



Universität Stuttgart

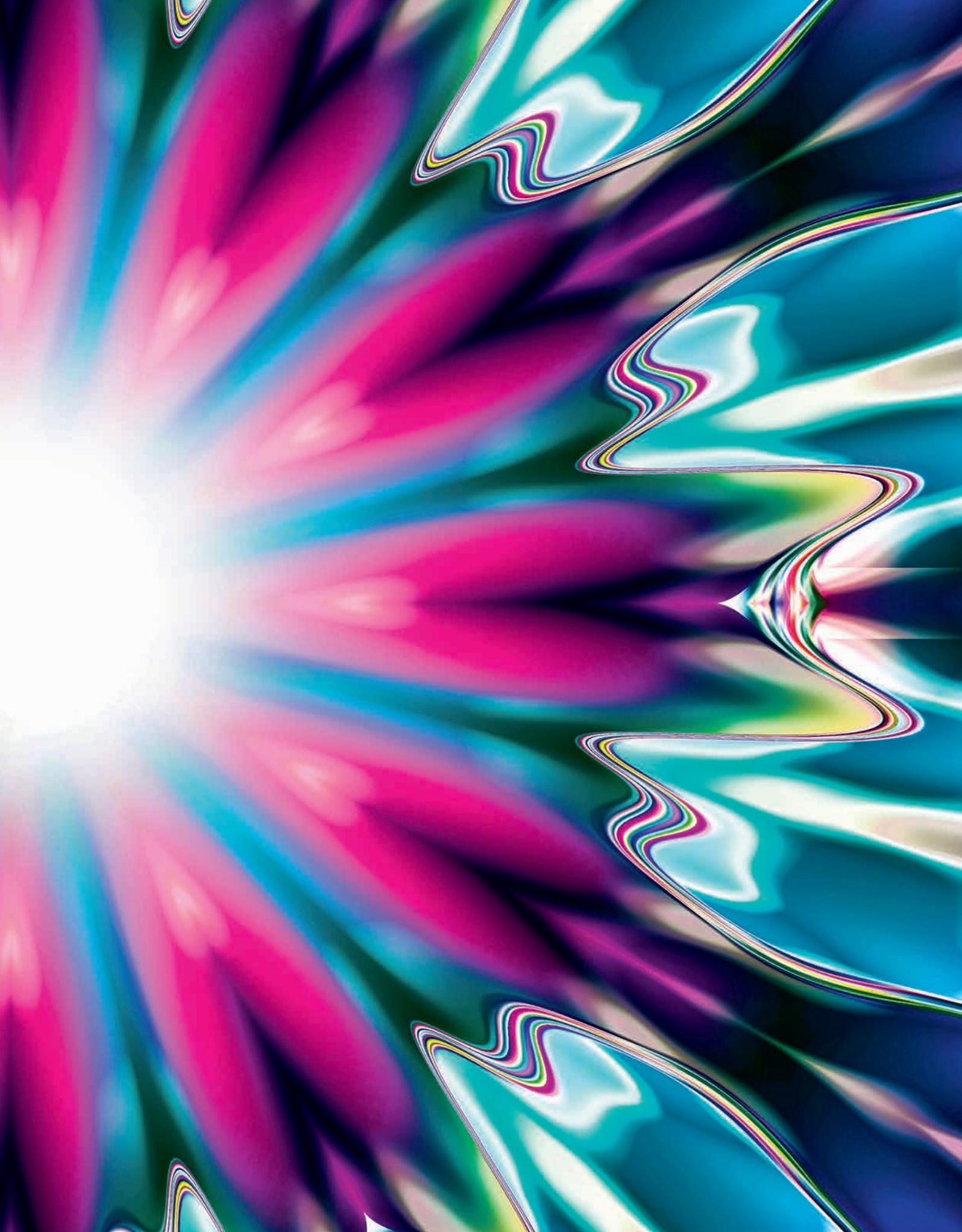
**JUNG.
INSPIRIERT.
WISSENSCHAFT.**

FORSCHUNG LEBEN

DAS MAGAZIN DER UNIVERSITÄT STUTTGART

NR. 07 NOVEMBER 2016





Liebe Leserinnen und Leser,

„Lasst doch der Jugend ihren Lauf“, heißt es in einem fränkischen Volkslied aus dem 19. Jahrhundert. Mit einer Laufbahn in der Wissenschaft verhält es sich indessen nicht so einfach: Wer hier seinen beruflichen Weg erfolgreich gehen will, benötigt neben hochwertigen Studienmöglichkeiten und einer großen Begeisterung für wissenschaftliche Themen auch ein hohes Maß an Belastbarkeit, Ausdauer und Einsatzkraft. Um diese für eine wissenschaftliche Karriere notwendigen persönlichen Eigenschaften zu fördern, hat die Universität Stuttgart sich zum strategischen Ziel gesetzt, „talentiertere und leistungsbereite Studierende durch forschungsgeleitetes Lehren und Lernen von Beginn des Studiums an für die Wissenschaft zu begeistern“.

Junge Menschen leisten wesentliche Beiträge zum Fortschritt in der Wissenschaft. Beispielhaft haben wir in dieser Ausgabe unseres Magazins FORSCHUNG LEBEN zusammengestellt, welche Akzente für erstklassige Wissenschaft junge Forschende an der Universität Stuttgart setzen. Lesen Sie, wie Nachwuchswissenschaftler im Exzellenzcluster SimTech gemeinsam und interdisziplinär mit Simulationen in die Zukunft blicken oder wie die Junior-Professorin Maria Fyta mit Gold und Diamanten das Erbgut ausliest. Lassen Sie sich zeigen, wie unternehmerische Entscheidungen im Gehirn aussehen und begeben Sie sich auf eine Bilder-Reise zu den spannenden Arbeitsplätzen unserer Promovierenden.

Doch so faszinierend das Arbeitsfeld Forschung ist, so unsicher sind sich junge Menschen oft in der Entscheidung für eine wissenschaftliche Karriere – ein Spannungsfeld, das Gastautorin Katrin Rehak-Nitsche von der Robert Bosch Stiftung beleuchtet. Tatsächlich können Spitzenleistungen nur dann erbracht werden, wenn jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern echte Perspektiven geboten werden. Hierzu gehören eine engagierte Betreuung sowie planbare und verlässliche Karrierewege.

Wir wünschen Ihnen eine interessante Lektüre!



Wolfram Ressel
Rektor der Universität Stuttgart

Foto: Lili Regenscheid

**FREIRAUM** 02
Editorial**NACHRICHTEN** 06**GEMEINT**
Was, ich? Selber?

Gastautorin Katrin Rehak-Nitsche (Robert Bosch Stiftung) über Wissenschaftler – die unbekannteren Wesen auf unsicheren Wegen

WIE SOLL DAS GEHEN? 14
Was passiert, wenn...?

Mit Simulationen in die Zukunft blicken

PATENT 20**Entschlüsslerin**

Maria Fyta liest Erbgut mithilfe von Gold und Diamanten aus

**IM BILDE** 24**Mit Kreativität und Begeisterung**

Rund 400 Doktoranden aus aller Welt schließen jedes Jahr erfolgreich ihre Promotion an der Universität Stuttgart ab

**FAKTOR X** 44
**Internet-Community bewahrt
Weltkulturerbe**

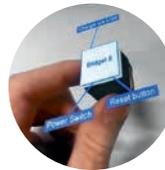
Durch die IS zerstörte Werke bleiben als 3D-Rekonstruktion virtuell erhalten.

Tiefe Einblicke 46

Wie sich unternehmerische Entscheidungen im menschlichen Gehirn beobachten lassen

100 Jahre Hybridwerkstoff 49

Neues Forschungsprojekt beleuchtet die geschichtliche Werkstoffentwicklung

RPM – REVOLUTIONS PER MINUTE 50**FUTUR 22** 56
Ein Gehirn für das Internet der Dinge

Die Plattform „meSchup“ verbindet Geräte – schnell und unkompliziert

SATELLIT 72
„Den Sprung wagen“

FlixBus-Chef Jochen Engert wollte schon immer Unternehmer sein

WELTSICHT

74

**Wider das Verlernen auf
Langzeitmissionen**

Bezahlbare Lebensretter

Li Zhang arbeitet an kostengünstiger Früherkennung von Erdbeben



76

52

PFLANZENVIREN

**Forschung auf Nobelpreisträgertagung
vorgestellt**

58

EIN KLEINES WUNDER

**Wie 3D-Druck die Fertigung von Minioptiken
revolutioniert**

61

EIN ERFOLGREICHER FEHLER

Vom photonischen Bauelement zum Sensor

64

DIE NATUR ALS VORBILD

Von der Grille zum behaarten Flugzeugflügel

66

ES MENSCHELT

**Bei Internationalisierung und Wandel in
Unternehmen spielen die Mitarbeiter
eine entscheidende Rolle**

70

HILFE ZUR SELBSTHILFE – ZU JEDER ZEIT

Studierende erforschen 200 Jahre Wohlfahrtsgeschichte in Baden-Württemberg

79

DEM WASSER AUF DER SPUR

**Satelliten unterstützen Beobachtung
des weltweiten Wasserkreislaufs**

5



...aufgespießt

Forschungsstandort Stuttgart ganz vorn

Gleich zwei große Erfolge konnte die Universität Stuttgart in diesem Jahr für sich verzeichnen. Laut „Reuters Top 100: Europe’s Most Innovative Universities“ gehört sie zu den 100 innovativsten Universitäten Europas. In zehn Kategorien wurden Forschungsliteratur und Patente von Universitäten analysiert, um die Erfolge bei Forschung und Innovation, beim Schutz des geistigen Eigentums sowie beim Wissens- und Technologietransfer zu bewerten. Zudem schnitt die Universität Stuttgart beim internationalen Hochschulranking „Times Higher Education World University Ranking 2016/17“ in der Kategorie „Industriedrittmittel pro Wissenschaftlerin und Wissenschaftler“ unter allen 980 teilnehmenden Hochschulen mit dem ersten Platz ab. „An den jüngsten, international bedeutenden Rankings ist ablesbar, dass die Universität Stuttgart ihr strategisches Ziel einer weltweit anerkannten Forschungsuniversität an der Spitze des wissenschaftlich-technologischen Fortschritts mit Nachdruck verfolgt“, kommentierte Prof. Wolfram Ressel, Rektor der Universität Stuttgart, den Rankingerfolg.

Kleiner als gedacht

Das Deuteron – einer der einfachsten Atomkerne, bestehend aus nur einem Proton und einem Neutron – ist deutlich kleiner als bislang angenommen. Das hat eine internationale Forschungsgruppe, an der auch Mitglieder des Instituts für Strahlwerkzeuge der Universität Stuttgart (IFSW) beteiligt waren, vor Kurzem herausgefunden. Die Experimente wurden am Schweizer Paul Scherrer Institut (PSI) durchgeführt, an dem zuvor auch schon die Größe des Protons neu bestimmt werden konnte. Das neue Messergebnis gibt Rätsel auf und könnte zur Anpassung einer der wichtigsten physikalischen Größen, der Rydbergkonstante, führen. Jetzt wird geklärt, ob es bei den Messungen aufgrund kleiner experimenteller Ungenauigkeiten zu unterschiedlichen Ergebnissen kam. Eine weitere mögliche Erklärung für die Abweichung ist, dass eine bislang unbekannte physikalische Kraft am Werk ist. Für ihre Messungen hatten die Forschenden mittels Laserspektroskopie sogenanntes myonisches Deuterium vermessen: Ein künstliches Atom, bestehend aus einem Deuteron, das von einem exotischen Elementarteilchen namens Myon umkreist wird. Ihre neue Studie zur Deuteron-Größe haben die Forschenden in der renommierten Fachzeitschrift Science veröffentlicht.

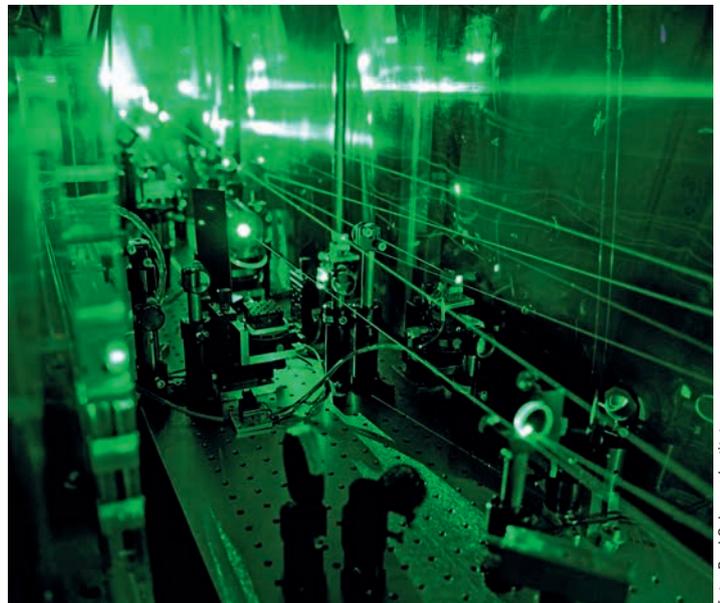


Foto: Paul Scherrer Institut

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/karriere



Wir machen das schon.





Foto: Nicole Glass

Ausgewanderte Forscher zurückgewinnen

Anfang September fand in Washington D.C. die Jahrestagung des German Academic International Network (GAIN) statt. Prof. Wolfram Ressel, Rektor der Universität Stuttgart, nahm gemeinsam mit Dr. Wolfgang Holtkamp, Senior Advisor International Affairs, an der Veranstaltung teil, um über Karrierewege an der Universität Stuttgart zu informieren. Im Gespräch mit der baden-württembergischen Wissenschaftsministerin Theresia Bauer zeigte sich Ressel erfreut über das große Interesse der Konferenzteilnehmerinnen und -teilnehmer. „Wir sehen hier in Washington, dass Stuttgart auf einem guten Weg zu einer weltweit anerkannten Forschungsuniversität ist. Dieses strategische Ziel werden wir in den kommenden Jahren im Rahmen der Exzellenzinitiative mit Nachdruck verfolgen“, sagte Ressel. Wissenschaftsministerin Bauer kommentierte, sie glaube daran, ausgewanderte Spitzenforscher und Spitzenforscherinnen mit guten Angeboten für die deutsche Wissenschaftslandschaft wiedergewinnen zu können.

Vorlesung mit Live-Musik

Ein ganz besonderer Termin gelang Dr. Toni Bernhart vom Institut für Literaturwissenschaften der Universität Stuttgart im Rahmen der Ringvorlesung „Kanonische Texte“: Seine Erörterung des Romans „Perrudja“, dessen wichtiger Bestandteil auch vier vom Autor komponierte Stücke sind, wurden von Studierenden während der Vorlesung live intoniert. Eine Uraufführung – denn nach allem, was bekannt ist, wurden diese Kompositionen bislang weder aufgeführt noch eingespielt. Kein Wunder also, dass das Uniradio horads die Darbietung der Musizierenden mit Violine, Flöte, Klarinette und Klavier zum Anlass nahm, eine Sondersendung seiner Sendereihe „Kulturgeflüster“ aufzusetzen.

Konferenz für studentische Forschung

Studierende der Sozialwissenschaften an der Universität Stuttgart haben im Juni an der „Konferenz für studentische Forschung“ in Oldenburg teilgenommen. Vanessa Bausch, Carola Majer und Denise Schütz präsentierten dort ihre Analysen zu den möglichen Folgen des Baus eines Solarkraftwerks in Nordmarokko. Sie waren im Rahmen des Seminars zur Technik- und Umweltsoziologie unter Leitung von Dr. Dieter Fremdling entstanden. Auf der Basis einer Modellskizze des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) hatten sie zunächst den aktuellen Stand der wichtigsten soziokulturellen Aspekte der Region herausgearbeitet. In einem zweiten Schritt legten sie relevante Systemgrößen fest und beschrieben die wechselseitigen Beziehungen. Daraus entstand eine Cross-Impact-Matrix, auf deren Basis sich qualitative Szenarien für die Jahre 2030 beziehungsweise 2050 errechnen ließen.

Die Konferenz bot in Deutschland Studierenden aller Studienrichtungen die Möglichkeit, Forschungsergebnisse aus ihren Bereichen zu präsentieren. Mit Vorträgen und Präsentationen, beispielsweise zu Meeresenergiesystemen, Mathematikdidaktik oder auch Humanmedizin, gab es ein großes Spektrum an wissenschaftlichen Disziplinen, die einen regen Austausch zwischen den Teilnehmern ermöglichte.

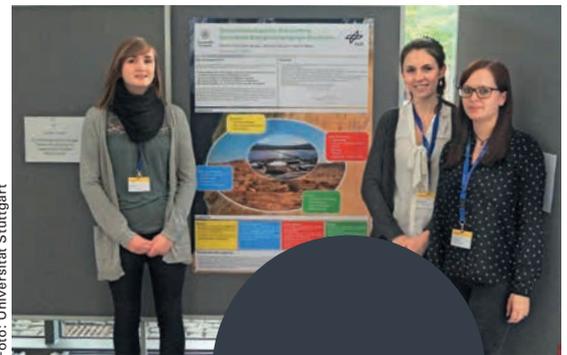


Foto: Universität Stuttgart

ÜBERBLICK

Umweltschutz – nicht ohne mein Auto?

Bei Fragen zum Thema Umweltschutz kann sich jeder Mensch zunächst an die eigene Nase fassen. Die Mitgestaltungsmöglichkeiten des Einzelnen sind vielfältig. Was aber sind wir wirklich bereit zu ändern, um vor allem in Städten und Ballungsräumen die Umwelt zu schützen? Das analysiert derzeit eine Gruppe aus Soziologen, Politik- und Medienwissenschaftlern sowie Stadtplanern. Über einen Zeitraum von fünf Jahren wollen sie herausfinden, welche Möglichkeiten nachhaltige Mobilitätskonzepte bieten. Dabei wird nicht nur begutachtet, welche Modelle einen tatsächlichen Einfluss auf die



Foto: iStock/querbeet

Verbesserung von CO₂-Emissionen haben, sondern auch, welche Ideen sich als nachhaltige Geschäftsmodelle in die Realität überführen lassen. Während Elektro-Busse oder E-Autos im Allgemeinen wenig umstritten sind, sind es Fragen wie „Wie viele Menschen wären tatsächlich bereit, auf ein eigenes Auto zu verzichten?“, die Dr. Marco Sonnenberger vom Zentrum für interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung der Universität Stuttgart und seine Kollegen umtreibt. Er leitet gemeinsam mit der Politikwissenschaftlerin Dr. Antonia Graf von der Universität Münster die Forschungsgruppe, die insbesondere auf die gesellschaftlichen Auswirkungen der Gesellschaft auf nachhaltige Mobilitätskonzepte in städtischen Räumen schaut.

Foto: STARTUP AUTOBAHN



GRÜNDERGEIST

Mobilität neu gedacht

Insgesamt 22 Start-ups haben sich kürzlich um die Aufnahme ins Förderprogramm „Startup Autobahn“ beworben. Vor einer Jury und Zuschauern präsentierten sie ihre Ideen zur Zukunft der Mobilität. Die Themen waren breit gefächert: Vom Einsatz künstlicher Intelligenz zur Vitaldatenmessung über mobile Transportmanagementsysteme bis hin zum personalisierten Soundsystem gab es eine Vielzahl von Ansätzen.

Die ausgewählten Start-ups werden seit September in einem speziellen Accelerator-Programm durch Mentoren unterstützt. Die „Startup Autobahn“ ist eine Initiative der Daimler AG, des Plug and Play Tech Center, der Universität Stuttgart und des Forschungscampus „Arena2036“. Das Programm soll jungen Gründern das nötige Umfeld bieten, „richtig Gas zu geben“ und „die Mobilität der Zukunft neu zu denken“, sagte Dieter Zetsche, Vorstandsvorsitzender der Daimler AG. In einem zweiten Schritt werden den ausgewählten Start-ups ab Januar 2017 im neuen Forschungsneubau der „Arena2036“ Arbeitsflächen zur Verfügung gestellt.

9

Internationales Forschungszentrum für Innovationen

Die Universität Stuttgart hat zusammen mit dem Shanghai Institute of Smart Manufacturing (SISM) ein internationales Forschungszentrum ins Leben gerufen. Es soll Entwicklungen der Industrie 4.0 vorantreiben. Teil der Kooperation sind sogenannte Joint-Research-Labs am SISM, in denen Professoren aus den beiden Partnerländern und deren Teams gemeinsam ein Forschungsthema vor allem im Bereich Maschinenbau und Produktionstechnologie bearbeiten. Darüber hinaus sollen im Rahmen der Kooperation Doktoranden in Stuttgart und Schanghai gefördert werden.

Auch das Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) ist am SISM beteiligt. Bereits im kommenden Jahr soll das Zentrum mit Sitz in Schanghai seine Arbeit aufnehmen. Die finanziellen Mittel dafür stammen aus China: Die Infrastruktur ist bereits mit einem Volumen von mehreren Millionen Euro aus dem Regierungsprogramm „China 2025“ errichtet worden.

Was, ich? Selber? Wissenschaftler – die unbekanntenen Wesen auf unsicheren Wegen

Laut dem Wissenschaftsbarometer 2016 interessieren sich mehr als 40 Prozent der Menschen für Wissenschaft. Fast ebenso viele möchten über Wissenschaft informiert oder in Entscheidungen, die Wissenschaft und Forschung betreffen, einbezogen werden, also irgendwie mitmachen. Experten für Wissenschaftsbildung indessen sagen schon mal, dass viele Jugendliche Forschung an sich zwar sehr spannend fänden, dass man jedoch auf die Frage „Möchtest du selbst Forscher werden?“ häufig überraschte Gesichter erntete: „Was, ich? Wissenschaftler? Selber?“.

Was soll man diesen jungen Menschen sagen? Kann man ihnen guten Gewissens raten, Wissenschaftler zu werden? Weil Wissenschaft die besten Leute braucht, weil es gute Wissenschaft überhaupt erst durch gute Leute gibt. Weil wir auf sie angewiesen sind. Und weil Wissenschaft und Forschung Spaß machen und viele Freiheiten bieten. Weil man sein Hobby zum Beruf machen und sinnvolle Arbeit leisten kann. – Ja, aber dann muss es für die jungen Menschen auch gute Perspektiven geben. Das ist leichter gesagt als getan.

Wir in der Robert Bosch Stiftung suchen mutige Menschen, die etwas bewirken wollen, die in der Wissenschaft einen Weg sehen, die Gesellschaft mitzugestalten – und unterstützen sie dabei auf dem recht steinigen Weg. Was sie brauchen, ist sehr unterschiedlich. Der Schüler, der unbedingt die Welt verändern möchte, aber noch nicht genau weiß, wie und wo, vielleicht in der Wissenschaft. Die brillante Forscherin, die sich nicht sicher ist, ob sie gut genug ist und trotz ihrer außer Frage stehenden wissenschaftlichen Exzellenz erst das Selbstbewusstsein aufbauen muss, sich dem Wettbewerb zu stellen. Die neugierige Wissenschaftlerin und der neugierige Wissenschaftler, die Ungewöhnliches ausprobieren,

sich plötzlich abseits der Förderpfade bewegen und nun hartnäckig versuchen, einen Weg zur Realisierung ihrer Ideen zu finden. In der heutigen akademischen Realität in Deutschland müssen sie – nur wenig verkürzt – alle ein Ziel haben, um ihr Berufsleben relativ gesichert in der deutschen Welt der Wissenschaft verbringen zu können: die ordentliche Professur.

Nicht unbedingt mehr vom Gleichen

Die Fakten zur Situation des wissenschaftlichen Nachwuchses in Deutschland liegen seit Jahren nahezu unverändert auf dem Tisch. Jedes Argument und jede Statistik wurde mittlerweile unzählige Male bemüht. Alle relevanten Akteure beraten seit Jahren darüber, wie man die Situation für die jungen Wissenschaftler verbessern kann. Deutschland hat im internationalen Vergleich einen exorbitant hohen Anteil an befristetem Personal. Nur etwas mehr als 10 Prozent aller Wissenschaftler in Deutschland sind hauptberufliche, unbefristet angestellte Professoren (u. a. Kreckel & Zimmermann, 2014, Hasard oder Laufbahn – Akademische Karrierestrukturen im internationalen Vergleich). Alle anderen hangeln sich im Wesentlichen von Zeitvertrag zu Zeitvertrag, durch das neue Wissenschaftszeitvertragsgesetz immerhin schon einmal von längerem Zeitvertrag zu längerem Zeitvertrag. Dieses Lehrstuhlsystem, bei dem de facto nur eben jene gut 10 Prozent der Forscher weisungsungebunden und unabhängig arbeiten können, wurde unter anderem von der Jungen Akademie deutlich kritisiert. Die Lösung wird mit dem Vorschlag, mehr Professuren einzurichten, mitgeliefert. Dieser Vorschlag ist so verständlich wie diskutierbar.

Das identifizierte Nadelöhr einer wissenschaftlichen Karriere liegt in der Erringung einer ordentlichen Professur. Die Zahlen belegen eindrücklich, dass dies ein unsicheres Unterfangen und das Nadelöhr in der Tat recht eng ist. Der nicht zuletzt durch die



Foto: Robert Bosch Stiftung

Exzellenzinitiative sprudelnde Quell frisch Promovierter steht laut Bundesbericht Wissenschaftlicher Nachwuchs (2013) deprimierenden Zahlen gegenüber: bei rund 26.000 Promotionen pro Jahr kommen in Summe (mit Nachwuchsgruppenleitern, neu Habilitierten und Juniorprofessoren) zirka 3.750 qualifizierte Nachwuchswissenschaftler auf rund 670 Neuberufungen an den Universitäten pro Jahr. Nur gut jeder fünfte berufungsqualifizierte Wissenschaftler und nur knapp jeder vierzigste PhD hat also überhaupt eine Chance, an eine Universität berufen zu werden. Auch der Generationenwechsel wird diese Situation nicht entspannen, denn die Anzahl der Habilitationen ist dreimal so hoch wie die Anzahl der altersbedingt ausscheidenden Professoren. Doch ist die Lösung wirklich, mehr Professuren einzurichten?

