

18 GUERICKE

forschen+vernetzen+anwenden



Manche mögen's heiß –
Leuchtende Mikropartikel unter
Extrembedingungen

Die Motorenflüsterer –
Ingenieure machen unsere
Städte leiser

Das macht Lust auf Schule –
Forschen für multimediale
Lernkonzepte



Prof. Dr. Armin Willingmann
Foto: Andreas Lander

LIEBE LESERINNEN, LIEBE LESER,

herzlichen Glückwunsch OVGU! Vor einem Vierteljahrhundert wurde die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg aus der Taufe gehoben – wahrlich ein Grund zum Feiern. Dabei sind die 25 Jahre aber nur die halbe Wahrheit. Schließlich fing die neue Universität ja nicht bei null an, sondern hatte drei starke Fundamente, deren Wurzeln bis in die 1950er Jahre zurückreichen: die Technische Universität „Otto-von-Guericke“ Magdeburg, die Medizinische Akademie und die Pädagogische Hochschule.

25 Jahre später können wir feststellen: Das Experiment – aus drei mach eins – ist gelungen. Die 1993 gegründete Magdeburger Universität ist heute ein wichtiger Teil der Wissenschaftslandschaft in Sachsen-Anhalt: Sie ist attraktiv für kluge Köpfe aus dem In- und Ausland, die hier lehren und forschen. Sie sorgt für gut ausgebildete Fach- und Führungskräfte. Und nicht zuletzt zieht sie viele junge Menschen nach Magdeburg und bereichert so das Leben in der Stadt.

Schwerpunkte der OVGU sind die Ingenieurwissenschaften, die Ausbildung von Berufsschullehrern sowie die Medizin mit Neurowissenschaften und Immunologie. Besonders wichtig sind mir dabei auch die vielfältigen Kooperationen zwischen den Fakultäten – also der sprichwörtliche Blick über den eigenen Tellerrand: In der Medizintechnik etwa arbeiten Ingenieure und Mediziner im Forschungscampus STIMULATE auf internationalem Top-Niveau zusammen. Ein weiteres Beispiel sind die Ingenieurwissenschaften – hier hat die Universität mit dem Bereich Automotive einen zukunftsfähigen Transfer-schwerpunkt etabliert.

Die OVGU ist Teil der leistungsfähigen Magdeburger Forschungslandschaft, von der wir alle profitieren. Forschung bringt Innovationen für die Region und für die Wirtschaft. Forschung kann Antworten auf gegenwärtige und künftige Fragen geben. Dabei ist es gerade für gesellschaftliche Herausforderungen wie Digitalisierung oder Energieversorgung wichtig, mit Kreativität, Einsatz und Kompetenz neues Wissen zu schaffen. Und hier gehen viele Forscherinnen und Forscher der OVGU mit großem Elan voran.

Für die Zukunft – mindestens aber für die nächsten 25 Jahre – wünsche ich der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und allen mit ihr verbundenen Menschen eine weiterhin so positive Entwicklung.

Ihr

Prof. Dr. Armin Willingmann

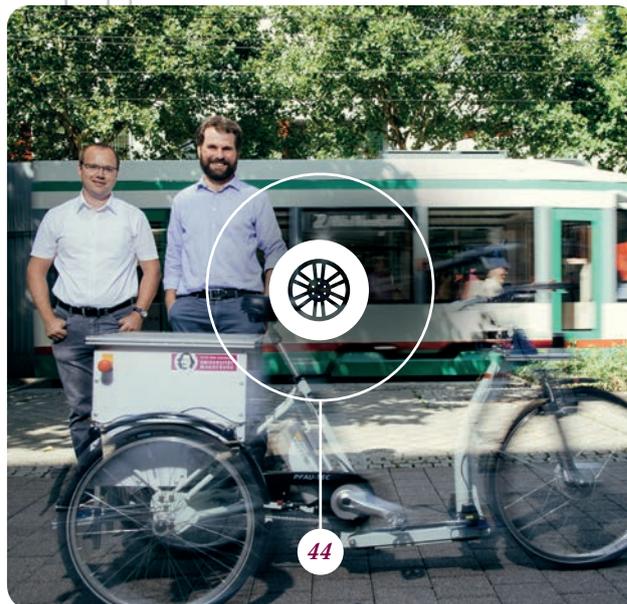
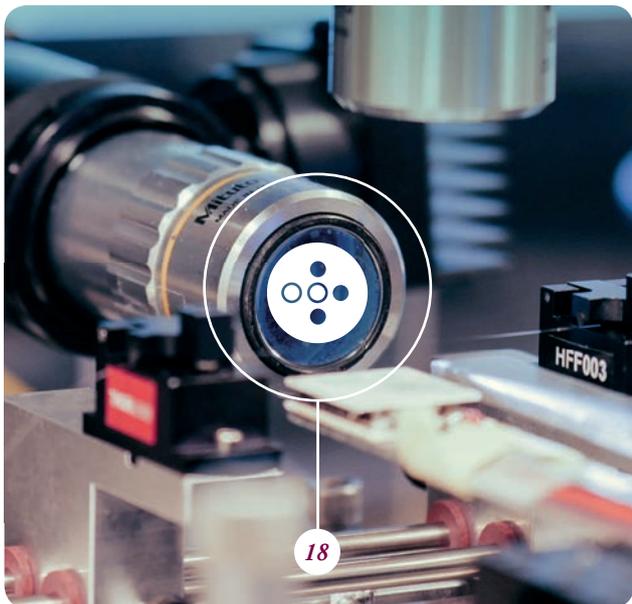
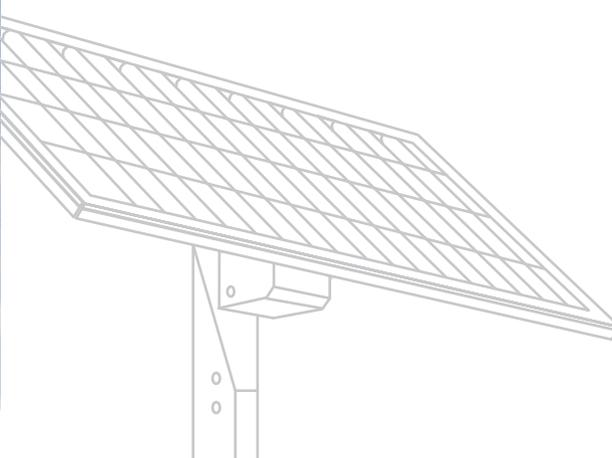
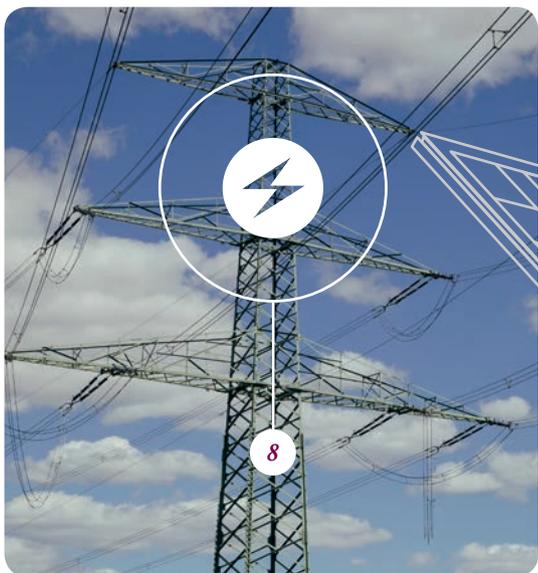


Prof. Dr. Armin Willingmann
Minister für Wirtschaft,
Wissenschaft und Digitalisierung
des Landes Sachsen Anhalt



GUERICKE 2018

'forschen + vernetzen + anwenden





1 *Grußwort des Ministers*

5 *In welchem Klima gedeiht Wissenschaft?*

8 *Zusammenspiel der Netze*

Ein Wissenschaftler-Team revolutioniert die Energieversorgung

18 *Die Zählung des Lichts*

Physiker erforschen, wie sich Lichtteilchen auf kleinstem Raum verhalten

26 *Die Macht der Zahlen*

Wie Mathematiker zu Polarforschern werden

34 *Wenn alles spricht*

Informatiker verwandeln Alltagsgegenstände

44 *Wenn der Knochen zum Hund kommt*

Autonome Zukunftsmobilität im urbanen Raum made in Magdeburg

52 *Müssen Unternehmen Gewinne machen?*

Warum Sozialunternehmen die Unternehmen der Zukunft sind

60 *Damit aus Sonnenblumen Waschmittel werden*

Verfahrenstechniker wollen Rohöl durch biobasierte Rohstoffe ersetzen

68 *An den Schaltern von Altern und Krankheit*

Zwei neuen Graduiertenkollegs an der Universität Magdeburg

78 *Hätten wir die EU nicht, wir sollten sie erfinden*

Warum wir besserfahren, wenn sich alle an die Regeln halten

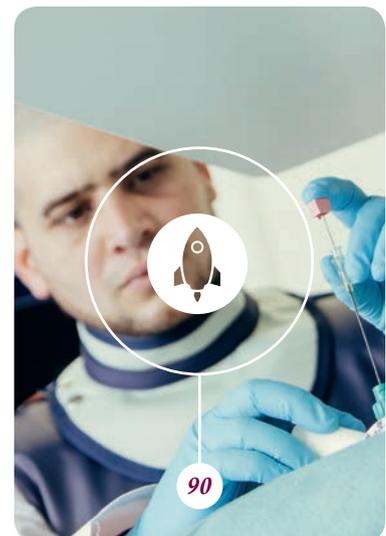
86 *Wenn dem Gehirn ein Licht aufgeht*

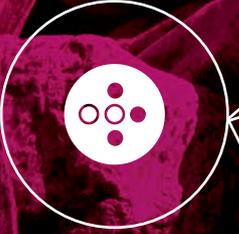
Start-up möchte verlorene Sinneswahrnehmungen zurückgeben

90 *Der dritte Arm des Radiologen*

Ein junges Start-up entwickelt MRT-kompatible Assistenzsysteme

94 *Impressum*







Prof. Dr.-Ing. Jens Strackeljan
Foto: Harald Krieg

IN WELCHEM KLIMA GEDEIHT WISSENSCHAFT?

Welche Strukturen braucht interdisziplinäre Forschung an einer Universität, woher kommen Impulse, wer setzt Akzente, wie verbinden wir die Freiheit der Wissenschaft mit einer universitären Forschungsstrategie? Wie vernetzen wir Wissenschaftler und Visionen, identifizieren Stärken, finden gemeinsame Themen, kurz: In welchem Klima gedeiht erfolgreiche Wissenschaft?

Diese Fragen müssen wir uns als forschungsstarke Universität stellen. Sicher ist: Erfolgreiche Forschung und wettbewerbsfähige Projekte entstehen nur gemeinsam, sind in zunehmendem Maße interdisziplinär und international. Die Forschungsthemen entwickeln sich dabei vorrangig wissenschaftsgetrieben. Die Freiheit der Forschung ist ein hohes Gut, das wir auch auf dem Campus der Uni Magdeburg verteidigen. Aber: Einmal etablierte Forschungsschwerpunkte dürfen nicht starr sein, sie müssen sich stetig weiterentwickeln. In einer sich verändernden Welt entstehen ständig neue Perspektiven, Notwendigkeiten und Fragestellungen, bedarf es immer wieder neuer Lösungsansätze. Das heißt auch für die Universität Magdeburg, sich intensiv an gesellschaftlich relevanten Diskursen zu beteiligen, zu drängenden Themenfeldern zu positionieren und, vor allem, tragfähige wissenschaftliche Lösungen anzubieten. Das ist es, was die Gesellschaft von uns erwartet.

Auch die Forschungsförderung ist hochkompetitiv, die zur Verfügung stehenden Ressourcen sind begrenzt. Die Herausforderung für uns auf diesem Gebiet ist es, über unsere Leuchttürme hinaus Alleinstellungsmerkmale zu erarbeiten, Kristallisationskeime zu definieren, um dann gemeinsam Potenziale zu heben. Diese Forschungsnischen können wir nur erschließen, wenn Fakultäten und die Universitätsleitung in eine Richtung blicken, das gleiche Ziel vor Augen haben.



Prof. Dr.-Ing. Jens Strackeljan
Rektor der Otto-von-Guericke-
Universität Magdeburg
rektor@ovgu.de
www.ovgu.de



19

93

20

18



Dafür braucht es einen intensiven Austausch und auch längerfristige Abstimmungsprozesse. Wir müssen also Bedingungen schaffen, die unterschiedliche Akteure und wechselnde Perspektiven zusammenbringen. Nur gemeinsam und unter Beteiligung unserer außeruniversitären Partner können wir die besonderen Stärken unseres Standorts weiterentwickeln, wissenschaftliches Neuland an den Grenzen traditioneller Disziplinen betreten und Forschungsprojekte generieren, die uns im Wettbewerb von anderen Universitäten unterscheiden. Um neue Impulse zu setzen, einen fachübergreifenden Dialog zu fördern und Vernetzungen zwischen den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu ermöglichen, organisieren wir seit 2017 den *University Club*. Auf diesen regelmäßig stattfindenden Veranstaltungen stellen die Fakultäten ihre Forschungsprojekte vor und bieten so eine Plattform für offene, fächerübergreifende Diskussionen.

