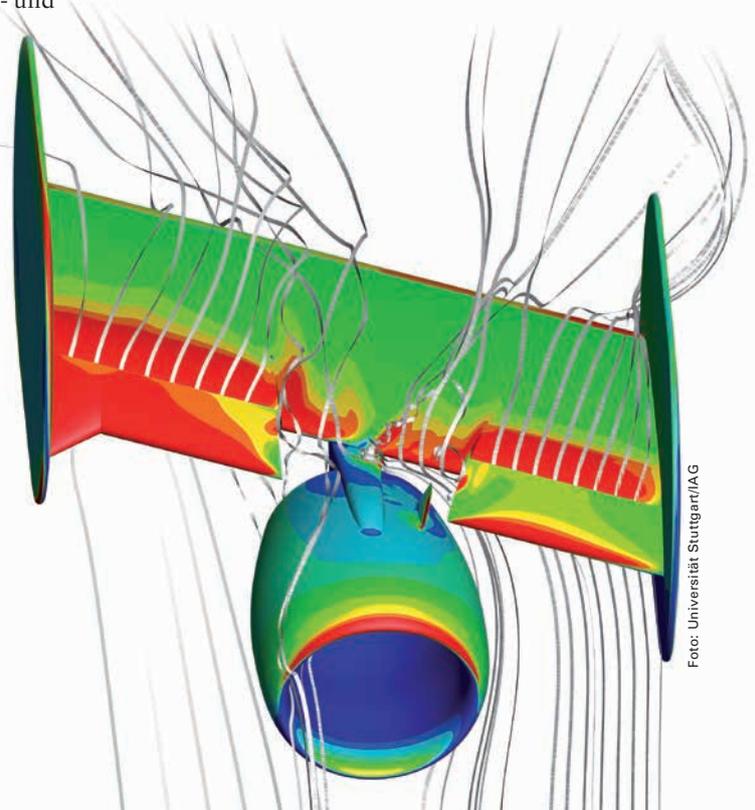
Das Triebwerk ist eine der Stellschrauben, um Lärm, Treibstoffverbrauch und Abgasemissionen in der Luftfahrt zu mindern. Allerdings führen die künftig effizienteren Triebwerke im Zusammenspiel mit den Flugzeugtragflächen zu Nachteilen. Im Projekt INAFLOWT, das Teil des EU-Forschungsvorhabens CleanSky 2 ist, arbeitet ein internationales Forscherteam unter Beteiligung des Instituts für Aerodynamik und Gasdynamik (IAG) der Universität Stuttgart an einer Lösung.

Flugzeughersteller rechnen für die kommenden beiden Jahrzehnte mit jährlichen Steigerungsraten des Luftverkehrs von mehr als vier Prozent. Schon allein aufgrund dieses Wachstums ist es notwendig, dass Flugzeuge weniger Treibstoff verbrauchen und weniger Lärm erzeugen. Das EU-Beratungsgremium ACARE hat diesbezüglich ehrgeizige Empfehlungen für die europäische Luftfahrtbranche ausgegeben: Verglichen mit der besten Technologie, die im Jahr 2000 in Betrieb war, sollen die CO₂-, Stickoxid- und Lärm-Emissionen bis 2020 um 50, 80 beziehungsweise 50 Prozent sinken. Bis 2050 gar um 75, 90 beziehungsweise 65 Prozent. Ein Ansatzpunkt für Verbesserungen in diesen Bereichen sind die Triebwerke. Sie verleihen den Flugzeugen den nötigen Schub. Dafür saugen sie große Mengen Luft ein und blasen diese wieder aus – wodurch insbesondere beim Start enormer Lärm entsteht. Als besonders vielversprechend, um diesen Lärm zu reduzieren, gelten Triebwerke mit einem extrem hohen Nebenstromverhältnis. Das heißt, bei ihnen strömt ein großer Teil der ins Triebwerk eintretenden Luft außen an der Brennkammer vorbei, während nur der kleinere Teil durch sie hindurchgeht. Dies erhöht den Wirkungsgrad des Triebwerks.

Aktuatoren sorgen für Auftrieb

Allerdings haben diese sogenannten Ultra-High-Bypass-Ratio-Triebwerke (UHBR), die bislang noch Gegenstand der Forschung sind, deutlich größere Durchmesser. „Dadurch stören sie die Aerodynamik des Flügels, unter dem sie befestigt sind“, sagt Dr. Thorsten Lutz, Gruppenleiter Luftfahrzeug-aerodynamik am Institut für Aerodynamik und Gasdynamik der Universität Stuttgart. Die UHBR-Triebwerke beeinträchtigen diese Umströmung des Flügels, sodass es bei Start und Landung zu Strömungsablösungen kommen kann. Die Folge: „Der erreichbare Auftrieb wird geringer“, erklärt Lutz. Abhilfe könnten sogenannte Aktuatoren bringen, die in die Tragflächen integriert werden. Aktuato-

Luftströmung an Flügel und Triebwerk im Modell: Bei Triebwerken mit einem extrem hohen Nebenstromverhältnis strömt ein großer Teil der ins Triebwerk eintretenden Luft außen an der Brennkammer vorbei, während nur der kleinere Teil durch sie hindurchgeht. Dies erhöht den Wirkungsgrad des Triebwerks und reduziert den Lärm.





ren sind Antriebs-elemente, die elektrische Signale wie etwa Befehle eines Steuerungscomputers in mechanische Bewegung oder andere physikalische Größen wie beispielsweise Druck oder Temperatur umsetzen. Wie sie zu dimensionieren wären, das untersucht das Stuttgarter Institut gemeinsam mit vier weiteren Partnern aus Israel, Tschechien und Russland im Rahmen des EU-Projekts INAFLOWT.

Modifiziertes Strömungsfeld

„Solche Aktuatoren können über kleine Öffnungen an der Vorderkante des Flügels Luft ausblasen oder absaugen“, erklärt Lutz. Sie modifizieren dadurch das Strömungsfeld und wirken so quasi den Strömungsablösungen entgegen, die durch die UHBR-Triebwerke entstehen. „Für die richtige Dimensionierung und zeitliche Steuerung dieser Aktuatoren muss man eine durch das Ausblasen und Absaugen sehr kompliziert werdende Strömung verstehen, die auch numerisch nur sehr schwer zu berechnen ist“, erklärt Lutz.

Die Aufgabenverteilung im Projekt sieht daher wie folgt aus: Die beiden israelischen Partner entwickeln die Aktuatoren und bauen ein kleines Modell für Tests in ihrem Windkanal. Die beteiligten tschechischen Wissenschaftler simulieren die Strömung

im Innern der Aktuatoren, um deren Geometrie zu verbessern. Lutz und sein Team sind für die Simulation der Wechselwirkungen in der Strömung um Triebwerk und Flügel in Anwesenheit der Aktuatoren zuständig. „Am Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart stehen uns Supercomputer zur Verfügung, mit denen sich dieses komplizierte Modell überhaupt erst berechnen lässt“, so Lutz. Schließlich werden die russischen Partner, die Ergebnisse mit einem größeren Modell in einem der weltweit größten Windkanäle testen. Ende 2020 sollen die Projektergebnisse vorliegen.

Michael Vogel

Per Ballon in die Stratosphäre Weltraumforscher arbeiten an flexibleren und kostengünstigeren Teleskop-Plattformen

Europäische Stratosphären Ballon Observatorium DesignStudie (ESBO DS) – noch sind es kaum eine Handvoll Wissenschaftler, die sich in Stuttgart, Tübingen, München, Spanien und Schweden das Ziel gesetzt haben, langfristig ein europäisches Ballon-Observatorium zu etablieren. Doch schon bald wird das internationale Team aus den Bereichen Raumfahrt, Astronomie, Astrophysik und extraterrestrische Physik auf knapp 20 Experten anwachsen.

„Völlig losgelöst von der Erde schwebt der Großballon völlig schwerelos“ – Träume, frei nach dem Pop-Song „Major Tom“, werden für den Wissenschaftler Philipp Maier sukzessive Realität. Flexibel, leichter, kostengünstiger, mit Platz für größere Teleskope heißt die Devise für den Ingenieur des Instituts für Raumfahrtsysteme (IRS) der Universität Stuttgart. Maier ist Projektkoordinator von ESBO DS. Das auf drei Jahre angelegte interdisziplinäre Vorhaben, finanziert im Rahmen der Horizont 2020-Agenda der Europäischen Union, will die astronomische Forschungslandschaft mit Sternenbeobachtungen aus 30 bis 40 Kilometern Höhe ergänzen – per heliumgefülltem „Leichter-als-Luft“-Ballon, der einen Durchmesser zwischen 50 und 70 Metern hat.

Ganz vorne mit dabei ist die Universität Stuttgart, die als Konsortialführer des Projekts fungiert. Die Stuttgarter sind für den Bau des Teleskops im sichtbaren Bereich zuständig; die Universität Tübingen liefert das Hauptwissenschaftsinstrument für die Beobachtungen vor allem veränderlicher Sterne im Ultravioletten. Die Ballongondel als Plattform für die Instrumente baut die Swedish Space Corporation (SSC), „eine der erfahrensten Organisationen weltweit für Höhenforschungsraketen und Stratosphärenballons“, so Projektkoordinator Maier.

Sauberer Höhenflug

Je höher in die Atmosphäre der Flug geht, desto weniger atmosphärische und damit störende Partikel behindern die Sicht des Teleskops. Jenseits eines großen Teils der störenden irdischen Lufthülle, in Höhen zwischen 12 oder 14 Kilometern, wie sie etwa das flugzeugbasierte Teleskop SOFIA durchfliegt, ist die Sicht weitestgehend frei auf Planeten in anderen Sonnensystemen. „Dadurch sind Untersuchungen möglich, ob unser Sonnensystem etwas Besonderes ist oder nicht. Wir können feststellen, ob Planeten in anderen Sonnensystemen auch Atmosphären haben und Leben beherbergen können“, sagt Maier.

Allerdings steigen bei solchen Höhenflügen auch die Kosten exorbitant, wie das Beispiel der NASA-Mission Hubble zeigt. Sie wurde um fast eine Milliarde Euro teurer als geplant, weil ein weiteres Space-Shuttle ins All fliegen musste, um die Fehler am Schliff des Teleskop-Hauptspiegels zu beheben. Weitaus bescheidener bei der interstellaren Forschung ist da das Projekt ESBO DS – sowohl in puncto Kosten als auch bezüglich der Einstiegsgröße des Teleskops. Letztere wird bei der Designstudie bei einem Durchmesser von 50 Zentimetern liegen. „Die Kosten für eine große Ballonmission mit einem Ballondurchmesser von 70 Metern liegen typischerweise bei 15 bis 20 Millionen Euro“, weiß Maier. Das von ihm koordinierte Projekt nimmt es gleich mit zwei Problemstellungen auf: Bodengebundene Observatorien sind durch die Atmosphäre limitiert, Missionen wie das Herschel-Observatorium via Satellit in Höhen bis zum zweiten Lagrange-Punkt (L2-Punkt) wegen immenser Kosten begrenzt. Die Ballons können hingegen mehrfach starten, das flüssige Helium zum Kühlen lässt sich wieder auffüllen und Reparaturen sind zwischen den Flügen durchführbar. ESBO DS und das Vorgängerprojekt ORISON, an dem das IRS ebenfalls beteiligt war, bestücken die Missionen je nach Forschungsziel mit

unterschiedlichen Instrumenten, was die Ballonflüge für eine größere Wissenschaftsgemeinde zugänglich und erschwinglich macht. Einzige Einschränkung: Auch in 30 Kilometern Höhe sei die Sicht noch ein wenig eingeschränkt. Deshalb sieht Philipp Maier die Ballonforschung als wertvolle Ergänzung, nicht als vollständigen Ersatz der Weltraumforschung mit Satelliten.