Der Blick über den Tellerrand zeigt, dass zum Beispiel auch in der Wirtschaft laut Mikrozensus und Arbeitskräfteerhebung lediglich grob geschätzt 15 Prozent der Arbeitskräfte in Leitungsfunktionen tätig sind. Das legt nahe, dass das eigentliche Problem an den Universitäten nicht die wenigen Professuren sind, zumindest nicht das einzige. Andere Beschäftigungssektoren bieten eine Vielzahl von Funktionen an, nicht jeder muss Geschäftsführer oder Abteilungsleiter werden, um auch langfristig in einer Organisation tätig zu sein. Es gibt Teamleiter und Berater und Experten und Projektmanager und Referenten und Sachbearbeiter und Projektleiter und Meister und wissenschaftliche Mitarbeiter und Senior-Berater und und und. Allein, in der Wissenschaft gilt das The-Winner-takes-it-all-Prinzip. Professor oder nichts. Und das trifft einen gemittelt mit knapp 42 Jahren, dem durchschnittlichen Erstberufungsalter, wenn man bereits immense Ressourcen in die Karriere investiert hat. Kurz: Wissenschaft ist eine Hochrisiko-Karriere. Das ist die eigentliche Crux. Das müsste nicht sein, an Überlegungen zur Differenzierung der Karrierewege fehlt es nicht, beispiels-

Hinter großen Ideen, hinter großen Projekten stehen außergewöhnliche Menschen. Die Menschen sind es, die die Welt verändern.

Katrin Rehak-Nitsche
Bereichsleiterin Wissenschaft, Robert Bosch Stiftung

”

weise beschäftigt sich das Verbundprojekt Neue Wissenschaftskarrieren ausführlich damit; an Mitteln und der konkreten Umsetzung tragfähiger Personalpolitik an Universitäten fehlt es dagegen noch immer. Das ist eine Strukturaufgabe, zu der übrigens Stiftungen weder fähig noch legitimiert sind.

Menschen gestalten Gesellschaft

Doch während man darüber nachdenkt, wie man die Situation verbessern kann, sprich, wie man eine wissenschaftliche Laufbahn für gute Leute attraktiver machen kann, darf man sich folgende Fragen stellen: Wer sind eigentlich diejenigen, die bleiben? Wer sind die 10 Prozent? Sind das die Schlauesten, die Kreativsten, die Besten, die Brillantesten, die Engagiertesten? Diejenigen, die uns voranbringen? Diejenigen, die Antworten finden auf Fragen, die noch gar nicht gestellt sind? (Wollen wir es hoffen, sonst haben wir ein noch viel größeres Problem.) Wir in der Robert Bosch Stiftung suchen in der Tat diejenigen, die die Gesellschaft voranbringen, denn wir sind der Überzeugung, dass es die Menschen sind, welche die Welt verändern. Sei es Robert Bosch oder Klaus von Klitzing – hinter großen Ideen, hinter großen Projekten stehen außergewöhnliche Menschen. Die Stiftung verfolgt daher in der wissenschaftlichen Nachwuchsförderung einen Ansatz,

der etwas aus der Mode gekommen ist in der akademischen Publish-or-Perish-Hirschfaktoren-Welt: Wir schauen uns lange und genau die Menschen an, die zu uns kommen und die wir einladen, zu uns zu kommen. Wir fördern Menschen – zum Beispiel Juniorprofessoren, die sich mit der nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen beschäftigen –, denen wir und das jeweilige Gutachterpanel die Umsetzung ihrer Ideen zutrauen. Erfolgssicherheit gibt es in der Wissenschaft nicht – für die jungen Geförderten nicht und für uns als Förderer eben auch nicht.

Drei wiederkehrende Wünsche

Dazu passt ganz gut, was uns die Nachwuchswissenschaftler erzählen, wenn wir sie nach ihren Wünschen oder Anregungen bezüglich des Wissenschaftssystems fragen. Die Antworten sind natürlich vielfältig, jedoch tauchen drei Wünsche immer wieder auf: Mehr Wertschätzung. Mehr Vertrauen. Weniger „Fixing-the-Women“. Mehr Wertschätzung heißt zum Beispiel, dass man eine Antwort bekommt, wenn man sich auf eine Professur bewirbt – wenigstens eine Absage, um nicht dem Internet entnehmen zu müssen, dass die Stelle, die man gerne haben wollte, anderweitig besetzt worden ist. Mehr Vertrauen bedeutet u. a. jemandem ein erfolgreiches Projekt mit einer neuen Methode oder einem neuen Arbeitsgebiet zutrauen, auch wenn er/sie noch keine Erfahrung damit gesammelt hat. Weniger Fixing-the-Women schließlich liegt die Wahrnehmung zugrunde, dass es zahlreiche Programme gibt, die Frauen beibringen, wie sie sich richtig verhalten, um in der Wissenschaftswelt zu bestehen. Unterstützung hilft den jungen Damen sehr; was nicht hilft, ist der Subtext, dass mit ihnen irgendetwas nicht stimmt und sie sich nur wie Männer verhalten müssten und dann wäre alles gut. Es gibt unzählige höchstqualifizierte Wissenschaftlerinnen – freilich je nach Disziplin unterschiedlich viele. Sie sind vorhanden, das ist überhaupt keine Frage. Wer das heute noch

bezweifelt, geht mit geschlossenen Augen durch die Welt – und hat Academia-Net.de noch nicht gesehen. Mehr Frauen in wissenschaftlichen Führungspositionen ist jedoch keine Einbahnstraße. Lebensentwürfe sind bunt, insbesondere für die mit Kindern gilt: Das, was den Damen bislang zugeschrieben wurde, muss auch zukünftig jemand tun: Kinder betreuen, Haushalt erledigen, Familien zusammenhalten. Gute Betreuungsmöglichkeiten sind eine Grundvoraussetzung, darüber hinaus aber heißt im Grunde eine engagierte Frau mehr als Professorin, Institutsleiterin, Präsidentin: ein engagierter Partner mehr in der Familie. Denn es geht nicht an, dass Frauen nun einfach für alles zuständig sind. Das ist keine Gleichberechtigung. Was wir also tatsächlich brauchen, um mehr Frauen für wissenschaftliche Führungspositionen zu gewinnen, sind Partner, die gemeinsam mit ihren Wissenschaftler-Frauen ihr Privatleben gestalten und sich die Aufgaben in der Familie teilen bzw. diese übernehmen. Diese Männer gibt es, und zwar immer mehr. Wir sollten diese stärken und wertschätzen – und aufhören, an den Frauen „herumzuschrauben“.

Das würde sicher nicht alle Probleme mit den Karrieren in der Wissenschaft lösen, aber an irgendeinem Ende müssen wir schließlich anfangen. Optimismus ist die Grundeinstellung unserer Stiftungsarbeit und deswegen unterstützen wir Menschen dabei, ihren Weg zu finden und etwas Sinnvolles für die Gesellschaft und diese Welt zu tun. Auch und gerade wenn die Aussicht auf Erfolg nicht sicher ist.

Katrin Rehak-Nitsche

Was passiert, wenn ...?

Mit Simulationen in die Zukunft blicken

Unsere Welt ist komplex. Das ist sicher. Sie zu verstehen und Zusammenhänge nicht nur erklärbar, sondern vorhersehbar zu machen, ist ein großes Ziel der Wissenschaft. Die Herausforderung: Vieles ist unsicher. In diesem Zusammenhang hat sich neben dem Experiment und der Theorie in den vergangenen Jahrzehnten eine dritte Säule des Erkenntnisgewinns entwickelt: die Simulation.

Im Stuttgart Research Centre for Simulation Technology (SRC) der Universität Stuttgart und dem Exzellenzcluster SimTech vernetzen sich Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler unterschiedlichster Disziplinen. Das Ziel: Exzellente junge Talente im Bereich der Wissenschaft mit einem breiten Angebot an Lehrveranstaltungen, intensiver Betreuung, Auslandsaufenthalten und einem interdisziplinären Austausch zu fördern. So bietet SimTech interessante Perspektiven, unter anderem eine Graduiertenschule mit rund 150 Doktorandinnen und Doktoranden aus neun von zehn Fakultäten der Universität Stuttgart, einen

Elitestudiengang auf Bachelor- und Masterebene sowie Postdoc-Stellen und Juniorprofessuren. Mit modernster Technik und dem Wissen von weit über hundert Forscherinnen und Forschern werden hier Simulationsmodelle entwickelt, die Antworten auf komplexe Themen und Fragestellungen geben sollen.

Bei Simulationen geht es vor allem um eins: Unsicherheiten zu reduzieren. Sie stellen Vorgänge nicht nur nach, sie sagen sie voraus.

Dieser wissenschaftliche Blick in die Zukunft findet bereits heute in allen Lebensbereichen Anwendung. Von Finanzkrisen oder Umweltkatastrophen, von denen wir mithilfe von Simulationen bereits wissen, bevor sie eintreten, bis hin zu Supercomputern, die mit immenser Rechenleistung globale Zukunftsszenarien virtuell durchspielen. Viele Simulationsaufgaben erfordern dabei enorm große Rechenkapazitäten, was eine Herausforderung für die Software und die Modelle, die dahinter stecken, darstellt. Der Computer-Pionier Seymour Cray brachte die Thematik folgendermaßen auf den Punkt: „Wenn du ein Feld pflügst, was würdest du lieber benutzen: zwei starke Ochsener oder 1024 Hühner?“. Entsprechend würde man meinen, dass es einfacher ist, einen großen und schnellen Prozessor zu verwenden als viele langsame. Tatsächlich werden Rechner jedoch seit etwa zehn Jahren nicht mehr schneller, weil einzelne Prozessoren schneller rechnen, sondern weil es immer mehr davon gibt. Bei Deutschlands schnellstem Rechner „Hazel Hen“ in Stuttgart-Vaihingen sind es schon über 180.000. Das macht die Nutzung solcher Rechner zu einer Herausforderung. Im Vergleich: Wären Autos seit 1970 im gleichen Maße schneller geworden wie Rechner, so könnten sie heute mit mehrfacher Lichtgeschwindigkeit fahren. So bewegen sich Wissenschaftler zwischen virtuellen und realen Sphären und gewinnen dabei neue, teils bahnbrechende Erkenntnisse darüber, was die Welt bewegt und bewegen wird.

CO₂-Speicherung sicherer machen

Zum Beispiel im Bereich Klimaschutz. Jedes Jahr entstehen Unmengen an Kohlendioxid mit massiven Auswirkungen für unser Klima – allein in Deutschland rund 793 Millionen Tonnen im Jahr 2014. Die unterirdische Speicherung von Kohlendioxid gilt als ein wichtiger Ansatz im Kampf gegen den Klimawandel. In einer interdisziplinären Forschungsgruppe arbeiten die Nachwuchswissenschaftler Dr.

Mit Hilfe von Simulationen sollen Unsicherheiten bei Prognosen minimiert werden.

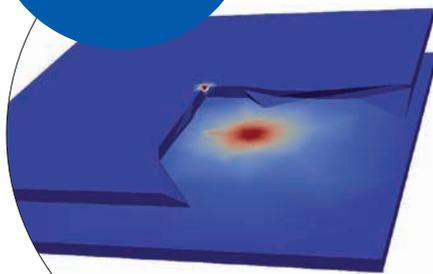
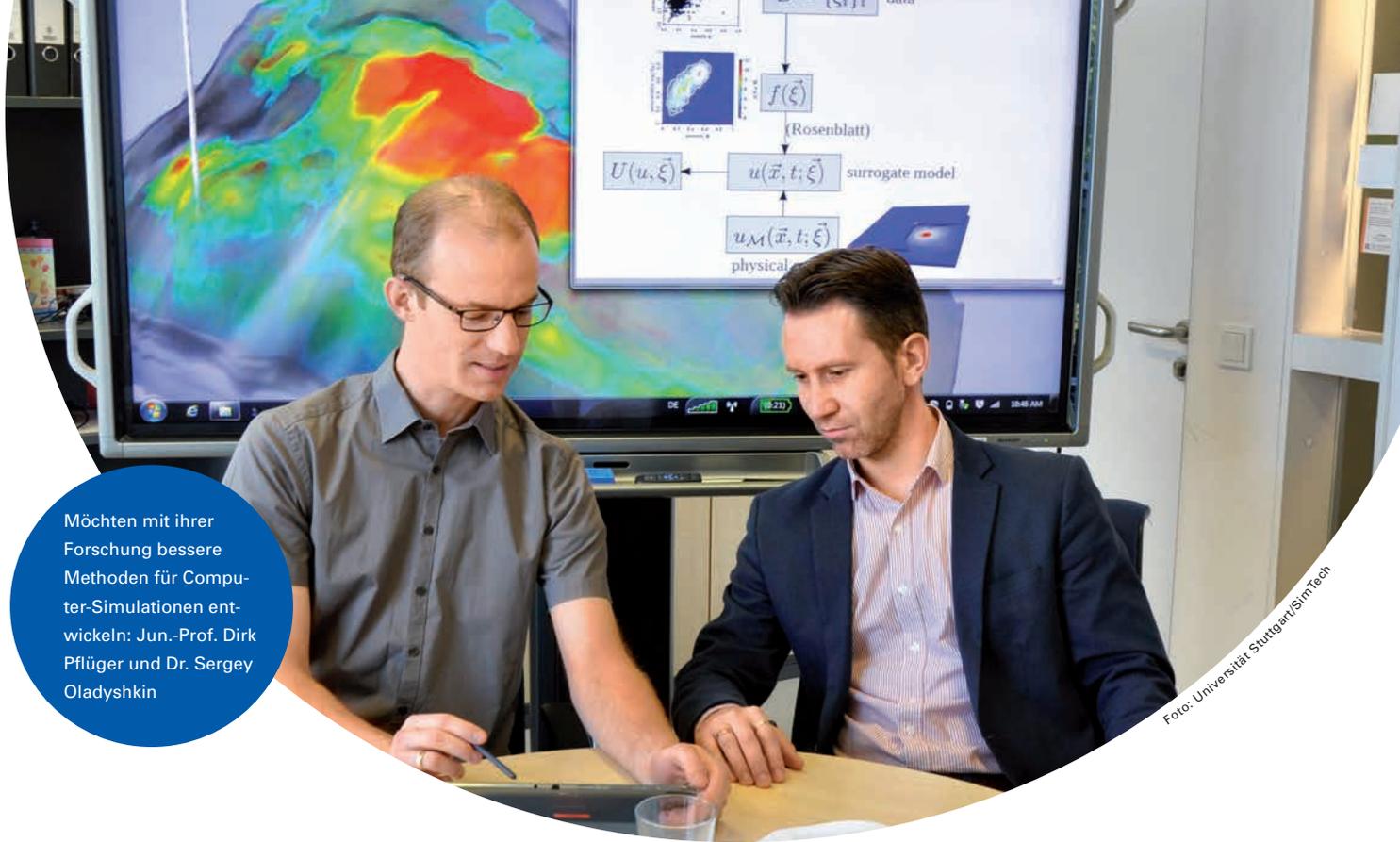


Foto: Universität Stuttgart/SimTech



Möchten mit ihrer Forschung bessere Methoden für Computer-Simulationen entwickeln: Jun.-Prof. Dirk Pflüger und Dr. Sergey Oladyshkin

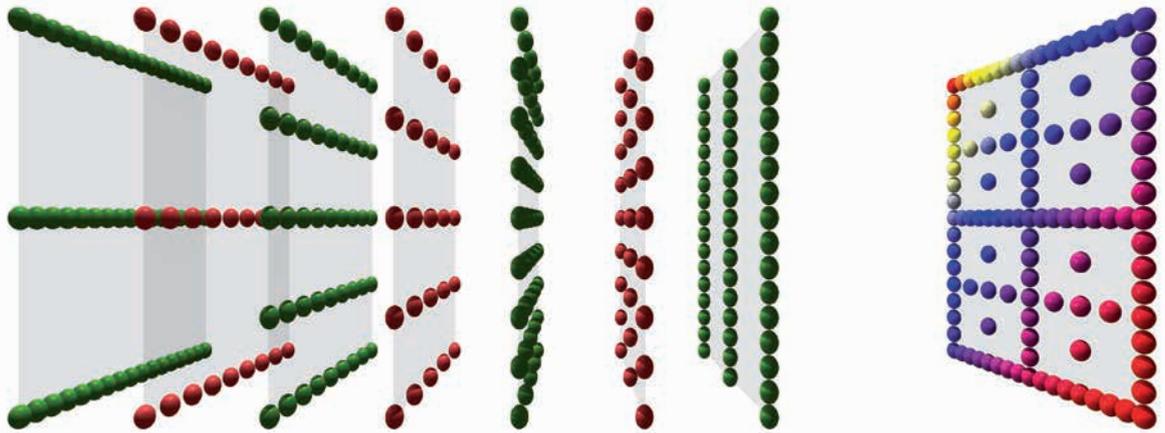
Foto: Universität Stuttgart/SimTech

Sergey Oladyshkin vom Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung (IWS) der Universität Stuttgart und Junior-Professor Dirk Pflüger vom dortigen Institut für Parallele und Verteilte Systeme (IPVS) sowie dessen Doktorand Fabian Franzelin an einer Simulation zur CO₂-Sequestrierung. Das Ziel: Kohlenstoffdioxid soll dauerhaft in unterirdischen Lagerstätten aufbewahrt werden, um so die Emissionen in die Atmosphäre zu reduzieren. Wissenschaftler stellen allerdings die Frage, wie sicher dieses Verfahren wirklich ist. Denn über die Speichertiefe von zirka 1.000 Metern unter der Erde sind nur wenige Messdaten vorhanden. So ist es zum Beispiel unklar, wie der Untergrund beschaffen ist. Gerade dieses Wissen ist jedoch essenziell, um der Gefahr, dass gespeichertes CO₂ unter Druck austritt, entgegenzuwirken.

Es bedarf genauer geologischer Informationen, die nur durch wenige und kostspielige Probebohrungen gewonnen werden können. „Leider gibt es kein Röntgengerät, mit dem man einmal die gesamte Erde durchleuchten kann. Das würde die Simulation natürlich erheblich vereinfachen“, veranschaulicht Dirk Pflüger die Herausforderung im Umgang mit Unsicherheiten bei der Modellierung von Simulationen. „Unser Ziel ist es, aus einem ‚Ich weiß nicht,

was ich nicht weiß‘ ein ‚Ich weiß, was ich nicht weiß‘ beziehungsweise ‚Ich weiß‘, wie viel ich nicht weiß‘ zu machen“, ergänzt Sergey Oladyshkin. Obwohl der Informatiker Dirk Pflüger und der Angewandte Mathematiker Sergey Oladyshkin aus unterschiedlichen Disziplinen kommen, hat ihre Forschung interessante Schnittmengen. Mit Methoden, die Pflüger erarbeitet, forschen sie gemeinsam an einer Simulation, die Oladyshkin entwickelt hatte. Dabei gibt es zahlreiche Parameter, die es bei der CO₂-Sequestrierung zu berücksichtigen gilt. Zum Beispiel, an welcher Stelle CO₂ überhaupt in den Boden gepumpt werden kann, in welcher Menge, mit welchem Druck, oder ob es Undichtigkeiten gibt wie Bohrlöcher oder Bruchstellen im Gestein, an denen das CO₂ womöglich unkontrolliert austreten kann. Versucht man, all diese Dimensionen in einem Modell zu berücksichtigen, kommt die Wissenschaft mit bestehenden Methoden schnell an ihre Grenzen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch vom Fluch der Dimensionalität. Die Computersimulation bietet neue Möglichkeiten, die vorhandenen Daten so ertragreich wie möglich einzusetzen. Dazu entwickelt Dirk Pflüger in seiner Gruppe Methoden zur Approximation hochdimensionaler Funktionen basierend auf „Dünnen Gittern“. Das Prinzip

Foto: Universität Stuttgart/SimTech



Dünne Gitter (sparse grids) können ein Hilfsmittel zur Überwindung des Fluchs der Dimensionalität sein.

vergleicht er mit dem des Schiffe-Versenkens. „Das Ziel ist, zuerst mit möglichst geringem Aufwand das Schlachtschiff zu erwischen, dann die kleineren Schiffe und dann die kleinsten.“ So ist es auch in der Simulation: Man versucht, mit möglichst wenig Aufwand die wichtigsten Zusammenhänge möglichst schnell darzustellen.

Zwischen Grundlagenforschung und Anwendung

Die Ergebnisse sollen durch datengetriebene Ansätze verlässlicher werden und die tatsächlichen Unsicherheiten abbilden. Das Ziel dieser Quantifizierung von Unsicherheiten ist, Methoden zu entwickeln, die die Komplexität der rechenintensiven Simulation zur CO₂-Sequestrierung reduzieren und so in akzeptabler Zeit rechenbar machen. Mit der Entwicklung besserer Methoden für Computersimulationen bewegen sich die Forscher dabei zum einen in der Grundlagenforschung. Gleichzeitig arbeiten sie jedoch anwendungsorientiert, da sie reale Daten verwenden. Die Resultate sind auch für internationale Forschungseinrichtungen interessant:

In einer weiteren Kooperation von Dirk Pflüger mit den Sandia National Laboratories in den USA wurden Ergebnisse weiterverfolgt und veröffentlicht.

„Wir beschäftigen uns vor allem damit, wie man hochdimensionale Abhängigkeiten in den Griff bekommt. Sowohl in Bezug auf die zugrunde liegende Mathematik, aber auch wie man das Ganze effizient umsetzt und in nutzbare Tools und Software umwandelt. Das Schöne an dem Projekt ist, dass wir uns immer zwischen Grundlagenforschung und Anwendung bewegen“, erklärt Dirk Pflüger.

Mehr Sicherheit im Straßenverkehr

Konkrete Anwendung findet auch ein weiteres SimTech-Projekt, das sich in einem Bereich bewegt, bei dem Sicherheit per se an erster Stelle steht: im Straßenverkehr. Unfallstatistiken belegen, dass bei weit über 90 Prozent aller Unfälle menschliches Versagen die Ursache ist. Passive Fahrsicherheitsysteme können beispielsweise mit Sicherheitsgurten und Airbags Unfallfolgen abmildern. Besser ist es jedoch, wenn der Unfall erst gar nicht passiert. Die Zukunft gehört deshalb der aktiven Fahrzeug-

sicherheit, die Unfälle schon im Ansatz verhindern soll. Fahrerassistenzsysteme warnen den Fahrer in riskanten Situationen und unterstützen ihn dabei, richtig zu handeln. Mit elektronischen Bremsassistenten, ABS und ESP bis hin zur Sprachsteuerung und Spurwechselwarnung bergen diese Systeme ein enormes Entwicklungspotenzial. Denn der Zeitraum vor dem eigentlichen Unfall spielt sich im Sekundenbereich ab. Wertvolle Sekunden, die Leben retten können – mithilfe von Simulationen. „Die Vision ist, dass bereits im Auto online mitgemessen und zu jeder Zeit errechnet wird, wie die individuelle Sicherheit des Fahrers im Lastfall gewährleistet werden kann“, beschreibt Jörg Fehr, Junior-Professor für Multibody Dynamics bei Sim-

Tech, das große Ziel. Als Simulationsingenieur von multiphysikalischen Crashesimulationen bei TRW (heute: ZF TRW) arbeitete er mit seinem Team an der Entwicklung neuer Sicherheitssysteme für Automobile und nahm als einer der ersten Absolventen des Cluster of Excellence Simulation Technology im dritten Jahr seiner Industrietätigkeit die Möglichkeit wahr, zurück ins akademische Umfeld zu wechseln. Mit seiner aktuellen Arbeit kombiniert der Nachwuchsforscher Fragestellungen aus Industrie und Wissenschaft, um die Sicherheit von Fahrzeugen zu verbessern. Dabei gibt es eine Vielzahl neuer Ansätze wie zum Beispiel Muskelaktivitäten des Fahrers, längere Simulationshorizonte oder Unsicherheit der Parameter, die es zu untersuchen

Be-Lufthansa.com/Technik

Could you fit this on an airplane?

A career at Lufthansa Technik offers some pretty unusual challenges. Like customising a jet to accommodate a luxury bathroom. Or visiting China to train mechanical engineers at one of our partner companies.

As well as being the world's leading aircraft maintenance and repair company, Lufthansa Technik work at the cutting edge of the aviation industry. Many of our innovations have become standard world-wide. If you study industrial engineering, aerospace engineering, electrical engineering or aircraft construction why not join us?

Whatever your interest, you'll find plenty of scope for your talents. We'll give you a flexible work schedule, the benefits of a global company, a great working atmosphere and all the responsibility you can handle.

Be who you want to be
Be-Lufthansa.com



Lufthansa

The Aviation Group

Das Total Human Body Model eingesetzt zur Simulation eines zweifachen Spurwechsels. Gemessen werden zum Beispiel die Rippeneindrückung oder die Nackenmomente.

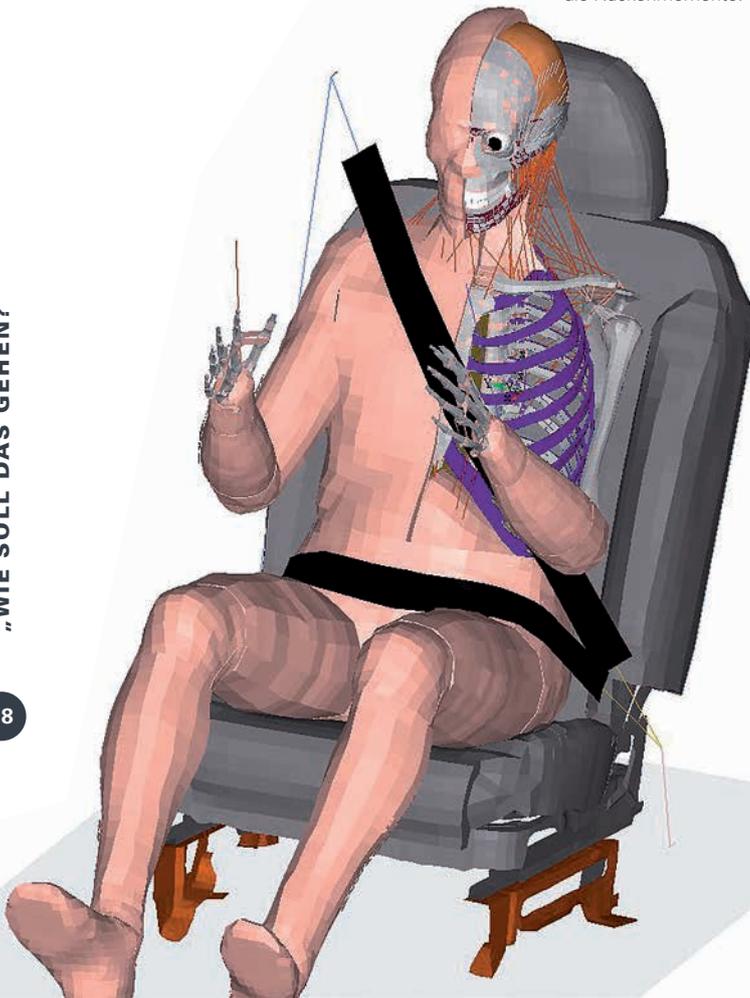


Foto: Universität Stuttgart/SimTech

gilt, um das menschliche Unfallverhalten besser abbilden zu können.