Mit den *Round Tables* erproben wir ein sich daran anschließendes, für interessante Vorschläge stets offenes Vernetzungsformat. In kleinen, themenspezifischen Gesprächsrunden diskutieren Akteure unterschiedlicher Forschungsrichtungen Strategieansätze zu besonderen Zukunftsthemen.

Ein hervorragendes Beispiel für eine fächerübergreifende Forschungsinitiative in einem hochaktuellen Themenfeld ist das Projekt *TRANSFORMERS*. Es zielt auf die individualisierte Beförderung mit omnipräsent verfügbaren Fahrzeugen – in diesem Fall autonomen Lastenfahrrädern – ab. Mittelfristig sollen damit die Vorteile des öffentlichen und individuellen Verkehrs ökologisch und ökonomisch wirkungsvoll ergänzt und verknüpft werden. Für die Umsetzung des Vorhabens ist eine Vielzahl ingenieurwissenschaftlicher, betriebswirtschaftlicher,

sozial- und humanwissenschaftlicher Entscheidungen notwendig, die in einer starken Wechselwirkung stehen. Ein anderes Beispiel ist das Forschungsprojekt *SmartMES*, in dem Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Disziplinen intelligente Multi-Energiesysteme für eine gelingende Energiewende entwickeln. Über beide Projekte berichten wir in dieser Ausgabe.

Einen besonderen Fokus werden wir weiterhin darauf legen, Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler frühzeitig und intensiv zu fördern. Unsere Graduiertenkollegs *GRK Mikro-Makro-Wechselwirkungen von strukturierten Medien und Partikelsystemen* und *GRK Mathematische Komplexitätsreduktion* arbeiten bereits erfolgreich. Jetzt wurden mit dem *GRK Maladaptive Prozesse an physiologischen Grenzflächen bei chronischen Erkrankungen* und dem *GRK Die alternde Synapse – molekulare, zelluläre und verhaltensbiologische Mechanismen des kognitiven Leistungsabfalls* zwei weitere ambitionierte Doktorandenprogramme von der DFG bewilligt. Junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bearbeiten transdisziplinäre Forschungsfragen, knüpfen neue Netzwerke zwischen den Instituten und tragen so zum engeren Zusammenwachsen unserer Universität bei.

Eine weitere wichtige Grundlage für den lebendigen Austausch in der Wissenschaft ist ein verlässliches Forschungsinformationssystem. Nur so ist es überhaupt möglich, systematisch Projekte, Ansprechpartner und Ziele zu erfassen, verlässlich Stärken zu definieren und den Dialog zu organisieren. Mit dem Aufbau dieser Datenbank werden wir künftig über ein starkes Fundament für transparente Entscheidungen im Rahmen einer wissenschaftsbasierten Forschungsstrategie verfügen.





Um weltweit als attraktiver Wissenschaftsstandort wahrgenommen zu werden, brauchen wir belastbare Organisationsstrukturen. Wir haben uns dem *HRK-Audit Internationalisierung* gestellt. Das Ergebnis zeigt, dass wir sehr erfolgreich an einer Fülle von Einzelprojekten arbeiten, engagierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler belastbare Netzwerke knüpfen und wichtige Kooperationen unterschrieben haben. Man denke nur an die Zusammenarbeit unserer Medizintechniker mit dem *Israel Institute of Technology Technion* in Haifa und der *Harvard Medical School* in Boston, USA. Aber unsere Bemühungen auf diesem Gebiet sind ausbaufähig, Abstimmungsprozesse zu Forschungsk Kooperationen und Schwerpunktregionen noch unvollständig, unsere Forschungsleuchttürme noch nicht optimal für die internationale Vernetzung genutzt. Die Aufgabe heißt jetzt: Kräfte zu bündeln, Synergien zu schaffen und strategisch unsere Stärken auszubauen.

Nicht zuletzt sind es auch die hochschulpolitischen Rahmenbedingungen, die ausschlaggebend dafür sind, wie erfolgreich sich Wissenschaft an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg entwickeln kann. Eine gute Basis dafür ist sicher mit der Novellierung des Hochschulgesetzes geschaffen.

Im Jubiläumsjahr unserer jungen Universität wünsche ich uns allen für die nächsten 25 Jahre weiterhin eine so positive Entwicklung. Wir haben gute Voraussetzungen und vor allem den Spirit, unsere Position im internationalen Wettbewerb um Ressourcen und kluge Köpfe erfolgreich auszubauen.





'Zusammenspiel der Netze

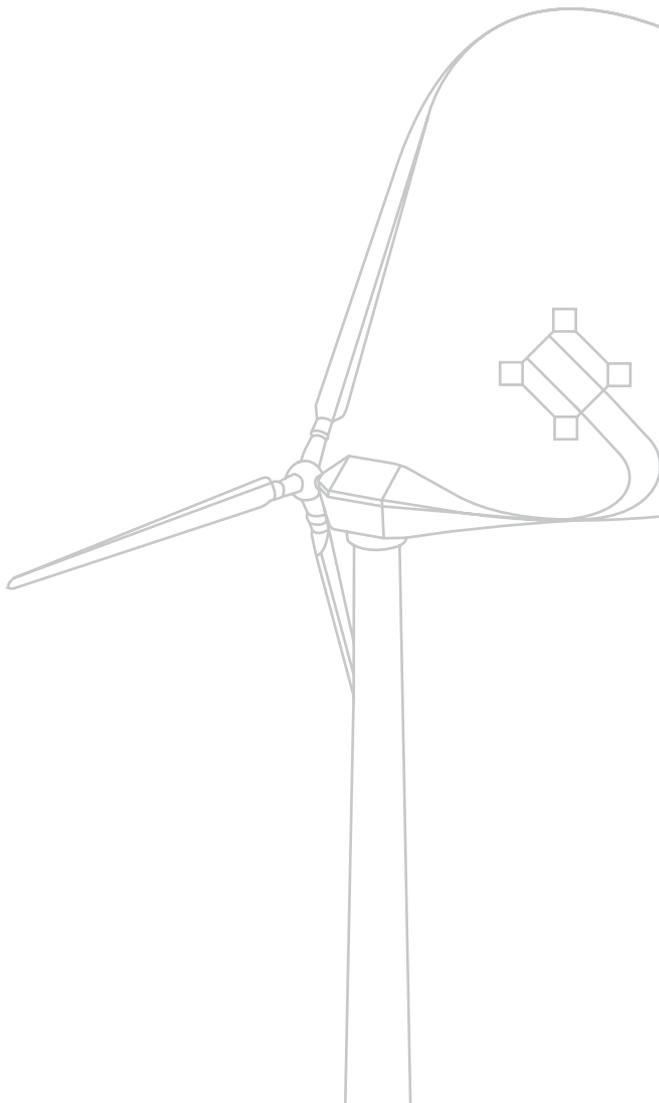
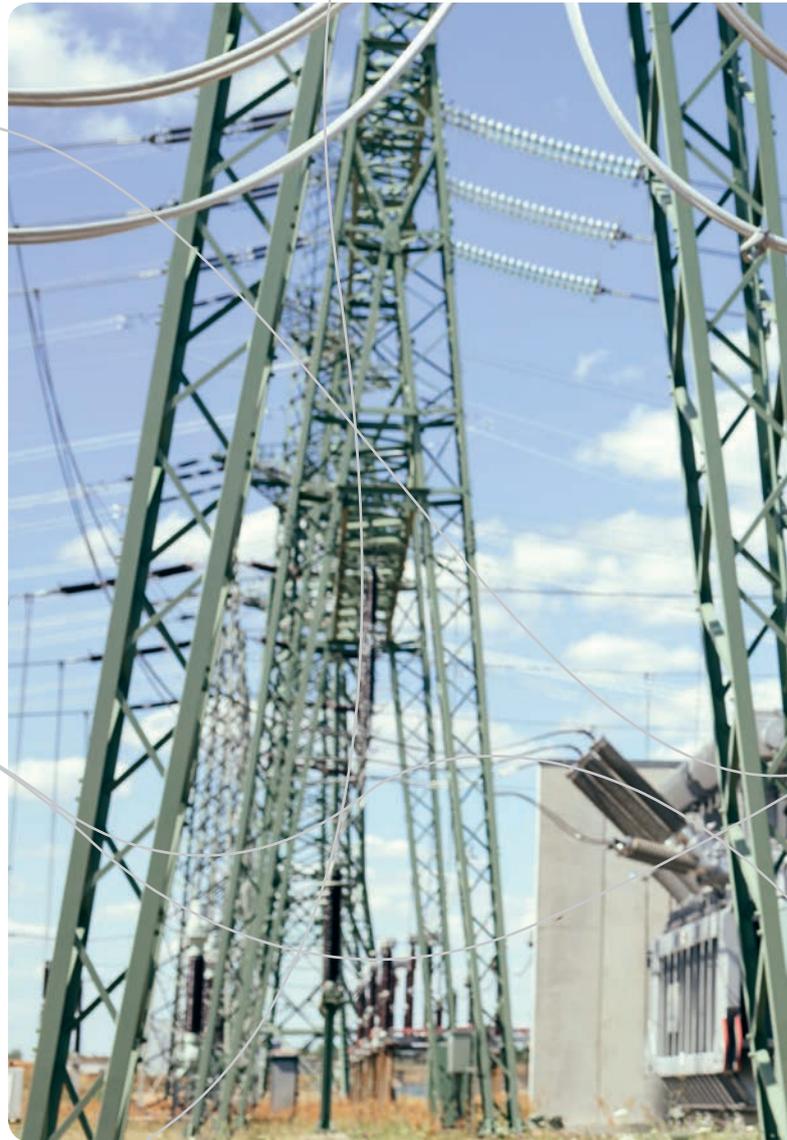


EIN WISSENSCHAFTLER-TEAM REVOLUTIONIERT
DIE ENERGIEVERSORGUNG

KATHRAIN GRAUBAUM

Ob die Solaranlage auf dem Dach oder das Windrad in der Nähe – wer eine eigene Energiequelle besitzt, kann sich in diesem Jahr über die Ausbeute nicht beschweren.

Unser heimisches Wetter bietet ausreichend Sonne und Wind. „Was auch zur Folge hat, dass viel Ökostrom ins elektrische Netz eingespeist wird – und zwar unkontrolliert“, sagt Professor Martin Wolter.



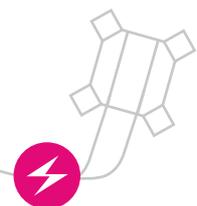
Im Unterschied zum Otto-Normal-Bürger kann sich der Leiter des Lehrstuhls „Elektrische Netze und Erneuerbare Energie“ an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg erklären, warum er an sonnenreichen Tagen seinen Toaster eine Stufe niedriger stellen muss. „Die zugrundeliegende Spannungsschwankung ist aber nur eine von vielen Herausforderungen, die die zunehmende Volatilität mit sich bringt. Engpässe und Spannungsüberhöhungen strapazieren die Netzbetriebsmittel und Kundenanlagen und müssen daher vom Netzbetreiber sicher beherrscht werden“, sagt Martin Wolter und macht auf die derzeitige Situation aufmerksam: „Nur die Höchstspannungsnetze, die den