Ballon-Observatorien mit Potenzial

Die Ziele des EU-Projekts sind hochgesteckt: ESBO will längerfristig mit einem Teleskop von fünf Metern Durchmesser für ferninfrarotes (FIR) Licht in die Atmosphäre starten. „Für eine bessere räumliche Auflösung muss schlichtweg die Größe steigen“, erklärt Maier. Aus der Designstudie ESBO DS soll anschließend ESBO werden. Dann nämlich gilt es, die Erkenntnisse aus ORISON und ESBO DS

im UV- bis Nahinfrarot-Bereich in den Bau eines FIR-Teleskops einfließen zu lassen. ESBO würde dadurch zu einer langfristigen Forschungseinrichtung für viele Institute und Forschungsrichtungen. Maier fasst das Ziel so zusammen: „Wir wollen eine Organisation schaffen, die unterschiedliche ballonbasierte Teleskope betreibt und Beobachtungszeiten und Mitfluggelegenheiten für wissenschaftliche Studien zur Verfügung stellt.“ Das Projekt umfasst Themen von innovativer Optik bis Leichtbau, die fakultätsübergreifend für viele unterschiedliche Institute interessant werden könnten. Das stimmt die Projektbeteiligten zuversichtlich, was die Zukunft von ESBO betrifft. In einem Zeitfenster von etwa 15 Jahren soll die nächste Generation von FIR-Observatorien entstehen – mit den Erkenntnissen aus der Designstudie.

Susanne Roeder



Philipp Maier von der Universität Stuttgart ist Konsortialführer des europäischen Forschungsprojekts ESBO DS. Die Stuttgarter sind für den Bau des Teleskops im sichtbaren Bereich zuständig, das per Stratosphärenballon den Weltraum erforschen soll.

Fährst Du? BRAVE identifiziert Ansprüche an automatisierte Fahrzeuge

Wie fahren wir im Jahr 2030? In Politik und Gesellschaft schlägt diese Frage aktuell hohe Wellen. Neben der Art der Antriebe geht es insbesondere um die Digitalisierung der Verkehrsträger. Auf europäischer Ebene fokussiert sich das Forschungsprojekt „BRAVE“ darauf, was der Fahrer vom zunehmend automatisierten Vehikel erwartet.

Sieben Länder, elf Partner, ein Ziel: die Kluft zwischen dem Anspruch des Fahrers an das automatisierte Fahrzeug und dem tatsächlichen Angebot zu überwinden. Für den Transfer der Erkenntnisse in größerem Maßstab sind neben fünf europäischen Ländern mit Kalifornien und Australien auch

nichteuropäische Staaten involviert. In Deutschland sind das Fraunhofer IAT der Universität Stuttgart (Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement), das Fraunhofer IAO (Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation) und das sozialwissenschaftliche Institut der Universität Nürnberg (Ifes) beteiligt.

BRAVE, das englische ‚mutig‘, steht für ‚BRidging Gaps for the Adoption of Automated VEHicles‘. Bewilligt hat die EU das Projekt aufgrund seiner Zielsetzung. „Für das automatisierte Fahren sollen Schmerzpunkte, Schwachstellen und Verbesserungspotenziale aufgespürt werden – und zwar aus der Perspektive des Anwenders“, erläutern die beiden IAT Wissenschaftler Nicole Fritz und Sven Bischoff. Dazu wird es unter der Federführung



Mithilfe von Umfragen suchen die Forscherinnen und Forscher nach Schmerzpunkten, Schwachstellen und Verbesserungspotenzialen aus Sicht der Anwender. Die Ergebnisse setzen sie dann an Demonstratoren um.



Für eine gut funktionierende Interaktion des Menschen mit automatisierten Fahrzeugen arbeiten Nicole Fritz und Sven Bischoff vom IAT der Universität Stuttgart aktuell an innovativen Innenraum- und Cockpit-Konzepten.

Foto: Universität Stuttgart/Ui Pegegscheit

des IfeS eine groß angelegte Umfrage unter Hunderten von Bürgern der sieben beteiligten Länder geben. „Wir wollen die Ansprüche der Befragten ergründen und diese, soweit das geht, an Demonstratoren umsetzen“, so Fritz. Am Ende soll sich ein ganzheitliches Bild ergeben, das die technischen Herausforderungen erkennt und die Belange der Endnutzer berücksichtigt.

Vom Fahrer zum Drivenger

Fritz, Bischoff und ein Kollege des Fraunhofer Instituts sind für die Konzeption und Entwicklung innovativer Innenraum- und Cockpit-Konzepte verantwortlich. Wie der Mensch mit automatisierten Fahrzeugen interagiert, ist die übergeordnete Fragestellung der Stuttgarter. Welche Bedürfnisse hat ein Fahrer, der zunehmend zum Drivenger, also zu einer Mischung aus Driver und Passenger wird? Wie interagieren automatisierte Fahrzeuge mit Fußgängern oder Radfahrern, sogenannten VRU (Vulnerable Road Users)?

Damit der Drivenger angemessen reagiert, muss das Cockpit der Zukunft intuitiv verstehen, die Aufgaben müssen leicht erlernbar und auf verschiedene Situationen übertragbar sein. Denn derzeitige Techniken könnten zum Beispiel dazu führen, dass sich

der Fahrer das Bremsen graduell abgewöhnt, weil dies das Fahrzeug für ihn übernimmt. Was aber, wenn das System ein Objekt nicht genau erkennt? „Dann kann es passieren, dass ich langsamer bremsen als nötig“, sagt Fritz. In einem nächsten Schritt wird es also darauf ankommen herauszufinden, was der Fahrer erfasst hat und was nicht. Denn ist er nicht hundertprozentig bei der Sache, müsste ihn das Fahrzeug rechtzeitig warnen. Derzeit läuft die Phase des Erfassens solcher und anderer Problemstellungen, darauf folgt die Identifikation dessen, was sich im Kontext des Projekts angehen lässt. Am Ende des EU-Projekts im Mai 2020 wollen Fritz und Bischoff bereits erste Lösungsansätze vorstellen, die eine schnelle und sichere Markteinführung automatisierter Fahrzeuge so unterstützen, dass sie von den Kunden und Verkehrsteilnehmern positiv angenommen werden.

Susanne Roeder

Mit besten Empfehlungen Analyse zeigt der Politik Wege zum CO₂-neutralen Energiesystem auf

Wie muss die Europäische Union ihre Energiepolitik ausrichten, damit bis 2050 kein Strom mehr aus Kohle, Öl und Gas kommen muss? Beantworten will diese Frage eine internationale Forschergruppe, an der auch sieben Wissenschaftler des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart beteiligt sind.

Um herauszufinden, was die EU zum Zweck eines klimaneutralen Energiesystems vorgeben sollte, erstellen Wissenschaftler aus elf europäischen Instituten im Projekt REEEM (Role of technologies in an Energy Efficient Economy – Model based analysis of policy measures and transformation pathways to a sustainable energy system) eine multikriterielle, integrierte Analyse. Diese Untersuchung aller relevanten Einflüsse soll zeigen, wie Technologien wie Wind- und Wasserkraft bei der Dekarbonisierung zusammenspielen können und wie sich verschiedene Kombinationen dieser Technologien wirtschaftlich auswirken. Dazu berücksichtigen die Wissenschaftler auch Aspekte wie Luftreinhaltung und Sozialverträglichkeit. „Die integrierte Herangehensweise zeichnet aus, dass wir nicht nur auf die Wirtschaft oder die Technik schauen, sondern zum Beispiel auch auf Akzeptanzfragen, sodass wir die Auswirkungen in einen größeren Blick bekommen“, erklärt Dr. Ulrich Fahl, Leiter der Abteilung Energiewirtschaft und Sozialwissenschaftliche Analysen am IER.

Am Ende der Analyse stehen konkrete Empfehlungen, welche Pfade es bereits heute anzulegen gilt, um in 30 Jahren ans Ziel zu kommen, und welche Entwicklungen noch offen bleiben können. Denn mit ihrem Strategieplan für Energietechnologie (SET-Plan) will die EU bis zum Jahr 2050 die Emissionen von Treibhausgasen um 80 bis 95 Prozent verringern. „Ganz konkret geht es unter anderem um die Ausgestaltung des europäischen Emissions-

handelssystems“, so Fahl. Die derzeitige Regelung dazu gilt bis 2020. Wie es künftig aussehen muss, damit es effektiver wirkt, ist eine der Fragen, denen die Forscher nachgehen. Aber auch Aspekte wie wirksamere Unterstützungsmaßnahmen bei der Gebäudedämmung, die mehr Erfolg versprechen als die heutige Energieeinspar-Verordnung, gehören zum Fragenkatalog. Immer mit Blick darauf, wie die Maßnahmen und die technologische Entwicklung zueinander passen.

Zunächst untersuchen die Wissenschaftler die Handlungsmöglichkeiten der EU: Was lässt sich europaweit angleichen? Welche Rahmenbedingungen lassen sich vorgeben? Hier geht es zentral um Fragen der Harmonisierung der unterschiedlichen Mitgliedsländer. In einem zweiten Schritt betrachtet die Gruppe, wie eine Koalition der Willigen die europäische Einigung weiter vorantreiben könnte. Und im dritten Schritt schauen die Forscher darauf, wie stark sich nationale, protektionistische Sichtweisen einzelner Akteure auswirken. Daraus wollen sie dann ableiten, ob sich die Empfehlungen an die Energiepolitik unterscheiden müssen, je nachdem, welche der Strömungen Oberhand gewinnt.

Die Rechner haben viel zu tun

In vier von acht Arbeitspaketen des mit vier Millionen Euro geförderten EU-Projekts nimmt das IER eine zentrale Rolle ein. So untersuchen die Stuttgarter Wirtschaftsingenieure und Ökonomen die Frage, wie sich Innovationen im Energiebereich wirtschaftlich auswirken. Sie erstellen ein Modell zur Energiesystem-Integration, also dafür, wie sich die einzelnen Entwicklungen in den Bereichen Gebäude, Verkehr, Energieversorgung und Industrie zusammenfügen lassen. In einer weiteren Arbeitsgruppe untersuchen sie, wie das europäische Energiesystem die Gesundheit, die Luftreinhaltung sowie den Klima- und Umweltschutz beeinflusst. Dazu verwenden die Forscher verschiedene Rechen-



modelle und Datenbanken, die sie in früheren Projekten entwickelt haben und nun verfeinern. „Wir modellieren jedes Mitgliedsland einzeln, inklusive der Schweiz und Norwegen“, erklärt Fahl. Das dauere seine Zeit. Und je feiner die Ergebnisse sein sollen, desto komplexer werde es.

Im vierten Bereich geht die Gruppe der Frage nach, wie stark sich das Verhalten der einzelnen Akteure auf die Entwicklung des zukünftigen Energiesystems in Europa auswirkt. „Auch in Deutschland verhalten sich die Menschen in Süddeutschland anders als im Norden oder Osten. Das wird natürlich noch spannender, wenn man die Skandinavien, die britischen Inseln, Ost- und Südeuropa vergleicht, wo die Unterschiede ausgeprägter sind“, verdeutlicht Fahl. Dabei betrachten die Forscher stets verschiedene Varianten, wie sich die Verbraucher verhalten könnten: eher passiv das annehmend, was die Politik vorschreibt, oder eher aktiv und von sich aus in neue Techniken wie Solarstrom und Batteriespeicher investierend. Für diese Berechnungen nutzen die Stuttgarter die Daten, die der Projektpartner in London in einer Umfrage erhoben hat. Fahl: „Mit dieser Studie kann man über die nationalen Grenzen hinausblicken und vergleichen: Was würde es bedeuten, wenn man so etwas wie das

Erneuerbare-Energien-Gesetz aus Deutschland in andere Kulturen übertrüge? Gäbe es Unterschiede, und wenn ja, welche?“

Damit die REEEM-Strategie Realität wird, sei dies „keine Untersuchung im Elfenbeinturm“, betont Fahl. Regelmäßig veranstaltet die Forschergruppe deswegen Workshops mit Entscheidungsträgern aus der Politik, der Industrie und von Nichtregierungsorganisationen, um Zwischenergebnisse zu diskutieren. Die unterschiedlichen Perspektiven sind wichtig, die Informationen wertvoll: So tragen die Beteiligten aus der Industrie etwa Daten bei zum aktuellen Stand der Technik von Batteriespeichern und ihren Entwicklungsmöglichkeiten, die dann in die weiteren Studien einfließen. Ziel ist es, „eine relativ robuste Politikempfehlung zur Zukunft zu erhalten, die im Hinblick auf die Entwicklung der Technologien und ihre Umsetzungschancen als realistisch gilt“, so Fahl.