Das System Mensch besser verstehen

Dafür sind zwei Aspekte relevant: Zum einen geht es darum, den Menschen und sein Verhalten bestmöglich abzubilden und dieses per Computer entsprechend zu simulieren. Dies trägt dazu bei, Ursachen von Verletzungen aus Verkehrsunfällen noch exakter feststellen und die Wirksamkeit verschiedener Sicherheitssysteme exakt beurteilen zu können. Der Ansatz, den das Forscherteam in diesem Zusammenhang verfolgt, ist unter anderem die Simulation von Muskelmodellen. Denn im Fall eines bevorste-

henden Unfalls verändert der Fahrer seine Position durch Muskelaktivierung, was sich auf den Bewegungsablauf auswirkt. Die Simulationen gehen dabei weit über Experimente mit Crash-Test-Dummys hinaus, die lediglich eine mechanische Approximation darstellen. In Kooperation mit dem Institut für Sportwissenschaften wurden eine ganze Reihe an Versuchen und Experimenten durchgeführt, Ideen ausgetauscht und Disziplinen kombiniert, um das System Mensch besser zu verstehen. Zum anderen gilt es, die Rechenzeit von Crashesimulationen durch Modellreduktionsverfahren zu optimieren. Das bedeutet, entsprechend der Aufgabe die richtige Komplexität des Modells zu definieren.

Millisekunden entscheiden

Die Frage lautet: Wie kann man die Ordnung des Gleichungssystem kleiner machen und dabei immer noch die wesentliche Information des Systems beibehalten? Denn während sich der Moment eines Unfalls im Bereich zwischen 80 und 120 Millisekunden abspielt, beginnt der gesamte Prozess bereits einige Sekunden zuvor. Nämlich dann, wenn das aktive Sicherheitssystem greift. Eine Simulation muss die gesamte Phase berücksichtigen, was dazu führt, dass die Berechnung durch den Computer entsprechend länger dauert. „Es geht rasend schnell, zehn Millionen Gleichungen müssen 500.000 Mal gelöst werden um eine Simulation von 120 Millisekunden innerhalb von einer Nacht durchzurechen.. Wenn man jedoch die gesamte Zeitspanne von aktiven Fahrzeugsicherheitssystemen berücksichtigt, dauert das schnell zehnmal so lange“, erklärt Fehr. Der Lösungsansatz besteht darin, die Rechnung schneller zu machen, indem das Modell auf die wichtigsten Faktoren reduziert wird, also Ordnungen und Dimensionen so klein wie möglich und so groß wie nötig zu gestalten. Mit den Ergebnissen können präzise Aussagen darüber getroffen werden, ob es sich um ein gutes oder schlechtes Sicherheitssystem

Seit 2014 ist Jörg Fehr Junior-Professor am Institut für Technische und Numerische Mechanik im Cluster of Excellence Simulation Technology der Universität Stuttgart.



Foto: Universität Stuttgart/SimTech

handelt – und für wen. Sie fließen unmittelbar in die Entwicklung der Fahrsicherheitssysteme ein, um Mobilität noch sicherer zu machen. „Uns ist es wichtig, keine Forschung im luftleeren Raum zu betreiben“, bestätigt Fehr, „wir wollen einen Mehrwert schaffen und Lösungen entwickeln, die konkrete Anwendung finden.“

Simulation als Modell der Zukunft?

Fest steht: Das klassische Bild des Forschers gibt es nicht mehr. Die Aufgabenstellungen sind zu komplex, als dass man sie allein hinter verschlos-

senen Türen austüfteln könnte. Vielmehr geht es darum, Modelle in einem iterativen Prozess weiterzuentwickeln und in einem interdisziplinären Zusammenspiel immer wieder neu zu kombinieren. So entsteht ein weites, interdisziplinäres Feld, das völlig neue Möglichkeiten und Erkenntnisse hervorbringt. Als fakultätsübergreifendes Netzwerk bietet SimTech eine Plattform, die einen neuen Wissenschaftszweig aufbaut und mathematische Grundlagenforschung mit Informatik und Ingenieurwesen verschmelzen lässt.

Katja Welte

Ich weiß, was du denkst: Gehirn-Computer-Schnittstelle zur Emotionserkennung

Assistenzsysteme haben großes Potenzial, ihre Nutzer in den unterschiedlichsten Situationen zu unterstützen. Erst recht, wenn sie ihre Gedanken lesen können. Das Anfang des Jahres 2016 gestartete Projekt „EMOIO“ des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation beschäftigt sich mit dieser Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Ziel ist die Entwicklung emotionssensitiver Assistenzsysteme, die sich der Gefühlslage und den individuellen Bedürfnissen der Nutzer anpassen. Die Neuroarbeitswissenschaft verfolgt hierbei einen interdisziplinären Forschungsansatz durch die Bündelung der Kompetenzen aus der Psychologie, Informatik, Ingenieur- und Neurowissenschaft. Kathrin Pollmann und Mathias Vukeli vom Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement der Universität Stuttgart sind Teil dieses Projekts und forschen im Competence Center Human-Computer Interaction daran, wie man neurowissenschaftliche Verfahren nutzen kann, um emotionale Erlebnisse während der

Mensch-Technik-Interaktion erfassen und klassifizieren zu können. Dabei erarbeiten die Forscher ein neuro-adaptives System, das anhand der Gehirnakktivität des Nutzers erkennt, ob er dem Verhalten des Systems zustimmt oder es ablehnt. Diese Gehirn-Computer-Schnittstelle soll ermöglichen, das Verhalten von Assistenzsystemen optimal an die individuellen Präferenzen und Bedürfnisse des Nutzers anzupassen, ohne dass ein aktives Feedback seinerseits erforderlich ist. Neben dem Einsatz von Brain-Computer-Interfaces (BCI) als vom Nutzer aktiv und explizit angesteuerte Schnittstelle, haben sich in den vergangenen Jahren sogenannte „passive BCIs“ etabliert. Sie erfassen mentale und emotionale Zustände wie zum Beispiel Affekte, mentale Beanspruchung, Schwankungen der Leistungsfähigkeit oder Überraschungseffekte und übermitteln diese direkt an ein technisches System. Das Ziel ist ein koadaptiver Lernprozess, in dem das System vom Menschen lernt und sich ständig anpasst.

kwe

Entschlüsslerin Maria Fyta liest Erbgut mithilfe von Gold und Diamanten aus

Sie ist eine von rund 10.500 Professorinnen in Deutschland: Dr. Maria Fyta, seit März 2012 Junior-Professorin am Institut für Computerphysik der Universität Stuttgart. Damit gehört sie zu den etwa 23 Prozent Frauen in Professorenschaft, die das Statistische Bundesamt jüngst vermeldet hat. Für Fyta waren derlei Statistik- und Genderfragen nie von Belang: Sie hat sich von Anfang an von ihren Interessen leiten lassen. Bei ihren Forschungen zur DNA-Dechiffrierung ist ihr und ihrem Team jetzt durch den Einsatz von Gold und Diamanten ein beachtenswerter Durchbruch gelungen.

Die DNA eines menschlichen Körpers ist ziemlich lang, genauer gesagt: Die Länge der DNA nur einer einzigen menschlichen Zelle beträgt ungefähr drei Meter. In der DNA enthalten sind Millionen von sogenannten Nukleobasen: Adenin (A), Guanin (G), Cytosin (C) und Thymin (T). Ihre Abfolge in den DNA-Bausteinen legt fest, „ob es sich, einfach gesagt, um das Erbgut eines Menschen, einer Banane oder eines Gänseblümchens handelt“, erklärt Maria Fyta. Die Bestimmung ihrer Reihenfolge und damit die Entschlüsselung der DNA werden schon länger praktiziert – das menschliche Erbgut lässt sich seit 2003 entschlüsseln. Allerdings ist das immer noch sehr aufwendig und teuer. Auch ein Grund für Fyta, sich mit diesem Thema auseinanderzusetzen. Sie teilt das große Ziel aller weltweit an der Erforschung der DNA-Entschlüsselung arbeitenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler: das gesamte menschliche Genom in nur wenigen Stunden zu lesen, um beispielsweise personalisierte Medizin herstellen zu können, die exakt auf den jeweiligen Patienten zugeschnitten ist.

Die Nanoporen-Sequenzierung, an der Fyta mit ihren Forscherkollegen Prof. Ralph Scheicher (Schwe-

den), Prof. Rodrigo Amorim (Brasilien) und Doktorand Ganesh Sivaraman an der Universität Stuttgart arbeitet, gilt als vielversprechende Methode, die Entschlüsselung der DNA zu beschleunigen.

Mit der DNA durchs Nadelöhr

Bei diesem Verfahren wird ein DNA-Strang durch ein klitzekleines Loch in einer künstlichen Membran gezogen – quasi wie ein Faden durch ein Nadelöhr. Die Membranen bestehen aus biologischen oder synthetischen Materialien und weisen einen hohen elektrischen Widerstand auf. Fyta arbeitet mit Membranen aus Siliciumnitrid oder Graphen, die in einer unter Spannung stehenden Salzlösung stecken. Die Nanoporen sind im Gegensatz zu gewöhnlichen Ionenkanälen permanent geöffnet und erlauben einen konstanten Molekülfluss durch die Membrane. Die Ionen bewegen sich von einer Seite der Membrane auf die andere und erzeugen so elektrischen Strom. Mit jeder der vier verschiedenen DNA-Basen A, G, C und T, die sich durch die Nanoporen bewegen, verändert sich die Stromstärke um einen eindeutigen Wert. Dieser wiederum lässt durch die Goldelektroden, die in die Nanopore gesteckt werden, sehr schnell auslesen.

Eine Schwierigkeit gab es allerdings: „Wir haben nach einem Weg gesucht, um die Überlappung der Signale, beispielsweise der Nukleobasen oder auch der Salzlösung, in der die Nanopore schwimmt, zu verhindern. Denn diese führt zu verfälschten Ergebnissen“, erklärt Fyta. Diese Überlappung ist vergleichbar mit einzelnen Buchstaben, die so ineinander verschwimmen, dass sich schließlich das Wort nicht mehr entziffern lässt. Die Lösung: Diamanten. „Um ein Mischen der Signale zu verhindern, haben wir die Goldelektroden mit einer zusätzlichen Diamantschicht modifiziert“, so die Junior-Professorin. „Das war ein entscheidender Durchbruch, denn dadurch ändert sich die Wechselwirkung zwischen DNA und Nanopore. Je nachdem, welche Nukleo-



“

Unermüdliche Neugier, Dinge auszuprobieren und zu sehen, wie bestimmte Sachen funktionieren, das sind Eigenschaften, die fest in der DNA einer Wissenschaftlerin verankert sein müssen.

Jun.-Prof. Maria Fyta

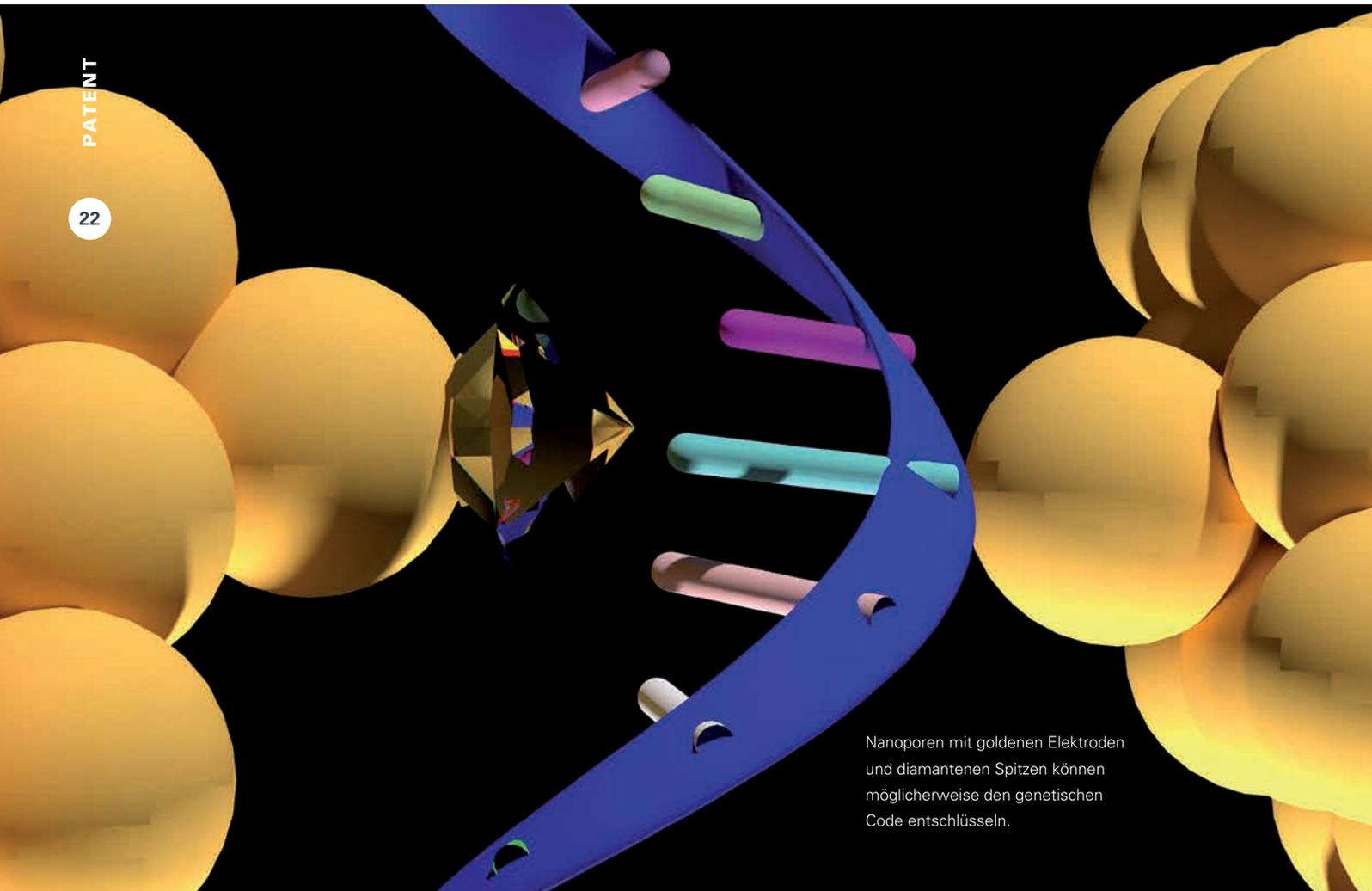
”

Foto: Uli Regenscheit

base gerade durch die Nanopore gezogen wird, fällt das Signal sehr unterschiedlich aus.“ Rund drei Jahre hat die Physikerin mit ihrem Team geforscht, ehe sie im Juni 2016 erste Erfolge vermelden konnten. „Damit sind wir aber längst nicht am Ende unserer Forschungen angelangt“, sagt Fyta. „Unsere Entdeckung ist bisher rein theoretischer Natur. Jetzt müssen wir unsere Beobachtungen am Computer

verfeinern, ehe wir unsere Überlegungen auch in der Praxis durchführen – in der Wissenschaft geht eben alles Schritt für Schritt.“

Schritt für Schritt – das beschreibt auch den persönlichen Werdegang der in Deutschland geborenen und in Griechenland aufgewachsenen Wissenschaftlerin recht gut. Da sie schon immer gerne Mathe und Physik lernte, habe sie sich nach dem Schulabschluss für



Nanoporen mit goldenen Elektroden und diamantenen Spitzen können möglicherweise den genetischen Code entschlüsseln.

Foto: Universität Stuttgart/SFB 716

Als mittelständische, inhabergeführte, internationale Unternehmensgruppe im Anlagenbau für Automatisierungssysteme in der Automobilindustrie und anderen Industrien bieten wir das gesamte Wertschöpfungsspektrum in nahezu allen Fertigungs- und Industriebereichen an.

Zum weiteren Ausbau unserer Unternehmensgruppe suchen wir schnellstmöglich für unseren **Standort Stuttgart / Kornwestheim** engagierte und verantwortungsvolle Mitarbeiter in allen Unternehmensparten als:

■ Vertriebsingenieur/in ■ Konstruktionsingenieur/in ■ Projektleiter/in

Es erwarten Sie:

- Herausfordernde Aufgaben, kurze Entscheidungswege und viel Eigenverantwortung in einem dynamischen Team
- Attraktive, leistungsgerechte Vergütung, flexible Arbeitsplatzgestaltung möglich
- Hervorragende Entwicklungschancen in einer dynamisch wachsenden internationalen Unternehmensgruppe

Weitere Details finden Sie unter www.sfi-group.com/karriere

... zögern Sie nicht, mit uns in Kontakt zu treten.

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung an karriere@sfi-group.com oder an

SFI Storz Fredenhagen Industries GmbH | Personalabteilung | Heinkelstraße 1 | 70806 Kornwestheim

ein Physikstudium entschieden. Ihre unermüdliche Neugier, Dinge auszuprobieren und zu sehen, wie bestimmte Sachen funktionieren, treibt sie immer wieder an. „Das sind Eigenschaften, die – um im Bild zu bleiben – fest in der DNA einer Wissenschaftlerin verankert sein müssen“, sagt die 39-Jährige, die inzwischen Mutter dreier Kinder ist, mit einem Augenzwinkern. Nach dem Master folgte die Promotion an der Universität Kreta, danach führte sie ihr Weg bis nach Boston in den USA, wo sie 2005 begonnen hat, mit Nanoporen zu forschen. Nicht, dass Maria Fyta nach diesem Erfolg die Themen ausgehen würden. Festkörperphysik und Materialphysik gehören ebenso zu ihren bevorzugten Wissenschaftsgebieten. Hier geht sie derzeit beispielsweise der Frage nach, wie man die Eigenschaften von Materialien bestimmen kann und was passiert, wenn man etwa ihre Struktur oder Chemie verändert. Das Erforschen und Entdecken neuer Themengebiete sind für Fyta elementare Bestandteile ihrer Karriere: „Dadurch ergeben sich immer wieder Inspirationen auch für andere Projekte.“ So hatte auch ihr Forscherinteresse an kleinen Diamanten schließlich dazu geführt, ihre

Eigenschaften für die Nanoporen-Sequenzierung auszuprobieren. Darum lässt sich auch nicht mit Bestimmtheit sagen, welche neuen Wissenschaftsfelder die Junior-Professorin in Zukunft für sich entdecken wird. Sie selbst sagt dazu: „In der Forschung darf man sich nie zufriedengeben. In all meinen Projekten folge ich einem roten Faden, aber was kommt, wird sich zeigen. Und ich muss flexibel darauf reagieren.“ Ob das nicht manchmal ein bisschen mühsam ist und Frustrationen mit sich bringt? „Nein“, sagt Fyta entschieden, „es macht ja auch keinen Spaß, immer das Gleiche zu tun oder im Voraus zu wissen, was passiert.“

Michaela Gnann



Mit Kreativität und Begeisterung

Rund 400 Doktoranden aus aller Welt schließen jedes Jahr erfolgreich ihre Promotion an der Universität Stuttgart ab und leisten mit ihrer Kreativität in Forschung und Lehre einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung der Wissenschaft. Für viele von ihnen ist der Dokortitel das Sprungbrett in eine akademische Laufbahn, andere erwerben wertvolle Fähigkeiten für eine Karriere in der Wirtschaft oder bei Non-Profit-Organisationen.

Auf dem Weg dahin erwartet die jungen Menschen nicht nur eine enorm vielfältige Forschungslandschaft in den Ingenieur-, Natur-, Geistes- und Gesellschaftswissenschaften, sondern auch ein besonders spannender Arbeitsplatz. Auf den nächsten Seiten erzählen einige Promovierende und PostDocs, was sie daran begeistert.

amg



Dr. Jens Smiatek untersucht am Institut für Computerphysik (ICP) der Universität Stuttgart unterschiedliche DNA. Durch Molekulardynamiksimulationen einsträngiger DNA-Strukturen will der Physiker herausfinden, welchen Einfluss die Struktur auf den Zelltod hat. Ziel seiner Grundlagenforschung ist es, mögliche Ursachen für Krebs oder andere Zellmutationen besser zu erkennen. So könnten langfristig auch neue Medikamente entstehen. Die interdisziplinäre Arbeit begeistert den 38-Jährigen dabei besonders. Am Hochleistungsrechenzentrum (HLRS) sind Chemiker, Physiker und Informatiker eng vernetzt und ermöglichen effiziente, strukturierte Arbeitsabläufe.

Annika Liebgott und Thomas Küstner vom Institut für Signalverarbeitung sind Spezialisten für die Aufbereitung von MRT-Aufnahmen. Zusammen entwickeln sie eine Software, die Ärzten und medizinisch-technischen Assistenten helfen soll, MRT-Scans komfortabler auszuwerten. Denn Bewegungen oder Eigenheiten des Patienten, wie beispielsweise Körperfett, können die Qualität der Aufnahmen und somit ihre diagnostische Verwendbarkeit leicht beeinflussen. So entstehen etwa Bewegungsartefakte, die verschwommene Linien im Bild hinterlassen. Die Software soll Scans nicht nur direkt während der Aufnahme auswerten, sondern auch Anhaltspunkte geben, welche Parameter verändert werden müssen, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten. Aufwendige Zusatzaufnahmen können so weitgehend vermieden werden.

Für Liebgott ist die seit einigen Jahren bestehende Kooperation des Instituts für Signalverarbeitung und Systemtheorie mit dem Universitätsklinikum Tübingen optimal, da sie die seltene Möglichkeit bietet, mit Elektrotechnik und Medizin zwei spannende Forschungsgebiete miteinander zu verknüpfen. Ihre Heimatstadt Stuttgart sei der ideale Standort für Forschungsk Kooperationen mit hochkarätigen Industriepartnern und Universitäten, findet die 27-jährige Wissenschaftlerin.



David Hartich promoviert seit 2013 am Institut für Theoretische Physik der Universität Stuttgart. Er berechnet auf Molekularebene mithilfe der Thermodynamik, wie viel Energie beispielsweise Bakterien benötigen, um über ihre Rezeptoren Signale zuverlässig zu verarbeiten. Dieser Prozess wird permanent durch thermische Fluktuationen beeinträchtigt, sodass die Organismen Energie aufwenden müssen, um diesen äußerlichen Einflüssen entgegenzuwirken. Nach Hartichs Berechnungen, mit denen sich auch die Maximalgeschwindigkeit von Computern ermitteln lässt, ist die Qualität der Informationsverarbeitung direkt abhängig von der Menge an zur Verfügung stehender Energie.



Wie kann man die Eigenschaften von Dichtungen durch Schmierstoffe verbessern? Das ist die Frage, mit der sich Dr. Peter Schuler beschäftigt. Am Institut für Maschinenelemente der Universität Stuttgart betreibt er Grundlagenforschung rund um Elastomere. Schuler will zeigen, wie man die Dichtigkeit erhöhen kann, indem man noch geeignetere Stoffe findet, die nicht allein aufgrund ihrer Materialverträglichkeit eingesetzt werden. Zusammen mit Studentin Nina Laumer testet der 34-Jährige in unterschiedlichen Experimenten das Oberflächenverhalten verschiedenster Werkstoffe. An seiner Arbeit schätzt Schuler vor allem die große wissenschaftliche Freiheit, unabhängig von bestimmten Industrieprojekten. Zudem hat er die Möglichkeit, seine Zeit so einzuteilen, dass er auch seinen drei Kindern gerecht werden kann.







Eine möglichst homogene Erwärmung von Werkstoffen spielt bei der Formgebung in teilflüssigem Zustand eine wichtige Rolle. Kim Rouven Riedmüller untersucht deshalb, ob dickwandige Rohre als Ausgangsform im Vergleich zu zylindrischen Vollformteilen bessere Endergebnisse ermöglichen. In Formgebungsprozess-Simulationen zeigt er auf, wie „Skin-Effekte“, also inhomogene Gefügestrukturen durch ungleichmäßige Erwärmung, vermieden werden können. Bei seinen Versuchen hilft ihm die exzellente Ausstattung des Instituts für Umformtechnik (IFU), mithilfe derer sogar das Recycling von Abfallspänen zu neuen Vorformen möglich ist.





Krebs stellt nach wie vor ein großes Gesundheitsproblem dar. Allein in Deutschland ist es die zweithäufigste Todesursache. Dr. Dafne Müller vom Institut für Zellbiologie und Immunologie der Universität Stuttgart erforscht deshalb, wie das Immunsystem des Menschen so beeinflusst werden kann, dass es Tumore selbst effizient bekämpft. Anhand von gentechnisch hergestellten Proteinen testet sie die Auswirkungen auf Zellkulturen in einer präklinischen Phase. Die Proteine werden dabei direkt in den Tumor eingebracht und auf ihre Bindungswirksamkeit, also auf eine antitumorale Immunantwort, überprüft. In einem weiteren Schritt werden die Ergebnisse an Mäusen erforscht. Das eigene menschliche Immunsystem besser einzusetzen, um gegen den Krebs anzugehen, fasziniert Müller. An der Universität Stuttgart habe sie für ihre Arbeit bestmögliche Bedingungen.



Timo Koch verbindet am Institut für Wasser- und Umwelt-systemmodellierung gleich zwei Interessen miteinander: Umweltschutz und Medizin. In seinem Forschungsprojekt studiert er die Ausbreitung von Medikamenten in Blutkapillaren, insbesondere den Übergang von Vene zu Gewebe. Setzen klinische Forschungen vornehmlich auf bildgebende Verfahren, wählt Koch einen anderen Ansatz. Auf einer Mikroskala simuliert er auf Basis der physikalischen Prozesse, wie sich Medikamente im Blutkreislauf verhalten. Seine Arbeit bietet so wichtige Erkenntnisse darüber, wie Medikamente gezielter zu einem bestimmten Bereich, etwa in einen Tumor, gebracht werden können. Der Exzellenzcluster Simulation Technology (SimTech) gibt ihm viele interdisziplinäre Austauschmöglichkeiten und eine hervorragende technische Basis für seine Arbeit.





Katharina Heck befasst sich mit der Wasseraufnahme von porösem Gewebe. Im Rahmen ihrer Arbeit untersucht sie auf einer sehr kleinen Skala, wie Wurzeln Flüssigkeit aufnehmen. Dabei beleuchtet sie auch das direkte Umfeld der Pflanzen, die sogenannte Rhizosphäre. In dieser finden sich oft Gele (Mucilage) wieder, die von den Wurzeln abgesondert werden und die Wasseraufnahme beeinflussen. In unterschiedlichen Simulationen entwickelt Heck ein Porennetzwerkmodell, das bei der Entwicklung wassersparender Technologien für die Agrarwirtschaft hilft. Komplexe Systeme modellhaft dazustellen, macht der 26-Jährigen besonders viel Spaß. Die institutsweite Standardsoftware des Instituts für Wasser- und Umweltsystemmodellierung und die Möglichkeiten des Exzellenzclusters Simulation Technology (SimTech) bieten dafür eine passende Grundlage.