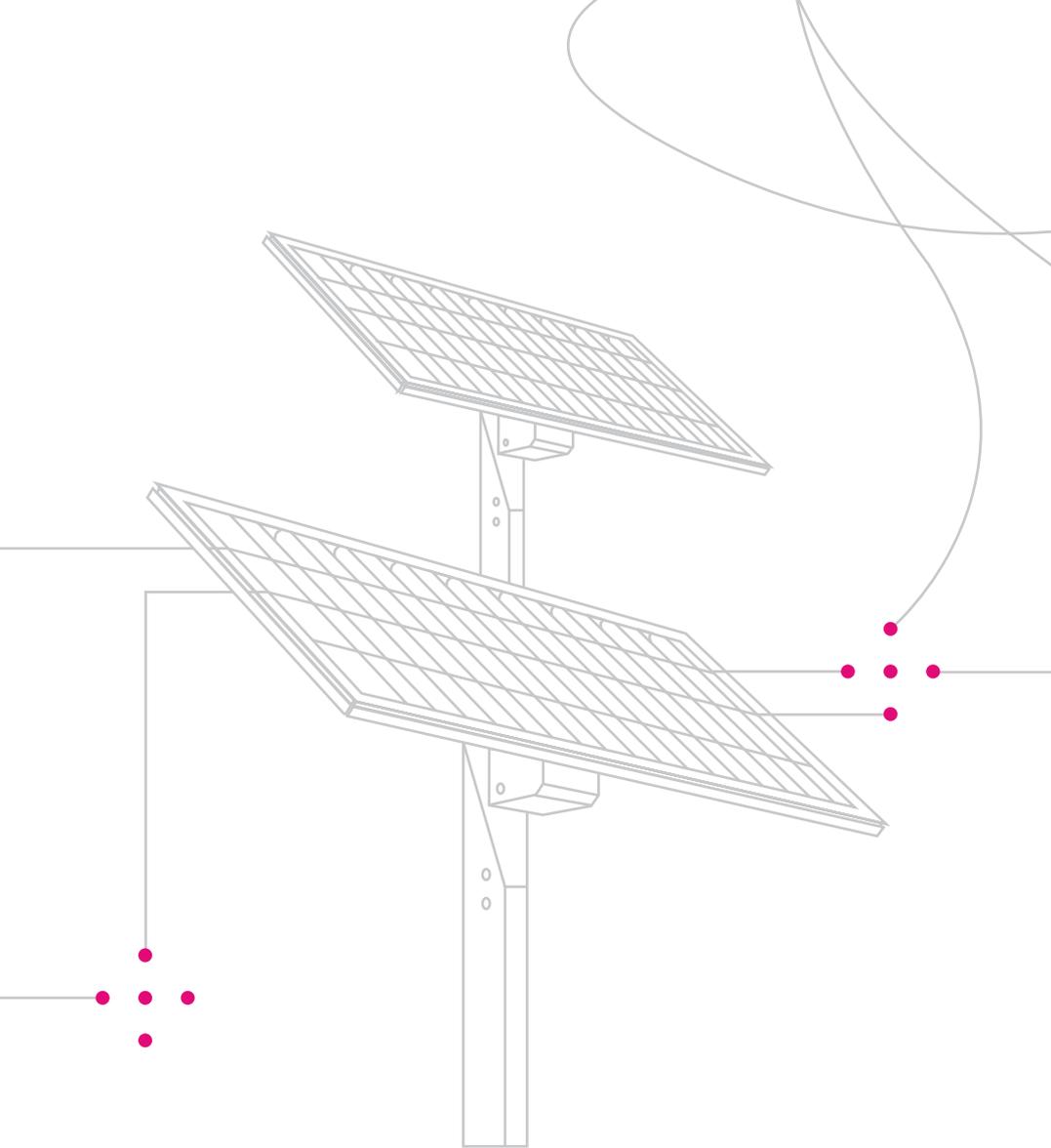


Ralf Berger und Martin Wolter (re.) begutachten einen Netzkuppeltransformator im Umspannwerk Wolmirstedt.

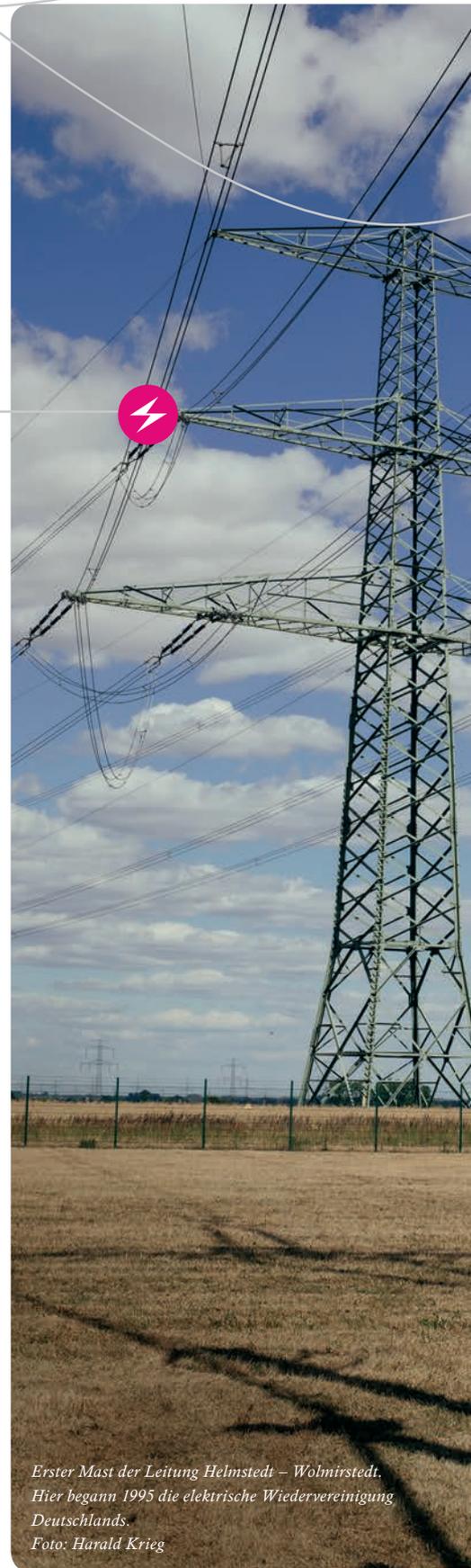
Foto: Harald Krieg

Strom über weite Entfernungen transportieren, sind vollständig beobachtet. Die Verteilnetze der Mittel- und Niederspannung, die den Strom zum Endkunden bringen, werden in der Regel im ‚Blindflug‘ betrieben.“ Soll heißen: Der Zustand der Verteilnetze ist nicht beobachtbar, weil hier keine Messgeräte eingebaut wurden. Somit ist eine Gefährdung nicht sofort sichtbar und kann auch nicht online behoben werden. „Das war auch nicht nötig zu Zeiten, als der Strom hauptsächlich aus den thermischen Großkraftwerken kam, und der Ökostrom keine nennenswerte Größe darstellte“, sagt Martin Wolter.





Mit der rot-grünen Bundesregierung wurde das ab 1998 anders. Sie trieb die Erzeugung von Ökostrom voran. Vor allem in Nord- und Mitteldeutschland wuchs die Zahl der Windparks und Photovoltaikanlagen. „Im Norden ist aber nur begrenzt Platz, und im Osten noch viel freie Fläche“, sagt Wolter. 2002 begann er, an der Leibniz Universität Hannover Elektrotechnik zu studieren. Als sich die meisten seines Studienjahrgangs wahlweise für die damals revolutionären Entwicklungen in der Nachrichtentechnik interessierten, fand er die „Elektrische Energietechnik“ besonders spannend. „Wohl auch, weil mein Professor so begeisterungsfähig war“, sagt Martin Wolter und nennt den Namen Bernd Oswald. Der war dann auch sein Doktorvater. Das Thema der Arbeit „Zustandsidentifikation des Verteilnetzes“ ist heute wie vor zehn Jahren aktuell. Damit die Netze nicht verstopfen, müssen deren Betreiber immer häufiger in die Stromerzeugung eingreifen und insbesondere Windenergieanlagen abschalten. Das widerspricht den Zielen der Energiewende, nach denen sich der Anteil von erneuerbaren Energien erhöhen soll. „In Sachsen-Anhalt beispielsweise könnten bereits 70 Prozent der Netzlast aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Deren Erzeuger haben bei Abschalten ihrer Anlage Anspruch auf Entschädigung für die entgangenen Einnahmen“, sagt Martin Wolter und dass diese Millionenbeträge von den Endkunden bezahlt werden. Auch der dringend erforderliche Netzausbau würde den Endkunden finanziell belasten, sei aber langfristig günstiger.

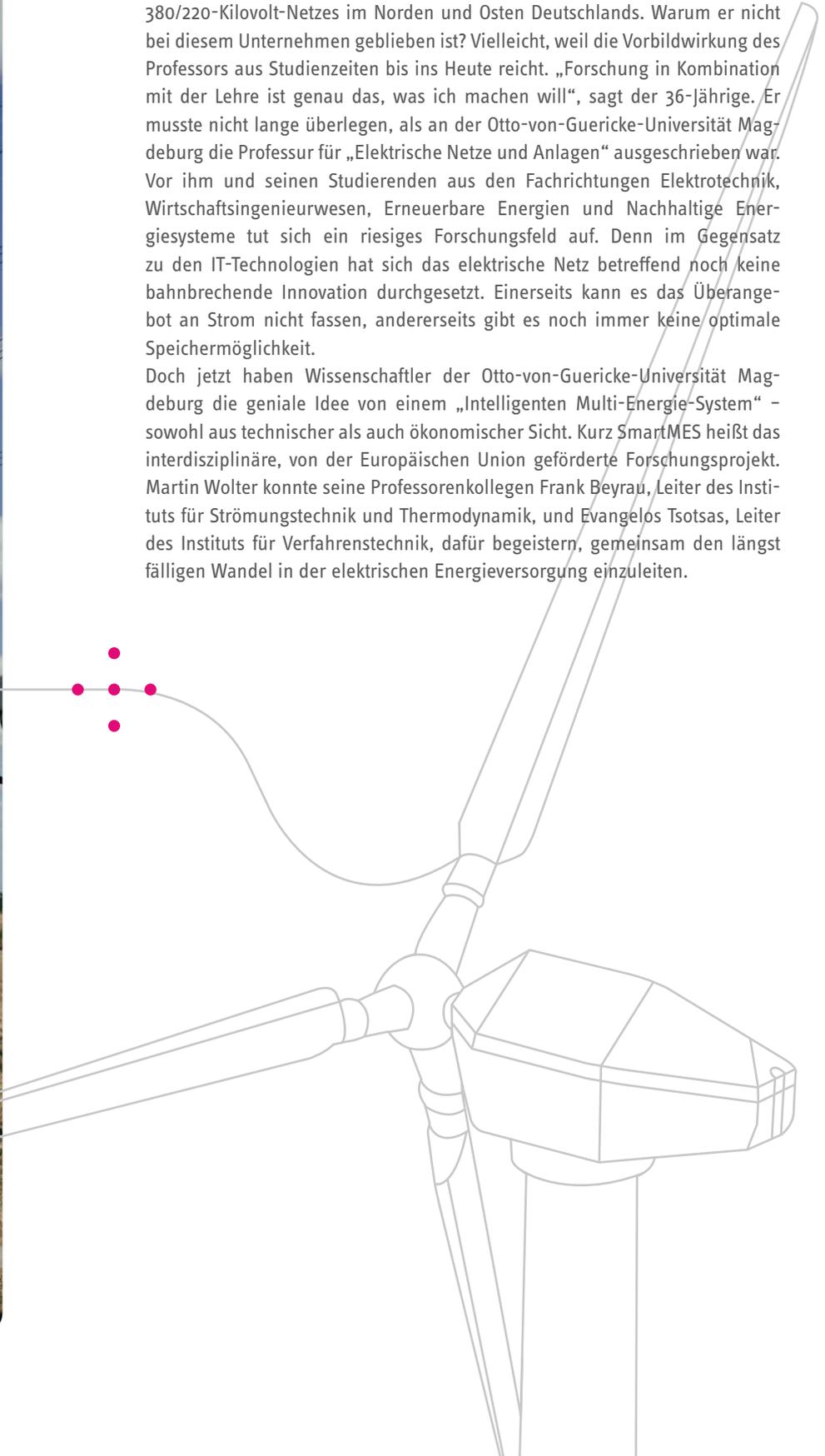


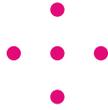
*Erster Mast der Leitung Helmstedt – Wolmirstedt.
Hier begann 1995 die elektrische Wiedervereinigung
Deutschlands.
Foto: Harald Krieg*



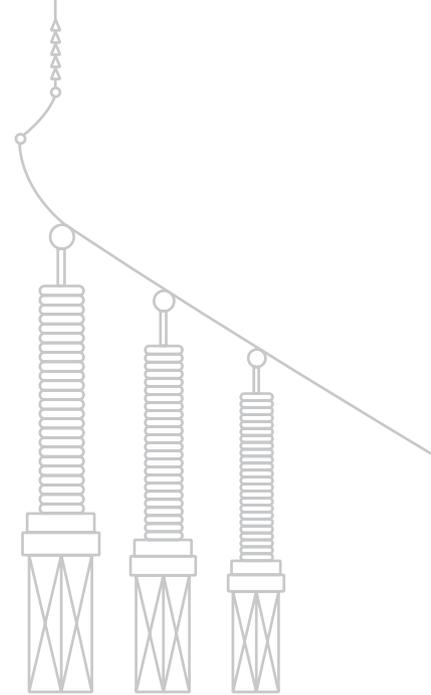
Das Wissen um die Energiemärkte und deren Regulierung speziell in den neuen Bundesländern bringt Martin Wolter von seiner beruflichen Station als Leiter der Konzeptentwicklung bei der 50Hertz Transmission Berlin mit. 50Hertz sorgt für den Betrieb, die Instandhaltung, die Planung und den Ausbau des 380/220-Kilovolt-Netzes im Norden und Osten Deutschlands. Warum er nicht bei diesem Unternehmen geblieben ist? Vielleicht, weil die Vorbildwirkung des Professors aus Studienzeiten bis ins Heute reicht. „Forschung in Kombination mit der Lehre ist genau das, was ich machen will“, sagt der 36-jährige. Er musste nicht lange überlegen, als an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg die Professur für „Elektrische Netze und Anlagen“ ausgeschrieben war. Vor ihm und seinen Studierenden aus den Fachrichtungen Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen, Erneuerbare Energien und Nachhaltige Energiesysteme tut sich ein riesiges Forschungsfeld auf. Denn im Gegensatz zu den IT-Technologien hat sich das elektrische Netz betreffend noch keine bahnbrechende Innovation durchgesetzt. Einerseits kann es das Überangebot an Strom nicht fassen, andererseits gibt es noch immer keine optimale Speichermöglichkeit.