Daniel Völpel

Smarte Ideen zum Nachmachen

Vorreiter-Konzepte für intelligente Stadtquartiere kennen keine Landesgrenzen



Wie lassen sich Großstädte für die Zukunft smart und lebenswert machen? Die Partner des EU-Projekts „Triangulum“ suchen seit 2015 nach Wegen, Städte nicht nur intelligenter zu machen, sondern das entstehende Wissen europaweit auch auf andere Städte und Gemeinden zu übertragen. Wichtige Schritte sind bereits geschafft.

Für den englischen Begriff „smart“ gibt es viele deutsche Übersetzungen, „intelligent“ etwa, oder „klug“. Aber keine scheint wirklich den Kern zu treffen, denn längst hat das Wort im deutschen Sprachgebrauch eine Dimension bekommen, die über eine so enge Bedeutung wie „intelligent“ hinausreicht. Smart, das impliziert heute schlaue Lösungen, integrierte Systeme, aber auch Nachhaltigkeit und Erfindungsreichtum. Kein Wunder, dass Smart Cities heute ein wichtiges Forschungsfeld sind, denn die Städte der Gegenwart haben meist noch einen langen Weg vor sich, um smart zu werden.

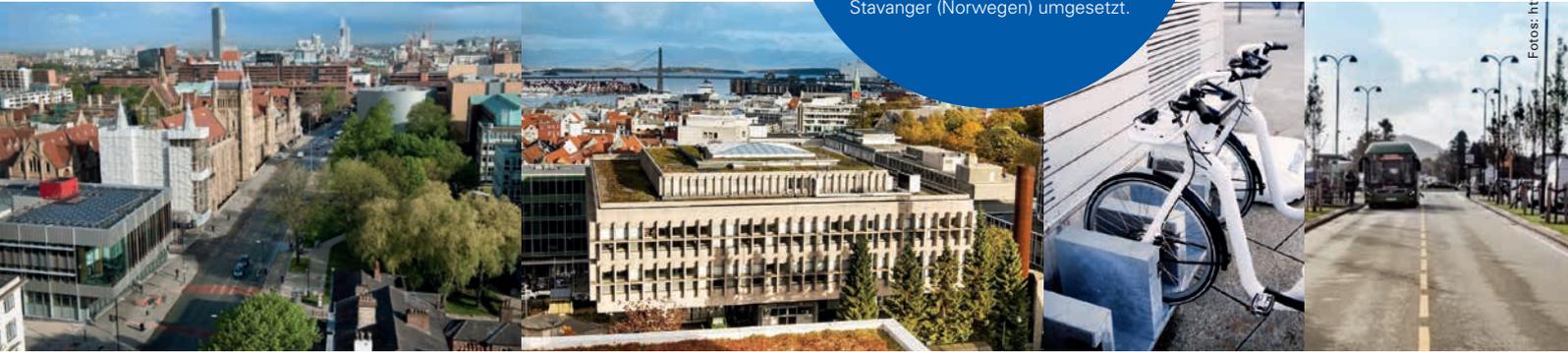
Im von der EU geförderten Projekt „Triangulum“ entstehen derzeit Vorreiter-Konzepte für intelligente Stadtquartiere. Und zwar nicht nur in der Theorie, sondern mit der klaren Zielsetzung, diese erarbeiteten anwendbaren und übertragbaren Lösungen in die Praxis umzusetzen. Zunächst in den drei „Lighthouse Cities“ Manchester in England,

im niederländischen Eindhoven und norwegischen Stavanger. Anschließend in den „Follower Cities“ Sabadell in Spanien, der tschechischen Hauptstadt Prag und in Leipzig. Zu den Kernzielen des noch bis 2020 laufenden Projekts gehören dabei innovative, energiesparende Technologien, die auch die Kohlendioxid-Emissionen drastisch senken. Hinzu kommen smarte Formen der Mobilität und eine moderne Daten-Infrastruktur, aber auch die Einbindung der Bürger in alle Kreativ- und Entscheidungsprozesse. Die Universität Stuttgart ist mit dem Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) als Projektpartner an „Triangulum“ beteiligt. Projektkoordinator ist das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) in Stuttgart, unterstützt durch das ebenfalls in Stuttgart ansässige Steinbeis-Europa-Zentrum. Das Herzstück des Smart-City-Vorhabens bildet ein übertragbares Smart City Framework und eine Informations- und Kommunikationstechnik-Architektur, die dafür sorgt, dass die einzelnen Technologien in der jeweiligen Stadt miteinander vernetzt und aufeinander abgestimmt werden.

Bürger konsequent einbezogen

In Leipzig stehen vor allem Quartiere im Westen der Stadt im Mittelpunkt. Das Ziel: einst industriell geprägtes Viertel zu modernisieren. Um sich dem abs-

Impressionen: Im EU-Projekt Triangulum werden wegweisende Konzepte für eine nachhaltige Energieversorgung, Mobilität und Informationstechnologie zunächst in den drei Städten Eindhoven (Niederlande), Manchester (UK) und Stavanger (Norwegen) umgesetzt.



Fotos: <http://triangulum-project.eu/index.php/press-releases/images/>

trakten Thema „Smart City“ zu nähern, wurde in der sächsischen Großstadt im Rahmen von Triangulum eine umfangreiche Bürgerbeteiligung angestoßen. Die thematischen Schwerpunkte lagen dabei unter anderem auf nachhaltiger Mobilität, intelligentem Wohnen und aktiver Stadtgesellschaft. Parallel dazu diskutierten Vertreter der höheren Verwaltungs- und Stadtratschene in Zukunftsforen über diese Themen, bevor es dann in „Zukunftslaboren“ um konkrete Lösungsansätze ging. Alle diese Ergebnisse sind schließlich in ein Smart-City-Strategiepapier für den Leipziger Westen eingeflossen, das im Januar 2018 der EU übergeben wurde.

In die Visionen für das einst von einer Baumwollspinnerei geprägte Quartier flossen wertvolle Erfahrungen aus dem niederländischen Projekt „Strijp-S“ ein. Hier hatte unter dem Dach von „Triangulum“ in Eindhoven die Umwandlung eines früheren Industriegeländes der Firma Philips im Mittelpunkt gestanden.

Lösungen vervielfältigt

Eine Aufgabe des IAT war unter anderem, zu erarbeiten, wie sich die Lösungen der „Lighthouse Cities“ in den „Follower Cities“ replizieren lassen. Wie IAT-Mitarbeiterin Sonja Stöffler berichtet, hatten die Beteiligten dafür 2017 die „Follower City Training Mission“ aufgelegt, mit speziell auf den Wissensbedarf der „Follower Cities“ zugeschnittenen

Workshops. Im nächsten Schritt müssen Städte wie Leipzig jetzt Wege finden, um geeignete Lösungsansätze zu finanzieren und umzusetzen. „Unabhängig vom Technologiewissen über smarte Städte ist es sehr wichtig, vor Ort Wissen über Prozesse und organisatorische Strukturen zu schaffen“, benennt Sonja Stöffler eine der wichtigsten Erkenntnisse aus „Triangulum“. Um smarte Lösungen zu implementieren, sei die enge Zusammenarbeit aller Beteiligten sehr wichtig. Im weiteren Verlauf des Projekts werden die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Stuttgart die beteiligten Städte daher auch intensiv bei der Umsetzung der entwickelten Ideen begleiten.

Jens Eber

Risse aus dem Rechner Forscher erstellen Risikoprognosen für Fracking

Das Forschungsprojekt „FracRisk“ hat drei Jahre lang über die Gefahren des Frackings geforscht. Jetzt liegen Rechenmodelle vor, die mehr über die Risiken des Verfahrens verraten.

An vielen Orten weltweit gibt es Erdgasvorkommen in sogenannten nicht-konventionellen Lagerstätten. Das bedeutet, das Erdgas ist in Schiefergesteinen und Kohleflözen in tiefen Gesteinsschichten gebunden und lässt sich deshalb nicht auf konventionellem Weg, also per Bohrungen erschließen. Um diese Rohstoffreserve zu gewinnen, kommt stattdessen mit Hydraulic Fracturing ein technisches Verfahren zum Einsatz, was weltweit unter seinem Kürzel „Fracking“ bekannt geworden ist und die Meinungen hinsichtlich der Kosten-Nutzen-Betrachtung polarisiert. So gab und gibt es auch in Deutschland Proteste gegen Fracking-Vorhaben, die irreversible Umweltschäden fürchten. Auf der anderen Seite versichert beispielsweise der Bundesverband Erdöl, Erdgas und Geoenergie, Fracking könne über Jahrzehnte einen „entscheidenden Beitrag zur deutschen Erdgasversorgung“ liefern. Das Umweltbundesamt wiederum erklärt auf seiner Webseite, Fracking sei „umstritten“, vor allem, weil Risiken für das Grundwasser bestünden.

Eine Bewertung des Frackings wird man freilich von Prof. Holger Class nicht hören. „Das ist nicht unsere Aufgabe als Forscher“, sagt der stellvertretende Leiter des Lehrstuhls für Hydromechanik und Hydrosystemmodellierung im Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung der Universität Stuttgart (IWS). Fracking, so der wissenschaftliche Konsens, sei mit Risiken verbunden, was in der Natur der Gegebenheiten unter Tage liege. Jetzt gehe es darum, diese Risiken zu beschreiben: „Wir arbeiten an Rechenmodellen, die als Werkzeuge für die Entscheidungsfindung dienen können“, sagt Class. „Wir“, das sind die Forscher, die als Konsortium im

EU-finanzierten Projekt FracRisk arbeiten. Koordiniert wird es an der University of Edinburgh; die Stuttgarter Gruppe hat die Verantwortung für das Arbeitspaket „Modellierung“ übernommen. Der Projekttitel FracRisk ist die griffige Abkürzung aus „Furthering the Knowledge for Reducing the Environmental Footprint of Shale Gas Development“. Es geht also darum, das Wissen um die Risiken der Erdgasförderung aus tief in der Erde gelegenen Schieferschichten – sogenanntes Shale Gas – zu intensivieren und auszubauen.

Wenige gesicherte Daten für Europa

Bislang gibt es zumindest für Mitteleuropa nur wenige gesicherte Daten über die Kräfte und Vorgänge, die während des technischen Verfahrens im Untergrund wirken und ablaufen. „Die Amerikaner haben viel Erfahrung mit Fracking, bei uns gibt es dagegen nur wenig valide Informationen“, bestätigt Class. Die Daten aus den USA lassen sich jedoch nicht ohne Weiteres übertragen, da sich auf dem europäischen Kontinent andere geologische Formationen gebildet haben. Und: Die Schieferschichten mit dem eingeschlossenen Methan liegen hier viel tiefer. Dennoch bringen auch Wissenschaftler aus den USA ihre Erfahrungen mit der Fördermethode in FracRisk ein. Der Mangel an europäischem Datenmaterial ist der Schwierigkeit geschuldet, in mehreren Tausend Meter Tiefe überhaupt verlässliche Angaben zu gewinnen.

Grundsätzlich funktioniert Fracking in der Praxis so: Ein Bohrteam treibt eine Bohrung bis in die gasführende Schicht vor, die tief unter Grundwasserschicht und Deckgebirge liegt. Dort schwenkt die Bohrung in die Horizontale und wird quasi parallel zur Erdoberfläche vorangetrieben. Danach pressen die Fracking-Spezialisten unter hohem Druck von bis zu 1.000 bar ein bis zwei Stunden lang das Fracking-Fluid, eine Mischung aus Wasser, Quarzsand oder Keramikkügelchen und stark verdünnten,

Die Fracking-Flüssigkeit sprengt das Schiefergestein auf und treibt Risse hinein, sodass sich das gebundene Methan herauslösen lässt.



teils giftigen Chemikalien, in diese Schicht. Dieses laut ExxonMobil „schwach wassergefährdende Gemisch“ sprengt das Gestein auf und treibt Risse hinein, die namensgebenden Fracks. Auf diesem Weg lässt sich das gebundene Methan herauslösen und fördern. Am Ende des Prozesses wird das Fluid wieder aus dem Boden gepumpt und entsorgt.