Jannik Haas (li.) vom Wasser- und Umweltsystemmodellierung (IWS) der Universität Stuttgart untersucht, wie ein optimaler Mix aus bestehenden Energiespeichersystemen ermittelt werden kann. Sein Fokus liegt dabei auf erneuerbarer Energie, insbesondere der Wasserkraft. Unter Einbeziehung verschiedener Faktoren wie Unsicherheit, Robustheit der Anlagen, Kosten und Umweltverträglichkeit errechnet Haas bestmögliche Speicherlösungen. Seine Methode soll am Ende in ein Planungstool einfließen, mit dem Politiker die Möglichkeit haben, die Auswirkungen von Energiepolitik besser einzuschätzen und zu steuern. Energiekonzerne hingegen erhalten ein Werkzeug, das ermittelt, welche Dienstleistungen wann und wo am günstigsten angeboten werden können. Haas, der in Chile studierte, schätzt am deutschen Doktorandensystem den frühen Einstieg in die Forschung und die Betreuung. Die hohe Aktualität und Relevanz seines Forschungsthemas sowie die Kooperationsmöglichkeiten mit anderen Einrichtungen sind ihm zusätzliche Motivation. Rechts im Bild der Leiter der Abteilung Stochastische Simulation und Sicherheitsforschung für Hydrosysteme am IWS, Prof. Wolfgang Nowak.

Mit aktuellen Fotosensoren werden einzelne Pixel oder Reihen von Pixeln nacheinander statt zeitgleich belichtet. Bewegt sich das Motiv oder die Kamera, kann das zum sogenannten Rolling-Shutter-Effekt führen: Das Bild wird verzerrt. Auch unbemannte Luftfahrzeuge werden mit ähnlichen Sensoren gesteuert und können deshalb ihre eigene Position im Raum nicht richtig bestimmen. Das möchte Dr. Jan Maximilian Montenbruck vom Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik ändern. Ausgehend von einem systemtheoretischen Ansatz hat er einen Algorithmus erforscht, mit dem sich der Verzerrungseffekt auflösen lässt. An seiner Arbeit fasziniert ihn die Schnittstelle zwischen technischer Lösung und reiner Theorie. Von der Universität fühlt er sich dabei sehr unterstützt. Nicht nur deshalb, da er bei seiner Themenwahl besonders frei sei. Sondern auch, weil er als junger Doktorand im Graduiertenprogramm SimTech der Universität Stuttgart speziell gefördert wurde.





Internet-Community bewahrt Weltkulturerbe Durch den IS zerstörte Werke bleiben als 3D-Rekonstruktion virtuell erhalten

Der 26. Februar 2015 veränderte alles für Chance Coughenour, der als Doktorand am Institut für Photogrammetrie (IfP) der Universität Stuttgart arbeitet. An diesem Tag nämlich veröffentlichte die Terrormiliz „Islamischer Staat“ (IS) ein Video im Internet, das deren Kämpfer dabei zeigte, wie sie das Museum von Mossul im Irak mit seinen jahrtausendealten Statuen zerstörten. Es sollte den Ausschlag geben für einen neuen Weg des Kulturerhalts.

Spät in jener Nacht saß der 32-jährige Chance Coughenour am Computer und unterhielt sich in einer Facebook-Gruppe mit einem Kollegen aus dem EU-Projekt „Initial Training Network for Digital Cultural Heritage“ (ITN DCH). Darin forschen 16 Nachwuchswissenschaftler in acht Ländern seit Oktober 2013, wie sich das kulturelle Erbe der Menschheit digital erhalten lässt. „Warum verwendet niemand Fotos, um mit Photogrammetrie die Statuen virtuell zu rekonstruieren und in einem virtuellen Museum auszustellen?“, schrieb Matthew Vincent von der Universität von Murcia. Coughenour antwortete: „Das wäre eine tolle Antwort auf IS. Rekonstruieren, was immer sie zerstören.“ Ehe sie es sich versahen, waren die beiden mittendrin in ihrem eigenen Projekt. Innerhalb von zwei Wochen erstellten sie damals aus 16 Fotos eine dreidimensionale Rekonstruktion des Löwen von Mossul samt einer Internetseite, auf der diese Statue als erste des virtuellen Museums präsentiert wurde. Internationale Medien wie die großen spanischen und französischen Tageszeitungen „El País“ und „Le Monde“ bis hin zum britischen Sender BBC berichteten darüber. Was anfänglich unter dem Namen „Project Mosul“ lief, heißt heute „Rekrei“. Aus dem Esperanto übersetzt bedeutet das so viel wie „wiederaufbauen“. Denn längst werden auch Kulturdenkmäler andernorts erfasst. Eigentlich wollte sich Coughenour innerhalb

des EU-Projekts und in seiner Dissertation am IfP mit automatisierter 3D- und 4D-Datenerfassung mithilfe von Lasermessungen und Photogrammetrie befassen. Der junge US-Amerikaner hatte nach seinem Bachelor in Geschichte an der West Virginia University zwei Masterabschlüsse an der Universität von Leicester in England und in Spanien erworben, letzteren in virtueller Archäologie. Deshalb kam er auch ans IfP, weil „Photogrammetrie sehr wichtig für die Archäologie und unser virtuelles Erbe ist“. Das wollte er an einem Institut vertiefen, das sich mit der Weiterentwicklung und Digitalisierung der im 19. Jahrhundert erfundenen Technik befasst, bei der aus Fotografien die räumliche Form eines Objekts rekonstruiert wird.

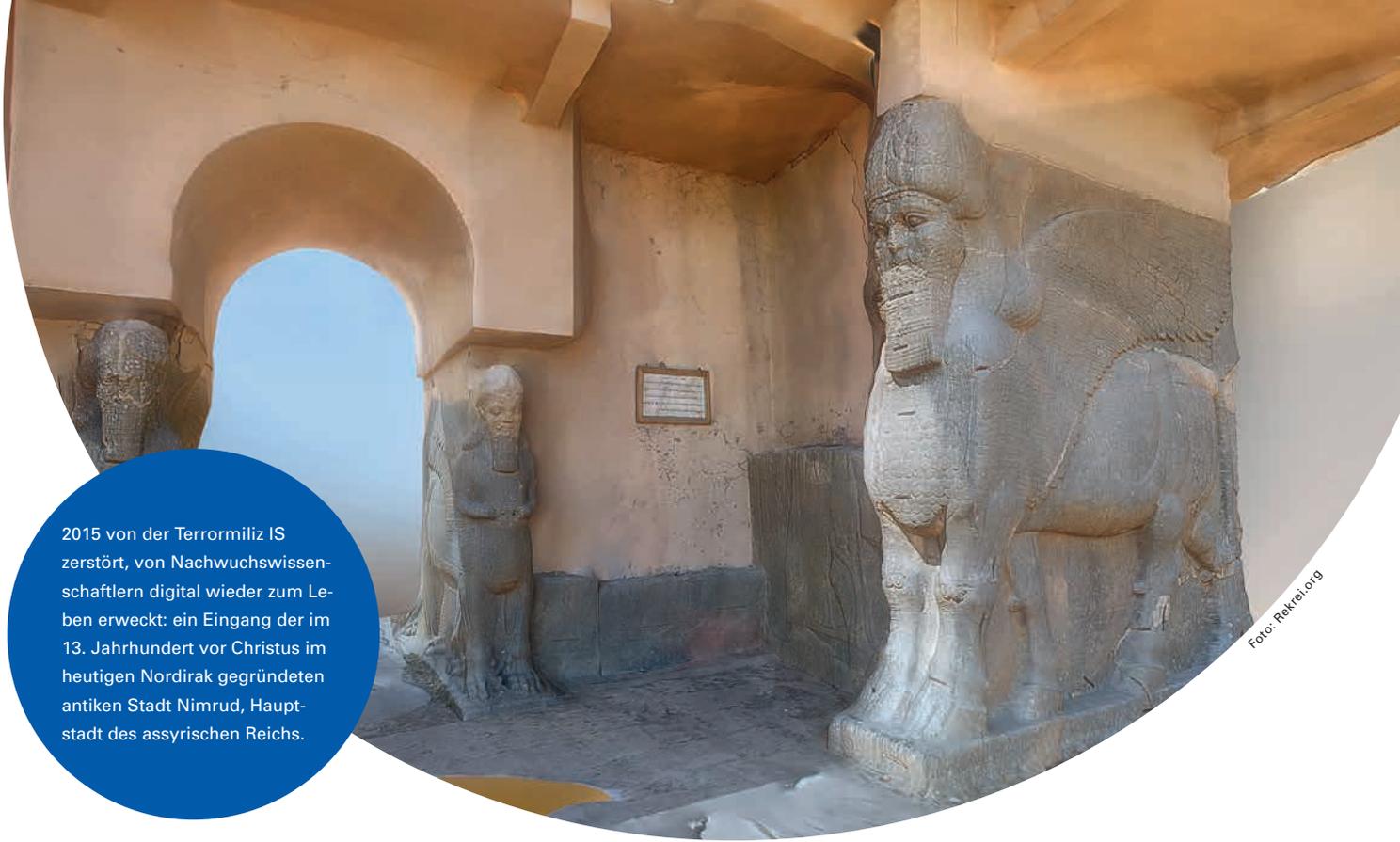
Rasch nahm das Rekrei-Projekt jedoch eine solche Dimension an, dass Coughenour einen Großteil seiner Zeit damit befasst war – und ist. „Rekrei gab den Menschen die Möglichkeit, gegen die Barbarei des IS einen kleinen Beitrag zu leisten“, sagt der Wis-



Foto: Rekrei.org

Die Trümmer der berühmten, durch den IS zerstörten Löwenkulptur aus dem Allat-Tempel der syrischen Oasenstadt Palmyra.

senschaftler. Denn die Internetplattform verbindet Crowdsourcing mit Photogrammetrie: Weltweit kann jeder Fotos von Kulturdenkmälern hochladen oder diese zu 3D-Modellen verarbeiten. Über die 3D-Plattform Sketchfab werden sie auf die Projekt-



2015 von der Terrormiliz IS zerstört, von Nachwuchswissenschaftlern digital wieder zum Leben erweckt: ein Eingang der im 13. Jahrhundert vor Christus im heutigen Nordirak gegründeten antiken Stadt Nimrud, Hauptstadt des assyrischen Reichs.

Foto: rekrei.org

seite eingebunden. „Nur durch die weite Verbreitung von Digitalkameras und Fototelefonen wurde diese Art der 3D-Rekonstruktionen überhaupt möglich“, sagt Coughenour.

Bis heute betreiben die beiden Rekrei-Gründer das Projekt allein durch Spenden, denn es ist nicht Teil ihrer Forschung für das ITN-DCH-Projekt. Allerdings steuerte Rekrei zu ihrer Arbeit rund um die Bewahrung kulturellen Erbes im Internet-Zeitalter eine zentrale Erkenntnis bei: Die freiwillige Beteiligung von Menschen weltweit ist so groß, dass es gar keines eigens für die Sammlung der Daten angestellten Teams bedarf. Bis zu 100 Mails am Tag seien in der Anfangszeit eingegangen, „darunter von 3D-Artists, die ansonsten Hollywood-Filme machen“. 364 Menschen arbeiten an Rekrei mit. Das sei auch der große Vorteil der Idee: Kein Archäologe muss hinfahren, um ein Denkmal zu sichern. Wer ein Kulturdenkmal bewahren will, hinterlegt seine Fotos auf der Internetseite rekrei.org, woraus dann jemand anderes die Animation erstellt. „3D-Modelle aus Crowdsourced-Bildern entsprechen nicht exakt dem Original“, sagt Coughenour. „Aber ist das Original ist verloren, bleibt uns zumindest eine gute Nachbildung erhalten.“ Inzwischen hat sogar die UNESCO mit ihrer Kampagne zum Erhalt kulturel-

len Erbes die Rekonstruktionen von Rekrei auf die Webseite reclaimhistory.org aufgenommen. Erst als er seine Dissertation weitgehend fertiggestellt hatte, wurde Rekrei auch Teil von Coughenours Arbeit am IfP. So betreut er beispielsweise studentische Arbeiten, von der sich eine mit der Rekonstruktion des Tempels von Palmyra befasst, der ebenfalls zerstört wurde. Chance Coughenour und Matthew Vincent entwickeln Rekrei derweil stetig weiter: Inzwischen integriert ein Tool alle relevanten Bilder aus der Fotogemeinschaft Flickr, wenn der Fotograf sie freigegeben hat. „Die Fotos, die wir brauchen, sind alle bereits im Netz“, sagt Coughenour. Der Experte für digitale Archäologie und Photogrammetrie schätzt, dass in wenigen Jahren Software zur Verfügung stehen wird, die den Prozess von der Fotosammlung zum 3D-Objekt automatisiert. Dies würde die digitale Sicherung des Weltkulturerbes enorm beschleunigen und wäre auch für andere Bereiche nutzbar. Aus Coughenours Sicht ist es daher sowohl für die öffentliche Hand als auch für Unternehmen attraktiv, Projekte wie Rekrei zu unterstützen. „Photogrammetrie wurde in Deutschland erfunden, deshalb wäre es großartig, wenn wir hier eine Finanzierungsmöglichkeit finden könnten.“

Daniel Völpel



Tiefe Einblicke

Wie sich unternehmerische Entscheidungen im menschlichen Gehirn beobachten lassen

Das Bild des rein rational handelnden Akteurs ist in den Wirtschaftswissenschaften überholt. Das gilt auch für den Bereich des Controllings, wo der Einfluss benachbarter Wissensgebiete zunimmt. Die Doktorandin Ann Tank an der Universität Stuttgart untersuchte neurobiologische Prozesse bei der Analyse betriebswirtschaftlicher Kennzahlen. Dabei setzte sie die aus der medizinischen Praxis bekannte Technik der Magnetresonanztomografie ein. Im Controlling, wo es sonst um trockene Datenanalyse geht, mag das als eine ungewöhnliche Methode erscheinen.

Jeden Tag fallen in Unternehmen Beschlüsse mit Folgen für Belegschaft, Kunden und Eigentümer. Fast immer erfolgen sie auf Basis von Kennzahlen, die eine Aussage über den Unternehmenszustand treffen. Diese Entscheidungen laufen oft nach ähnlichem Muster ab, doch sie werden von sehr unterschiedlichem Menschen getroffen. Welche Abläufe in ihrem Gehirn solche Entscheidungen steuern, damit befasst sich die Wissenschaft erst seit einigen Jahren. Auf diesem neuen Gebiet schrieb Ann Tank ihre Dissertation. Sie will beleuchten, welche neurobiologischen Prozesse bei der Analyse betriebswirtschaftlicher Kennzahlen eine Rolle spielen. Es ist ein besonderes Thema, für das sich die heute 30-Jährige entschieden hat. Es gehört zur Neuroökonomie, einer Disziplin, die derzeit an den Grenzen zwischen Wirtschaft, Biologie und Psychologie entsteht. „Ziel ist es, Prozesse, die im Körper bei unternehmerischen Entscheidungen ablaufen, objektiv und direkt messbar zu machen“, sagt Tank. Die theoretischen Grundlagen kommen bislang vor allem aus dem Neuromarketing – einem Forschungszweig, der von Unternehmen gefördert wird, die verstehen wollen, wie Kaufentscheidungen zustande kommen. Im Controlling hingegen fand Tank sehr wenig Literatur darüber.

Suche nach dem richtigen Partner

Ihre Dissertation schrieb sie am Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Controlling an der Universität Stuttgart. Dort wurden zwar schon einige Experimente zum Verhalten in ökonomischen Entscheidungssituationen durchgeführt, eine Untersuchung des menschlichen Gehirns war allerdings Neuland. Um die Aufgabe zu meistern, brauchte sie

Zusammenstellung der Hirnregionen, die bei unternehmerischen Entscheidungen aktiv sind.

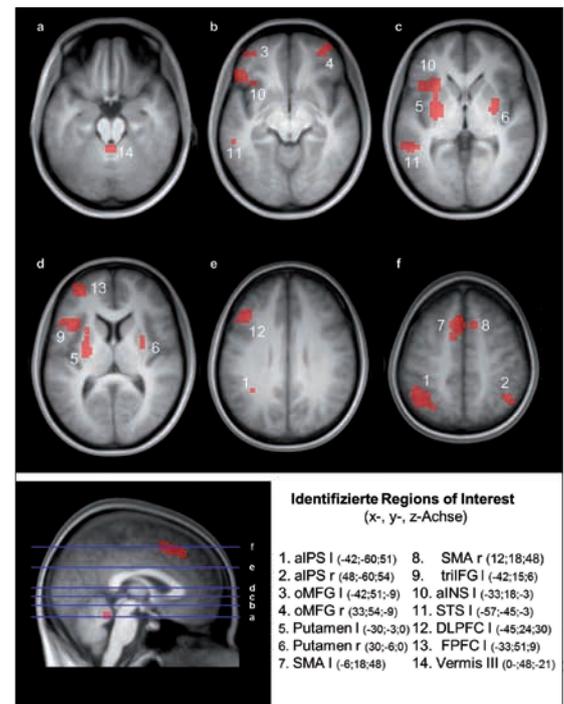


Foto: Universität Stuttgart

Partner. Eine befreundete Wissenschaftlerin erzählte ihr vom Zentrum für Neurologie des Universitätsklinikums Tübingen. Sie nahm Kontakt auf und traf Dr. Axel Lindner. Dieser leitet die Arbeitsgruppe Neurobiology of Decision Making. Sie gehört zur Abteilung Kognitive Neurologie des Hertie-Instituts für klinische Hirnforschung. Schon im ersten Gespräch



Mit Hilfe der MRT-Technik ist Doktorandin Ann Tank den neuronalen Prozessen bei unternehmerischen Entscheidungen auf der Spur.

Foto: Max Kovalenko

sprang der Funke über, Lindner begeisterte sich für Tanks Idee. Die beiden beschlossen, den neuronalen Prozessen in unternehmerischen Entscheidungen gemeinsam auf die Spur zu kommen. Mit ihm und ihrem Doktorvater Prof. Burkhard Pedell besprach Tank, wie das Projekt ablaufen sollte.

Das Experiment verlief in zwei Phasen. Am Vorexperiment beteiligten sich 125 Studierende, die sich freiwillig gemeldet hatten. Die Aufgabe sah vor, dass sie als Controller eines Werkzeugmaschinenbauers entscheiden sollten, ein Entwicklungsprojekt fortzuführen oder abzubrechen. Als Basis dienten komplexe, betriebswirtschaftliche Kennzahlen. Im Anschluss berichteten die Probanden, wie sie die Übung empfunden hatten. Sie beantworteten auch Fragen zu ihrer Erfahrung und Risikoneigung. „Anhand dieser Informationen konnten wir erste Schlüsse ziehen, welche Prozesse bei diesem Entscheidungsprozess im Gehirn ablaufen“, sagt Tank.

Wer an dem Vorexperiment teilgenommen hatte, durfte sich für die zweite Phase bewerben – eine Untersuchung mithilfe der funktionellen Magnetresonanztomografie (fMRT). Die Methode kennen Laien meist nur vom Arztbesuch. In der Neurobiologie liefert sie wichtige Daten auf sehr anschauliche Weise. Ein Magnetscanner zeichnet die Stoffwechselprozes-

se im Gehirn auf. Beginnt ein Areal zu arbeiten, wird Sauerstoff im Blut verbraucht. Dadurch verändert sich die Dichte des Blutes an dieser Stelle, wodurch magnetische Veränderungen entstehen, die dann der Scanner aufzeichnet. Die Ergebnisse lassen sich später quasi als Film darstellen. Das ist ein großer Vorteil gegenüber der bislang in ähnlichen Experimenten angewandten Elektroenzephalografie (EEG), die von der Kopfoberfläche aus die Veränderung der Hirnströme aufzeichnet.

Nicht jeder durfte an der zweiten Phase des Experiments teilnehmen. Beispielsweise führten künstliche Gelenke aus Metall, Schrauben oder Zahnstabilisatoren zum Ausschluss. Denn Metall im Körper verträgt sich nicht mit MRT. „Wir wollten auch kleinste gesundheitliche Risiken für die Probanden ausschließen“, so Tank. Die 30 ausgewählten Teilnehmer bearbeiteten ihre Aufgabe liegend in der MRT-Röhre. Der Scanner zeichnete dabei ihre Hirnaktivität auf. Wenn Areale aktiviert werden, liegt der Schluss nahe, dass sie den Entscheidungsprozess beeinflussen.

Eine Stunde in die Röhre schauen

Die Untersuchung dauerte lang. Vier Mal zwölf Minuten lang durften sich die Teilnehmer nicht rühren, der Kopf wurde solange mithilfe von Polstern sanft



Ann Tanks Grundlagenforschung belegt erstmals auch im Umfeld des Controllings neurobiologisch den Zusammenhang zwischen wirtschaftlichen Entscheidungen und Emotionalität.



Foto: Max Kovalenko

fixiert. Während sie ihre Kennzahlen auswerten, zeichnete eine für das MRT-Gerät geeignete Kamera die Bewegungen der Augen auf. Das sollte weitere Hinweise darauf geben, wie die Probanden ihre Entscheidung fällten. Wurden alle relevanten Informationen beachtet? Auf welchen Informationen lag der Fokus? – Die Aufgaben wurden über ein System von Spiegeln in die Röhre gespielt. Kurven und Zahlen waren so für die Teilnehmer gut lesbar. Anhand dieser Informationen sollten sie wie im Vorexperiment über ein Entwicklungsprojekt als Controller entscheiden. Die Antwort konnten die Probanden über einen Druckknopf geben, den sie in der Hand hielten.

Empirische Studien legten bereits nahe, dass wirtschaftliche Entscheidungen auch emotional getroffen werden. In der Arbeit von Ann Tank lässt sich dieser Zusammenhang nun zum ersten Mal auch im Umfeld des Controllings neurobiologisch belegen. Sie fand zum Beispiel heraus, dass die Qualität

der getroffenen Entscheidung in manchen Fällen mit der Aktivierung in dem beteiligten Hirnareal zusammenhängt. Darunter sind nicht nur Bereiche, die für die kognitive Verarbeitung von Informationen zuständig sind. Es zählen auch Gebiete dazu, die mit der emotionalen Bewertung von Informationen zusammenhängen können. Das Experiment brachte zudem Belege, dass die Risikoneigung die Qualität der Entscheidung in bestimmten Fällen beeinflussen kann.

Die Ergebnisse sind für Laien womöglich unspektakulär. Denn konkrete Maßnahmen für Unternehmen lassen sich daraus nicht unmittelbar ableiten. Noch nicht. Das war aber auch nicht das Ziel. Denn Tanks Dissertation ist Grundlagenforschung. Sie muss keine Antworten geben – sondern möglichst viele neue Fragen aufwerfen. Das ist wichtig. Denn dann kann ein junges Forschungsfeld wie die Neuroökonomie wachsen.

Heimo Fischer

100 Jahre Hybridwerkstoff

Neues Projekt beleuchtet Geschichte der Materialforschung

Faserverstärkte Kunststoffe sind die Trendmaterialien von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern. Doch wie ist es zur Entwicklung derartiger Werkstoffe eigentlich gekommen? Dr. Andreas Haka von der Abteilung für die Geschichte der Naturwissenschaften und Technik will dieser Frage nachgehen und hat deshalb ein Forschungsprojekt ins Leben gerufen.

Foto: Archiv des Instituts für angewandte Naturwissenschaften Dresden



Moderne Technik: Im Jahr 2002 koordinierte Volkswagen die Entwicklung einer kohlenstofffaserverstärkten Unterbodengruppe für Kleinwagen.

Auf der Suche nach hybriden Werkstoffen beleuchtet Haka einhundert Jahre werkstofftechnische Forschungs- und Entwicklungsstrategien. Erste Ergebnisse zeigen, wie stark die Entwicklung neuer Verbundstoffe im 20. Jahrhundert unterschiedliche Branchen wie die Luftfahrt und die Automobilindustrie beeinflusst haben. Bei seiner Arbeit erhält Haka nicht nur ungeahnte Einblicke in geheime Forschungsvorhaben von Konzernen und Forschungslabors, sondern spricht auch mit Wegbereitern der neuen Technologie. Die Erkenntnisse seiner Arbeit fließen schon jetzt in seine Vorlesungen ein.

Tim S. Schmidt

Neue Verbundstoffe wie glasfaserverstärktes Aluminium, Aramid Fiber-Honeycomb und kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff (CFK) haben die Entwicklung in unterschiedlichen Industriebereichen maßgeblich vorangetrieben.



Foto: Archiv des Instituts für angewandte Naturwissenschaften Dresden

**FÄHRST DU ?
CAN-BUS**

**SPRICHEST DU ?
C# / ++**

**VERLOBT MIT ?
CATIA**



ALLEN

Intelligence. Variety. Technology.

Das Studium fast in der Tasche und auf der Suche nach einem Direkt-einstieg im MINT-Bereich?

Dann reinklicken und bewerben!



de.alten.com/mint-einstieg



Foto: Kai Melde / MPI für Intelligente Systeme

3D-Zeichnen mit Tönen

Forscher des Stuttgarter Max-Planck-Instituts für intelligente Systeme und der Universität Stuttgart haben einen Weg gefunden, mit geringem Aufwand akustische Hologramme zu erzeugen. Mit einem 3D-Drucker stellten sie ein Relief aus Kunststoff her, das Schall schneller leitet als die umgebende Flüssigkeit. Je stärker die Schallwellen gegeneinander verzögert wurden, desto dicker trug der Drucker das Material auf. Mit dieser Methode zeichneten die Forscher die Friedenstaube von Picasso als akustisches Hologramm. Vor allem aber erweitern sie die Möglichkeiten, kleinste Teilchen zu manipulieren. So könnte die Qualität der Ultraschall-Diagnostik in der Medizin und der Materialdiagnostik verfeinert werden.

Brückenschlag zu nachhaltiger Mobilität

Bauen mit Holz gilt als nachhaltig. Für Brücken hatte sich der Werkstoff jedoch bislang als nicht ausreichend witterungsbeständig erwiesen. Wie sich auf der Basis neuer Konstruktionsprinzipien robuste Holzbrücken bauen lassen, die sich als Verkehrswege für die Mobilität der Zukunft eignen, ist als Prototyp auf dem Gelände der Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart zu sehen.

Die 40 Meter lange und in dieser Form weltweit einmalige „Stuttgarter Brücke“ ist das Ergebnis zweier Forschungsprojekte. Das Ziel war, neuartige Konstruktionsprinzipien und einen Anforderungskatalog für langlebige und wartungsarme Brücken aus dem nachhaltigen, CO₂-speichernden Werkstoff Holz zu entwickeln. So konzipierten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine neue Konstruktionsmethode für die Übergänge zwischen Überbau und Widerlager, um Schäden durch Wasser, Laub, Splitt oder Schnee zu vermeiden. Zudem entwickelten sie einen Brückenbelag, der den dauerhaften Erhalt der Holzbrücke garantiert.