Doch jetzt haben Wissenschaftler der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg die geniale Idee von einem „Intelligenten Multi-Energie-System“ – sowohl aus technischer als auch ökonomischer Sicht. Kurz SmartMES heißt das interdisziplinäre, von der Europäischen Union geförderte Forschungsprojekt. Martin Wolter konnte seine Professorenkollegen Frank Beyrau, Leiter des Instituts für Strömungstechnik und Thermodynamik, und Evangelos Tsotsas, Leiter des Instituts für Verfahrenstechnik, dafür begeistern, gemeinsam den längst fälligen Wandel in der elektrischen Energieversorgung einzuleiten.





Das Wissenschaftler-Team sieht die Lösung in der sogenannten „Sektorenkopplung“, also in der Verbindung des Strom-, Gas- sowie des Fernwärme- und -kältenetzes.



Dem Laien scheint zunächst unklar, inwieweit Gasleitungen oder Fernwärme eine Stromleitung entlasten können. „Power-to-Gas“ und „Power-to-Heat“ sind die wegweisenden Begriffe. Neue Technologien machen es möglich, dass überschüssige elektrische Energie in gasförmigen oder flüssigen Kraftstoff umgewandelt werden kann. Martin Wolter erklärt vereinfacht ausgedrückt: „Wenn durch Wind oder lange Sonnenscheinphasen viel Ökostrom erzeugt wird, könnte der vor Ort zum Beispiel mit Hilfe einer bidirektional betriebbaren Brennstoffzelle, die ebenfalls Forschungsgegenstand ist, in Wasserstoff oder Methan umgewandelt und etwa in das Gasnetz eingespeist werden.“ An dieser Stelle, so der Professor, werde das Vorhaben natürlich komplexer. Schließlich müssten auch beim Betrieb von Gasnetzen strikte Vorgaben eingehalten werden. „Prinzipiell“, sagt er, „versuchen wir, ein Problem, das im Stromnetz nur kostspielig behoben werden kann, zumindest teilweise in ein anderes System zu verlagern. Damit wird das Problem auf mehrere Schultern verteilt und lässt sich wesentlich günstiger lösen, ohne Ökostrom ‚wegzuschmeißen‘.“

Wie aber ist die Netzsituation vorherzusagen? Welche Energiemengen können die einzelnen Netze aufnehmen? Welche der Möglichkeiten zur Kopplung der unterschiedlichen Netze ist in welcher Situation die optimale? Und wo überhaupt ist solch eine Kopplung sinnvoll?

Fragen über Fragen, die SmartMES beantworten soll.

Klug, intelligent, schlau, findig, clever ... – bis all die Bedeutungen für „smart“ auf das Multi-Energie-System zutreffen, müssen die Projektpartner einige Arbeit leisten. Jetzt, nach dem ersten von drei Jahren Forschung und Entwicklung, gibt es erste Kopplungsmodelle. Die Daten dafür stellen regionale Projektpartner wie der Bürger Windparkbetreiber ABO Wind AG, das Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF Magdeburg und die Stadtwerke Burg Energienetze mbH zur Verfügung.

„Wir entwickeln anhand dieser Daten optimale Planungs- und Betriebskonzepte für alle möglichen Szenarien, die im Zusammenhang mit der Stromerzeugung auftreten können“, sagt Projektleiter Martin Wolter und dass sich diese Szenarien an natürlichen Ereignissen orientieren wie etwa an Stürmen, Sonnenfinsternissen, Sonnen- und Windflauten, Mastbrüchen, Netzausfällen, ... Berücksichtigt würden zudem auch gesellschaftspolitische Entwicklungen wie der Ausstieg aus der Braunkohle.



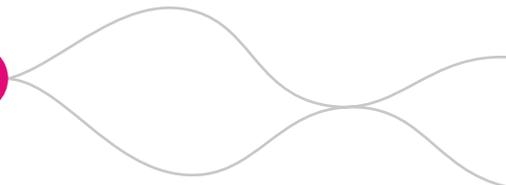
Nicola Gast bedient eine Netzleitwarte zur Steuerung des elektrischen Energieversorgungssystems.

Foto: Harald Krieg

SmartMES ist ein virtuelles System. Das Konsortium mit seinen breit gefächerten fachlichen Kompetenzen entwickelt die Soft- und Hardware für eine Art digitale Leitzentrale. Die kann sich der Netzbetreiber installieren und nach deren Handlungsempfehlungen eine Sektoren-Kopplung so managen, dass sich für ihn das Verhältnis von Kosten-Nutzen-Risiken am profitabelsten gestaltet.

Fünf wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gehören zum Kernteam des Projektes und schreiben über SmartMES-Themen ihre Doktorarbeit. „Durch Messeauftritte, Publikationen und Vorträge hat das Projekt schon eine große Aufmerksamkeit“, sagt Martin Wolter. Gerade bereitet er im Auftrag des Technologieverbandes VDE eine Konferenz vor, die sich dem Thema Sektorenkopplung widmet.

Für die nächste Projektphase sucht das Bündnis nach einem optimalen Installationsstandort zur Demonstration der Sektorenkopplung. Ideal wäre etwa ein Krankenhaus, wo tatsächlich die verschiedenen Energienetze zusammentreffen, meint Martin Wolter und betont: „Ist SmartMES erst einmal intelligent, wird es die geeigneten Kopplungsstandorte selbstständig suchen und dem Netzbetreiber vorschlagen.“





*'Wussten
Sie schon,
dass ...*



*Prof. Dr.-Ing. Martin Wolter
Foto: Harald Krieg*

”Martin Wolter über seine Arbeit als Wissenschaftler

„Die Forschung in der elektrischen Energietechnik ist durch die Energiewende spannender denn je. Das Schöne an dem Beruf ist, dass man neben dem rein technischen Methodenwissen auch weit über den Tellerrand hinaus schauen muss, um die immer wichtiger werdenden ökonomischen und rechtlichen Fragestellungen berücksichtigen zu können. Zusammen mit den richtigen Industriepartnern kann man heute enorme Dinge in Bewegung setzen und einen aktiven Beitrag zum Gelingen der Energiewende liefern. „Egal, wo man hinschaut, es gibt Probleme zu lösen und Optimierungspotenziale zu heben.“



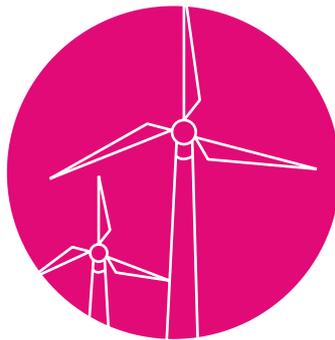
*Prof. Dr.-Ing. Martin Wolter
Fakultät für Elektrotechnik
und Informationstechnik
Institut für Elektrische Energiesysteme
martin.wolter@ovgu.de
www.lena.ovgu.de*





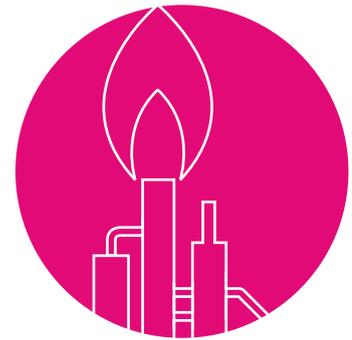
...

die Kosten für engpassbeseitigende Maßnahmen im deutschen Stromnetz im Jahr 2015 über eine Milliarde Euro betragen und davon knapp die Hälfte für Kompensationszahlungen für nicht genutzte Erneuerbare Energie aufgewandt wurde?



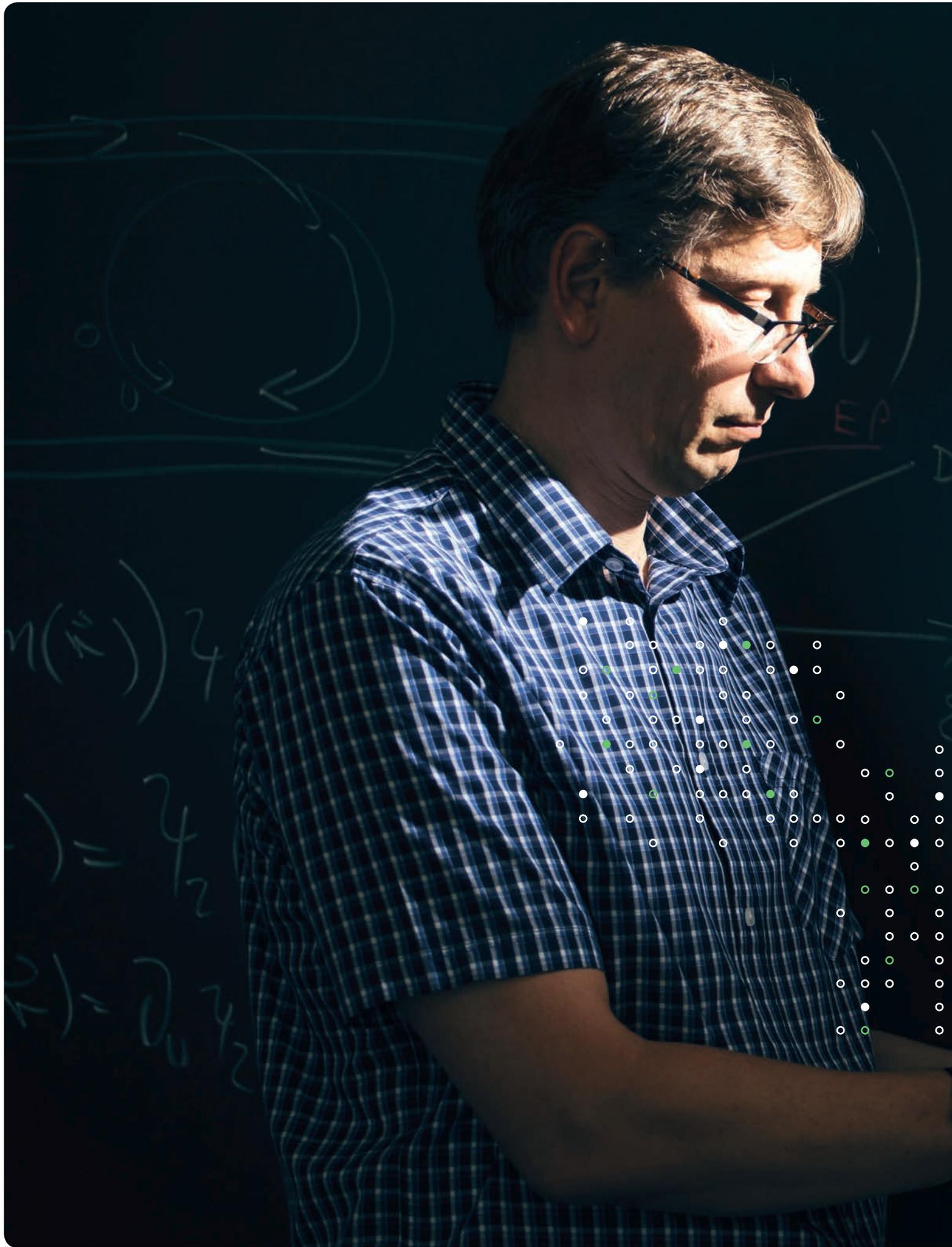
...

Ende 2017 in Deutschland circa 30.000 Wind-Energieanlagen und 1,7 Millionen Photovoltaikanlagen an das Stromnetz angeschlossen waren? Damit hat die Windenergie rund 15 Prozent und die Photovoltaik rund 6 Prozent zum deutschen Stromverbrauch beigetragen.