Simulationsmodelle für Risikoprognosen

Ins Grundwasser können Gas oder Fluid zum Beispiel theoretisch dann gelangen, wenn die erzeugten Risse bis in ein poröses Deckgebirge reichen oder es im Gestein Störungszonen gibt, also etwa natürliche Fließpfade, beispielsweise entlang von Verwerfungen oder Klüften. Dann besteht die Möglichkeit, dass Gas und Fracking-Fluid schlimmstenfalls bis in höhere Grundwasserschichten aufsteigen. Christopher McDermott, Projektkoordinator an der University of Edinburgh, hält diese Gefahr zwar für praktisch ausgeschlossen, zumal die Industrie ihre Bohrungen mit viel technischem Aufwand beaufsichtigt. Dennoch ist die Antwort auf die Frage nach möglichen Beeinträchtigungen des Trinkwassers zu wichtig, als dass sie im Ungefähren bleiben dürfte. Gut drei Jahre hat sich das Projekt FracRisk die Risiken deswegen genau angeschaut. Vorhersagen über

den geologischen Ist-Zustand auf Gasfeldern waren bislang kaum möglich. Zur Erkundung mussten die Unternehmen Probebohrungen vornehmen und Bohrkern auswerten sowie die Umgebung mittels seismischer Messungen aufklären. Ein Ergebnis von FracRisk ist, dass künftig Simulationsmodelle dazu beitragen können, die Risiken auf potenziellen Förderfeldern mit hoher Wahrscheinlichkeit zu berechnen. Im Kern basiert das auf Modellen, die Professor Class und sein Team am IWS im Projektzeitraum entwickelt haben. Das klingt deutlich einfacher, als es ist, denn um solche Modelle zu verifizieren, sind unzählige Rechengänge auf Hochleistungsrechnern notwendig.

Jens Eber

Vorspiegelung korrekter Tatsachen Simulationsmodelle für den Ernstfall

Im Kern eines Forschungskonsortiums arbeitet das Höchstleistungsrechenzentrum der Uni Stuttgart (HLRS) an Simulationsmodellen, die zum Beispiel helfen könnten, die Ausbreitung einer gefährlichen Krankheit besser zu verstehen oder das Verhalten von Flüchtlingsströmen vorherzusagen.

Irgendwo auf der Welt bricht eine lebensgefährliche Viruserkrankung aus, die sich rasch ausbreitet. Eine Pandemie droht. Die Gesundheitsbehörden in aller Welt müssen sofort aktiv werden, um die Krankheit einzudämmen. Aber welche Flughäfen müssen sie schließen lassen? Und wo kommen speziell ausgebildete Hilfskräfte jetzt am besten zum Einsatz?

Solche Entscheidungen werden selbstverständlich schon heute getroffen. Meist beruhen sie jedoch auf Erfahrungswerten – und einer guten Portion Bauchgefühl, weil sich die Ausbreitung eines Virus nicht genau vorhersagen lässt. Das Center of Excellence for Global Systems Science (CoeGSS), an dem das Höchstleistungsrechenzentrum der Uni Stuttgart maßgeblich beteiligt ist, arbeitet an jenen internationalen Projekten mit, die den Weg zu verlässlichen Simulationen komplexer Szenarien weiter ebnen könnten. Dr. Bastian Koller, Geschäftsführer des HLRS und technischer CoeGSS-Projekt Koordinator, hebt allerdings erst einmal beschwichtigend die Hände. Denn bis es tatsächlich so weit ist, einen Pandemieverlauf oder mögliche Flüchtlingsströme in Folge eines Krieges mit hoher Wahrscheinlichkeit korrekt zu simulieren, wird es wohl noch ein bisschen dauern.

Die Qualität der Daten entscheidet

Vorrangig arbeiten die Forscher des internationalen Konsortiums, an dem zwölf Industrie- und Forschungspartner aus Deutschland, Spanien, Italien, Schweden und Polen beteiligt sind, bis zum Ende der Projektlaufzeit im September 2018 noch an anderen

Fragen. Die Herausforderung ist dabei gar nicht so sehr die benötigte Rechenleistung; immerhin steht im HLRS ein Supercomputer, der aktuell 7,4 Billionen Rechenschritte pro Sekunde ausführen kann. Die Forscher fragen sich vielmehr, wie sie diese Leistung sinnvoll und zielführend einsetzen können. Koller verdeutlicht den Ansatz: „Wir versuchen, Daten aus verschiedensten Quellen zu nutzen, um sie in das Simulationsmodell einfließen zu lassen. Dazu gehören offizielle Statistiken ebenso wie sozialen Medien.“

Klären mussten die Forscher dabei zunächst, welche Daten sie überhaupt verwenden dürfen und welches Unternehmen seine Daten zumindest im Krisenfall vorübergehend freigeben würde. Außerdem erweisen sich nicht alle Daten als gleich gut geeignet oder zuverlässig. Koller: „Es ist relativ klar, dass etwa bei Twitter 20 bis 30 Prozent der Accounts sogenannte Bots sind. Sie können die Ergebnisse leicht verfälschen.“ Aufgabe der CoeGSS-Wissenschaftler war daher nach dem Projektstart im Oktober 2015 erst einmal, eine Einschätzung für die Güte der Daten zu bekommen und die geeigneten Parameter für eine Simulation zu identifizieren – die selbstverständlich bei jeder Fragestellung anders sind.

Eine Frage der Perspektive

Im interdisziplinären Team arbeiteten neben den Stuttgarter IT-Spezialisten auch Sozialwissenschaftler, die sich um die Modellierung der Szenarien kümmerten, also im Kern zum Beispiel um die Frage, welche Daten und Parameter notwendig sind, um ein Szenario berechnen zu können. Beteiligt war auch die gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung mbH Dialogik in Stuttgart, gegründet von Prof. Ortwin Renn, dem früheren wissenschaftlichen Direktor des Zentrums für Interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung an der Universität Stuttgart (ZIRIUS), das sich um die Vermittlung zwischen den Forschergruppen kümmerte. „Die Herausforderung war, die unter-

Dr. Bastian Koller ist Geschäftsführer des Höchstleistungsrechenzentrum der Universität Stuttgart (HLRS) und technischer Projektkoordinator des Center of Excellence for Global Systems Science (CoeGSS), an dem das HLRS maßgeblich beteiligt ist. Die Wissenschaftler des CoeGSS arbeiten daran, den Weg zu verlässlichen Simulationen komplexer Szenarien weiter zu ebnet.

schiedlichen Herangehensweisen der Disziplinen wie IT und Sozialwissenschaft zusammenzubringen.“ Allen gemeinsam war jedoch recht schnell klar, dass es nicht zielführend sein würde, einfach große Mengen Daten zu erfassen und diese in einem beliebigen Rechenmodell auf den Superrechner zu leiten. „Probleme lösen sich nicht allein durch Rechenleistung“, betont Koller. Schlimmstenfalls werde der Rechner vielmehr in seiner Leistung konterkariert. Koller gibt ein Beispiel: „Wir können jederzeit ein Auto mit fünf Rädern berechnen, aber das ergibt natürlich keinen Sinn.“ Daher steht im Kern der Überlegungen immer die Frage nach den Auswirkungen: „Unsere Simulationen sollen Abbildungen der Realität sein, daher sind die Datenqualität und die Güte des Modells absolut entscheidend.“

Nur ein Kriterium von vielen

Um herauszufinden, welche Daten ein Rechenmodell benötigt und wie es beschaffen sein muss, konzentrierten sich die CoeGSS-Forscher auf drei einfache Szenarien, die bereits relativ gut erforscht sind, um sie in der Simulation nachzubilden. Unter dem Stichwort „Green Growth“ („Grünes Wachstum“) untersuchten sie zum Beispiel, welche Faktoren zum Kauf eines Elektroautos bewegen. Wenn man simulieren könne, in welcher Stadt ein großer Zuwachs an E-Autos zu erwarten sei, ließen sich die entsprechenden Rückschlüsse auf die benötigte Infrastruktur ziehen, erklärt Koller.

Auf einer guten Datengrundlage reale Entwicklungen nachzubilden und so festzustellen, welche Daten und Parameter entscheidend sind, ist für Koller der richtige Weg, um die Modelle zu verfeinern. Dass die Europäische Kommission das Projekt mit einer Finanzierung in Höhe von 4,5 Millionen Euro ausstattete, verdeutlicht das große Interesse an solchen Simulationen. So bekundeten Koller zufolge auch bereits Regierungsbehörden Interesse an Simulationen zur Entwicklung von Flüchtlingsströmen, die in

einem Folgeprojekt erarbeitet werden sollen. Bis zur konkreten Anwendung solcher Simulationen werden noch einige Jahre vergehen. Und selbst dann werden sie nicht das alleinige, sondern eines von mehreren Entscheidungskriterien für daraus abgeleitete Maßnahmen sein. „Eine hundertprozentige Wahrscheinlichkeit werden wir nicht erreichen, aber wir arbeiten daran, sie so hoch wie möglich ausfallen zu lassen“, fasst Koller zusammen. So wird der Stellenwert an Simulationen zwar wachsen, doch bleiben errechnete Ergebnisse auch langfristig eine von mehreren Grundlagen menschlicher Entscheidungen.

Jens Eber



Besser als sein Ruf

CO₂ als Quelle sicherer und flexibler Stromerzeugung

Kohlenstoffdioxid CO₂ hat als Treibhausgas ein schlechtes Image. Doch unter hohem Druck versetzt, kann es enorme Wärmemengen auf kleinstem Raum aufnehmen. Forscher vom Institut für Kernenergetik und Energiesysteme (IKE) der Universität Stuttgart möchten es daher statt Wasser für kompaktere Wärmeabfuhrsysteme nutzen. Denn damit ließen sich zum Beispiel Kernkraftwerke zum Schutz vor einer Kernschmelze nachrüsten oder Kohlekraftwerke flexibler hoch- und runterfahren.

Fukushima, 11. März 2011: In drei Kernkraftwerks-Reaktoren kommt es nach einem schweren Erdbeben und Tsunami zur Kernschmelze. Die Schnellabschaltung funktioniert zwar, sodass die Kernspaltungsreaktion gestoppt wird. Doch als die Kühlsysteme ausfallen, weil die Stromverbindung gekappt und die Notstromaggregate überflutet sind, kommt es zum Super-GAU. Der Grund: Auch nach einer Reaktorabschaltung ist Kühlung nötig, denn die noch vorhandenen kurzlebigen Spaltprodukte zerfallen über weitere Tage radioaktiv. Dabei entsteht die sogenannte Nachzerfallswärme.

„Mit einem Wärmeabfuhrsystem, das die Nachzerfallswärme zusätzlich nutzt, um Strom zu erzeugen, und noch dazu klein ist, könnten wir ein Kernkraftwerk einfach nachrüsten“, sagt Jörg Starflinger, der Direktor des IKE. Da so ein System in der Regel mehr Strom generiert, als es für den Eigenantrieb braucht, könnten im Falle eines Stromausfalls etwa Notstrombatterien aufgeladen werden. Womöglich hätte das die Reaktorkatastrophe von Fukushima verhindern können. Ob eine solche nachrüstbare Backup-Lösung für Kernreaktoren realisierbar ist, untersuchen die IKE-Ingenieure zurzeit zusammen mit weiteren Partnern in dem EU-Projekt sCO₂-HeRo (Supercritical CO₂ Heat Removal System).

CO₂ statt Wasserdampf

Das von den Projektpartnern entwickelte Notkühlsystem funktioniert ähnlich wie der übliche Wasserdampf-Kreislauf, der in Kern- und Kohlekraftwerken eine Turbine antreibt und so Strom erzeugt – nur eben mit CO₂.