Meinungsfreiheit ist Deutschen am wichtigsten

Die Meinungsfreiheit ist für die Bundesbürger das wichtigste Rechtsgut. Das hat eine forsa-Studie des Instituts für Sozialwissenschaften der Universität Stuttgart ergeben. Immerhin 66 Prozent der Befragten gaben an, dass eine Einschränkung ihrer freien Meinungsäußerung als negativ bewertet werde. Das Recht auf eine eigene Meinung steht dabei höher im Kurs als beispielsweise das Recht auf Selbstbestimmung über persönliche Daten oder die Religionsfreiheit. Eine Mehrheit der Bevölkerung, so das Ergebnis der Studie, sei zudem bereit, Steuererhöhungen hinzunehmen, um die Sicherheit im Land zu verbessern. Eine Kürzung von Sozialleistung zur Finanzierung von Sicherheitsmaßnahmen lehnte die Mehrheit ab. Darüber hinaus begrüßten viele Bürger eine flächendeckendere Videoüberwachung zur Verhinderung von Straftaten. Am heimischen PC möchten viele jedoch nicht stärker kontrolliert werden.

Tröpfchen im Stein

Einer Gruppe von Wissenschaftlern aus Russland, Tschechien und Deutschland ist es gelungen, Wassermoleküle so in einen Edelstein zu binden, dass sich erstmals Anzeichen von ferroelektrischer Ordnung beobachten ließen. In den Nanoröhren der Kristalle sind einzelne Wassermoleküle eingelagert, die so weit voneinander isoliert sind, dass sie keine



Foto: Universität Stuttgart/PI I

Wasserstoffbrücken mehr bilden können, aber doch nah genug, um sich elektrisch zu spüren. Mittels optischer Untersuchungen in einem weiten Spektralbereich konnten die H_2O -Moleküle direkt beobachtet werden. Die Wissenschaftler erkannten dabei, dass sich alle elektrischen Dipole ausrichten, wenn die Temperatur zum absoluten Nullpunkt von minus 273 Grad Celsius abgesenkt wird.

Die beteiligten Physiker vom 1. Physikalischen Institut der Universität Stuttgart vermuten, dass die Ferroelektrizität dieser isolierten Wassermoleküle auch in biologischen Systemen eine wichtige Rolle spielt. So eröffnet die Forschung neue Erkenntnisse auf die Funktion von Proteinen und Zellen. So könnten diese Prinzipien zum Beispiel in Brennstoffzellen, Datenspeichern, Lichtquellen und anderen elektronischen Bauteilen zur Anwendung kommen.

Umweltfreundlich: Klimatisierung für Brummis

Zum Betrieb der Klimaanlage lassen parkende Lkw bei Sommerhitze ihre Motoren laufen. Was für den Fahrer die Temperaturen erträglich macht, ist für die Umwelt eine Last: Die PS-starken Dieselmotoren verbrauchen zur Standkühlung der Kabine vier Liter Treibstoff pro Stunde, verursachen Lärm- und Abgasemissionen. Hier steckt ein gigantisches Einsparpotenzial. Seit zwei Jahren entwickelt deshalb das Institut für Thermodynamik und Wärmetechnologie der Universität Stuttgart im Auftrag der HAPPICH in Wuppertal eine umweltfreundliche Alternative. Der erste Prototyp ist bereits in Betrieb: Bei ausgeschaltetem Motor arbeitet die neue Kühltechnologie ohne Kompressor, Kühlaggregate oder Kühlmittel. Sie verursacht weder Lärm noch Abgase und verwendet ausschließlich Wasser, Abgaswärme und als Wasserdampfspeicher Zeolith – ein poröses, kapillarreiches Vulkanmineral, das auch in seiner synthetischen Form umweltfreundlich ist. Den Beweis, dass das Verfahren zur Erzeugung von Adsorptionskälte funktioniert, konnten die Stuttgarter um Dr. Henner Kerskes bereits zu Beginn des Jahres liefern. Die neue Kühltechnologie ist zum Patent angemeldet.



Foto: promobil

Pflanzenviren – jenseits von Gut und Böse

Forschung auf Nobelpreisträgertagung vorgestellt

Sie sind winzig klein, bauen Hüllen, die Architekten erblassen lassen, und können doch so verheerend sein. Während sich die Pflanzenvirologin Dr. Katharina Hipp vom Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme der Universität Stuttgart, Abteilung Molekularbiologie und Virologie der Pflanzen, mit dem Afrikanischen Maniokmosaikvirus beschäftigt, einem Schädling der Maniokpflanze, gewinnt ihre Kollegin Dr. Sabine Eiben dem Tabakmosaikvirus auch etwas Gutes ab. Viren könnten in Zukunft die Nanotechnologie beflügeln – als Basis für Sensoren, Gerüst für Gewebeersatz oder in der Krebsdiagnostik.

Katharina Hipp ist fasziniert von Geminiviren – seit dem Tag, als sie als junge Studentin einem Vortrag der Abteilung Molekularbiologie und Virologie der Pflanzen am Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme lauschte. Ihre Augen leuchten, während sie behutsam das Modell des Maniokmosaikvirus, ein Vertreter der Geminiviren, zwischen ihren Fingern dreht und wendet. Das Modell ist das Abschiedsgeschenk einer ehemaligen Diplomandin. Ausgedruckt auf einem 3D-Drucker nach der hochaufgelösten Struktur, die sie zusammen aus vielen verrauschten elektronenmikroskopischen Projektionsbildern eines Viruspartikels berechnet haben.

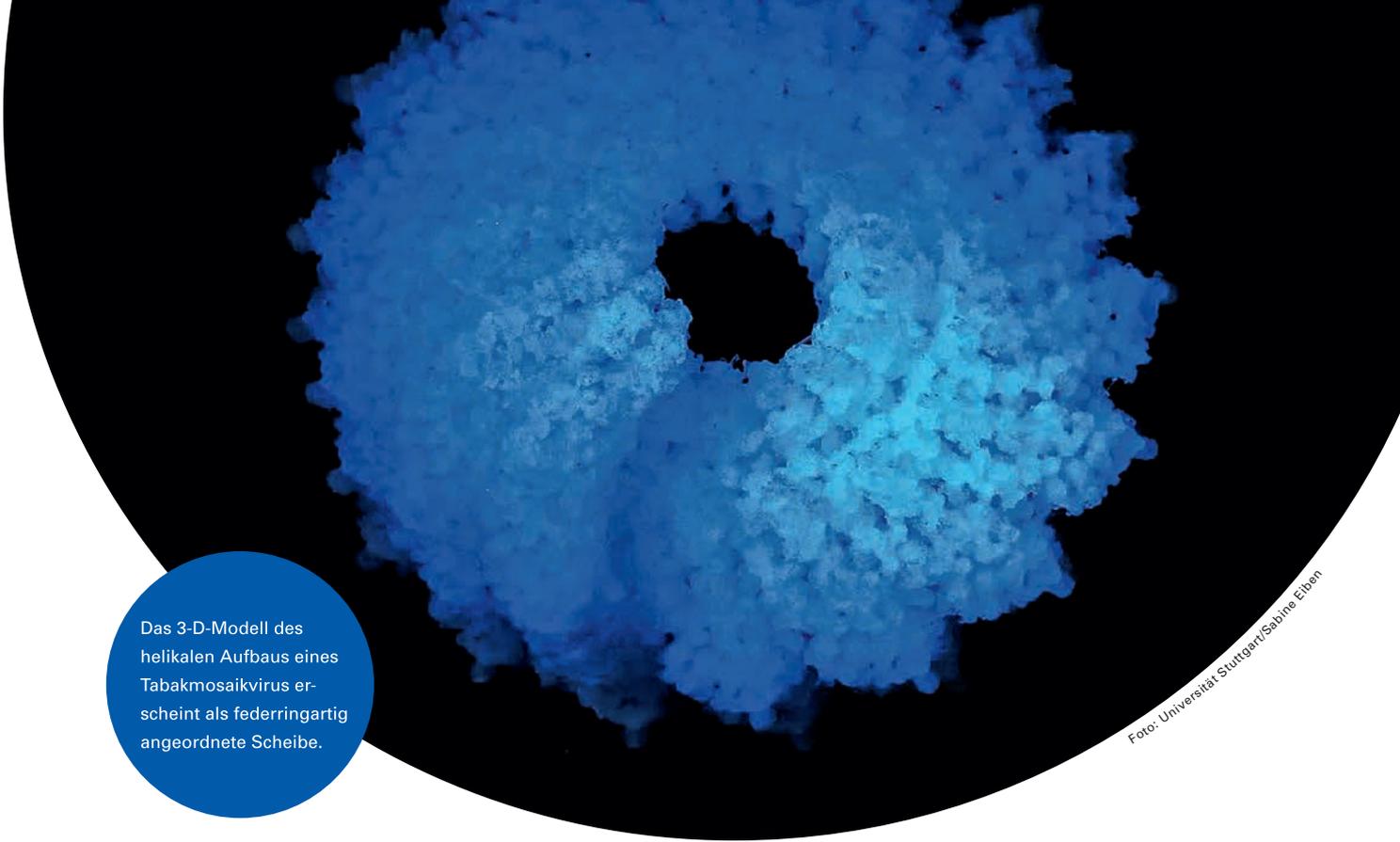
„Geminiviren sind insofern einzigartig unter den Viren, als ihre Protein-Hülle zwei unvollständige Ikosaeder ausbildet. Daher auch der lateinische Name Gemini für Zwilling“, erzählt die Biologin, die inzwischen als Postdoktorandin in der von Holger Jeske geleiteten Abteilung forscht. „Man sollte denken, dieser Zwillingpartikel bricht leichter auseinander, aber das ist nicht der Fall“, wundert sich Hipp noch heute. Normalerweise kommen Viren als Stäbchen, als fast kugelförmige Polyeder oder eben als einzelne Ikosaeder daher.

Obwohl die etwa 35 mal 20 Nanometer kleinen Geminiviren (ein Nanometer ist ein millionstel Millimeter) zu den Zwergen unter den Viren zählen und nur mit einer minimalen Ausstattung an Proteinen auskommen, verursachen sie vor allem in den Tropen und Subtropen unter vielen Nutzpflanzen erheblichen Schaden. Das Afrikanische Maniokmosaikvirus verhält sich zunächst durch ein mosaikartiges Muster aus hell- und dunkelgrünen Bereichen auf den Blättern der infizierten Maniokpflanze. Später verkümmert die gesamte Pflanze. „Die Maniokwurzel ist für viele Afrikaner und Südasiaten als Grundnahrungsmittel so wichtig wie für uns einst die Kartoffel“, betont Hipp. Da gebe es viele Kleinbauern, die Maniok hinter dem Haus anbauen, um ihre Familie zu ernähren. Fällt die Ernte durch einen Virusbefall aus, sei das für die Menschen dramatisch.

Verstehen, wie es funktioniert

Weiße Fliegen, die in den warmen Gefilden heimisch sind, übertragen das Maniokvirus beim Saugen von Pflanzensaft von einer Pflanze zur nächsten. „Wenn die Klimaerwärmung fortschreitet, könnten sich diese Geminivirenübertragenden Insekten auch in gemäßigteren Breiten ansiedeln und dort viele Viren verbreiten“, warnt die 39-Jährige. Schon heute gebe es etwa in Spanien und Italien Ernteschäden durch das „tomato yellow leaf curl virus“, ein Geminivirus, das unter anderem Tomaten und Paprika befällt. Dieses und das Afrikanische Maniokmosaikvirus gehören zu den „Top Ten“ der wichtigsten Pflanzenviren.

„Um das Virus an der Ausbreitung zu hindern, müssen wir zunächst verstehen, wie es funktioniert“, sagt Hipp. Die Biologin interessiert sich etwa dafür, wie die 110 identischen Hüllproteine des Maniokmosaikvirus miteinander interagieren, sodass sie stabile Zwillingpartikel für den Transport des viralen Erbguts bilden. Dazu möchte sie am Computer analysieren, an welcher Stelle der elektronenmikroskopisch



Das 3-D-Modell des helikalen Aufbaus eines Tabakmosaikvirus erscheint als federringartig angeordnete Scheibe.

Foto: Universität Stuttgart/Sabine Eiben

rekonstruierten 3D-Struktur die einzelnen Aminosäure-Bausteine der Hüllproteine sitzen. „Wenn ich weiß, welche Bereiche des Hüllproteins dafür wichtig sind, könnte ich gezielt Mutationen einbauen, die möglicherweise verhindern, dass Viruspartikel gebildet und dann übertragen werden“, erklärt Hipp.

Ein weiterer wunder Punkt des Virus könnte die Vielfältigkeit seiner Erbinformation sein, die es in die Pflanzenzelle einschleust. Denn dabei ist das Virus auf die Wirtszelle angewiesen. In Experimenten mit Hefezellen hat die Virologin herausgefunden, dass ein bestimmter Bereich des replikationsassoziierten Proteins aus dem Maniokmosaikvirus die Zelle dazu antreibt, das fremde Erbgut zu vermehren. Noch sind viele Fragen rund um die Struktur und Ausbreitung der Geminiviren ungelöst. „Es wäre schön, wenn wir mit unserer Grundlagenforschung dazu beitragen können, dass ein Mittel gegen diese Viren entwickelt wird“, sagt Hipp, die künftig die Elektronenmikroskopie-Einrichtung am Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie in Tübingen leiten wird.

Vom Schädling zum Nanowerkzeug

Anders als Geminiviren gehören Tabakmosaikviren zu den am besten untersuchten Viren. Dass die Tabakmosaikkrankheit durch Erreger hervorgerufen

wird, die bakteriendichte Filter passieren können, war Ende des 19. Jahrhunderts der erste Nachweis eines Virus. Heute sieht Sabine Eiben in den Tabakmosaikviren vor allem überaus nützliche Werkzeuge in der Nanobiotechnologie. Die Postdoktorandin ist Teamleiterin im Projekthaus NanoBioMater der Carl-Zeiss-Stiftung und der Universität Stuttgart und arbeitet in der gleichen Abteilung wie Katharina Hipp, in der Forschungsgruppe von Prof. Christina Wege. Die Gruppe testet Tabakmosaikvirus-basierte Nanostrukturen für verschiedene Anwendungen, denn technisch sind solche Nanostrukturen aus biologischer Materie nur schwer herstellbar.

Das Rezept klingt einfach. Man mische das Erbgut, einen Ribonukleinsäurestrang, und die Hüllproteine der Tabakmosaikviren, und schon formen sich Proteinringe wie von selbst und verpacken das Erbgut zu einer 300 Nanometer langen Röhre. Wird das Viruserbgut manipuliert, lassen sich neuartige Strukturen erschaffen: unterschiedlich lange Tabakmosaikviren, die auch bumerangförmig gebogen oder sternartig verzweigt sein können. „Wir können auch virusartige Partikel im Reagenzglas zusammenbauen, die kein infektiöses Viruserbgut mehr enthalten“, berichtet Eiben. Die effektivsten Produzenten sind aber nach wie vor Tabakpflanzen, die im Gewächs-

haus auf dem Dach des Naturwissenschaftlichen Zentrums Ii auf dem Campus Stuttgart-Vaihingen wachsen und die Sabine Eiben über eine Blattverletzung mit den Viren infiziert. Eiben greift noch tiefer in den Nanobaukasten aus der Natur, indem sie die Hüllproteine des Tabakmosaikvirus von Bakterien produzieren lässt oder gentechnisch so modifiziert, dass Enzyme, Peptide oder Nanopartikel daran bin-

Katharina Hipp mit einem Modell des Afrikanischen Maniokmosaikvirus. Auf dem Bildschirm im Hintergrund ist dessen 3D-Rekonstruktion aus elektronenmikroskopischen Bildern zu sehen.



Foto: Helmine Bräitmaier

den. Dadurch verleiht die Biologin den virusartigen Partikeln neue Funktionen. Kürzlich wurde in der Arbeitsgruppe beispielsweise der Beweis erbracht, dass Enzym-gekoppelte Viruspartikel Biosensoren zum Nachweis von Glukose erheblich verbessern können. „Durch die Viren stabilisieren wir die Enzyme und erreichen eine Oberflächenvergrößerung und damit hohe Sensitivität“, erklärt Eiben.

Unterschiedliche Funktionen

Theoretisch kann an jedes der über 2.000 Hüllproteine des Tabakmosaikvirus eine funktionelle Gruppe, etwa ein Enzym, gebunden werden. „Wir können in einem Viruspartikel verschiedene Hüllproteinvarianten auch so kombinieren, dass örtlich voneinander getrennte funktionelle Bereiche entstehen“, freut sich Eiben. Ob sich dies zu einer Konkurrenz zu etablierten Blutzucker-Messstäbchen entwickelt, werde sich noch zeigen, so Eiben, aber auch für zahlreiche andere Bereiche werden neue empfindliche Biosensoren gesucht. Denkbar wären etwa virusbasierte Sensoren, um Medikamentenrückstände oder Giftstoffe in Lebensmitteln oder Umweltproben nachzuweisen. Für Feldeffekttransistoren, wie sie als Schaltelemente in jedem Computer zu finden sind, hat Eiben ebenfalls Viruspartikel hergestellt, an denen sich bereits bei Raumtemperatur elektrisch leitende Metalloxide abscheiden. Bisher waren dafür Temperaturen von über 400 Grad Celsius nötig, sodass nur temperaturbeständige Materialien als Transistorträger verwendet werden konnten. Dank der gasempfindlichen Metalloxidschicht könnten die virusbestückten Feldeffekttransistoren künftig auch genutzt werden, um etwa Methan in der Umgebungsluft zu detektieren.

Im interdisziplinären Projekthaus NanoBioMater erforscht Eiben zusammen mit Materialforschern, Verfahrenstechnikern und Chemikern Tabakmosaikviren in Hydrogelen für biokompatible Materialien, etwa zur Produktion von Gewebeersatz. Die Viren könnten als Gerüst für Zellen und Wachstumsfaktoren dienen oder um Kalziumphosphat abzuscheiden, das die Grundsubstanz unserer Knochen ist.

Ein Virus, das begeistert

Das Tabakmosaikvirus inspiriert Sabine Eiben immer wieder. Zu neuen Anwendungsideen, aber auch zu künstlerischen Bildern, die nun über ihrem Bü-

Foto: Staatsministerium Baden-Württemberg/ Uli Regenscheid



Sabine Eiben (li.) und Christina Wege (Mitte) präsentieren ihre Forschungsarbeit im Rahmen der Nobelpreisträgertagung.

roschreibatisch hängen. Auf Einladung des baden-württembergischen Kompetenznetzes für funktionelle Nanostrukturen durfte Eiben zusammen mit ihrer Chefin Christina Wege die Forschung der Arbeitsgruppe bei der Abschlussveranstaltung der diesjährigen Nobelpreisträgertagung präsentieren: Mit einem Stand waren sie auf der Bodenseerundfahrt des Landes am 1. Juli vertreten. „Obwohl die Tagung dieses Jahr der Physik gewidmet war, kamen sehr viele Leute vorbei, die sich für unsere biologischen Arbeiten im Grenzbereich zu physikalischen, chemischen und technischen

Anwendungen interessiert haben“, schwärmt Eiben, die sich noch lebhaft an die lockere und angenehme Atmosphäre erinnert. Als eine der weltweit wenigen Pflanzenvirologinnen, die sich auch noch mit Nanotechnologie beschäftigen, gilt sie immer noch als Exotin in der Forscherwelt.

Helmine Braitmaier



GUT KLIMATISIERTE ELEKTRONIK

Elektronische Bauteile in Schaltschränken sind im Außenbereich oft Temperaturschwankungen und unterschiedlichen Klimabedingungen ausgesetzt. Damit die empfindliche Technik selbst unter den extremsten Bedingungen zuverlässig funktioniert, ist eine effektive Klimatisierung notwendig. STEGO Elektrotechnik in Schwäbisch Hall sorgt mit innovativen Lösungen jederzeit weltweit für die richtige Atmosphäre im Schaltschrank.

1980 gegründet, entwickelte sich STEGO Elektrotechnik dank neuer anwendungsorientierter Ideen zu einem weltweit tätigen Unternehmen mit derzeit rund 150 Beschäftigten in 12 Ländern. Qualität, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit lauten die Erfolgsfaktoren. German Engineering sowie ausgeprägte Kundenorientierung haben maßgeblich Anteil daran, dass STEGO zu den führenden Unternehmen der Branche zählt.

Auch in den Bereichen Heizen, Kühlen, Regeln und Beleuchten setzt der Spezialist für Thermal Management immer wieder Akzente für optimale Klimabedingungen in elektronischen und elektrischen Anwendungen und wird so seinem Unternehmensslogan gerecht: Einfach innovativ. Sicher besser.



Ein Gehirn für das Internet der Dinge

Die Plattform „meSchup“ verbindet Geräte – schnell und unkompliziert

Wie lassen sich viele verschiedene Geräte mit ihren jeweiligen Eigenschaften und Schnittstellen in ein Netzwerk einbinden, sodass jedes von ihnen die Sensoren und Funktionen der anderen mit nutzen kann? Auf diese Kernfrage des Internets der Dinge hat Thomas Kubitz, seines Zeichens Doktorand am Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme (VIS) der Universität Stuttgart, eine Antwort entwickelt.

Schon seit Jahren geistern die abenteuerlichsten Ideen des „Internet of Things“ (IoT) durch die Öffentlichkeit. Dazu zählen Anwendungen wie etwa der Kühlschrank, der selbst Lebensmittel nachbestellt, oder der Tablet-Computer, der Rezepte zu den noch vorhandenen Zutaten anzeigt. „Das Smartphone mit seinen vernetzenden Eigenschaften ist hier nur der Anfang“, sagt Thomas Kubitz. „Die Vision ist, dass wir Hunderte vernetzte Geräte in der Umgebung haben, die mit unterschiedlichen Fähigkeiten ausgestattet sind. Diese miteinander zu kombinieren, wird uns völlig neue Möglichkeiten erschließen, die das alltägliche Leben neu organisieren.“

Bislang benötigten Entwickler mehrere Wochen, bis sie verschiedenen Apparaten beigebracht hatten, miteinander zu kommunizieren. Darum haben sich Kubitz und seine Gruppe in den vergangenen drei Jahren auf die Entwicklung der Plattform „meSchup“ konzentriert. Mit ihr lassen sich Geräte innerhalb weniger Minuten zusammenschließen. Die Software dazu steckt in einem Gehäuse, das etwas größer ist als eine Getränkedose. Ans Stromnetz angeschlossen, baut dieser Hub, der über alle gängigen Funk- und Kabelanschlüsse verfügt, ein eigenes WLAN auf. Um auf die Benutzeroberfläche zuzugreifen, braucht es lediglich einen Internetbrowser. Der „Smart Things Pool“ zeigt dort alle Geräte an, die das System gefunden hat. Um etwa ein Smartphone

ins System einzubinden, wird es einfach kurz auf die Dose gelegt, und schon wird es automatisch erkannt. Die Plattform selbst verwendet die gängige Programmiersprache JavaScript. Kubitz demonstriert, was damit möglich ist: Tippt er sein Handy an, erfasst „meSchup“ die Aktion und beschreibt diese automatisch als Programmierzeile. Anschließend schüttelt der Forscher einen kleinen Würfel, der

Schnell. Smart. Vernetzt: Mit Hilfe der Plattform „meSchup“ lassen sich Geräte innerhalb weniger Minuten über WLAN zusammenschließen.



Foto: Kubitz meSchup

auf dem Tisch liegt, und verknüpft ihn auf diese Weise mit der Antipp-Funktion des Handys. Der per WLAN verbundene Würfel leuchtet nun bei jedem Tippen auf.

Das ist aber nur die Vorführfunktion. In der komplexen Vernetzung von Dingen sind dem System praktisch keine Grenzen gesetzt. Denn anders als bei typischen IoT-Anwendungen muss die Software für jeden Gerätetyp nur einmal in „meSchup“ aufgespielt werden. Für IoT-Netze in Büro- und Industrieumgebungen oder auch zu Hause ist das eine enorme Erleichterung, weil in die Geräte vor Ort nicht bei jeder Änderung eingegriffen werden muss. Schließt man den Hub an ein bestehendes Netzwerk an, nutzt er automatisch dessen Infrastruktur.

Neben Kubitzas eigenen Ideen stecken vier Masterarbeiten in „meSchup“. Eine große Zahl von studentischen Hilfskräften trug ebenso zu dieser Plattform bei. So zum Beispiel Kubitzas Kollege Norman Pohl, der die mobile Sensor-Hardware mitentwickelte. In seiner eigenen Dissertation geht Kubitzas der Frage nach, wie man es Endnutzern, die keine Programmiererfahrung haben, ermöglichen kann, IoT-Anwendungen zu realisieren.

Am VIS ist der junge Wissenschaftler seit 2013 für den Stuttgarter Anteil im EU-Projekt „Material EncounterS with digital Cultural Heritage“ (meSch) zuständig. Er war nach dem Masterabschluss seinem Doktorvater, dem Institutsleiter Prof. Albrecht Schmidt von der Uni Duisburg-Essen, in die Landeshauptstadt von Baden-Württemberg gefolgt. In „meSch“ entwickelten wissenschaftliche Institute und Museen aus sechs europäischen Ländern interaktive Techniken für Ausstellungen. Das VIS sollte die Soft- und Hardware liefern. Seine Alltagstauglichkeit bewies „meSchup“ im populärwissenschaftlichen Museum „Museum“ in Den Haag: Bei der dortigen Schau zum Atlantikwall wählten die Besucher je nach gewünschter Perspektive ein smartes, also mit digitaler Technologie ausgestattetes Objekt, über das sie ihr individuelles interaktives Besichtigungsprogramm starteten.

Ende Januar 2017 läuft „meSch“ aus. Nun sucht Kubitzas nach weiteren Mitgründern, um „meSchup“ mit einem Start-up auf den Markt zu bringen. Das Internet der Dinge wäre damit nur noch wenige Klicks entfernt.

Daniel Völpel

Ein kleines Wunder Wie 3D-Druck die Fertigung von Minioptiken revolutioniert

Eine optische Linse, kleiner als ein Tausendstel Millimeter, hergestellt mit einem Laser, dessen Pulse kürzer als eine Millionstel Sekunde sind, eingesetzt für Endoskope, feiner als ein menschliches Haar. Was ein wenig klingt, wie die Fortsetzung des Films „Liebling, ich habe die Kinder geschrumpft“ aus dem Jahr 1989, ist mehr als drei Jahrzehnte später Wirklichkeit. Harald Giessen, Leiter des 4. Physikalischen Instituts, und sein junges Forscherteam bewegen sich in anderen Dimensionen, wenn sie in ihrem Hightech-Labor an der Universität Stuttgart-Vaihingen am Werk sind. Und was sie entwickelt haben, ist eine „kleine“ wissenschaftliche Sensation: Mikroobjektive im 3D-Druck.