...

im Jahr 2017 in Deutschland ca. 1.000 Milliardenkilowattstunden Gas und 560 Milliardenkilowattstunden Strom verbraucht wurden und damit sowohl Strom – als auch Gasverbrauch gestiegen sind? Während beim Gasverbrauch das Wetter der Haupteinflussfaktor ist, ist es beim Strom die Konjunktur.



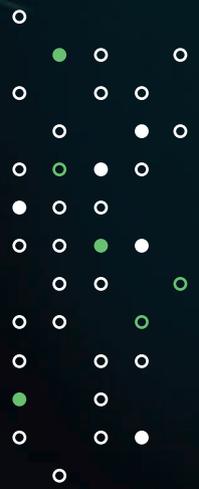


'Die Zähmung des Lichts

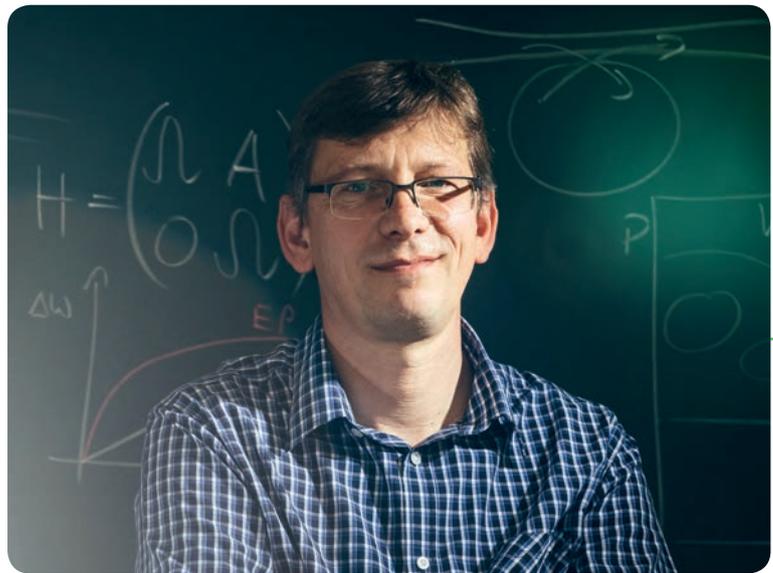


PHYSIKER ERFORSCHEN, WIE SICH
LICHTTEILCHEN AUF KLEINSTEM RAUM
VERHALTEN

HEIKE KAMPE



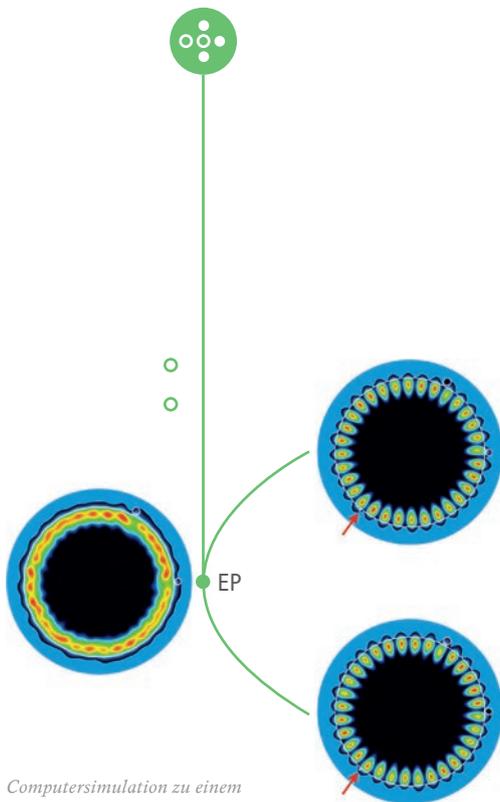
Die Zukunft liegt im Licht, davon ist Jan Wiersig überzeugt. Der Professor für Theoretische Physik weiß, dass Lichtteilchen und -wellen in den kommenden Jahren und Jahrzehnten für Technik, Industrie, Datenverarbeitung oder medizinische Diagnostik immer wichtiger werden. Doch trotz aller zukünftig möglichen technologischen Anwendungen – der Wissenschaftler sieht sich vor allem als Grundlagenforscher. Mit seiner Arbeit enthüllt er etwa, wie Lichtteilchen aufeinander und auf Materie wirken oder wie Licht effektiv transportiert wird.



Prof. Dr. Jan Wiersig
Foto: Harald Krieg

Die Forschung geht dabei heute hauptsächlich in eine Richtung: Die Dimensionen werden immer kleiner und sind inzwischen im Mikro- und Nanobereich angekommen. Für das menschliche Auge sind Strukturen dieser Größenordnung unsichtbar. Auch Jan Wiersig erforscht, wie sich das Licht in solch unvorstellbar kleinen Räumen bewegt und verhält. Im Zentrum seiner Arbeit stehen sogenannte Mikroresonatoren. Diese Systeme, die nur wenige Mikrometer breit und hoch sind, halten das Licht in ihrem Inneren wie in einem Käfig gefangen. Deren Herstellung ist eine Kunst für sich, der sich ganze Arbeitsgruppen widmen. Wiersig vergleicht das Prinzip mit der Flüstergalerie der St. Pauls-Kathedrale in London: Entlang der gewölbten Wände werden Schallwellen über große Strecken transportiert. Flüstert ein Besucher an einem Ende des Gewölbes, kann ihn ein anderer Besucher am gegenüberliegenden Ende immer noch gut verstehen. So ähnlich verhält es sich auch mit den elektromagnetischen Lichtwellen in einem Mikroresonator.

Physiker machen sich das Prinzip zunutze, um das Licht in Scheiben, Kugeln oder auch ringförmigen Schläuchen zu zähmen, es zu kontrollieren, zu messen und gezielt einzusetzen. Lichtwellen, die in dieses System hineingelangen, werden an dessen Wänden reflektiert. Und zwar zu nahezu 100 Prozent, denn die Physiker verwenden dafür Totalreflexion. So kann das Licht auf kleinstem Raum für lange Zeit gespeichert werden.



Computersimulation zu einem Mikroresonator-Sensor an einem exceptionellen Punkt (EP).





i

Prof. Dr. Jan Wiersig
Fakultät für Naturwissenschaften
Institut für Physik
jan.wiersig@ovgu.de
www.iep.ovgu.de



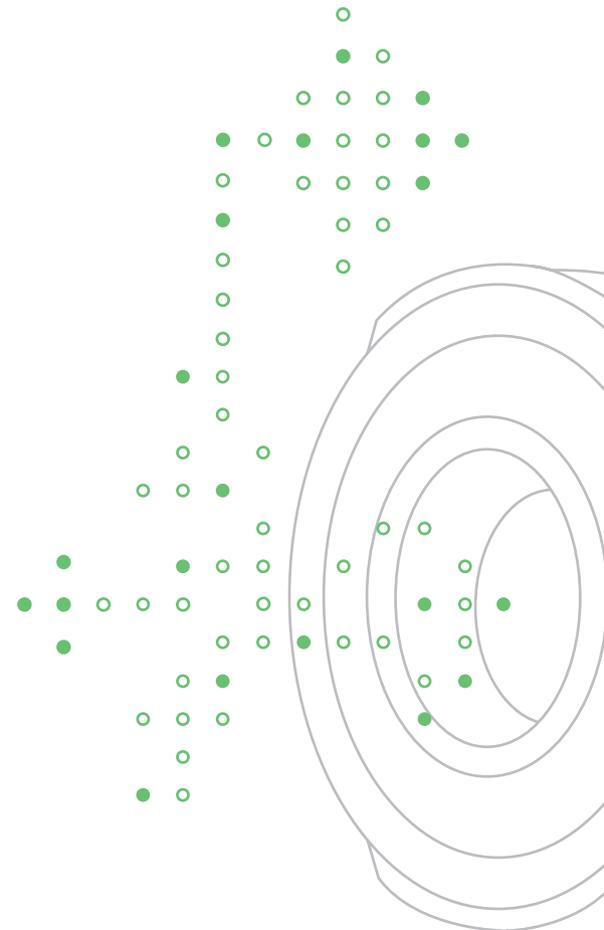
Illustration der Mikroresonator-Sensoren (Ringe) zum Aufspüren kleinster Teilchen (Bild: W. Chen and Prof. L. Yang, Washington University)

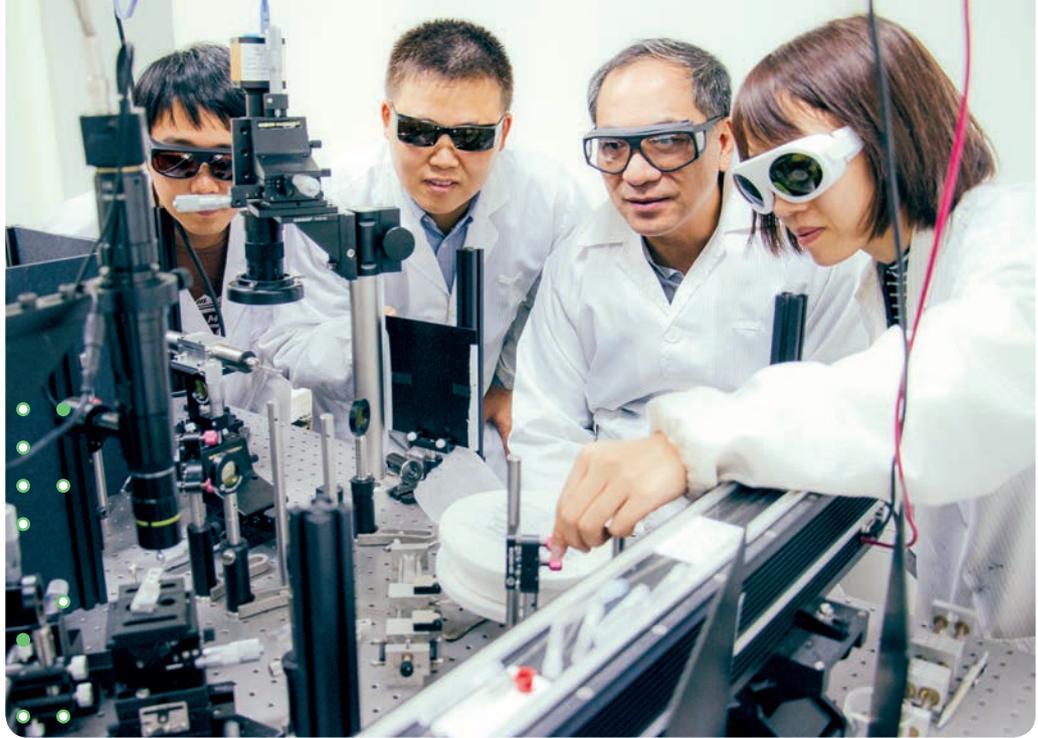
Seit etwa 30 Jahren stehen Mikroresonatoren im Fokus der Forschung. Das wissenschaftliche Interesse an diesen Lichtspeichern ist nach wie vor ungebrochen. „Für sehr viele Physiker aus den verschiedensten Bereichen ist dieses Forschungsfeld hochspannend“, erklärt Wiersig. Denn das Potenzial für mögliche Anwendungen ist enorm. Ob Mikrolaser für Displays, schnelle Datenübertragung ohne Hitzeerzeugung, Sensoren oder Filter – Wiersig fallen auf Anrieb jede Menge Themenfelder ein, in denen bisherige Technologien mit Licht revolutioniert werden könnten. „Nicht umsonst haben wir nach dem Jahrhundert des Elektrons jetzt das Jahrhundert des Photons, also des Lichtteilchens“, erklärt er.

In seiner Arbeitsgruppe untersucht der Physiker hauptsächlich mit Simulationen am Computer, welche Wege das Licht in einem Mikroresonator nimmt und wie es sich gezielt lenken lässt. Die dafür notwendigen Rechenprozesse sind mitunter sehr zeitaufwendig und erfordern enorme Rechenleistungen. Einige Fragen lassen sich aber auch „mit Papier und Bleistift lösen“, sagt Wiersig schmunzelnd.

Erst kürzlich errangen die Forscher um Jan Wiersig gemeinsam mit Kollegen aus Harvard und Peking einen wissenschaftlichen Durchbruch in der Mikroresonatorforschung. Ihnen gelang es, ein Problem zu lösen, das sie und andere Forschungsgruppen bereits seit Jahren umtreibt. Es geht um die Frage, wie sich Lichtwellen in einem Mikroresonator gezielter ein- und ausspeisen lassen, um sie dann nutzbringend einsetzen zu können. Vor allem die Geschwindigkeit der Lichtteilchen spielt dabei eine entscheidende Rolle.