Dabei wird CO₂ stark komprimiert und im Wärmetauscher durch den über 200 °C heißen Wasserdampf aus dem Reaktor erhitzt. Der CO₂-Druck steigt dadurch weiter an und versetzt eine Turbine in Rotation, wodurch der Kompressor und ein Stromgenerator angetrieben werden. Anschließend entspannt sich das CO₂ wieder auf Anfangsdruck und kühlt ab. Die Restwärme wird über einen zweiten Wärmetauscher, den Kondensator, an die

In der Versuchsanlage SCARLETT am IKE tüftelte das Team um Prof. Jörg Starflinger an der Entwicklung eines Wärmetauschers. Auf Wohnzimmergröße ist dort ein Teil des CO₂-Kreislaufs aufgebaut.

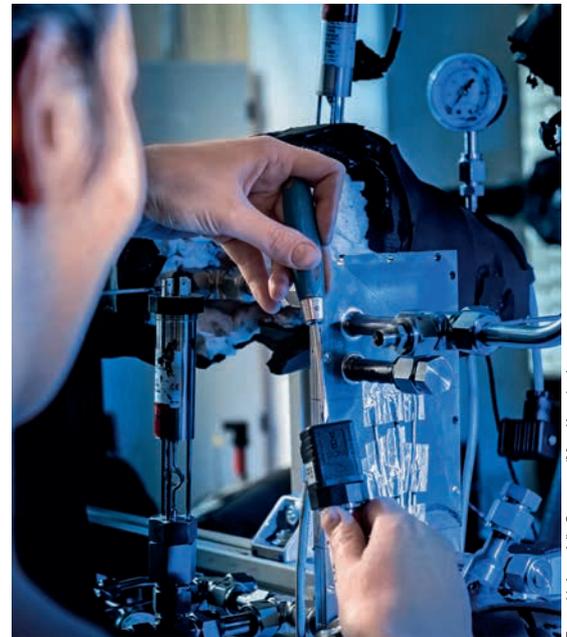


Foto: Universität Stuttgart/Max Kovalenko



Umgebungsluft abgegeben und das CO₂ für einen neuen Kreislauf zurück zum Kompressor gepumpt. Das System läuft bei einem Stromausfall automatisch an. Dabei öffnet sich ein Ventil, das zuvor durch Elektromagnete geschlossen gehalten wurde, sodass heißer Wasserdampf aus dem Reaktor zu dem CO₂-durchflossenen Wärmetauscher strömt.

Kleiner als ein LKW-Container

„Die größte Herausforderung ist der geringe Platz in einem Kernkraftwerk“, erzählt Starflinger. Um es mit einem Wärmeabfuhrsystem nachzurüsten, muss es also möglichst klein sein. Dazu nutzen die Forscher einen Trick. Sie verwenden das CO₂ über seiner kritischen Temperatur von 31 °C und seinem kritischen Druck von 74 bar, der immer noch etwa dreimal niedriger ist als beim Wasserdampf-Kreislauf. Im überkritischen Zustand besteht zwischen gasförmigem und flüssigem Zustand kein Unterschied mehr. Dieses überkritische CO₂ hat nahe dem kritischen Punkt die Dichte einer Flüssigkeit und die Zähigkeit eines Gases.

Das Besondere daran ist, dass es viel Wärme auf kleinem Raum speichert, ohne sich stark zu erwärmen. Es ist also auch materialschonend. Weil zusätzlich der Arbeitsdruck und das Druckgefälle

nach der Turbine geringer sind, reichen kompaktere Wärmetauscher, Kompressoren und Turbinen als bei einem Wasserdampfkreislauf – bei vergleichbarem Wirkungsgrad. „Die Anlage lässt sich vielleicht in einen LKW-Container unterbringen, für einen Dampfkreislauf dagegen bräuchte ich eine komplette Halle“, freut sich Starflinger. In der Versuchsanlage SCARLETT am IKE hat sein Team an der Entwicklung eines Wärmetauschers getüftelt, bestehend aus parallelen Platten, die wie bei einem Sandwich abwechselnd mit Wasserdampf oder überkritischem CO₂ durchströmt werden. Dort ist auf Wohnzimmergröße ein Teil des CO₂-Kreislaufs aufgebaut.

Demo-Anlage in kleinem Maßstab

„Verglichen mit Wasser brauche ich eine sechsfach kleinere Wärmeübertragungsfläche, um die gleiche Wärmemenge aufzunehmen“, sagt der Fachmann für Reaktorsicherheit. Die Frage ist, wie klein die Wärmetauscherkanäle werden dürfen, ohne dass sich zu viel Druck aufbaut, der an der Turbine fehlen würde. Was wiederum heißt: weniger Strom. Inzwischen haben die Partner die einzelnen Komponenten, die sie getrennt entwickelt haben, an das Simulatorzentrum nach Essen geschickt und zu einer Demo-Anlage in kleinem Maßstab zusammen-

gebaut. Am dortigen Kraftwerksmodell können die Entwickler Störfälle simulieren und so testen, ob das System als Notfall-Lösung taugt.

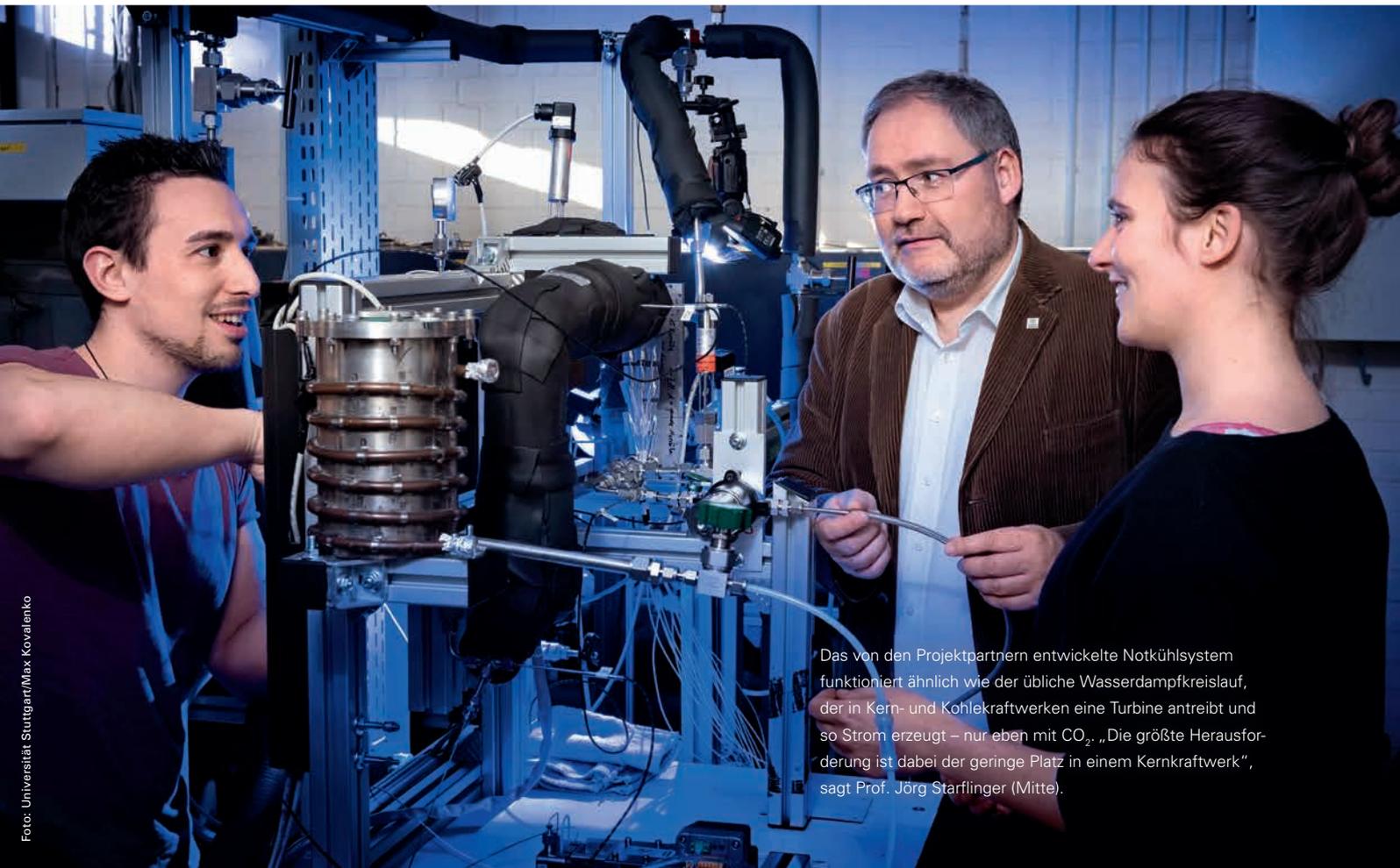
Unabhängig von der Wärmequelle

Der überkritische CO₂-Kreislauf ist jedoch nicht auf Kernkraftwerke beschränkt. Im EU-Projekt sCO₂-Flex, das Anfang des Jahres gestartet ist, wollen zehn europäische Partner, darunter das IKE, in Kohlekraftwerken den Wasserdampf-Kreislauf zur Stromerzeugung ersetzen. Weil das CO₂-System kompakter ist, könnte das Kohlekraftwerk in wenigen Minuten hoch- und runtergefahren werden und so je nach Bedarf mehr oder weniger Strom produzieren. Herkömmliche Kohlekraftwerke brauchen bis zu einer halben Stunde bis sie volle Leistung

erreichen. „Die Anlagen müssen zukünftig besser auf die schwankende Einspeisung von Sonnen- und Windstrom reagieren können“, sagt Starflinger. Sie ließen sich zudem kostengünstiger bauen, zumal weniger Material benötigt wird, so die Hoffnung.

Keine 1:1-Übertragung

Obwohl der CO₂-Kreislauf im Prinzip der gleiche sein wird wie beim Kernkraftwerk, sei dennoch ein einfaches 1:1-Übertragen des Systems nicht möglich, so Starflinger. Alle Komponenten müssen neu designt und an die viel höheren Temperaturen von bis zu 600 °C angepasst werden, die durch das Verbrennen von Kohle entstehen, sowie an die größere Druckzunahme, den die aufgenommene Wärme im System erzeugen wird. Am IKE untersuchen zur-

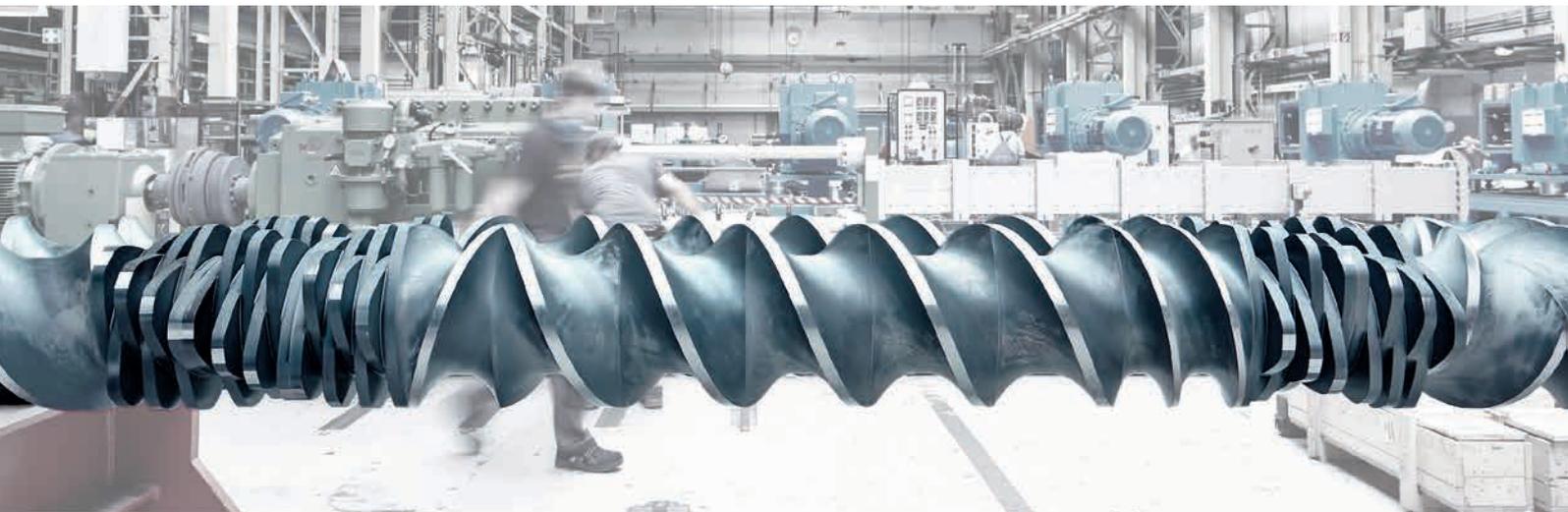


Das von den Projektpartnern entwickelte Notkühlsystem funktioniert ähnlich wie der übliche Wasserdampfkreislauf, der in Kern- und Kohlekraftwerken eine Turbine antreibt und so Strom erzeugt – nur eben mit CO₂. „Die größte Herausforderung ist dabei der geringe Platz in einem Kernkraftwerk“, sagt Prof. Jörg Starflinger (Mitte).