Mit bloßem Auge sind sie kaum erkennbar – doch sie wiederum erkennen alles. Die Anwendungen, die sich daraus ergeben, sind unendlich. Autonome Roboter mit Minisensoren, Handys mit Rundum-Kameras, Spionagebrillen, scharfe, digitale Augen für Fahrzeuge oder kleinste Flugobjekte. Besonders in der Medizintechnik bedeuten die Minioptiken einen Durchbruch. Im Bereich der minimalinvasiven Diagnostik und Eingriffe, wo die Medizintechnik bisher an gewisse Grenzen stieß, eröffnen sich nun mit superschlanken Endoskopen neue Möglichkeiten. So können Organe und Bereiche des Körpers untersucht werden, die bisher unerreichbar waren. Zum Beispiel der Tränenkanal des Auges, das Innere einer Zahnwurzel oder eine Mittelohrdiagnostik über ein nur 100 Mikrometer großes Loch im Trommelfell. Dabei werden die kompletten Endoskop-Optiken aus einem Guss gefertigt, indem die Linse schon beim Druck direkt auf einer winzigen Glasfaser platziert wird und damit die Linsenhalterung direkt mit entsteht. Der 3D-Drucker, mit dem die optischen Linsen hergestellt werden, hat mit der herkömmlichen

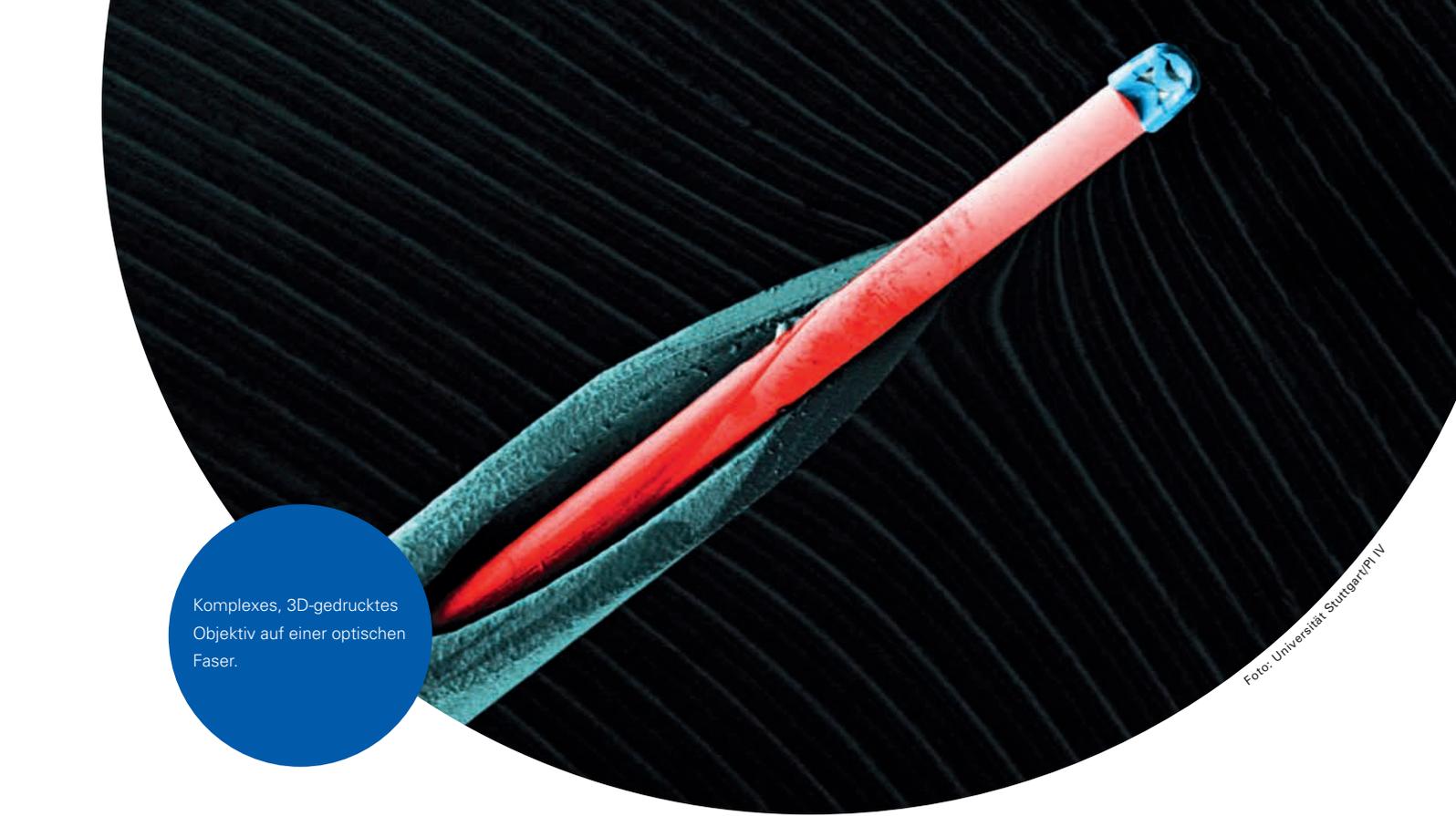
Vorstellung eines Druckers wenig gemein. Die Basis der Linse ist flüssiger Fotolack, der auf einem Glasplättchen oder einer Glasfaser platziert wird. Fest wird dieser mithilfe eines Verfahrens, das Harald Giessen scherzhaft den „Zahnarzt-Trick“ nennt: mit UV-Licht. Allerdings nicht mit blauem, sondern mit rotem Licht.

2 x Rot = Blau

Da blaues UV-Licht alles fest macht, was sich in dessen Lichtkegel befindet, musste eine präzisere Methode gefunden werden. Die Lösung ist ein Femtosekundenlaser. Dieser sendet Lichtimpulse aus, dessen Dauer ein Tausendstel einer Millionstel Millionstel Sekunde beträgt. „Das ist so lange wie ein Elektron ungefähr braucht, um hundertmal um ein Atom herum zukreisen“, erklärt Harald Giessen. Mit einer Pulsdauer von weniger als 100 Femtosekunden wird der Laser mithilfe eines Mikroskops auf den flüssigen Fotolack fokussiert. Zwei Photonen des roten Laserstrahls treffen sich gleichzeitig im Brennpunkt und belichten diesen. Dadurch härtet der Lack aus. Für den wissenschaftlichen Laien erklärt Giessen es so: „Wenn das Polymer die zwei roten Lichtteilchen sieht, denkt es, das ist doch genauso gut wie ein blaues. Zweimal rot gibt also blau.“ Durch serielles Aushärten werden die Linsen Punkt für Punkt in der gewünschten Form abgefahren, über 1.000 Schichten pro Stunde. Auf diese Weise können auch die komplexesten Bauteile schnell und einfach realisiert werden. In einer Präzision, die es sogar erlaubt, Freiformflächen herzustellen.

Vom Stier zur Linse

Der Grundstein dieser Methode wurde früh gelegt: Sie basiert auf der Zwei-Photonen-Absorption, die bereits 1931 die Nobel-Preisträgerin Maria Goppert-Mayer entdeckte. Um die Jahrtausendwende härtete der japanische Wissenschaftler Satoshi Kawata erstmals mit einem Femtosekundenlaser



Komplexes, 3D-gedrucktes
Objektiv auf einer optischen
Faser.

Foto: Universität Stuttgart/PI IV

Fotolack und stellte damit alle möglichen Formen her – vom Stier bis zur nackten Frau. Aber aus irgendwelchen Gründen seien sie die ersten gewesen, so Giessen, die auf die Idee kamen, Objektive zu drucken und auf Glasfasern zu platzieren. „Man fragt sich schon, warum das noch keiner gemacht hat, manchmal liegt das Gute so nah.“

Wer die „heiligen Hallen“, in denen die Linsen gedruckt werden, zu Gesicht bekommt, darf sich dabei als privilegiert bezeichnen. Denn die Maschinen, die sich darin befinden, sind laut Giessen mehrere Millionen Euro wert. Allein der hochpräzise 3D-Drucker mit dem integrierten Femtosekundenlaser des Karlsruher Start-up-Unternehmens Nanoscribe kostet knapp eine halbe Million Euro. „In keinem anderen Labor in der Welt kann man so etwas sehen“, beschreibt Giessen begeistert diese Schatzkammer der besonderen Art. Inzwischen sind darin mehrere hundert Linsen im 3D-Druck entstanden.

Interdisziplinäres Team

Den Anfang machte Giessens ehemaliger Doktorand Timo Gissibl, dessen Arbeit nun der Masterstudent Simon Ristock fortsetzt. Die Baupläne zu den Linsen erstellt inzwischen der Doktorand Simon Thiele aus der Arbeitsgruppe von Alois Herkommer am

Institut für Technische Optik. Das Forscherteam rund um Giessen war zuvor an einem Punkt angekommen, an dem es in seiner Disziplin nicht nach seinen Vorstellungen weiterkam, also suchte es den Austausch mit dem benachbarten Institut. „Das kann man alles ausrechnen ...“ kündigte Thiele an und hielt Wort: In nur einem Tag war das erste Design entworfen und gedruckt – und Harald Giessen überzeugt. „Simon wusste, wie man gute Optik-Designs macht. So sind wir ins Geschäft gekommen.“ Insgesamt besteht das Team aus zehn Forschern, die interdisziplinär im Stuttgarter Zentrum für Photonic Engineering (SCoPE) an dem Projekt arbeiten. Vom Optik-Design über 3D-Druck-Experten bis hin zu den Bereichen Material, Vermessung und Ansteuerung durch Mechatroniker und Elektroniker.

Revolutionär schnelle Ergebnisse

Das Ergebnis ist klein. Sehr klein. Um die Auflösung der Linse zu testen, arbeiten die Wissenschaftler mit der sogenannten „Airforce Test Target Skala“. Ein Testbild, das von der US Airforce gestaltet wurde, um das Auflösungsvermögen von optischen Instrumenten überprüfen zu können. Mit einem Blick durch das Mikroskop im Labor sieht man, was „Simons 35ste Linse“ kann. Das Bild ist klar, selbst die

Mit bloßem Auge kaum erkennbar: ein Multi-linsensystem umgeben von vier zusammengesetzten Einzellinsen und fünf Salzkristallen.

Foto: Universität Stuttgart/PI IV



feinsten Striche sind zu erkennen. Sie hat damit eine ähnliche Performance wie ein Profi-Mikroskop-Objektiv, kostet aber nur einen Bruchteil davon. Dabei ist laut Giessen das eigentlich Revolutionäre nicht die Größe oder die geringeren Kosten, sondern die Geschwindigkeit. „Von der Idee über das Optikdesign bis zum CAD-Modell brauchen wir nur einen Tag. Das ist für uns als Naturwissenschaftler und Physiker schon etwas ganz Besonderes. So schnell sind wir noch nie in die Anwendung gekommen.“ Auf die Frage, wie oft sie neue Linsen drucken, kommt die Antwort der drei Forscher wie aus einem Mund: „So oft es geht.“ Eine Linse dauert ein bis drei Stunden, sodass in einer Nacht bis zu zehn Stück entstehen können. Eine „größere“ Linse dauert hingegen ungefähr zehn Stunden. Auch mehrlinsige Objektive für Abbildungen in höchster Qualität sowie Freiformoptiken werden auf diese Weise erstmals möglich. „Das ist Computer-aided Manufacturing übertragen auf die Optik“, fasst Giessen zusammen.

Kleine Linsen, riesige Nachfrage

Das Projekt wird im Rahmen der „Spitzenforschungs-Initiative“ der Baden-Württemberg-Stiftung gefördert. Als die Daten „unter Dach und Fach“ waren, wurden verschiedene Aspekte beinahe zeitgleich in diversen Publikationen veröffentlicht. „Das war wie ein Donnerschlag“, erzählt Giessen: „Das Telefon stand nicht mehr still!“ Es kamen so viele Anfragen aus der gesamten Welt, dass Simon Ristock eine Datenbank anlegen musste. Bereits jetzt besteht eine enge Zusammenarbeit mit mehre-

ren Industrieunternehmen, unter anderem mit dem Hightechunternehmen Trumpf, der Firma Carl Zeiss aus Oberkochen, die die Forscher in allen Belangen der Optik berät, und dem Tuttlinger Medizintechnikunternehmen Storz, Weltmarktführer im Bereich der Endoskopie. Eine Aufgabenstellung von diesem war beispielsweise, eine Linse für die Endoskopie herzustellen, die alle Bereiche ausleuchtet. Eine Woche später war die Aufgabe gelöst: gleichmäßig ausgeleuchtete und hoch aufgelöste Bilder. Ein Projekt, wo für das Unternehmen nach eigener Aussage mindestens ein halbes Jahr brauchen würde. „Wir waren happy – und Storz natürlich auch.“

Viele Perspektiven

An ihrem Ziel sind die Forscher aber noch lange nicht. Sowohl in der Methodik als auch in den Anwendungsfeldern steckt noch Potenzial. So arbeitet die Forschungsgruppe aktuell daran, die Linse direkt auf einen Mikrochip zu drucken. Angebracht auf solch einem CMOS-Chip, ließen sich kompakte Sensoren herstellen, beispielsweise für Minidrohnen. In der Endoskopie sind die Haltbarkeit und die Abbildung in naturgetreuen Farben und ohne Reflexion noch eine Herausforderung, an der die Wissenschaftler „mit gewissen Tricks“ aktuell arbeiten. Dabei ist das Projekt ein Paradebeispiel für die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren und Physikern, Forschung und Industrie. So hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Forscher zusammen mit ihren Industriepartnern mit einem neuen Verbundprojekt von über zwei Millionen Euro belohnt, das von vier Physik-Instituten koordiniert wird. „Jeder Einzelne hätte dieses Ergebnis ohne den anderen nicht erreichen können. So ein Zusammenspiel gibt es nur hier in der Region Stuttgart“, fasst Giessen zusammen. Schon jetzt kann man von einer neuen Ära in der Fertigung von Miniaturoptiken sprechen.

Katja Welte

Ein erfolgreicher Fehler Vom photonischen Bauelement zum Sensor

Penicillin, Teflon, Sekundenkleber – oder die Entdeckung Amerikas. Vermeintliche Fehlschüsse führten nicht selten zu großen Errungenschaften. Man spricht in diesem Zusammenhang von Serendipität, einer zufälligen Beobachtung von etwas ursprünglich nicht Gesuchtem, das sich als neue und überraschende Entdeckung erweist. Eine solche machte auch die Gruppe von Promovierenden am Institut für Elektrische und Optische Nachrichtentechnik der Universität Stuttgart. Entstanden ist ein Sensor, mit dem sich Substanzen aller Art nachweisen lassen.

Gegenstand ihrer Forschung sind – eigentlich – photonische Bauelemente für die optische Nachrichtentechnik. So entwickelten die Forscherinnen und Forscher komplexe optische Sende- und Empfangsstrukturen auf Siliziumscheiben, was vor allem für die Eindämmung des Energieverbrauchs bei der Datenübertragung im Internet und der Telekommunikation von großer Bedeutung ist. Was bei ihrer Forschungsarbeit jedoch in Messungen zutage kam, hatten sie so nicht erwartet. „Idealerweise stimmen Simulation und Messungen im Experiment überein. Oft gibt es natürlich auch Abweichungen. In dem Fall war es aber so, dass wir wirklich sehr, sehr seltsame Messungen erhalten haben“, sagt Dr. Wolfgang Vogel, Akademischer Oberrat am Institut für Elektrische und Optische Nachrichtentechnik (INT). Mit detektivischer Arbeit versuchten die Forscher, Schritt für Schritt ein System hinter den Messungen zu erkennen. Das wiederum kann von zahlreichen Faktoren abhängen: Material, Umgebung und Höhe der Wellenleiter, die Positionierung der Glasfasern auf die Gitterkoppler – selbst ob es morgens oder abends, warm oder kalt ist oder ob jemand gerade durch das Labor geht, kann die Messungen beeinflussen. Es folgten unzählige Messungen, Versuche

und Gespräche, unter anderem beim Doktorandenseminar, bei dem der wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut, Niklas Hoppe, das Ganze präsentierte. „Man sieht natürlich lieber schöne Ergebnisse, als sich eine Stunde einen Vortrag anzuhören über das, was nicht funktioniert hat. Aber letztlich hat der Austausch darüber die Erkenntnis gebracht“, erläutert Vogel.

Aus Fehlern lernen...

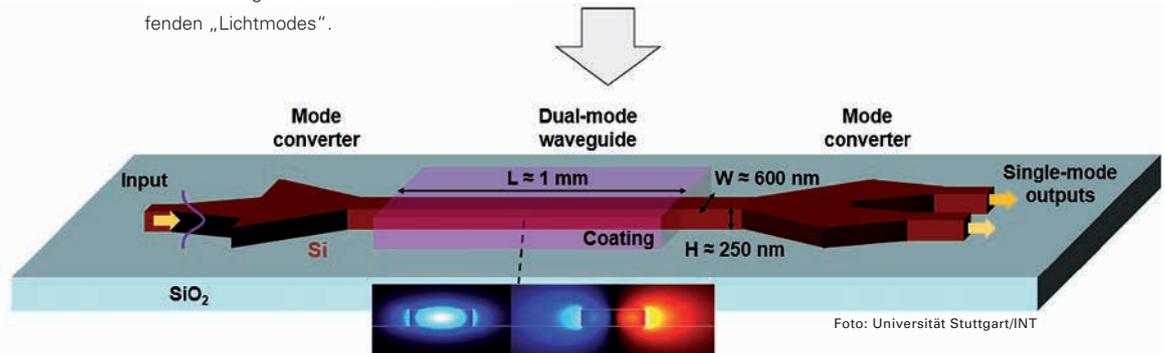
Diese Erkenntnis klingt zunächst simpel: Die Teststruktur besteht – extrem vereinfacht dargestellt – darin, Licht in einen Chip hinein und wieder heraus zu befördern. Dazu benutzt man sogenannte Gitterkoppler, periodisch strukturierte Elemente, die das Licht aufnehmen bzw. wieder abgeben, und verbindet diese mit einem Wellenleiter. Dieser war schlichtweg größer geworden, als ursprünglich angelegt. So entstand Spielraum für eine zweite Lichtmode. Wenn sich diese unterschiedlichen Lichtstrahlen treffen, gibt es Interferenzen. „Uns hat es erstaunt, wie viel Kummer so ein scheinbar einfacher Wellenleiter bereiten kann, aber auch, was sich daraus machen lässt ...“, sagt Vogel. Denn die Doktoranden kamen der Ursache nicht nur auf die Spur, sondern erkannten, dass man das Phänomen, das eigentlich die Messungen stört, gezielt dazu nutzen kann, einen Sensor zu bauen. Die Idee wurde weiterentwickelt und sie nahmen Kontakt zum Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP auf, das sich unter anderem mit funktionalen Schichten für die Sensorik beschäftigt. „Wir können die sensitiven Schichten herstellen und das INT kann es auslesen“, erklärt Dr. Monika Bach, Leiterin der Chemischen Grenzflächenverfahrens-

In dem Reaktorbecken liegt ein SOI-Chip mit Interferometer-Strukturen. Zwei Fasern kontaktieren die Gitterkoppler auf dem Chip zur optischen Ein- und Auskopplung.



Foto: Universität Stuttgart/INT

Die Grafik zeigt ein Interferometer, das mit einer funktionalen Schicht Zielmoleküle absorbiert und eine Simulation der elektrischen Feldverteilung der den Wellenleiter durchlaufenden „Lichtmoden“.



technik. Die beiden Disziplinen eines materialorientierten und elektrotechnischen Instituts vereint hat der Verfahrenstechnikstudent Pascal Scheck in seiner Masterarbeit. Mit dem Hintergrundwissen aus seinem Studium und dem Messaufbau von Niklas Hoppe im Labor des INT näherten sich die Forscher im permanenten Austausch der Nutzung des Phänomens, um einen neuen Sensor zu entwickeln.

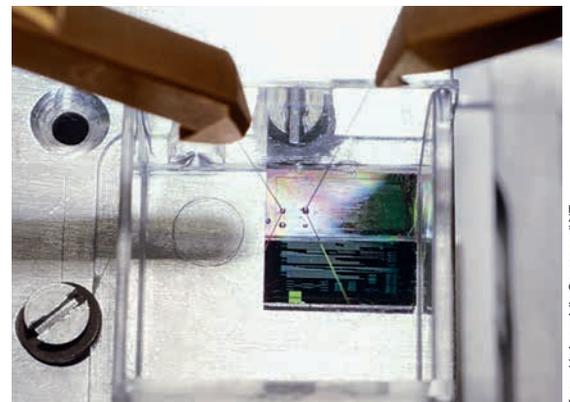
... und einen Sensor bauen

Der Sensor funktioniert nach einem Schlüssel-Schloss-Prinzip. Der Chip wird mit einer Polymerschicht überzogen. Diese trägt nach dem Prinzip des molekularen Prägens molekulspezifische Erkennungsstellen durch Abbildung bestimmter chemischer Strukturen in Form eines Negativabdrucks in dem ausgehärteten Polymer. Während bei der Messung andere Moleküle darüber „wandern“, lagert sich das entsprechende Molekül an der Polymerschicht an. Dadurch ändert sich die optische Eigenschaft des Polymers und dies kommt in der Messung zum Vorschein. So ist der Sensor in der Lage, beliebige Substanzen schon in geringster Konzentration nachzuweisen. Es wäre somit denkbar, ein komplettes Labor auf einem Minichip aufzubauen (Lab-on-a-chip), d. h. eine Vielzahl von Sensoren mit unterschiedlichen Schichten darauf zu platzieren und mit nur einer Messung mehrere Hundert verschiedene Substanzen nachzuweisen. Ob Medizin oder Umweltanalytik, von Blutbildern bis hin zu Chemikalien. Der Sensor zeichnet sich zudem da-

durch aus, dass er winzig klein und gleichzeitig extrem robust ist und sogar wiederverwendet werden kann. Im nächsten Schritt möchten die Forscher in Zusammenarbeit mit potenziellen Industriepartnern Prototypen für entsprechende Anwendungen entwickeln, aber auch Anträge auf Forschungsförderung stellen, um durch weitere Experimente die Grundlagen noch besser zu verstehen.

Forschen, ausprobieren, kombinieren

Das von den jungen Wissenschaftlern „gefundene“ Sensorprinzip ist zwar nicht völlig neu, sondern in der Literatur bereits bekannt. Den Weg jedoch, wie es entstand, beschreibt Vogel als bemerkenswert.



Beim Blick von oben ins Reaktorbecken sind Fasern zu sehen, die in die Flüssigkeit ragen, und ein beschichteter Chip, auf dem integrierte Wellenleiter und Bauelemente schimmern.

„Man wird ja mit der Zeit etwas betriebsblind und forscht immer in der Richtung weiter, die man eingeschlagen hat. Dass durch die erfolgreiche Zusammenarbeit von zwei völlig voneinander unabhängigen Instituten hier in Stuttgart in so kurzer Zeit ein neuer Weg beschritten werden kann, ist außergewöhnlich.“ Es zeigt vor allen Dingen, wie eine Idee entstehen kann, und wie aus ihrer Realität wird, wenn man die vielen Möglichkeiten innerhalb der Universität fachübergreifend zusammenbringt und nutzt. „Ich würde mir wünschen, dass es mehr Möglichkeiten und Formate gibt, an solchen explorativen Ideen gemeinsam mit anderen Instituten zu arbeiten. Dafür braucht es gar nicht viele finanzielle Mittel. Wir haben hier in Stuttgart die besten

Voraussetzungen, nutzen sie jedoch noch zu wenig. Innerhalb unserer Disziplinen sind wir schon sehr gut; es geht vor allem darum, unsere Kompetenzen an den Schnittstellen zu anderen Disziplinen zu erweitern“, so Bach. Ein Fachartikel über die Ergebnisse der Zusammenarbeit wurde aktuell vom renommierten IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics akzeptiert und wird in Kürze veröffentlicht. Zielorientiert forschen oder wild ausprobieren? Komplexitätsforscher haben herausgefunden, dass Fortschritt entsteht, wenn viele kleine Schritte und einige wenige hoch spekulative Gedankensprünge zusammenkommen. Es braucht also beides.

Katja Welte

**Wenn Sie bei Reinräumen nicht nur an die Kehrwoche denken ...
... schauen Sie doch mal auf unserer Karriereseite vorbei!**



M+W GROUP

Wir suchen ständig motivierte und qualifizierte

Ingenieure und Techniker (m/w)



Mit weltweit rund 6.000 Mitarbeitern und einem Umsatz von 3,0 Milliarden Euro ist die M+W Group ein führender Anbieter integrierter Lösungen für industrielle Hightech-Produktionsanlagen in der Elektronik-, Pharma-, Chemie- und Energiebranche. Als Tochterunternehmen ist die M+W Products GmbH an den Standorten Stuttgart, Shanghai und Üstü vertreten. Dort entwickeln und fertigen ca. 250 Mitarbeiter hochwertige Produkte und kundenspezifische Lösungen im Bereich Reinraum- und Präzisionsklimatechnik. Weitere Informationen zu unserem Unternehmen und unseren offenen Stellen finden Sie unter www.mwgroup.net/career.

Die Natur als Vorbild

Von der Grille zum behaarten Flugzeugflügel

Es ist die große Vision der Ingenieure: höchste Treibstoffeffizienz bei Flugzeugen, Autos und Zügen dank nahezu turbulenzfreier Oberflächenströmung. Dazu ist allerdings noch viel Grundlagenforschung mit bisher sehr aufwendigen Forschungsmethoden notwendig. Gabriel Axtmann vom Institut für Aerodynamik und Gasdynamik der Universität Stuttgart arbeitet an einer Lösung, die nicht nur die Strömungsmessung erleichtert, sondern auch technisch leicht umzusetzen wäre. Dazu nimmt sich der Doktorand die Natur zum Vorbild – ganz speziell: die Grille.

Die Grille kann mithilfe von feinen Härchen an ihren Hinterleibsanhängen **A** akustische Wellen aus der Umgebung wahrnehmen und interpretieren. Das ist überlebensnotwendig: Je nachdem, wie Druckwellen die sensorischen Härchen verbiegen, kann die Grille zum Beispiel einschätzen, wie groß und gefährlich ein sich näherndes Objekt ist. Dieses Prinzip nutzt Gabriel Axtmann für seine Forschungsarbeit.