Denn sie entscheidet darüber, ob Lichtteilchen aus hauchdünnen Glasfasern, die parallel zum Mikroresonator angeordnet sind, in den Resonator eingespeist und wieder herausgeleitet werden können. Nur wenn die Lichtpartikel beider Systeme dieselben Eigenschaften besitzen, ist dies möglich.





Ein Kooperationspartner ist die Arbeitsgruppe von Prof. Yun-Feng Xiao.
Foto: Universität Peking

Allerdings sind gerade jene Prozesse für die Wissenschaftler besonders interessant, in denen sich die Wellenlänge der Lichtteilchen ändert. Das geschieht etwa, wenn Photonen mit Elektronen wechselwirken und sich die Energie der Teilchen verändert. Dann jedoch passen die Teilchen nicht mehr zueinander, zwischen Glasfaser und Mikroresonator ist kein gerichteter Austausch mehr möglich.

Lange tüftelten die Forscher an einer Lösung dieses Problems – und wurden fündig: „Wenn man den Resonator leicht verformt, wird diese Bedingung aufgehoben“, erklärt Wiersig. Mit diesem Kniff nehmen die Lichtwellen einen völlig anderen Verlauf, der sich aber – ähnlich wie in der Wettervorhersage – schlecht voraussagen lässt. Partikel, die dicht nebeneinander starten, haben nach wenigen Reflexionen an der Resonatorwand vollkommen unterschiedliche Positionen, und auch ihre Geschwindigkeit wechselt permanent. Die Forscher sprechen vom „optischen Chaos“.

Doch dieses Chaos kommt den Wissenschaftlern zu Hilfe. Denn es sorgt dafür, dass die Teilchen in der Glasfaser und im Mikroresonator für extrem kurze Augenblicke dieselbe Geschwindigkeit haben. In genau dieser Zeitspanne können Lichtpakete zwischen beiden Systemen ausgetauscht werden.

Die Form des Resonators so zu wählen, dass dieses optische Chaos möglichst schnell erreicht wird, war das große Ziel der Forscher. Experimentell oder mithilfe numerischer Rechenmodelle ermittelten sie, wie die Lichtwellen auf die geänderte Form reagieren. Dafür arbeiten die Theoretischen Physiker mit Experimentatoren zusammen, die im Labor jene Hypothesen und Ergebnisse nachstellen und überprüfen, die ihre Kollegen am Computer aufgestellt und ermittelt haben.

Nach vielen Versuchen und Berechnungen erreichten sie die gewünschte Form – eine minimal abgeflachte Scheibe, die sich optisch kaum von einem Kreis unterscheiden lässt. Mit diesem Werkzeug lassen sich nun völlig neue Experimente durchführen in denen etwa untersucht wird, wie Licht- und Materieteilchen aufeinander reagieren. Außerdem legten die Forscher den Grundstein für eine neue Art der Datenverarbeitung. Anstelle von Elektronen verwendet diese Licht und ist damit nicht nur schneller und effektiver, sondern kommt auch ohne lästige Erwärmung aus.



Mit Mikroresonatoren lässt sich aber noch viel mehr anstellen. Die Forscher um Jan Wiersig haben kürzlich auch entdeckt, wie man die Lichtkäfige dazu nutzen kann, kleinste Teilchen in Flüssigkeiten oder Gasen aufzuspüren. Das Prinzip: Nanopartikel lagern sich an der Oberfläche der Mikroresonatoren ab und verursachen eine Farbänderung des Lichts im Inneren des Lichtspeichers. Diese Änderung ist messbar. Der Clou: Die Oberfläche der Mikroresonatoren kann so präpariert werden, dass sich je nach Fragestellung unterschiedliche Partikel anlagern können. Ob Viren, Wirkstoffe eines Medikaments oder DNA-Fragmente – die Einsatzmöglichkeiten dieses Messsystems sind sehr groß. So könnte etwa die Blutprobe eines Patienten gezielt nach bestimmten Krankheitserregern gescannt werden.

Hinter diesem physikalischen Phänomen steckt ein abstraktes mathematisches Konzept. Wiersig spricht vom „exzeptionellen Punkt“ – einem Zustand, in dem Materie- oder Lichtteilchen sehr empfindlich auf äußere Änderungen reagieren. Auch für Physiker ist dieser Zustand in großen Teilen noch unverstanden.

Dennoch findet das Konzept bereits Anwendung: Im Mikroresonator erreichen die Forscher den exzeptionellen Punkt mit sogenannten Nanonadeln. Diese verändern die Lichtwellen so, dass sie hochsensibel auf kleinste Veränderungen reagieren. Mit dieser „Anregung“ ist es möglich, auch kleinste Unterschiede sehr effizient zu erkennen und zu messen.

Der Physiker Wiersig ist vom Konzept des exzeptionellen Punkts fasziniert. „Der Laie wahrscheinlich weniger“, gibt er lachend zu. Doch für den Wissenschaftler ist klar: „Es ist nicht nur ein rein mathematisches Konzept, sondern besitzt auch großes Potenzial für zahlreiche Anwendungen.“ Die Belohnung für seine Arbeit erhält Wiersig meist nach vielen Stunden am Schreibtisch vor dem Computer, nach zahllosen Berechnungen und Simulationen: „Wenn unsere Lösungen dann tatsächlich im Experiment nachgewiesen werden können, ist das ein großes Glücksgefühl.“



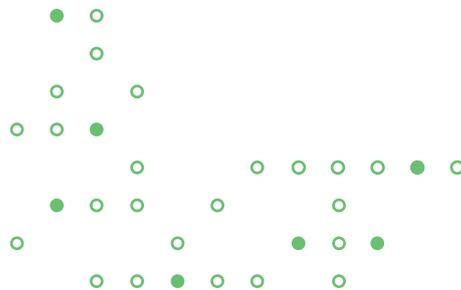
Aufbau zum Vermessen eines optischen Mikroresonators
Foto: Washington University



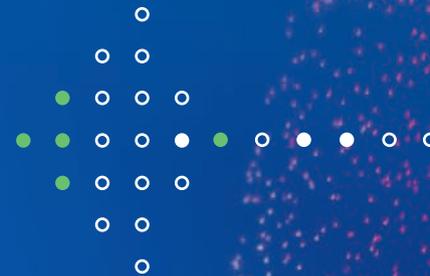
Prof. Dr. Jan Wiersig
Foto: Harald Krieg

”Jan Wiersig über seine Arbeit als Wissenschaftler

„Mathematik und Physik waren schon in der Schule meine Lieblingsfächer. Ich war davon fasziniert, dass sich die Natur mathematisch beschreiben lässt. Physik hat eine riesige Bandbreite. Sie stellt große, grundlegende Fragen und ermöglicht zugleich viele interessante technische Anwendungen. Der Erkenntnisgewinn ist meine große Motivation, meine Triebfeder. Ich stehe gern vor den Studierenden, um ihnen Wissen zu vermitteln und ihre Kompetenzen in der Forschung zu stärken. Als Wissenschaftler lerne ich jeden Tag Neues kennen und treffe interessante Menschen, insbesondere auf Reisen. Gerade schreibe ich diese Zeilen aus Hawaii, wo ich an einer Konferenz teilnehme.“



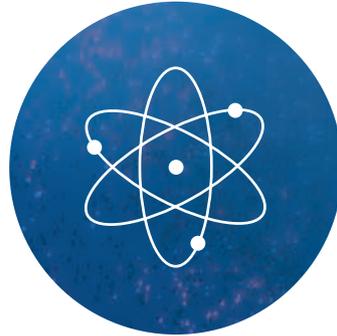
’Wussten
Sie schon?





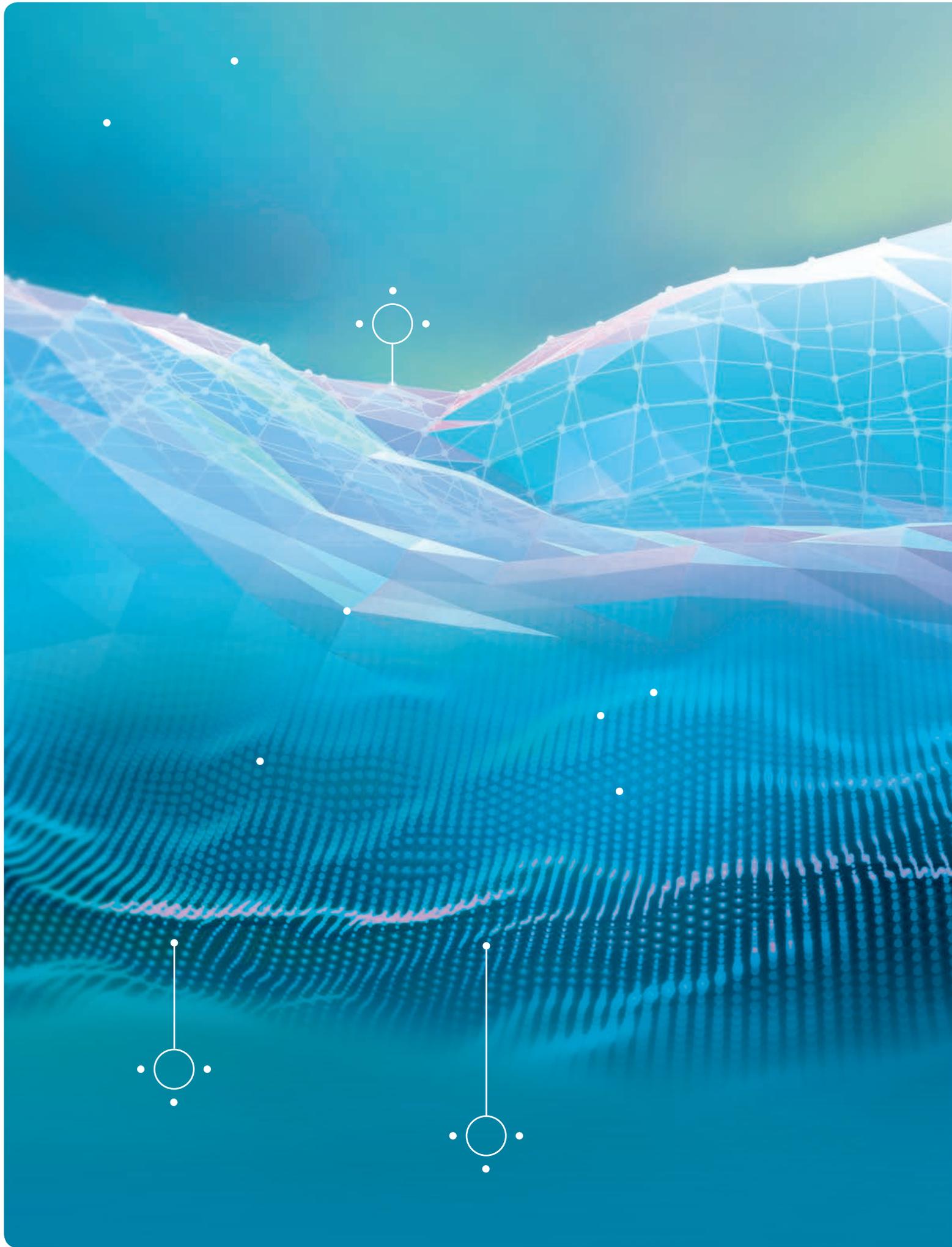
Licht

Licht kann sanft leuchten, grell scheinen, flirren, flackern und funkeln. Doch in der Physik geht es weniger poetisch zu. Rein physikalisch betrachtet, ist Licht eine hochfrequente elektromagnetische Welle. Wellenlängen zwischen 380 und 780 Nanometern sind für das menschliche Auge sichtbar. Je nach Wellenlänge nehmen wir dabei unterschiedliche Farben wahr. Die Quantenphysik versteht Licht nicht nur als Welle, sondern als Quantenobjekt, das aus vielen Teilchen – den Photonen – besteht. Wie sich Licht ausbreitet und mit anderen Teilchen wechselwirkt, untersucht das physikalische Gebiet der Optik.



Theoretische Physik

Der Schnittpunkt zwischen Physik und Mathematik tritt vor allem in der theoretischen Physik deutlich zutage. Hier werden experimentelle Ergebnisse der Physik mathematisch modelliert. Physikalische Gesetze werden so in mathematische Strukturen übersetzt. Aus bekannten Theorien lassen sich auch Vorhersagen darüber treffen, wie sich Wellen, Teilchen oder Strahlen unter definierten Bedingungen verhalten. Auch Einsteins Relativitätstheorie, die die Strukturen von Raum und Zeit erklärt, ist ein Ergebnis der theoretischen Physik.