zeit zwei Doktoranden in der Versuchsanlage die Kondensation von überkritischem CO₂, um später zusammen in Kooperation mit einem Unternehmen einen Kondensator zu entwickeln. „Uns interessiert vor allem, wie die Geschwindigkeit und Orientierung der Strömungsrichtung die Wärmeabgabe und den Druckverlust nahe dem kritischen Punkt beeinflusst“, erläutert Starflinger. Auf die Frage, wer diese Systeme angesichts der beschlossenen Energiewende überhaupt brauche, wenn sie einmal marktreif sind, kann Starflinger nur müde lächeln. „Wenn nicht Deutschland, dann andere Länder“, kontert der Ingenieur. So planen etwa Frankreich, Finnland und Großbritannien bereits neue Kernkraftwerke. Ohnehin sei die Idee, überkritisches CO₂ zu nutzen, um Strom zu gewinnen, unabhängig

von der Wärmequelle. „Man kann sich auch überlegen, überall dort, wo in der Industrie viel Abwärme anfällt, Strom zu produzieren, beispielsweise in der Zement- und Papierindustrie, oder auch bei Solar- oder Biomassekraftwerken“, ergänzt Starflinger. Das Treibhausgas CO₂ kann also auch eine nützliche Seite haben.

Helmine Braitmaier



» Karriere bei Coperion. Eine Entscheidung für Coperion ist eine Entscheidung für die Zukunft.

Seit über 125 Jahren arbeiten wir an technologisch höchst anspruchsvollen Compoundier- und Extrusionsanlagen überall auf der Welt. Unser Versprechen „confidence through partnership“ begleitet uns nicht nur in der Zusammenarbeit mit Kunden oder externen Partnern, sondern auch dann, wenn es darum geht, neue Mitarbeiterinnen und

Mitarbeiter für uns zu begeistern. Coperion als Arbeitgeber: Das sind hervorragende Perspektiven an den verschiedensten Standorten weltweit. Sie erwarten vielfältige Tätigkeitsbereiche, abwechslungsreiche Aufgaben und ideale Bedingungen für Ihre berufliche und persönliche Entwicklung in einem internationalen Umfeld.



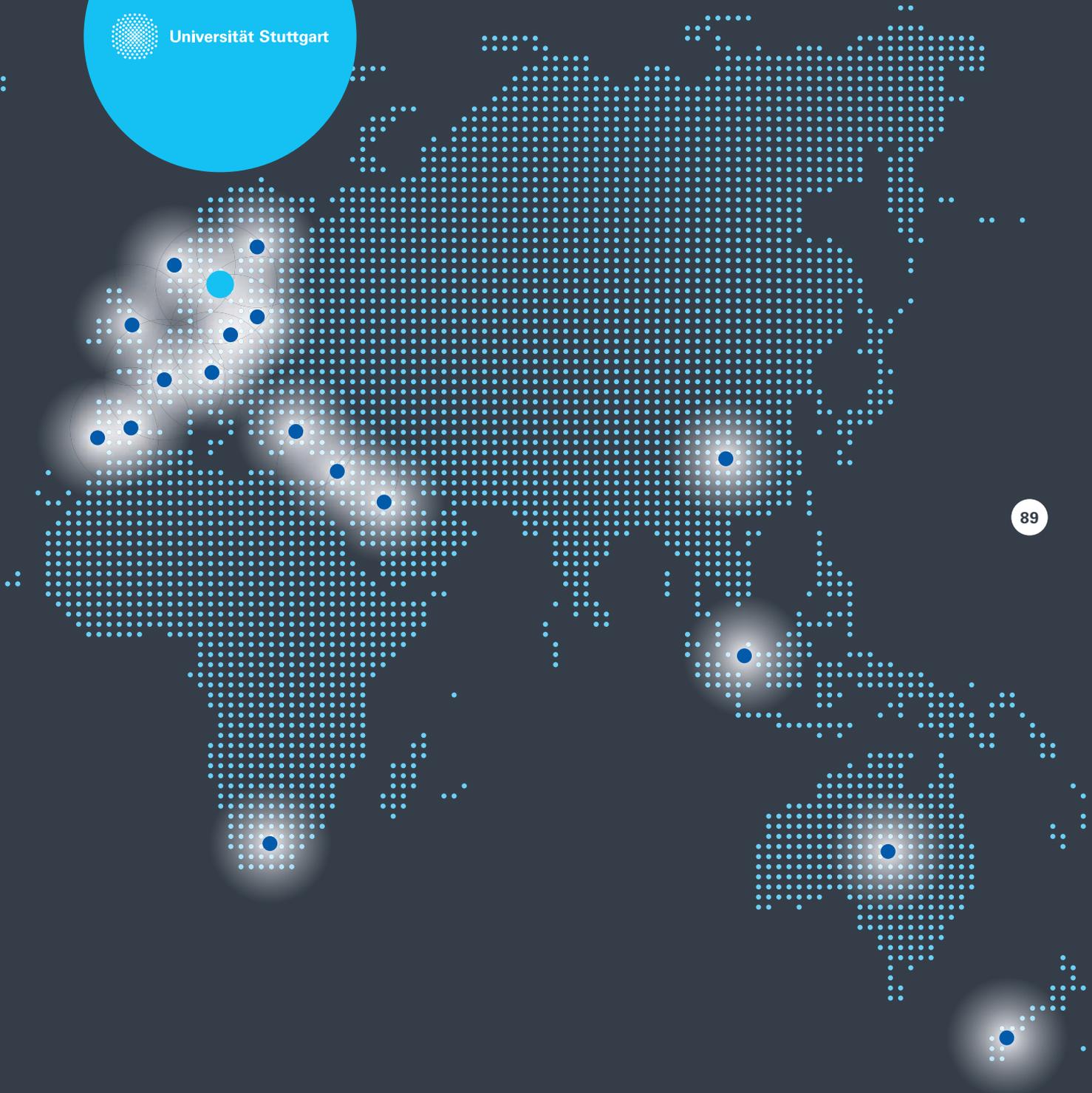
» www.coperion.com/karriere

„Simulation Technology“ – ein Cluster of worldwide Excellence

Wissenschaftlicher Fortschritt hängt maßgeblich von neuen Impulsen und der engagierten Arbeit von Nachwuchswissenschaftlern ab. Um diese entsprechend zu fördern, bietet das Exzellenzcluster Simulation Technology (SimTech) seit 2010 den interdisziplinären Bachelorstudiengang „Simulation Technology“ an. Bis zu 30 Studierende pro Jahrgang erhalten damit sowohl eine breite Grundausbildung als auch eine spezialisierte Ausbildung im Bereich der Simulationstechnik. Der Exzellenzstudiengang gibt den Studierenden einen Einblick in die Zusammenhänge der verschiedenen Fachdisziplinen. Es werden alle Bereiche angesprochen, die für die Simulationstechnologie wichtig sind: Mathematik, Ingenieurwissenschaften, Informatik und Naturwissenschaften.

Im Masterstudiengang können die Absolventinnen und Absolventen seit 2013 ihr Studium fortsetzen und sich in bestimmten Anwendungsbereichen spezialisieren. Der forschungsorientierte Master of Science schafft eine hervorragende Grundlage für eine anschließende Promotion – zum Beispiel an der Graduiertenschule Simulation Technology (GS SimTech).

Ganz gleich, ob Bachelor- oder Masterstudium: ein Auslandsaufenthalt ist in jedem Fall eine persönliche und fachliche Bereicherung. Deswegen haben die Studierenden die Möglichkeit, ein Semester im Ausland zu studieren oder ihre Abschlussarbeit dort zu schreiben. Mit vielen ausländischen Hochschulen existieren Abkommen, die es ermöglichen, die im Ausland erbrachten Leistungen anzuerkennen – und sie werden fleißig genutzt.



Ästhetik der Ressourceneffizienz oder: Wie sich mit weniger Material nachhaltig und schön bauen lässt

Um die in Stuttgart besonders gut funktionierende Zusammenarbeit von Architekten und Bauingenieuren kennenzulernen, kam die Russin Daria Kovaleva vor fünf Jahren nach Baden-Württemberg. Ihr erstes großes Projekt wurde gleich zum Aushängeschild dieser Kooperation: Am Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK) plante sie mit ihren Kollegen den Rosenstein-Pavillon. Das Bauwerk sollte zeigen, wie interdisziplinäre Forschung die Grenzen bisheriger Bauweisen sprengt.

Ressourcen effizient einzusetzen, ist eine der Grundvoraussetzungen für Nachhaltigkeit im Bauwesen. Das betrifft insbesondere die Arbeit von Architekten und Ingenieuren, denn der ökologische Fußabdruck des Gebäudes wird bereits in der Entwurfsphase definiert. Deshalb lassen sich die Expertinnen und Experten bei der Entwicklung materialsparender architektonischer Lösungen von der Natur inspirieren: zum Beispiel dort, wo biologische Organismen nach unterschiedlichen Prinzipien konstruieren, um ihre vitalen Funktionen mit möglichst wenigen Ressourceneinsatz zu erfüllen. Unter anderem reagieren biologische Gewebe auf externe Anforderungen, indem sie Material gezielt nur dort platzieren, wo es funktionell benötigt wird.

Wie sich solche Erkenntnisse ins Bauwesen übertragen lassen, zeigt ein Pavillon, der für eine Sonderausstellung zur Baubionik im Naturkunde-Museum Schloss Rosenstein in Stuttgart entstand. Entworfen und geplant hat ihn Daria Kovaleva, wissenschaftliche Mitarbeiterin am ILEK. Sie ist eine von zahlreichen Forscherinnen und Forschern im Sonderforschungsbereich Transregio (TRR) 141 „Entwurfs- und Konstruktionsprinzipien in Biologie und Architektur. Analyse, Simulation und Umsetzung“. Im TRR 141 arbeiten seit 2014

Architekten, Bauingenieure, Maschinenbauer und Statiker der Universität Stuttgart zusammen mit Biologen und Physikern der Universität Freiburg sowie mit Geowissenschaftlern und Evolutionsbiologen der Universität Tübingen. Ihr gemeinsames Ziel ist es, biologische Wirkprinzipien zu analysieren und sie auf Architektur und Bauingenieurwesen zu übertragen. Untersucht wird dies beispielsweise am Aufbau des Skeletts eines Seeigels oder anhand der Mechanismen, nach denen sich die Paradiesvogelblume öffnet.