Die Grundidee lässt sich am Beispiel eines Flugzeugflügels verdeutlichen. Im Mittelpunkt des Forscherinteresses steht die Schwelle, an der laminare Strömung in turbulente Strömung umschlägt **B**. Der erste große Schritt ist, diesen sogenannten Transitionspunkt sichtbar zu machen und zu interpretieren. Die Experimente dazu führte der Ingenieur ausschließlich am Computer durch – ein Vorteil gegenüber aufwendigen Strömungsmessmethoden wie der „Particle Image Velocimetry“ (PIV). In Axtmanns Forschungsdesign sind die Härchen als mathematisches Gitternetz dargestellt. Auf diese Matrix treffen virtuelle Wirbel. Je nachdem, welche Form, Geschwindigkeit und Ausbreitung diese Wirbel aufweisen, biegen sich die Härchen auf eine spezifische Weise **C**. Deren sensorische Reaktion

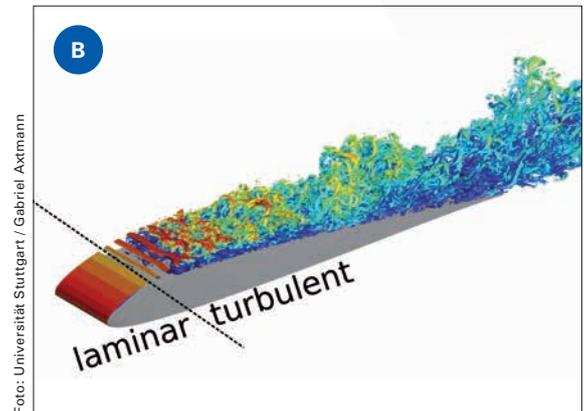


Foto: Universität Stuttgart / Gabriel Axtmann

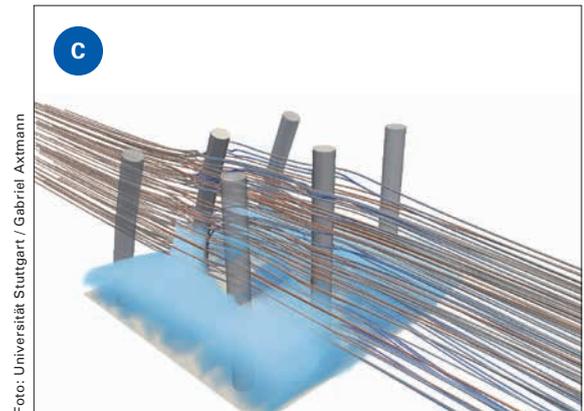


Foto: Universität Stuttgart / Gabriel Axtmann

spiegeln also das Strömungsereignis wider. Die programmierten Algorithmen können so Strömungsunterschiede erkennen und damit den Transitionspunkt bestimmen.

Im nächsten Schritt untersucht der Nachwuchsforscher, wie Flügel laminar konstruiert werden können. Die Idee: Die Härchen reagieren nicht nur, sondern wirken aktiv auf die Strömung ein. Etwa indem sie steifer oder vibrierend modelliert werden. So können sie einen Impuls zurückgeben, der die Strömung mit Energie auflädt und sie dadurch dazu bringt, länger an der Oberfläche zu haften.



Foto: Fotolia

Die Bionik befasst sich mit der kreativen Übertragung von Naturphänomenen auf die Technik. Diesem interdisziplinären Forschungsfeld liegt die Idee zugrunde, dass sich in der belebten Natur durch die evolutionären Entwicklungen Strukturen, Prozesse und Lösungen herausgebildet haben, die der Mensch – systematisch auf technische Objekte und Verfahren angewandt – nutzen kann. Auch an der Universität Stuttgart spielt die Bionik in vielen Forschungsbereichen eine wichtige Rolle.

Die Folge: Der Transitionsunkt verschiebt sich. In der Praxis könnten Flugzeugflügel an definierten Stellen mit Haarteppichen beklebt werden, die dann auf die Strömung einwirken und den Flügel deutlich treibstoffeffizienter machen. Die Idee ist auch auf Züge, Autos, Ventilatoren, stationäre Gasturbinen und Windenergieanlagen übertragbar. Ihr Ursprung aber liegt in der Natur – bei einer einfachen Grille.

Linny Bieber

Es menschtelt

Bei Internationalisierung und Wandel in Unternehmen spielen die Mitarbeiter eine entscheidende Rolle

International erfolgreich zu sein und zu bleiben ist für Unternehmen eine der großen Herausforderungen der Gegenwart. Rasch und flexibel auf Veränderungen im unternehmerischen Umfeld zu reagieren, eine andere. Die beiden jungen Betriebswirte Dr. Corinna Elosge vom Lehrstuhl für Internationales und Strategisches Management (BWI) und Christian Mahringer vom Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Organisation (ABWL) der Universität Stuttgart untersuchen, wie sich diese Herausforderungen meistern lassen. Dabei stellen sie immer wieder fest, dass die Rolle Einzelner entscheidend ist für das große Ganze.

Die Welt der Unternehmen ist immer in Bewegung. Konzerne kaufen Konkurrenten, stoßen Sparten ab und gründen Niederlassungen. Eingeführte Firmen und Start-ups entwickeln neue Technologien und passen sich dem wandelnden Wettbewerb an. Das zeigt sich derzeit in der Autoindustrie, wo Traditionskonzerne mit „fachfremden“ Konkurrenten wie Apple und Google kämpfen – aber auch in der IT-Branche, in der das Tempo der Innovationen ständig steigt. Die Fähigkeit, im globalen Wandel mitzuhalten, wird zum wichtigsten Erfolgsfaktor eines Unternehmens.

Das Handeln der Individuen

Welche Voraussetzungen Unternehmen erfüllen müssen, um diese Fähigkeit auszubauen, damit beschäftigen sich junge Forschende an betriebswirtschaftlichen Lehrstühlen der Universität Stuttgart. Sie legen den Schwerpunkt aber nicht nur auf Marktanalysen, Strategiepapiere oder Unternehmenszahlen, sondern sie untersuchen vor allem die Rolle der Menschen, die in den Unternehmen arbeiten. Sie wollen wissen, wie das Handeln von Individuen die Wandlungsfähigkeit ihrer Firma beeinflusst.

Die Macht sitzt an der Spitze

Dr. Corinna Elosge ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Internationales und Strategisches Management der Universität Stuttgart, wo sie auch ihre Dissertation geschrieben hat. Sie gehört zum Team um Prof. Michael-Jörg Oesterle, das erforscht, wie und mit welchen Methoden Unternehmen in Auslandsmärkte eintreten und welche Länder sie warum ansteuern. Dieses Gebiet bildet den Rahmen ihrer Arbeit. Das Thema ist virulent: Immerhin machen deutsche Konzerne rund 70 Prozent ihres Umsatzes in fremden Ländern. In Branchen wie dem Maschinen- und Anlagenbau erzielen selbst mittelständische Unternehmen einen bedeutenden Anteil ihres Erlöses außerhalb des Heimatmarkts.

In ihrer Doktorarbeit hat Elosge untersucht, wie sich der Wechsel des Konzernchefs auf die internationale Entwicklung eines Unternehmens auswirkt. Die Spitzenführungskraft ist zwar kein Alleinherrscher, aber sie hat großen Einfluss auf die Strategie. Selbst in deutschen Unternehmen haben Vorstandsvorsitzende – trotz des vorgesehenen Kollegialprinzips – eine starke Position. „Mit ihren Erfahrungen und Wertvorstellungen werden sie als maßgebliche Gestalter wahrgenommen“, konnte Corinna Elosge beobachten.

In ihrer Dissertation stellte sie unter anderem die Häufigkeit der Führungswechsel dem Internationalisierungsgrad des Unternehmens gegenüber. Um den Internationalisierungsgrad zu bestimmen, errechnete sie für alle untersuchten Unternehmen den Auslandsanteil am Gesamtumsatz.

Um diese Aufgabe zu bewältigen, brauchte sie Daten. Viele Daten. Am Anfang der Arbeit stand also erst einmal eine umfassende Recherche.

Corinna Elosge konzentrierte sich dabei auf mehr als 100 große deutsche Unternehmen. Zum Glück konnte sie hier auf einen Datensatz zurückgreifen, der in früheren Jahren für ein anderes wissenschaftliches Projekt zusammengestellt worden war. Die



Die Fähigkeit, im globalen Wandel mitzuhalten, wird zum wichtigsten Erfolgsfaktor eines Unternehmens.

darin enthaltenen Informationen mussten allerdings aktualisiert werden. Die Wissenschaftlerin vergrub sich also in Datenbanken und Archiven, denn die von den Unternehmen veröffentlichten Geschäftsberichte brachten sie nicht immer weiter. „Das war ein Exkurs in die jüngere Wirtschaftsgeschichte“, berichtet sie. Denn nicht alle Unternehmen der ursprünglichen Stichprobe hatten die Jahre überlebt. Ehemals große Firmen wie Hoechst, Mannesmann oder Degussa gibt es in der damaligen Form nicht mehr. „Panelsterblichkeit“ nennen Fachleute diesen Effekt. Mit Ende ihrer Recherchen lagen die Daten für die 102 größten deutschen produzierenden Unternehmen für die Zeit von 1990 bis 2012 vor. Diesen Datensatz wertete Elosge mit verschiedenen statistischen Verfahren aus. Dabei prüfte sie mehrere Hypothesen. Sie wollte zum Beispiel wissen, ob die Amtsdauer eines Vorstands einen Einfluss auf die internationale Entwicklung eines Unternehmens hat. Sie untersuchte, wie sich die Häufigkeit der Wechsel auswirkt und welche Rolle es spielt, ob der neue Chef aus dem eigenen Konzern oder von außen kommt.

Frischer Wind für Internationalisierung

Die Unternehmen interessieren sich für solche Fragen, denn ihnen ist bewusst, wie viel Einfluss ein

Vorstandsvorsitzender hat. Im Falle eines anstehenden Führungswechsels wird der potenzielle Nachfolger entweder im eigenen Unternehmen aufgebaut und an die künftige Aufgabe herangeführt oder diskret von außen rekrutiert. Beide Vorgehensweisen sind in der betriebswirtschaftlichen Forschung bekannt. „Im internationalen Kontext wurden sie aber bislang nur wenig untersucht“, sagt Elosge. In ihrer Dissertation zeigt sie, dass es einen Zusammenhang gibt zwischen der Anzahl an Führungswechseln und dem Internationalisierungsgrad eines Unternehmens. Grafisch lässt er sich als ein U darstellen, das auf dem Kopf steht. Unternehmen richten sich also oft internationaler aus, wenn an der Spitze eine neue Person steht. Frischer Schwung führt offenbar zu einem stärkeren Auslandsgeschäft. „Dieser Effekt lässt sich aber nicht grenzenlos steigern“, sagt die Betriebswirtschaftlerin. Wird die Person an der Spitze zu oft ausgetauscht, kommt die Internationalisierung ins Stocken.

Wenn branchenfremde Manager von außen an die Spitze eines Unternehmens berufen werden, beeinflusst das ebenfalls die Internationalisierung. Der Auslandsanteil wächst dann häufig nicht mehr konstant: Er verändert sich in unterschiedlichem Maß, manchmal mit deutlichen Ausschlägen. Eine

Erklärung dafür ist, dass externe Manager zwar neue Erfahrungen mitbringen, die eine Internationalisierung vorantreiben. Sie sorgen aber auch für Unsicherheit. Corinna Elosge: „Zu viele Veränderungen wirken sich negativ aus.“

Ein Grund für Turbulenzen kann im Verhalten einer Führungsperson liegen. Belege für diese These finden sich auch in der Praxis. Ein Beispiel sind hier grenzüberschreitende Fusionen. Selbst Unternehmen, die sich hervorragend ergänzen, finden oft nicht zusammen, weil die Spitzenkräfte nicht miteinander klarkommen. Diese menschlichen Defizite sind gefährlich für Konzerne: Sie verhindern, dass sich Unternehmen schnell auf veränderte Marktbedingungen einstellen.

Neues Wissen für Veränderung

Das gilt jedoch nicht nur in der Führungsetage, sondern im gesamten Unternehmen. Für das Management ist es deshalb wichtig zu wissen, wie einzelne Mitarbeiter die Wandlungsfähigkeit ihrer Firma stärken können – etwa indem sie mitdenken und Chancen erkennen. Kurz: indem sie unternehmerisch handeln. Mit Themen wie diesen beschäftigt sich Christian Mahringer. Der 27-jährige Wissenschaftler arbeitet am Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Organisation der Universität Stuttgart bei Prof. Birgit Renzl. Er erforscht einen Bereich, den Betriebswirte Dynamic Capabilities nennen. Es geht darum, wie sich Unternehmen in Zeiten des Wandels ständig neu anpassen und weiterentwickeln können. Dafür müssen ihre Mitarbeiter zum einen immer neues Wissen ins Unternehmen einbringen. Um es sinnvoll einzusetzen, müssen sie aber auch in der Lage sein einzuschätzen, für wen dieses Wissen relevant ist.

Die menschlichen Seiten der Betriebswirtschaftslehre – sie faszinieren Mahringer seit dem ersten Tag an der Hochschule. Er begann sein Studium an der Universität Hohenheim, spezialisierte sich schnell

auf den Bereich Wirtschaftspsychologie. „Mich hat das Handeln von Individuen im unternehmerischen Kontext immer am meisten interessiert.“ Später promovierte er in der Nähe von Salzburg. Als seine Professorin einen Ruf an die Universität Stuttgart erhielt, fragt sie ihn, ob er mitkommen wolle. Er sagte zu. Keine 30 Jahre alt, erzielte Mahringer als Wissenschaftler bereits einige Erfolge. So trägt er Teile seiner Forschungsarbeit auf internationalen wissenschaftlichen Konferenzen vor und die angesehene European Academy of Management (EURAM) hat ihn kürzlich ausgezeichnet.

Wissensbörse auf dem Golfrazen

Wie ein für seinen Fachbereich typisches Forschungsprojekt aussehen kann, zeigt folgende Fallstudie: Grundlage ist eine Umfrage bei einem Unternehmen, das Maschinen zur Verpackung von Arzneimitteln anbietet. Ein hoch spezialisierter Markt: Es gibt wenige Wettbewerber und lediglich eine Handvoll Kunden. Springt einer ab, macht sich das sofort am Umsatz bemerkbar. Ein einziger Fehler im Vertrieb kann spürbare Folgen haben.

Beschäftigte des Unternehmens wurden nach Ereignissen befragt, die sie als herausragenden Erfolg ansehen. Diese Informationen sollten zeigen, wie Unternehmen externes Wissen integrieren können. Eine absichtlich weitgefaste Problemstellung. „Auf diese Weise wollten wir offen bleiben für neue Themen und Fragen für kommende Forschungsprojekte formulieren“, erläutert Mahringer. Die Antworten brachten interessante Details zutage. Ein Teilnehmer erzählte etwa, wie sein Kunde eine Verpackungsmaschine auf eigene Faust weiterentwickelte, da die gewünschte Variante nicht angeboten wurde. „Für den Lieferanten war das eine überaus wichtige Information“, sagt Mahringer. Aber: Diese Information hatte der Vertriebsmitarbeiter nur deshalb bekommen, weil er ein vertrauensvolles Verhältnis zu diesem Kunden pflegte. „Das Beispiel zeigt, wie wichtig

Die EMAG Gruppe ist einer der bedeutendsten Hersteller multifunktionaler Fertigungssysteme für die Bearbeitung präziser Metallteile. Ob Drehmaschinen, Schleifmaschinen, Verzahnungsmaschinen, Laserschweißmaschinen, Härtemaschinen oder elektrochemische Metallbearbeitung – die EMAG Gruppe bietet für nahezu jeden Anwendungsfall maßgeschneiderte und innovative Fertigungslösungen auf höchstem Niveau.

Wir suchen zur weiteren Verstärkung unseres Teams in Gaildorf

UG/NX Konstrukteur m/w für Freiformflächen

Ihr Aufgabengebiet:

- Konstruktion von Werkzeugen / Vorrichtungen
- Freiformflächenmodellierung von 3D-Geometrien an Strömungsbauteilen
- Konstruktive Integration von Werkzeugen in ECM-Maschinen mit unterschiedlichen kinematischen Bewegungskonzepten
- Modellierung von Werkzeuggeometrien die durch Softwareunterstützung iteriert wurden
- Fluidsimulation von ECM-Werkzeugen

Ihre Qualifikation:

- Bachelor- oder Masterstudium im Bereich Maschinenbau
- Erfahrung in der Konstruktion von Werkzeugen
- Sicherer Umgang mit UG / NX
- Vorteilhafterweise Erfahrung in Strömungssimulation
- Idealerweise Erfahrung in der Freiformflächenmodellierung
- Gute Englischkenntnisse

Softwareentwickler m/w

Ihr Aufgabengebiet:

- Erstellung und Inbetriebnahme von Software für Werkzeugmaschinen und Automatisierung
- Inbetriebnahme im Werk und bei Kunden im In- und Ausland
- Projektbetreuung und Programmierung der Steuerungstechnik von ECM-Anlagen

Ihre Qualifikation:

- Erfolgreich abgeschlossenes Studium oder Ausbildung als Techniker – Fachrichtung Elektro- bzw. Automatisierungstechnik oder eine vergleichbare Qualifikation
- Sehr gute Kenntnisse in der SPS Programmierung mit Siemens Simatic Manager S7/TIA Portal
- Kenntnisse in der Inbetriebnahme von Sinumerik-Steuerung (840DsI)
- Kenntnisse im Bereich der Antriebstechnik
- Analytische und strukturierte Arbeitsweise
- Gute Englischkenntnisse
- Sicheres Auftreten und selbständige Arbeitsweise
- Reisebereitschaft

Es erwartet Sie eine vielseitige und herausfordernde Aufgabe in einem modernen Unternehmen mit einer gelebten werteorientierten Führungskultur.

Kontakt: EMAG ECM GmbH, A.-R.-Wieland-Str. 2, D-74405 Gaildorf, Tel.: +49 (0)7971/9620-3202, E-Mail: ecm-hr@emag.com, www.emag.com

der persönlicher Kontakt ist“, meint Mahringer. Das bestätigten weitere Teilnehmer der Studie. Einige betonten, dass die oftmals belächelten Treffen auf dem Golfplatz die besten Gelegenheiten seien, um sich mit Partnern, Kunden und Lieferanten auszutauschen.

In Mahringers Forschungsarbeit geht es nicht allein darum, wie Unternehmen Wissen sammeln können. Die Informationen müssen auch effizient genutzt werden – und zwar genau von den Personen, für die sie nützlich sind. Die Informationstechnik stellt dafür Hilfsmittel zur Verfügung. Informationen lassen sich beispielsweise digital einfach und übersichtlich darstellen. „Es genügt allerdings nicht, sie einfach nur per E-Mail rumzuschicken und darauf zu vertrauen, dass die relevanten Informationen die passenden Personen erreichen“, sagt Mahringer. Denn die Erfahrung zeigt, dass gerade komplexe Datensammlungen in den wenigsten Fällen ausgewertet werden. Sie erfüllen dennoch ihren Zweck – „wenn sie als Grundlage für ein Gespräch dienen“. Gespräche, dies wird in der Arbeit des Wissenschaftlers immer wieder deutlich, sind ein zentrales Element

für gelungene Veränderungsprozesse. Wichtig ist jedoch, dass sie aufrichtig und zielorientiert geführt werden. „Wenn sie nur pro forma stattfinden, sind sie nutzlos“, so Mahringer. Es muss darum gehen, zu erfahren, was der jeweilige Mitarbeiter wirklich denkt, was er braucht und wie er ein Problem einschätzt. Und Beschäftigte müssen das Gefühl haben, wirklich etwas bewirken zu können, damit sie den Change mit beflügeln. „Sonst ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Veränderungsprozess scheitert, sehr hoch.“

Heimo Fischer

Hilfe zur Selbsthilfe – zu jeder Zeit Studierende erforschen 200 Jahre Wohlfahrts- geschichte in Baden-Württemberg

Kann es in der 200-jährigen Geschichte einer wohltätigen Einrichtung einen Kerngedanken geben, der den unterschiedlichsten politischen Strömungen und gesellschaftlichen Anforderungen der Zeitgeschichte trotzt? Dieser Frage ging das Team um Prof. Sabine Holtz vom Historischen Institut der Universität Stuttgart, Abteilung Landesgeschichte, nach. Das Ergebnis ist ein von fünf Studentinnen gemeinsam mit promovierten beziehungsweise habilitierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern gestalteter Band, der anlässlich des 200-Jahre-Jubiläums des Wohlfahrtswerks für Baden-Württemberg erscheint.

Herkömmliche historische Zusammenfassungen bilden oft eine Chronologie ab. Das Buch mit dem Titel „Hilfe zur Selbsthilfe. 200 Jahre Wohlfahrtswerk für Baden-Württemberg“ dagegen beleuchtet Sabine Holtz einzelne Etappen aus 200 Jahren Geschichte. Ebenfalls außergewöhnlich ist die Methode des forschenden Lehrens und Lernens, nach der die Jubiläumsschrift entstand: „Kern dieser Methode ist es, nicht nur Informationen zur Rezeption bereitzustellen, sondern die Inhalte gemeinsam zu erarbeiten – und das anhand von Archivquellen, die bisher noch niemand herangezogen hat“, erläutert Sabine Holtz. „Damit leiten wir Studierende an, als selbstständig Forschende tätig zu werden. Dieser Gedanke der Selbstständigkeit und Individualität taucht auch inhaltlich in der Publikation auf – als wesentliche Grundpfeiler des Wohlfahrtswerks, einer Stiftung bürgerlichen Rechts.“

Moderne Ansätze im 19. Jahrhundert

2013 kamen Vertreter des Wohlfahrtswerks mit dem Wunsch auf Holtz zu, den Jubiläumsband zu erstellen. Diese Idee nahm die Historikerin mit in

ihr Hauptseminar, welches das Thema „Sozialwesen und Wohlfahrtspflege im Königreich Württemberg“ behandelte. Fünf Studentinnen des insgesamt 27-köpfigen Kurses ließen sich für eine Mitarbeit an diesem Werk begeistern. Die größte Herausforderung: Alle Quellen aus dem 19. Jahrhundert sind rein handschriftlich überliefert. „Was es bedeutet,

„Unter dem Protektorat der Königin“: Auch der Schwäbische Frauenverein wurde von Königin Katharina von Württemberg unterstützt – und ehrte die Wohltäterin unter anderem mit Postkarten.



Foto: Stadtarchiv Stuttgart, Postkarten H 137

mit diesen alten Schriften zu arbeiten, sollte nicht unterschätzt werden: Sie zu entziffern ist viel aufwendiger, als mit gedruckten Quellen zu arbeiten oder vorhandene Forschungen zusammenzufassen“,

„Den Sprung wagen“ FlixBus-Chef Jochen Engert wollte schon immer Unternehmer sein

Jochen Engert ist Unternehmensberater und arbeitet an seiner Promotion, als 2011 die Liberalisierung des Fernbusmarkts im Raum steht. Gemeinsam mit zwei Freunden ergreift der damals 29-jährige Absolvent der Universität Stuttgart die Chance: Er gründet ein Start-up. Heute dominiert das Fernbusunternehmen FlixBus, den Markt. Mit digitalen Strategien, günstigen Tickets und viel Gefühl für den Lebensstil einer jungen Zielgruppe.

Auf den ersten Blick ist der Stuttgarter Alumnus kein typischer Risikotyp. „Wohlbehütet“, so Jochen Engert, sei er in Gosmannsdorf am Main aufgewachsen, einem 1.000-Seelen-Ort bei Ochsenfurt in Unterfranken, mit enger Familienanbindung und Aktivitäten im Fußballverein. Nach der Schule folgt die Bundeswehr. Die Wahl des Studienfachs trifft er mit Bedacht. „Ich wollte einen Mix aus Wirtschafts- und Technikbezug“, erinnert sich der 34-Jährige. „Im Fach ‚Technische Betriebswirtschaftslehre‘ an der Universität Stuttgart war das möglich. Ein vollwertiges Wirtschaftsstudium mit Technikbezug war genau das, was ich wollte.“

Alles läuft wie am Schnürchen

Sein Studium gestaltet er strategisch und zielbewusst, um „möglichst viel inhaltlich mitzunehmen“. An der Hochschule – mit zwei Auslandssemestern an der University of Ottawa – vertieft er die Fächer Controlling und Finance, lernt Organisationen mit konzernartigen Strukturen zu managen. Besonders die Unternehmensberatung weckt sein Interesse: Schon als Student sammelt er in diesem Bereich Praxiserfahrung. Nach dem Diplom steigt Jochen Engert bei der Boston Consulting Group (BCG) ein. Als Consultant betreut er weltweit Kunden, genießt zweieinhalb Jahre lang die Vielfalt an Projekten

und Themen. Alles läuft wie am Schnürchen. Der BWL-Absolvent steuert erfolgreich auf eine sichere berufliche Zukunft zu. 2010 geht er ins Sabbatical, um an der Otto Beisheim School of Management in Vallendar an einer Doktorarbeit zum Thema „Industrial Service Pricing“ zu arbeiten. Doch schon zu der Zeit schlummert unter der Oberfläche noch eine völlig andere Idee.