'Die Macht der Zahlen



WIE MATHEMATIKER
ZU POLARFORSCHERN WERDEN

HEIKE KAMPE

Es bedeckt eine riesige Meeresfläche, bildet meterdicke Schichten und kompakte Berge, zerbricht in Schollen oder schmilzt zu einer breiigen Masse. Im Nordpolarmeer prägt das Eis die Landschaft, bildet beeindruckende Formen und Farben auf Millionen von Quadratkilometern. Doch die eisige Pracht bröckelt. Im vergangenen Winter gefror so wenig Eis an der Nordkappe wie nie zuvor seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1979. Klimaforscher beobachten genau, wie groß die Ausdehnung des Meereises im Winter und im Sommer ist. Denn sie ist ein wichtiger Indikator für die Erderwärmung und ein entscheidender Parameter in den Klimamodellen.



Auch Thomas Richter interessiert sich dafür, wie es um das Meereis in der Arktis steht. Doch Richter ist gar kein Klimaforscher, sondern Mathematiker. Seit zwei Jahren ist er Professor in Magdeburg, am Lehrstuhl für Numerische Mathematik in den Anwendungen. Wie kommt jemand wie er dazu, sich mit arktischem Meereis zu befassen?

„Rein zufällig“, gibt der Wissenschaftler unumwunden zu. Das Meereis kam in Gestalt einer Einladung zu einem Vortrag am Alfred-Wegener-Institut für Polarforschung in Bremerhaven zu ihm. Die Gespräche und Diskussionen mit den Wissenschaftlern dort zeigten ihm: „Die Klimaforscher, die im Allgemeinen keine Mathematiker sind, hatten Probleme mit den Gleichungen, die die Meereisausdehnung beschreiben.“ Der Ehrgeiz des Mathematikers, dieses Problem zu lösen, war geweckt.

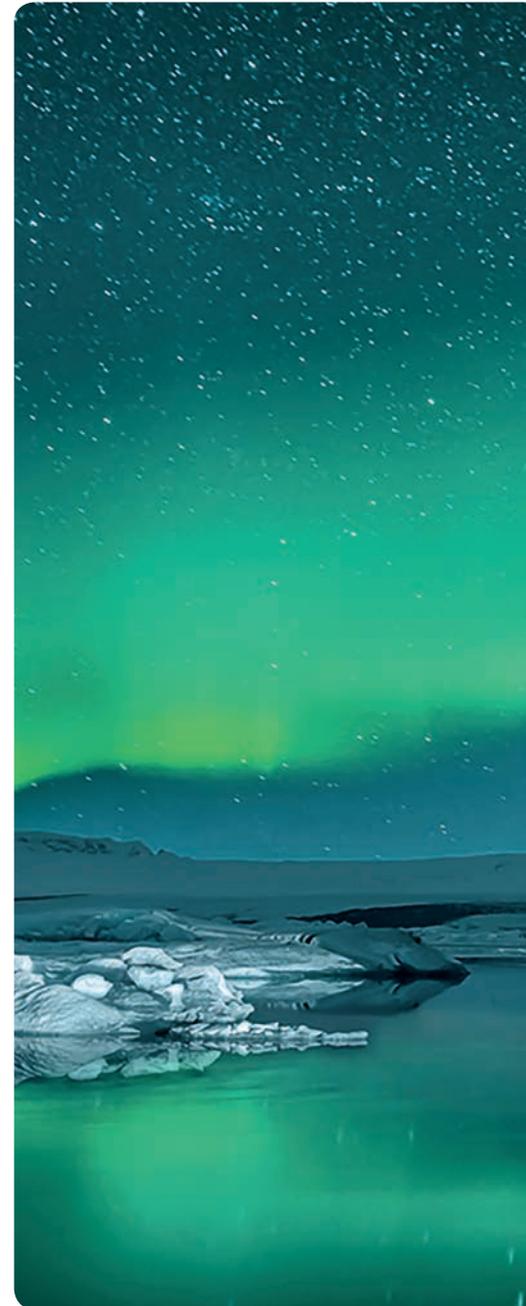


Foto: Burben – shutterstock.com



Das Meereis an den Polkappen der Erde ist für Richter, rein mathematisch betrachtet, eine Besonderheit – ein „extremes Fluid“. „Diesen Begriff gibt es eigentlich gar nicht“, sagt Richter. In seiner Forschung verwendet er ihn trotzdem, um Flüssigkeiten oder Gase zu umschreiben, die sich anders verhalten als Wasser oder Luft.

Eis, Blut, Schmiermittel oder Asphalt – alle diese Stoffe besitzen besondere Eigenschaften, die sie zu extremen Fluiden machen. Entscheidend ist dabei die Reibung zwischen den Teilchen. Je größer diese ist, desto zäher oder viskoser wird das Material. Bei sogenannten Newtonschen Fluiden wie Wasser oder Luft ist diese Beziehung proportional. Doch bei extremen Fluiden ist das Verhältnis von Reibung und Viskosität komplizierter.

Warum das so ist, lässt sich gut am Beispiel des Blutes erklären: „Blut ist keine homogene Flüssigkeit, sondern besteht aus unterschiedlichen Komponenten“, erklärt Richter. Blutkörperchen und Blutplasma gehen eine Mischung ein, die sich je nach Größe des Blutgefäßes unterschiedlich verhält. In einem sehr kleinen Blutgefäß richten sich die Blutkörperchen so aus, dass ihre Reibung untereinander sehr gering ist. In den kleinsten Blutgefäßen des Körpers strömt das Blut weniger schnell, ist aber zugleich weniger viskos als in den großen Blutgefäßen. Bei extremen Fluiden hängt es häufig von mehreren Parametern ab, wie hoch die Viskosität ist.

Aus dem mathematischen Blickwinkel von Thomas Richter gleichen sich daher Blutströme und Eismassen. Wie das Blut besteht auch das Meereis in der Arktis aus ganz unterschiedlichen Komponenten, die darüber entscheiden, wie es sich bewegt und ausbreitet. Wind und Wellen wirken auf Eisberge anders als auf dünne Schollen, meterdicke Eisflächen bewegen sich nicht genauso wie viele kleinere Eisbrocken.

Forschende, die in ihren Arbeiten mit extremen Fluiden rechnen müssen, gelangen schnell an Grenzen: „Wegen dieser Effekte bekommen wir Schwierigkeiten in unseren Berechnungen“, erklärt Thomas Richter. „Die üblichen bekannten Methoden funktionieren dann nicht mehr.“ Der Grund: Die Gleichungen, die bei Mathematikern unter dem Begriff „partielle Differentialgleichungen“ laufen, sind extrem komplex. „Die Lösung ist hier keine Zahl, sondern eine Funktion“, erklärt Richter.



Und zwar eine Funktion mit unendlich vielen Unbekannten, da die Mathematiker unendlich viele Punkte auf der Nordhalbkugel betrachten müssen. Eine solche Gleichung ist schlichtweg nicht lösbar – auch nicht für einen Mathematikprofessor. Mithilfe von mathematischen Modellen können lediglich Näherungswerte für die Ausdehnung des Meereises ermittelt werden.

Für Klimaforscher ist das ein Dilemma. Denn das Meereis bildet in ihren Modellen eine wichtige Größe. Seine Ausbreitung entscheidet darüber, wie sich das Klima in den kommenden Jahren entwickelt. Gelänge es, die Meereisausdehnung besser und schneller zu berechnen, könnten die Klimamodelle genauere Voraussagen treffen.

Wenn ein mathematisches Problem unendlich groß ist, weil es unendlich viele Lösungsmöglichkeiten gibt, bedienen sich Mathematiker eines Tricks. Er heißt „Finite-Elemente-Methode“. Die unendliche Weite des Polaren Nordmeers zerlegen sie in ein Gitter aus Vier- und Dreiecken. Aus unendlich vielen Punkten im Meer schaffen sie eine endliche Anzahl einzelner Elemente. Die Berechnungen der Meereisausdehnung vereinfachen sich dadurch erheblich, sind aber immer noch zu komplex.

Denn auf wenigen Kilometern Fläche kann es große Unterschiede in der Beschaffenheit des Eises und seiner physikalischen Eigenschaften geben. Das Gitter muss entsprechend fein sein, um die Eisstrukturen – Risse, Schollen, Schneematsch oder Berge – auch erfassen und berechnen zu können. Mit der Auflösung des Gitters steigt jedoch auch die Größe des mathematischen Problems.

In der Klimaforschung sind derzeit Gitterkanten von 100 bis etwa 20 Kilometer üblich. Eine feinere Auflösung ist mathematisch nicht mehr lösbar. Richter blieb hartnäckig und suchte auf anderen Wegen nach einer Möglichkeit, das Gitter weiter zu verfeinern. Dafür ging er zurück zum Ausgangspunkt des mathematischen Problems: der von Physikern entwickelten Seeisgleichung, die die Ausdehnung des Meereises beschreibt.





Prof. Dr. Thomas Richter
Foto: Harald Krieg

„Die Gleichung ist eigentlich gar nicht so schlimm, wie sie aussieht“, lautet das überraschende Fazit des Forschers. Geschwindigkeit, Druck, Reibung, Viskosität – alle diese Größen sind entscheidende Bestandteile. „Durch langes Draufschauen, Herumspielen und viel Erfahrung“ haben die Mathematiker um Richter die Formel schließlich umgewandelt. „Die Gleichung ist immer noch dieselbe“, betont er. „Aber die Methode ist eine andere.“ Einen Teil der Formel schrieben die Forscher einfach um. Das Ergebnis ändert sich dadurch nicht, aber der Kniff ermöglicht es, das Gitter noch weiter zu verkleinern und damit genauere Resultate zu erzielen. Klimaforscher haben nun ein neues, starkes Instrument an der Hand, mit dem sie ihre Modelle und Voraussagen optimieren können.



λ

Viskosität von Wasser

$$\lambda = 0 \quad \mu = 1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$$

Viskositäten des Meeres-Modells

$$\lambda = \frac{P^* \exp(C(1-A))H}{\sqrt{\Delta_{min}^2 + \frac{1}{2} \dot{\epsilon}' : \dot{\epsilon}' + \text{tr}(\dot{\epsilon})^2}} \quad \mu = \frac{1}{4} \lambda$$

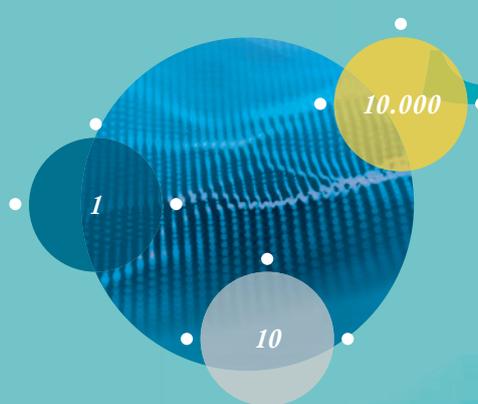
Viskositätsmodell Blut

$$\lambda = 0 \quad \mu = \mu_F \left(1 - \frac{1}{2} \frac{k_0 + k_\infty \sqrt{\dot{\gamma}/\dot{\gamma}_c}}{1 + \sqrt{\dot{\gamma}/\dot{\gamma}_c}} \phi \right)^{-2}$$

„Es gibt mehr als genug Forschende, die ähnliche Probleme haben und dafür Mathematik brauchen“, sagt Thomas Richter. Er selbst versteht sich als Brückenbauer, der mit den Mitteln der Mathematik Lösungen für Fragen aus anderen Forschungsfeldern schaffen kann. Und zwar auch aus eigenem Interesse.

Eine gewisse Offenheit gehöre dazu, bestätigt er. Und auch die Bereitschaft, sich in neue Themen einzuarbeiten und Fachbegriffe anzueignen. Derzeit erforscht er gemeinsam mit Chirurgen aus Deutschland und Polen, wie sich Blutströme in den Blutgefäßen berechnen lassen. Denn die Kraft der Strömung kann die Wände der Gefäße verändern und schädigen und beeinflusst somit auch zahlreiche Erkrankungen wie Arteriosklerose oder Aneurysmen. Auch mit besonderen Schmiermitteln, die in Drallrädern von Satelliten eingesetzt werden und diese stabil in Position halten, hat sich der Mathematiker schon wissenschaftlich auseinandergesetzt. An Offenheit für neue Themen mangelt es ihm offensichtlich nicht. „Das ist doch gerade das Reizvolle“, sagt er.

3



Viskosität

Wasser hat einen Wert von eins, bei Kaffeesahne sind es zehn, bei Honig zehntausend. Gemeint ist die Viskosität, die die Zähigkeit von Flüssigkeiten oder Gasen beschreibt. Die Viskosität einer Substanz hängt davon ab, wie groß die innere Reibung ihrer Teilchen ist. Wenn diese durch Anziehungskräfte zwischen den Molekülen stark aneinandergebunden sind, ist die Flüssigkeit besonders zäh: Ihren Namen verdankt die Viskosität einer Pflanze: Die Mistel ist auch unter dem lateinischen Namen *Viscum minimum* bekannt. Ihre weißen Beeren sind besonders klebrig und werden gern von Vögeln gefressen. Scheiden diese die Beeren wieder aus, bleiben die Samen an dem Ast kleben, auf dem die Vögel sitzen.