Einheit aus Form, Struktur und Material

Für den Rosenstein-Pavillon diente lastabtragende Gewebe aus der Natur als Vorbild. „Die Struktur des menschlichen Knochens passt sich im Laufe des Lebens dynamisch an äußere Anforderungen an“, erklärt Kovaleva. Der Körper bildet dort, wo er höher belastet wird, mehr Knochenmasse. An Stellen, an denen der Knochen weniger tragen muss, spart er Material und Gewicht ein. Ziel der jungen Architektin war es, diese Konstruktionsprinzipien auf ihren Experimentalbau zu übertragen und durch eine lastabhängige Materialverteilung weniger Ressourcen zu verbrauchen. Wie in der Natur dürfe man dabei die Form, die Struktur und das Material eines Objekts nicht getrennt betrachten, sondern müsse es als eine Einheit sehen, sagt die 31-Jährige. Weil am ILEK Architekten und Bauingenieure traditionell eng zusammenarbeiten, wurde der Pavillon im Rahmen eines integrierten Planungsprozesses entwickelt, bei dem das Team architektonische, statische und fertigungstechnische Anforderungen bereits in einer sehr frühen Entwurfsphase miteinander verknüpfte.

Bei ihren Planungen griff Kovaleva zudem auf Forschungen zu funktional gradierten Strukturen zurück, die das Team am ILEK um dessen Leiter Prof. Werner Sobek seit den 1990er-Jahren betreibt. Dabei optimieren die Forscher die innere Struktur

von Bauelementen, während die Außengeometrie unverändert bleibt, um so weniger Material zu verbrauchen. Beim sogenannten Gradientenbeton etwa werden unterschiedliche Betonmischungen je nach den jeweils geforderten statischen oder bauphysikalischen Anforderungen gezielt in die entsprechenden Bereiche des Bauteils eingebracht.

Innere Werte machen es leicht

Mit ihrem Beitrag bringt Kovaleva dieses Konzept nun einem breiten Publikum nahe: „Zum ersten Mal wollten wir das Prinzip der funktionalen Gradierung in einen architektonischen Maßstab bringen“, erzählt sie. „Um es für den Betrachter wahrnehmbar zu machen, haben wir uns für eine

offene Porosität entschieden. Wie bei biologischen, richtungsabhängigen Strukturen entsprechen Dichte und Richtung der Porosität der Größe und Richtung des Spannungsfeldes.“ So entstand „eine wissenschaftlich-künstlerische Vision“, wie ressourcenschonendes Bauen in der Zukunft funktionieren könnte.

Eineinhalb Jahre lang hat ein interdisziplinäres Team am Rosenstein-Pavillon gearbeitet. Beteiligt waren auch Wissenschaftler vom Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) und vom Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf (ITV). Um die insgesamt 69 einzelnen Betonteile zu fertigen, entstand zunächst die Geometrie der einzelnen Segmente am Computer, die als Negativ-Form exportiert wurde, sodass sich anschließend die Schalungen auf einer CNC-Maschine fräsen ließen. Zur Verstärkung des Betons wurden die Formen mit Kohlefasern belegt und ausgegossen. Nach Aushärten des Betons entfernten die Expertinnen und Experten die Schalung, die für die Herstellung weiterer Segmente zum Einsatz kam. Zum Schluss wurde die Konstruktion auf einem Gerüst aufgebaut und vorgefestigt; ein vorgespanntes, äußeres Metallseil sorgte dafür, dass die Konstruktion ihre Sollgeometrie einnahm.

Auf diese Weise gelang es Kovaleva, im Vergleich zu einer kontinuierlichen Betonschale gleicher Tragfähigkeit 40 Prozent Material einzusparen: Bei einer Höhe von 3,5 Metern und einer Fläche von knapp sechs mal sechs Metern ist die Schale nur drei Zentimeter dick und wiegt lediglich 1,7 Tonnen. Ihren Entwurf hatte Daria Kovaleva exakt dem Raum angepasst, in dem der Pavillon stehen sollte, dem ehemaligen Frühstückszimmer des Schlosses Rosenstein mit seinen Säulen und Pilastern. Das Bauwerk ruht auf vier sehr filigranen Stützen, die genau ins Raster des Marmorbodens passen und – sich trichterförmig nach oben öffnend – unter der



Foto: Universität Stuttgart/Ull Regenscheit



Foto: Universität Stuttgart/ILEK

Bei höheren Belastungen bildet der Körper mehr Knochenmasse, muss der Knochen weniger tragen, spart der Material und Gewicht ein. Daria Kovaleva hat dieses Konstruktionsprinzip auf ihren Experimentalbau übertragen, um durch eine lastabhängige Materialverteilung weniger Ressourcen zu verbrauchen.

Kassettendecke enden. Durch die Poren scheint der ursprüngliche Raum durch, was den künstlerischen Eindruck und die Einheit von Form, Struktur und Material noch verstärkt.

Das Bauen der Zukunft ist interdisziplinär

Die besondere Arbeitsweise des ILEK und anderer Institute an der Universität Stuttgart hat Kovaleva vor fünf Jahren nach Deutschland geführt. Nach einem Diplom in Russland arbeitete sie in mehreren Büros als Architektin sowie als Bauleiterin bei der Renovierung eines historischen Wohnhauses. Parallel dazu begann sie, experimentelle Architektur und Installationen zu entwerfen, um das form- und raumbildende Potenzial von Materialien wie Textilien und Gips zu untersuchen. Dabei orientierte sie sich an Arbeiten von Werner Sobek und dessen Vorgänger, dem visionären Architekten und Pritzker-Preisträger Frei Otto. Dieser hatte sich bereits in den 1960er-Jahren von der Natur inspirieren lassen und strebte nach geringerem Materialverbrauch – Prinzipien, die das TRR 141 heute noch leiten.

Im Jahr 2012 stieg Kovaleva im Moskauer Büro der Werner Sobek Group ein. Dort kam sie erstmals mit der Stuttgarter Schule in Kontakt, bei der Bauingenieure und Architekten eng kooperieren. Ein Jahr später zog sie in die Landeshauptstadt von Baden-Württemberg, um die praktische Arbeit im Büro Werner Sobeks mit der Forschung am ILEK zu verbinden. „Deutschland ist sehr fortschrittsorientiert mit einer tiefgehenden Forschung“, beschreibt sie ihren Beweggrund.

Um sich auf die Forschung zu konzentrieren, wechselte Kovaleva komplett ans Institut und bereitet dort nun ihre Dissertation vor. Durch ihre Arbeit will sie „die strukturelle Seite des architektonischen Entwurfs besser verstehen“ und ihre Kenntnisse im Bauingenieurwesen vertiefen. Dafür sieht sich die Architektin am idealen Ort: „Der Stuttgarter Ansatz zur Architektur ist sehr spezifisch für Deutsch-

land und für Europa.“ Auch darum will sie hier die wissenschaftliche Basis für ihre Arbeiten schaffen. „Statische Anforderungen sind eine der wichtigsten Elemente im Entwurfsprozess“, sagt sie. „Nur die Zusammenarbeit von Architektur und Ingenieurwissenschaft bringt Projekte hervor, die von Grund auf integral geplant sind und die neue wissenschaftliche Erkenntnisse schaffen. Materialschonendes und energieeffizientes Bauen – dafür steht Stuttgart.“

Inzwischen ist die zweite Förderperiode des TRR 141 in Vorbereitung. Schon die erste hatte die Deutsche Forschungsgemeinschaft mit rund zehn Millionen Euro unterstützt. Nun wollen Daria Kovaleva und ihre Projektkolleginnen und -kollegen noch tiefer auf die Ebene des Materials schauen: Wie ließe sich CO₂-neutral, wie mit weniger Material mehr und kreativer bauen? Weiterzumachen wie bisher ist angesichts des weltweiten Bevölkerungswachstums jedenfalls keine Option. „Wir müssen es schaffen, die Materialeigenschaften der Rohstoffe zu nutzen und durch Integration in den Designprozess ein Gesamtbauwerk zu schaffen“, sagt Kovaleva. Eben ganz so, wie es ihr mit dem Rosenstein-Pavillon gelungen ist.

Daniel Völpel

Von der Natur inspiriert: Architekten und Bauingenieure orientierten sich am Skelett eines Seeigels, um daraus das „Dach“ des Pavillons zu entwickeln.

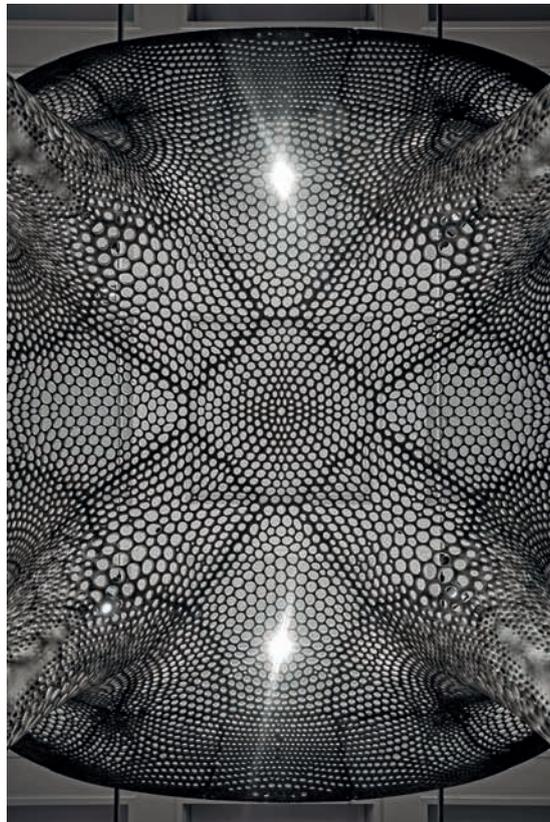


Foto: Universität Stuttgart/LEK

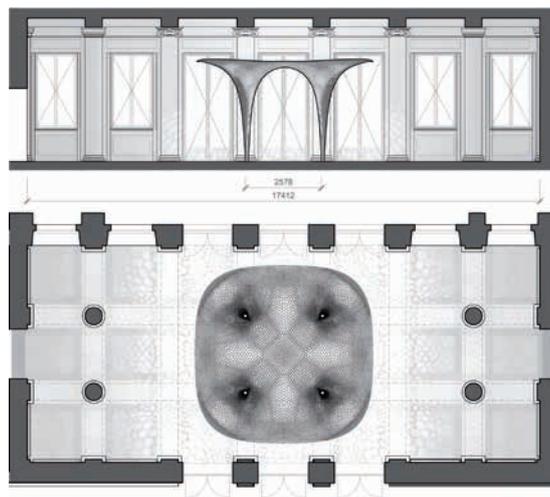


Abbildung: Universität Stuttgart/LEK

„Das Beste aus zwei Hochschulwelten“ Mehrsprachigkeit und verschiedene Lernkulturen ebneten Hanna Petri den Berufsweg ins EU-Umfeld

Ein bilinguales Studium der Sozialwissenschaften in Stuttgart und Bordeaux verschaffte Hanna Petri das Entrée zur Europäischen Kommission in Brüssel. Das breit angelegte Studienprogramm und der interkulturelle Austausch legten den Grundstein für ihre berufliche Laufbahn in der Entwicklungszusammenarbeit.

Hanna Petri erlebte ihre Studienzeit ebenso herausfordernd wie aufregend. Nach dem Abitur mit anschließendem Freiwilligenjahr in Bolivien ging es weiter nach Bordeaux, um dort das erste Semester des Bachelor-Master-Studiums „Filière intégrée franco-allemande“ – kurz: FIFA – anzutreten. Fünf Jahre lang wechselte sie fortan regelmäßig zwischen der baden-württembergischen Landeshauptstadt und der im Südwesten Frankreichs gelegenen Universitätsstadt. Den Standortwechsel empfand sie vor allem zu Beginn auch als anstrengend: „Ich war gefühlt kaum zurück in Deutschland, als ich auch schon wieder los musste nach Bordeaux“, erinnert sich Petri an den neuen Lebensabschnitt. „Es fiel mir anfangs schwer, mich an der Universität und die in Frankreich übliche Arbeitsweise einzufinden.“

Doch die Tatsache, dass sie durch den dualen Aufbau des Studiums neben der französischen Sprache und Kultur verschiedene wissenschaftliche Arbeitsweisen kennenlernte, empfand sie zunehmend als Vorteil: „Die beiden völlig unterschiedlichen Arten zu denken und zu lernen, haben mich wesentlich geprägt.“ Während das Institut in Bordeaux, das zum französischen Elitehochschulsystem der Grandes Écoles gehört, inhaltlich sehr breit aufgestellt ist, lernte die junge Studentin in Stuttgart viel über methodische Arbeitsweisen und Methoden der empirischen Sozialforschung. „Die thematische Vielfalt auf der einen und die methodische Ausbildung auf der anderen Seite verbinden für mich das Beste aus zwei Hochschulwelten“, sagt Petri.