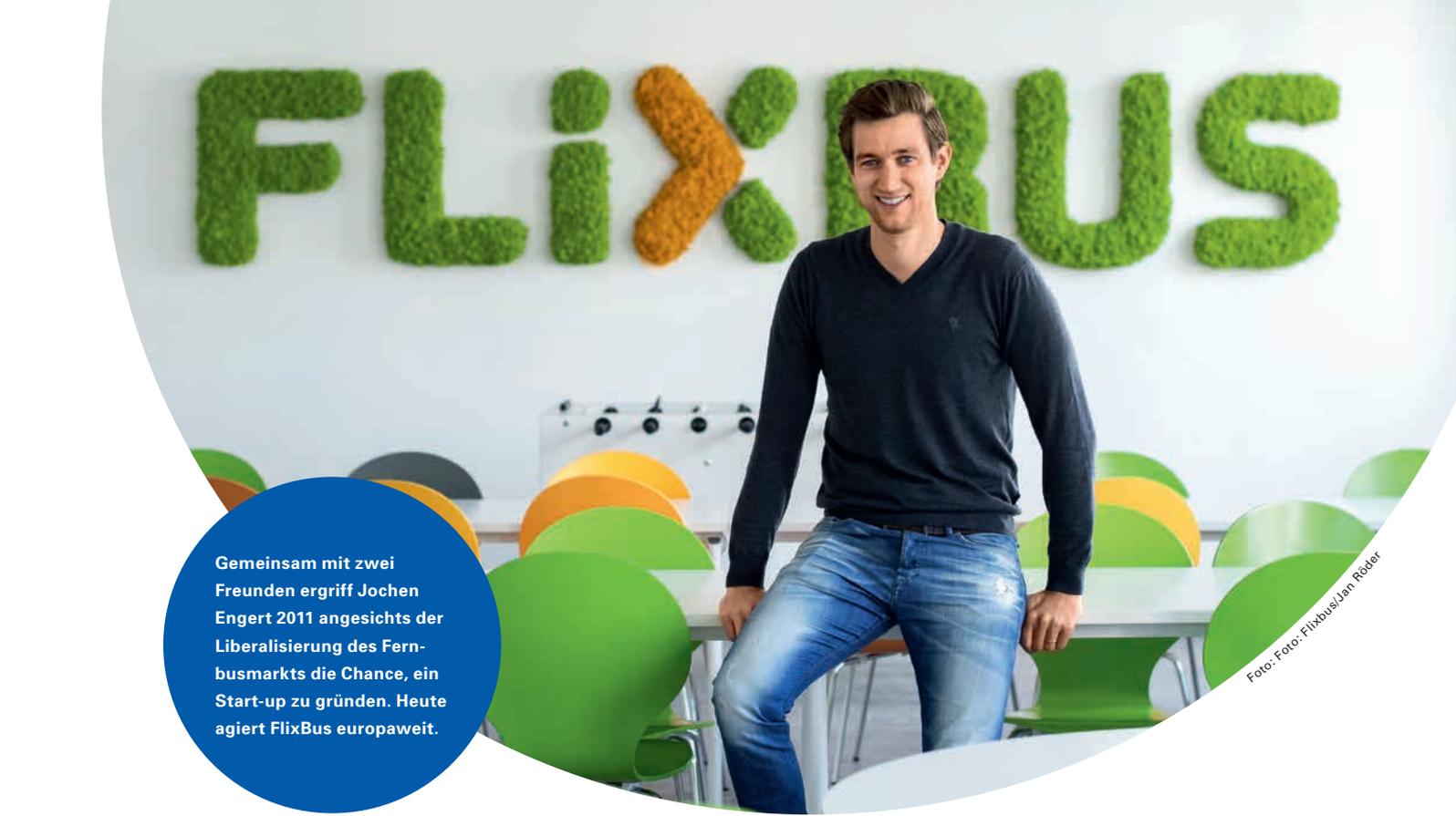
Der entscheidende Moment

„Ich hatte schon immer den Antrieb, selbst ein Unternehmen auf die Beine zu stellen“, sagt er mit großer Selbstverständlichkeit. Jahrelang spielt er gemeinsam mit seinen heutigen Geschäftspartnern Daniel Krauss und André Schwämmlein Geschäftsideen durch. „Und dann stolpern wir in der Promotionszeit über dieses Thema Marktliberalisierung.“ Der entscheidende Moment.

Nach 75 Jahren Fernlinienmonopol der Deutschen Bahn plant die damalige Regierung, den innerdeutschen Fernverkehr zu öffnen, um preisgünstige Alternativen zuzulassen. Ein neues Marktsegment könnte entstehen. Zwar steht noch in den Sternen, ob und wann, doch die drei Freunde sind aufmerksam geworden. „Dass ein Markt bei uns vor der Haustür liberalisiert wird, passiert nicht oft“, schwärmt Jochen Engert. Eine einmalige Chance – die die drei jungen Männer jedoch erst einmal verstreichen lassen.

Im sicheren Job bleiben?

„Wir nahmen an, da kommt sicherlich die Deutsche Bahn und macht das selber“, sagt Engert. „Die Bahn ist das größte Verkehrsunternehmen in Deutschland. Sie hat am meisten Gewicht und Möglichkeiten.“ Doch das Unwahrscheinliche geschieht: Das Unternehmen distanziert sich von der Idee. „Die fanden den Markt nicht attraktiv“, erinnert sich der Unternehmer. „Da sind wir wieder hellhörig geworden. Wir haben dann verschiede-



FLIXBUS

Gemeinsam mit zwei Freunden ergriff Jochen Engert 2011 angesichts der Liberalisierung des Fernbusmarkts die Chance, ein Start-up zu gründen. Heute agiert FlixBus europaweit.

Foto: FlixBus/Jean Röber

ne Geschäftsmodelle durchgespielt. Worin würde eigentlich unser Mehrwert liegen? Welche Idee könnte funktionieren?“

Eine intensive Zeit beginnt. Zunächst laufen Promotion und Gründung noch parallel. Auch BCG-Kollege André Schwämmlein ist zu der Zeit mit einer Doktorarbeit beschäftigt. Wirtschaftsinformatiker Daniel Krauss arbeitet damals bei Microsoft. „Und dann sind wir irgendwann an den Punkt gekommen, wo wir entscheiden mussten: Machen wir jetzt die Promotion fertig und gehen danach wieder in die Beratung zurück? Bleiben wir in unseren sicheren Jobs? Oder wagen wir den Sprung und gründen ein Unternehmen?“ Die Antwort ist bekannt: Am 1. Januar 2013 wird der Fernlinienmarkt liberalisiert – und die drei sind mit der FlixBus GmbH am Start.

Eigentlich ein Technologieunternehmen

Aus dem Drei-Mann-Start-up, das 2011 in München gegründet wurde und am 13. Februar 2013 die ersten Busse auf die Straße bringt, ist ein europaweit agierendes Fernbusunternehmen mit knapp 1.000 Mitarbeitern geworden. Für die FlixMobility GmbH sind unter der Marke FlixBus aktuell mehr als 1.000 Busse unterwegs zu mehr als 900 Zielen in Europa. In 20 Ländern hat FlixBus über 100.000

Verbindungen aufgebaut. 20 Millionen Fahrgäste waren es im Jahr 2015. Aktuell dominiert FlixBus mit mehr als 80 Prozent den deutschen Markt, nicht zuletzt aufgrund des Aufkaufs verschiedener Konkurrenten wie zuletzt von Postbus. Auch in Frankreich und Italien ist das Unternehmen inzwischen Marktführer.

Das Besondere am Konzept ist das Partnermodell. FlixBus besitzt keine eigenen Busse und Fahrer, sondern arbeitet europaweit mit mehr als 250 zumeist mittelständischen Busunternehmen zusammen. Herzstück der Firma, die sich selbst eher als Technologie- denn als Busunternehmen bezeichnet, ist die FlixBus-App, eine Technologieplattform mit Buchungssystem, Versätungsmanagement und GPS-Livetracking. Dazu ein Vermarktungsansatz, der unter dem Motto „grüne Mobilität“ mit gezieltem Onlinemarketing die altmodische Busbranche für eine junge Zielgruppe attraktiv macht. Dazu gehört ein partnerweit einheitlicher Auftritt mit grünen Bussen, intuitiver Ticketbuchung per App, kostenlosem WiFi, Steckdosen für Smartphones und Infotainment während der Fahrt, freundlichen Busfahrern und sehr günstigen Ticketpreisen. Sogar eine Online-Charterplattform gibt es mittlerweile.

Linny Bieber

Wider das Verlernen auf Langzeitmissionen

Die Welt ist nicht genug – deshalb macht sich der Mensch in seinem Forscherdrang in bemannten Weltraumflügen auf Reisen zu fernen Planeten. Aktuell ist das anvisierte Ziel der Mars. Sechs bis neun Monate wird die Reise dauern, one way. Eine Extremsituation für Astronauten, physisch und psychisch, die eine gründliche Vorbereitung erfordert. Aber berücksichtigt diese Ausbildung tatsächlich den gesamten Faktor Mensch? Was passiert, wenn die Weltraumfahrer nach einem halben Jahr verlernt haben, wie das Lande- oder Andockmanöver funktioniert? Alles schon vorgekommen: Wenn der Mensch Fähigkeiten lange nicht nutzt, gehen sie ihm verloren. Hier setzt das Forschungsprojekt SIMSKILL des Instituts für Raumfahrtsysteme (IRS) der Universität Stuttgart an. In Kooperation mit den Universitäten in Brüssel und Rom untersucht das fünfköpfige Team um die beiden Ingenieure Andreas Fink und Miquel Bosch-Bruguera sowie Valerie Schröder, wie sich einmal Erlerntes unter langanhaltenden Ausnahmehinbedingungen wie extremer Isolation, wochenlang fehlendem Tageslicht oder reduziertem Sauerstoffgehalt erhalten lässt. Dazu haben die jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Ende 2015 auf den Antarktisstationen Halley VI und Concordia zwei mobile, dem Sojus-Raumschiff nachempfundene Cockpit-Simulatoren aufgebaut, wo die Polarforscher unter unterschiedlichen Bedingungen und mit variierender Häufigkeit Flugübungen absolvieren. Die Daten, die die Wissenschaftler noch bis Anfang November 2016 „erfliegen“, vergleicht das Team in Stuttgart mit den Kontrolldaten, die es an der „Basisstation“ am IRS mit Freiwilligen gewinnt. Die Ergebnisse fließen u. a. in die Trainingsplanung und den operativen Betrieb von Langzeitprojekten der bemannten Raumfahrt ein.

Martina Hönekopp



Team Stuttgart



Foto: Ulf Regenscheit



Universität
Brüssel



Universität
Rom



Foto Astronaut: NASA/Johnson Space Center



Halley-Station



Concordia

Karte: Freie Wilkizenz, 20. August 2006, Urheber: Lars H. Rohwedder FokerHRO; Foto Halley-Station/Concordia : Andreas Fink/Universität Stuttgart

Bezahlbare Lebensretter Li Zhang arbeitet an kostengünstiger Früherkennung von Erdbeben

Die präzise Überwachung erdbebengefährdeter Gebiete kann viele Menschenleben retten, ist aber teuer. Dank der Forschungsarbeit von Dr. Li Zhang, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Ingenieurgeodäsie (IIGS) der Universität Stuttgart, ist eine kostengünstige Früherkennung in greifbare Nähe gerückt.

Etwa eine Million Kubikmeter Gestein donnerten im August 2016 bei einem Bergsturz in Südtirol ins Pragser Tal. Glücklicherweise kamen keine Menschen zu Schaden. Weltweit kommt es jedoch immer wieder zu Hangrutschen, die komplette Siedlungen unter Schlamm- und Geröllmassen begraben.

Verhindern lassen sich solche Naturgewalten praktisch nicht: Wenn Millionen Tonnen Erde und Gestein erst einmal in Bewegung geraten, ist der Mensch machtlos. Durch das frühzeitige Erkennen von kleinsten Bewegungen in gefährdeten Zonen könnten drohende Gefahren aber erkannt und Siedlungen rechtzeitig evakuiert werden.

Messungen im Millimeterbereich

Bei der Frage, ob man in Gefahrenzonen einfach ein Netz von GPS-Empfängern einrichten könnte, wie sie in Smartphones oder Navigationsgeräten verbaut sind, muss Li Zhang schmunzeln. In ihrem Büro im sechsten Stock des Instituts für Ingenieurgeodäsie der Universität Stuttgart arbeitet die 32-Jährige seit 2009 genau an solchen Früherkennungssystemen. Ein Ergebnis dieser Arbeit: Handelsübliche GPS-Empfänger für den Privatgebrauch erfüllen diesen Zweck nicht. „Für Navigationsgeräte ist es relativ egal, ob sie mit einigen Metern Abweichung messen, sie finden ihr Ziel trotzdem“, erklärt Zhang. „Für eine Deformationsüberwachung brauchen wir aber eine Genauigkeit im Millimeterbereich – je genauer, desto besser.“ Bewege sich ein Hang nur um fünf Millimeter, könne das schon ein kritisches

Signal sein. Also muss die Messung umso präziser erfolgen. Im Vergleich dazu arbeiten Navigationsgeräte mit einer Genauigkeit, die allenfalls grobem Augenmaß ähnelt, zirka 1-3 Meter.

Längst sind für solche professionelle Zwecke sogenannte geodätische GPS-Empfänger im Einsatz, die neben den von Navis empfangenen „Code-Signalen“ auch weitaus genauere „Phasen-Signale“ verarbeiten. Solche Empfänger kosten allerdings rund 20.000 Euro pro Stück. Hinzu kommen die Kosten für Stromversorgung aus Solarpaneelen und Backup-Batterien sowie für die Datenübertragung. Für einen weitgreifenden Einsatz gerade in Entwicklungs- und Schwellenländern sind die Investitionskosten damit sehr hoch. Nachdem Li Zhang 2009 ans IIGS gekommen war, sprach sie deshalb mit ihrem Institutsleiter Prof. Volker Schwieger über die Möglichkeiten kostengünstiger Deformationsüberwachung – das Thema ihrer Dissertation war gefunden.

Sprachbarriere längst überwunden

1984 in der ostchinesischen Provinz Zhejiang geboren, studierte Li Zhang an der Universität Wuhan zunächst Fernerkundung und Geoinformatik. Über ein Austauschprogramm mit der Universität Stuttgart kam die junge Forscherin 2003 nach Baden-Württemberg und absolvierte zunächst die Deutsche Sprachprüfung. „Zwar habe ich auch danach im Hörsaal noch nicht alles verstanden, weil nicht alles Dozenten so langsam sprachen wie die Sprachlehrer“, erzählt sie lachend. Die Sprachbarriere ist freilich längst gefallen: Heute hält Li Zhang selbst Vorlesungen, etwa in der Deformationsanalyse. Von 2004 bis 2009 studierte sie in Stuttgart Geodäsie und Geoinformatik, sammelte währenddessen auch praktische Erfahrungen beim Stadtmessungsbüro Stuttgart und als Werkstudentin bei der Robert Bosch GmbH. Den Reiz an ihrer Forschungsarbeit kann Zhang rasch umreißen: „Mich interessierte sehr, ob deutlich günstigere Geräte auch eine gute

Genauigkeit erreichen können.“ Diese Frage kann sie nach Abschluss ihrer Dissertation mit einem klaren Ja beantworten. Die Liste der Herausforderungen bis dahin war allerdings lang: Günstige Empfänger im Bereich von wenigen hundert Euro und geeignete Antennen auszuwählen, gestaltete sich zu Beginn ihrer Arbeit noch recht einfach. Auch die integrierte Software auszulesen und zu analysieren, gehörte zu den leichteren Übungen. „Es gibt beim Empfang aber viele Fehlerquellen“, erklärt die Wissenschaftlerin. So gelangen die Signale der in rund 20.000 Kilometer Höhe fliegenden GPS-Satelliten oft nicht auf direktem Wege zum Empfänger am Boden, sondern



werden in Städten beispielsweise von Hausfassaden und anderen Objekten reflektiert. Auch wenn das Signal vom Boden abgestrahlt wird und dann zur Antenne gelangt, hat es einen längeren Weg zurückgelegt. Die Position wird durch solche sogenannte Mehrwegeeffekte ungenau bestimmt.

Mit „Choke-Ring“ gegen Fehlerquellen

„Ich habe für meine Dissertation diese Effekte modelliert und versucht zu minimieren“, erzählt Li Zhang. Die Bodenabstrahlung schirmt nun ein eigens entworfener „Choke-Ring“ ab, eine kreisrunde Platte unterhalb der Antenne, auf der Metallreifen in unterschiedlichen Durchmessern angebracht sind, die Signale von unten abhalten. Weitere Fehlerquellen minimierte Zhang, indem sie deren typische Muster identifizierte und die durch eigens entwickelte Algorithmen die Software der Empfänger entsprechend optimierte. Die günstigen Empfänger mit ihrer zuvor mangelnden Präzision erreichen nun eine Genauigkeit von wenigen Millimetern – vergleichbar mit den teuren geodätischen Empfängern.

„Unsere Idee ist, solche Systeme in gefährdeten Gebieten flächendeckend einzusetzen“, sagt Zhang. Idealerweise könne dabei der Überwachungsprozess automatisiert werden, indem die Messdaten der Empfänger automatisch und per WLAN in Echtzeit zur Auswertung an eine zentrale Station geschickt würden. „Wir haben ein Low-Cost-GPS-Überwachungssystem mit autonomer Stromversorgung via Solarpanel und Backup-Batterie sowie mit automatischer Datenübertragung und Auswertung in Echtzeit bereits vor einigen Jahren aufgebaut und getestet. Es funktioniert problemlos.“

Um beispielsweise einen rutschgefährdeten Hang zu überwachen, seien mindestens zwei Empfänger notwendig. Für eine Genauigkeit im Millimeterbereich sollte der Abstand zwischen den beiden Empfängern unter zirka zehn Kilometern liegen. Für eine flächendeckende Überwachung in gefährdeten Gebieten ist



Foto: Jens Eber

Mithilfe des „Choke Rings“ kann die Bodenabstrahlung abgeschirmt werden, die zu Ungenauigkeiten bei den Messungen der GPS-Geräte führen können.

dabei die Kostenfrage entscheidend. Daher fand die Stuttgarter Forschungsarbeit bereits international Aufmerksamkeit. „Ich arbeite im FIG mit, einer internationalen Vereinigung für Vermessungsingenieure. Dort haben wir auch eine Arbeitsgruppe für kosteneffiziente Überwachung, und gerade die Kollegen aus ärmeren Ländern sind sehr interessiert“, sagt Zhang. Ein multifunktionales Überwachungsgerät konnte sie freilich nicht entwickeln. „Die Geräte und ihre Software müssen für jeden Einsatzzweck angepasst werden“, sagt Zhang. Im Baumarkt um die Ecke werde man solche hochpräzisen GPS-Systeme auch in Zukunft nicht kaufen können.

Eingesetzt werden könnten die kostengünstigen Überwachungseinheiten künftig nicht nur in der Früherkennung von Hangrutschen, wie Zhang erklärt. Das System könne auch helfen, Brücken oder Staumauern zu überwachen. Je nach aufgestautem Wasserstand verformen sich die gewaltigen Betonmauern zwar ohnehin, auch Brücken haben eine gewisse Eigenschwingung. Überschreitet diese Deformation aber ein gewisses Maß, könnte dies ein Alarmsignal sein. Entsprechende Pläne, ihr System an einem Stausee zu testen, haben Li Zhang und ihre Kollegen vom IIGS bereits gefasst.

Nächstes Ziel: bewegte Objekte

Rund fünf Jahre hat Zhang an ihrer Dissertation gearbeitet. Erstes Interesse aus der Industrie gibt

es bereits. Abgeschlossen hat sie mit dem Thema GPS-Monitoring aber nicht. In Gegenteil: Die Wahl-Stuttgarterin kann sich zwar vorstellen, eines Tages auch wieder in China zu arbeiten, bis dahin will sie sich aber noch weiteren einschlägigen Herausforderungen stellen. „Mich interessiert, mit günstigen GPS-Geräten auch bewegte Objekte präzise zu verfolgen.“ Nicht zuletzt in Zeiten von Industrie 4.0 mit ihren immer tiefer digitalisierten Produktionsprozessen dürften die Anwendungsfelder hierfür riesig sein. Auch die Automobilindustrie, die aktuell das Thema „Autonomes Fahren“ vorantreibt, wird sich nach Zhangs Einschätzung für solche hochpräzisen Low-Cost-GPS-Empfänger interessieren. Allerdings seien die störenden Einflüsse auf die Kommunikation zwischen Satellit und Empfänger hier noch viel zahlreicher.

Zhang experimentiert daher auch mit GLONASS, dem russischen Pendant zum US-amerikanischen GPS-System. „Wir haben neue Empfänger beschafft, die Signale von GLONASS, GPS und dem chinesischen Satellitennavigationssystem Bei Dou verarbeiten können“, erzählt die Forscherin. Gerade für die Überwachung bewegter Objekte sei es wichtig, mehrere Satelliten ansteuern zu können. Derzeit seien Beidou-Signale in Europa noch wenig zu empfangen. Daher gibt es auch bereits Gedanken an eine Kooperation mit der Universität Wuhan.

Jens Eber

Dem Wasser auf der Spur Satelliten unterstützen Beobachtung des weltweiten Wasserkreislaufs

Die globalen Wasserkreisläufe sind ein hochkomplexes System und entsprechend schwer durchschaubar. Durch die Verknüpfung dreier satellitengestützter Beobachtungsmethoden werden Veränderungen jedoch zunehmend transparent, hat Dr. Mohammad J. Tourian vom Geodätischen Institut der Universität Stuttgart entdeckt.

Ein Kubikkilometer Wasser ist ein Volumen, das sich schwer begreifen lässt – ein gefüllter Würfel mit einer Kantenlänge von 1.000 Metern. Umgerechnet enthält er das Wasser aus fünf Milliarden Badewannen. Auf dieses Volumen stieß Dr. Mohammad J. Tourian vom Geodätischen Institut der Universität Stuttgart bei seinen Forschungen zum Urmia-See. Das im Nordwesten des Iran gelegene Gewässer war früher rund zehn Mal so groß wie der Bodensee. Zuletzt schrumpfte die Wasserfläche jährlich im Schnitt um rund 220 Quadratkilometer: Dem See ging besagter Kubikkilometer Wasser verloren. Der Wasserstand sank durchschnittlich um 34 Zentimeter pro Jahr, mit weitreichenden Folgen für die Umwelt. Tourian, der in Teheran studierte und sich anschließend für eine Doktorandenstelle in Stuttgart bewarb, ist kein Forscher, der mit Wasserproben hantiert. Im Gegenteil: Seine Daten bezieht der 33-Jährige von Satelliten. Um im Falle des Urmia-Sees zu umfassenden Erkenntnissen über Ursachen und Auswirkungen des Wasserverlusts zu gelangen, reichte es aber nicht aus, Satellitenbilder auszuwerten. „Wir verknüpfen drei Beobachtungsmethoden, um ein übergreifendes Bild zu gewinnen“, erklärt der gebürtige Iraner, der seit 2008 in Stuttgart forscht. Bei der Satelliten-Altimetrie wird über senkrecht zur Erde gesendete Radioimpulse die Höhe der Wasseroberflächen

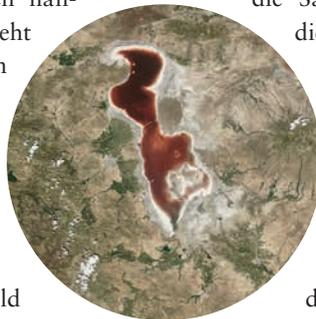


Foto: NASA

bestimmt. Die Satelliten-Gravimetrie misst dagegen Änderungen im Schwerefeld der Erde. Schmilzt in der Arktis großflächig Eis ab oder schrumpfen Gewässer wie der Aralsee, schlägt sich das im Schwerefeld nieder. Über die Analyse von Satellitenfotos lassen sich zudem Erkenntnisse über die Ursachen von Veränderungen gewinnen.

Beim Urmia-See ist nach Tourians Einschätzung weniger das Klima der Auslöser, sondern vor allem der Mensch: Massiv werde Grundwasser für die Landwirtschaft entnommen, zudem werden Zuflüsse teils aufgestaut, sodass dem See immer weniger Wasser zur Verfügung steht. Die iranische Regierung hat inzwischen einen Aktionsplan verabschiedet, der die illegale Wasserentnahme unterbinden soll.

Solche Ergebnisse spornen Tourian und seine Kollegen weiter an. „Wir arbeiten daran, die Auflösung der Daten weiter zu verbessern, um bestimmte Regionen auch kleinflächiger untersuchen zu können.“ Um etwa Veränderungen der Wasserkreisläufe in den Permafrostregionen erforschen zu können, müssten die Satelliten noch präziser messen. Gerade die Gravimetrie habe noch Probleme, kleinste Veränderungen im Schwerefeld zu erfassen. Dennoch ist sich Tourian sicher, dass die Erforschung globaler Wasserkreisläufe dazu beitragen kann, die Folgen des Klimawandels abzumildern. „Weltweit sind zwar vor allem politische Entscheidungen nötig“, sagt der Forscher. „In einzelnen Regionen kann man aber auch jetzt schon viel bewirken, wenn sich – wie am Urmia-See – die Ursachen und Auswirkungen genau beziffern lassen.“

Jens Eber

Die Wasserfläche des im Nordwesten des Iran gelegenen Urmia-Sees schrumpfte in den vergangenen Jahren im Schnitt um rund 220 Quadratkilometer jährlich – was weitreichende Folgen für die Umwelt hat.

Foto: TASNIM News



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: 7.500

ISSN: 2198-2848

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



Gedruckt auf Circle silk premium white, zertifiziert mit dem EU-Ecolabel (Reg.Nr. FR/11/003).
Hergestellt aus 100 % Altpapier.



KOHLER & NICKEL
„meisterliche Häuser“



Als etabliertes Planungsbüro sind wir seit über 20 Jahren einer der führenden Massivbau-Partner in Böblingen und Umgebung. Unser Schwerpunkt liegt dabei auf architektonischen Komplettlösungen für modernes und individuelles Wohnen sowie innovativen Gewerbe- und Großprojekten – wie z. B. Böblingens neuer Stadteingang „CUBUS BB“ oder Neubau „Bäckerei Baier“. Wir suchen zur Verstärkung unseres Teams zum schnellstmöglichen Eintritt einen Berufseinsteiger (m/w) als:

Architekt m/w

Sie:

- haben ein abgeschlossenes Architektur-Studium,
- verfügen als Berufsstarter über erste Erfahrungen,
- besitzen umfassende Fachkenntnisse am Computer,
- überzeugen durch Ihr freundliches und sicheres Auftreten,
- sind gewandt in verbaler und schriftlicher Kommunikation,
- zeichnen sich durch Teamfähigkeit, Eigeninitiative und Leistungsbereitschaft aus.

Wir:

- suchen Sie für eine langfristige Anstellung,
- bieten zukunftsgerichtete, interessante und vielfältige Projekte,
- garantieren ein vielseitiges und eigenverantwortliches Aufgabenfeld,
- sind ein sympathisches Team.

Ihre Aufgaben sind:

- der Entwurf und die Entwicklung neuer Bauprojekte,
- die Planung von EFH, MFH und gewerblichen Objekten.

Senden Sie Ihre aussagekräftige Bewerbung per Post an:

Kohler & Nickel „meisterliche Häuser“ GmbH, zu Händen Herrn Claus Nickel, Herrenberger Straße 56, 71034 Böblingen
oder per E-Mail an: nickel@kohler-nickel.de



Starten Sie auf der Überholspur des Daten-Highways

Hinter jedem komplexen und leistungsstarken Netzwerk auf der Welt verbirgt sich mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit ein einziges Unternehmen. Und das sind wir: Viavi. Mit weltweit über 3.300 Mitarbeitern entwickeln, unterhalten und perfektionieren wir Kommunikationsnetze rund um die Erde. Es sind unsere Innovationen und Lösungen, die neue Dimensionen in eine digitale Zukunft ermöglichen. Für unseren Standort in Eningen bei Stuttgart suchen wir:

- **Ingenieure Elektrotechnik (m/w) Soft- und Hardwareentwicklung**
- **Informatiker (m/w)**
- **Ingenieure (m/w) Marketing und Vertrieb**

Werden Sie Teil unseres Teams und starten Sie in Ihre Zukunft auf der Überholspur des Daten-Highways. Wir freuen uns auf Sie.

Viavi Solutions Deutschland GmbH · Herr Markus Schindler
Arbachtalstraße 5 · 72800 Eningen u.A. · Telefon 07121 86-1207
karriere@viavisolutions.com

www.viavisolutions.de

VI.VI