Ein Studium wie maßgeschneidert

Seit 20 Jahren besteht mit dem Studiengang Sozialwissenschaften eine erfolgreiche Kooperation zwischen der Universität Stuttgart und dem Institut Sciences Po in Bordeaux. Leistungskurs Französisch, Teilnahme am Schüleraustausch des Voltaire-Programms – die junge Hessin brachte hierfür beste Voraussetzungen mit und sah umgekehrt ihre Chance in der Vielseitigkeit: „Ich wollte meine Französischkenntnisse nicht durch ein reines Sprachstudium vertiefen“, sagt die 29-Jährige, „sondern möglichst in der Kombination mit einer anderen Fachrichtung.“ Da kam ihr das Programm der FIFA sehr entgegen, das neben Politik- und Wirtschaftswissenschaft auch Recht und die Vermittlung der ‚culture générale‘ einschließlich Sprachen und Geschichte umfasst.

Nach der Grundausbildung bot ihr das Masterprogramm zahlreiche Spezialisierungsmöglichkeiten. Petri, deren große Leidenschaft für Lateinamerika durch eine chilenische Nachbarin geweckt wurde, stellte hier die Weichen für die Zukunft: „Entwicklungszusammenarbeit war schon früh ein Arbeitsfeld, das ich mir gut vorstellen konnte. Darum habe ich mich für den sehr spezifischen Master ‚Risikomanagement in den Ländern des Südens‘ entschieden.“ Darin befasste sie sich mit den Besonderheiten deutscher parteinaher Stiftungen als Akteure in der Entwicklungszusammenarbeit.

Interessengeleitet im besten Sinne

Mit einem deutschen und einem französischen Abschluss sowie einem Zertifikat für Doppeldiplomiertheit in der Tasche fand sich der Einstieg ins Berufsleben schnell. „Allein die Zweisprachigkeit war ein großer Vorteil, um im EU-nahen Umfeld eine Anstellung zu bekommen. Es war aber sicherlich auch mein Master, der mich für den Bereich der Entwicklungszusammenarbeit bestens vorbereitet hat“, ist Petri überzeugt. Auf ein Traineeship bei der



„Die beiden völlig unterschiedlichen Arten zu denken und zu lernen, die thematische Vielfalt auf der einen und die methodische Ausbildung auf der anderen Seite, haben mich wesentlich geprägt.“
Hanna Petri zu ihrem Studium in Bordeaux und Stuttgart.

Foto: Universität Stuttgart/Uwe Noelle

Europäischen Kommission folgten Anstellungen bei der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) und der Generaldirektion für Internationale Zusammenarbeit und Entwicklung (GD DEVCO) in Brüssel. Diese Generaldirektion der Europäischen Kommission verwaltet die Außenhilfeprogramme der Europäischen Union und gewährleistet weltweit die Bereitstellung der europäischen Entwicklungshilfe. Als Projektmanagerin unterstützte sie hier von der EU finanzierte Projekte im Bereich Umwelt und Klima.

Dazu gehörten das Bearbeiten von Projektberichten und das Prüfen allgemeiner entwicklungspolitischer Abstimmungen der von der EU geförderten Projekte. Zusätzlich betreute sie redaktionell den Newsletter „Green Development News“. Somit bot ihre Arbeit nicht nur inhaltlich ein spannendes Aufgabengebiet, allein durch die Internationalität war das Arbeitsumfeld sehr abwechslungsreich. „Meine Kolleginnen und Kollegen waren aus ganz Europa und hatten sehr unterschiedliche berufliche Hintergründe. Vom Juristen und Politikwissenschaftler bis hin zum Biologen und Kulturwissenschaftler war alles dabei.“ Multikulturell, vielfältig – und sehr anspruchsvoll, denn im täglichen Doing musste Petri nun zwischen drei Fremdsprachen hin- und herwechseln. „Die

dynamische Atmosphäre machte zwar viel Spaß“, so Hanna Petri, „aber es war durchaus auch Konkurrenzdruck zu spüren, da in Brüssel sehr viele Hochqualifizierte tätig sind.“

Profession und Leidenschaft vereint

Ihrer Herzensangelegenheit ist sie indes treu geblieben: Aktuell befasst sie sich im EU-Verbindungsbüro der GIZ mit Klima- und Umweltschutz in Lateinamerika. Dafür berät sie zum Beispiel im Ausland tätige Kolleginnen und Kollegen zu den Abläufen von EU-Kofinanzierungsverfahren, erklärt die Prozesse, Vertragsformate und beantwortete allerlei Fragen zur EU. Wohin es sie in Zukunft verschlagen wird – Petri ist für alles offen. Die Vergangenheit hat ihr gezeigt, dass sich vieles auch zufällig ergibt. „Ich könnte mir gut vorstellen, als GIZ-Mitarbeiterin oder als Mitarbeiterin einer EU-Delegation wieder nach Lateinamerika zu gehen“, sagt Petri. „Aber im Moment drängt mich nichts, und ich lasse es auf mich zukommen.“

Constanze Trojan

Impressum

Herausgeber: Universität Stuttgart

Anschrift: Universität Stuttgart, Keplerstraße 7, 70174 Stuttgart
Telefon 0711 685-82211, Fax 0711 685-82291
hkom@uni-stuttgart.de, www.uni-stuttgart.de

Redaktion: Dr. Hans-Herwig Geyer, Andrea Mayer-Grenu,
Sympra GmbH (GPRA)

Konzept: Tempus Corporate
www.tempuscorporate.zeitverlag.de

Gestaltung und Umsetzung: Zimmermann Visuelle Kommunikation
www.zimmermann-online.info

Anzeigen: ALPHA Informationsgesellschaft mbH
info@alphapublic.de, www.alphapublic.de

Druck: W. Kohlhammer Druckerei GmbH & Co. KG, Stuttgart

Auflage: 8.000

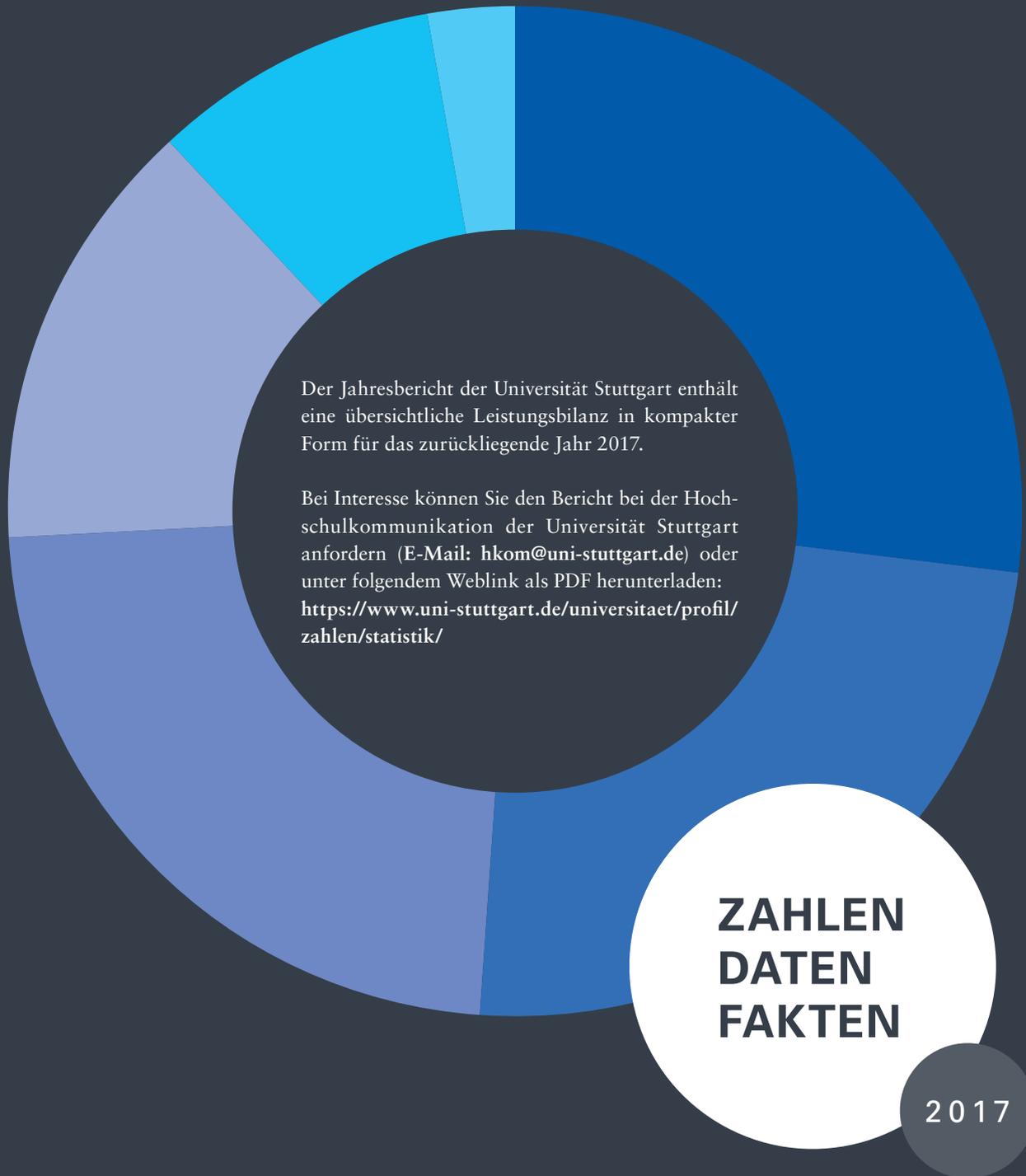
ISSN: 2198-2848

Internet: www.uni-stuttgart.de/forschung-leben/



Gedruckt auf Circlesilk Premium White, zertifiziert mit dem EU-Ecolabel (Reg.-Nr. FR/11/003).
Hergestellt aus 100 % Altpapier.

Jahresbericht Universität Stuttgart





„Ich Sorge für Verteidigungs-
technik, auf die Verlass ist.“

Tanja Müller, Qualitätsingenieurin, ist verantwortlich für die Erfüllung der Qualitätsanforderungen für Luftverteidigungssysteme bei Diehl Defence in Deutschland.

Aus Tradition: Zukunft!

Wir suchen Sie!

Diehl Defence ist das ideale Umfeld für Studierende, die vorausdenken, etwas bewegen und ihren Horizont erweitern wollen – und dabei jeden Tag ihr Bestes geben.

Wir bieten Ihnen spannende Einblicke und Themen in den folgenden Fachbereichen:

- Maschinenbau, Mathematik, Chemie und Physik
- Wirtschaftsingenieurwesen und Wirtschaftswissenschaften
- Elektrotechnik
- Automatisierungs- und Regelungstechnik
- Luft- und Raumfahrttechnik
- Informatik

Zahlreiche Fach- und Führungskräfte haben bereits über ein Praktikum, eine Abschlussarbeit oder eine Werkstudententätigkeit zu uns gefunden. Entdecken auch Sie unseren umfassenden Beitrag zu zukunftsorientierten Technologien. Zudem bieten wir Ihnen konkrete Einstiegsmöglichkeiten per Direkteinstieg oder über unser Traineeprogramm.

Die Welt von Diehl Defence ist faszinierend, vielfältig und voller Optionen für Sie! Wir unterstützen Sie und geben Ihnen den Freiraum Ihre eigenen Ideen sowie Ihre Persönlichkeit zu entfalten.

Neugierig? Bewerben Sie sich unter www.diehl.com/career



Diehl Defence GmbH & Co. KG
Frau Jenny Kober
Tel.: +49 7551 89 2275

DIEHL
Defence

www.diehl.com/career