Prof. Dr. Thomas Richter
Foto: Harald Krieg

” Thomas Richter über seine Arbeit als Wissenschaftler

„Ich bin ein wenig zur Mathematik gestolpert, war mehr an der Physik interessiert. In der Schule hatte ich allerdings einen derart schlechten Physiklehrer, dass ich mir ein Studium nicht so recht zugetraut habe; Mathematik war einfacher. Durch einen hervorragenden Doktorvater an der Universität Heidelberg mit vielen Möglichkeiten zum Austausch mit anderen Universitäten, Ländern und Disziplinen ist die Lust mehr und mehr erwacht. Für mich ist die Freiheit in der wissenschaftlichen Arbeit an einer Universität die größte Motivation: Ich suche mir meine Themen selbst aus und entscheide auch selbst, wie ich sie bearbeite. Große Visionen brauche ich für meine Arbeit nicht, der Umgang mit Studierenden und Doktoranden macht mir ebenso Spaß wie die harte Arbeit an theoretischen mathematischen Problemen.“



Prof. Dr. Thomas Richter
Fakultät für Mathematik
Institut für Analysis und Numerik
thomas.richter@ovgu.de
www.math.ovgu.de

one of the two affected
additional capabilities, the attack
of ECB as block cipher mode
randomly chosen Token Keys has
security that can be considered
every few decades. Even block
can be securely used, if the
size of the Token Key is low.

Secure Storage Keys

makes the random number generator
gains the ability to predict (parts of) the
access to the storage of secret keys.
would be jeopardized. Both attack
apply to any other AC mechanism in
scope of this paper. However, the use
surface, as in ASC only the private
secret.

Security of an LCap Epoch

LCap relies on the
of CoAP to prevent replay attacks.
to initiate DD - but only for idempotent
processing is acceptable - to employing
Another way to evade the DD
of the CoAP server e.g. by having a
be answered by rejecting any request to
the LCap Epoch at the time of the
needed. All other ways to circumvent the DD
the message ID, the nodes address, or
since their integrity is protected by the
requires breaking cryptographic primitives
of the Token Key.

LCap Epoch depends on the system clock,
CoAP server's time would allow to control
epoch. Tracing a subset of nodes without
or exploiting time synchronization protocols
for this attack vector. Lowering the security
epoch permanently and refusing to decrease it
attacks. A fast system clock can still be
by decreasing the clock frequency until the
is back in sync while keeping the validity of
the time period covered by the

```
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325
```

ThinkVision



```
&ipver, argc, argv))
led to seed random: ");
);
, NULL, NULL){
out, "INFO: [EPOLL] not supported, using POLL "
\n");
y handle, NULL, NULL, &poll_data){
err, "Failed to set up event handling using "
backend:\n");
stderr);
RE;
"Failed to set up event handling using "
ckend:\n");
err);
ev handle){
iled to set up dynamic memory management "
cket:\n");
p_strerror(coap_errno));
r);
&ev handle, ifname, port, ipver){
iled to set up CoAP server!\n");
p_strerror(errno));
r);
"CoAP server on ");
(struct sockaddr *)sock.addr, sock.addr_len);
\nStarting event loop now...\n");
ent loop failed: ");
);
vent loop ended successfully\n");
```



'Wenn alles spricht



INFORMATIKER VERWANDELN
ALLTAGSGEGENSTÄNDE

MARKO JESCHOR



Vom Modell zum System.
Die IoT-Softwareentwicklung in der AG ComSys.
Foto:Harald Krieg



Hardwareplattformen für
das IoT der AG ComSys
Foto: Harald Krieg



*„Diese Daten sind so persönlich, dass Sie sie nicht mal mit Ihrem Partner teilen möchten, gleichzeitig aber den größten Nutzen daraus ziehen wollen.“
Der Nutzen kann seiner Aussage nach darin bestehen, entweder Krankheiten zu erkennen und durch eine gesündere Lebensweise Krankheiten sogar vorzubeugen. Bislang werden solche Analysen lediglich im ärztlichen Auftrag erstellt, sind kostspielig und äußerst zeitaufwändig.*

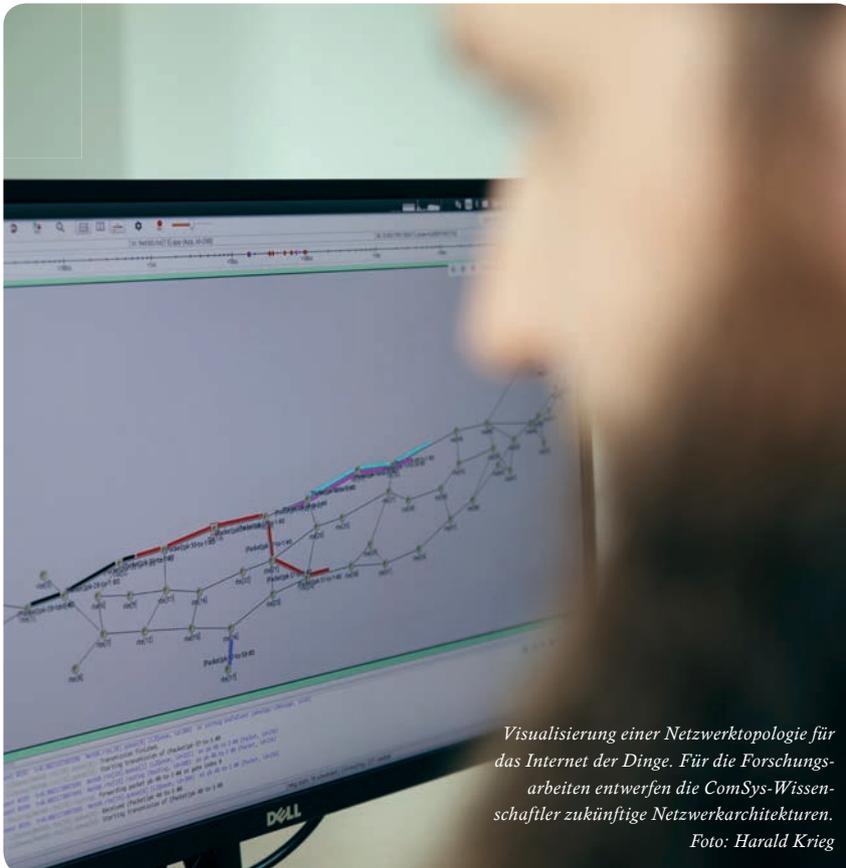
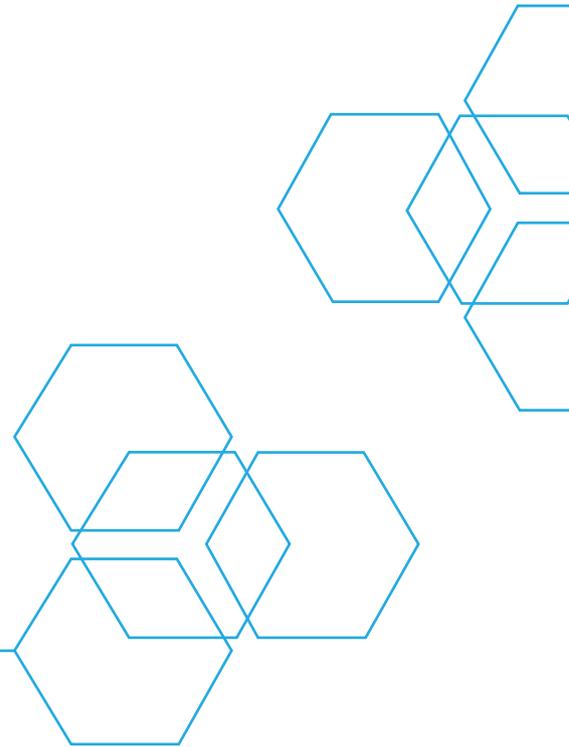
Zugegeben, es ist ein sehr intimes Beispiel, das Professor Dr. Mesut Güneş nutzt, um das Potenzial seiner Forschungsarbeit zu skizzieren: das Internet der Dinge. „Stellen Sie sich vor, Ihre Toilette im Bad ist nicht nur eine Toilette, sondern ein kleines Labor“, sagt der Wissenschaftler vom Lehrstuhl für Technische Informatik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Ein Labor, das in dem Fall sozusagen den Stuhl analysiert und die Ergebnisse anschließend mit Ernährungsempfehlungen an den Badspiegel überträgt.

Mit dem Internet der Dinge, mit der intelligenten Kommunikation und Verknüpfung zwischen Alltagsgegenständen also, könnte die Menschheit, technisch gesehen, den nächsten Schritt auf der evolutionären Stufe gehen. „Alles könnte noch effizienter werden“, sagt Mesut Güneş, der seit Oktober 2016 an der Universität auf dem Gebiet der Kommunikation und vernetzten Systeme forscht und lehrt. Der 45-jährige entwirft dafür sowohl prototypisch die notwendige Netzwerk-Architektur als auch die Sprachregelungen der Kommunikationsprotokolle sowie die Systeme, mit denen die Gegenstände ausgestattet werden sollen.



Gegenstände, von denen die meisten Menschen aktuell wohl nicht mal erwarten würden, dass sie irgendwann einmal „sprechen“ lernen sollen. Lampen können dazu gehören genau wie Brillen, Gürtel, Kochmesser oder auch Regenschirme, die auf aktuelle Wetterberichte mit unterschiedlichen Farben reagieren. Denn mit den Ernährungstipps am Badspiegel muss die Kommunikation nicht zwangsläufig beendet sein.

Theoretisch vorstellbar ist auch, dass der entsprechende Wunschzettel mit Speisen und Getränken für die Ernährungsumstellung an einen Händler übertragen wird, der sogleich eine Lieferung auf den Weg schickt. Spätestens am Abend könnte der Kühlschrank dann eine Vollzugsnachricht auf das Smartphone des Nutzers versenden, sofern er die Lieferung nicht selbst schon zu Hause entgegen genommen hat.



Visualisierung einer Netzwerktopologie für das Internet der Dinge. Für die Forschungsarbeiten entwerfen die ComSys-Wissenschaftler zukünftige Netzwerkarchitekturen.

Foto: Harald Krieg

Das Beispiel zeigt außerdem: Es ist möglich, allen Dingen, die bisher auf eine menschliche Steuerung angewiesen sind, sozusagen eine Art eigenes Leben einzuhauchen und damit den alltäglichen Gebrauchswert enorm zu steigern. „Die Möglichkeiten sind unbegrenzt“, sagt der Professor, der 2004 an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen auf dem Gebiet drahtloser Netzwerke promovierte und später auch am renommierten International Computer Science Institute (ICSI) im kalifornischen Berkeley arbeitete.

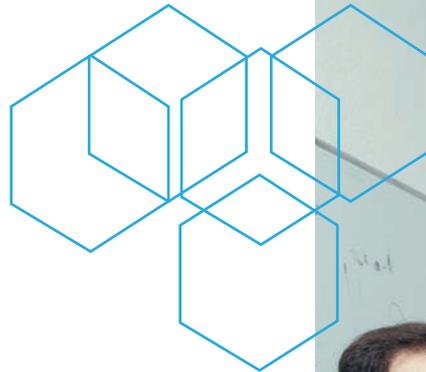
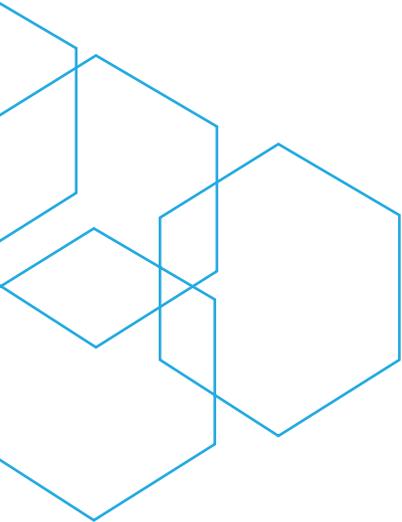
Um das Potenzial der Forschung zu begreifen, ist es zunächst einmal notwendig, sich von der bisherigen Vorstellung von leistungsfähigen Rechnern zu verabschieden. Rechner sind nicht mehr Computer wie Laptops. Sie sind laut Mesut Güneş mittlerweile so klein und auch fragil, dass sie problemlos sowohl im als auch am Körper getragen werden können – zum Beispiel in Form von Tätowierungen, die sich nach Gebrauch oder nach wenigen Wochen wieder abwaschen lassen.

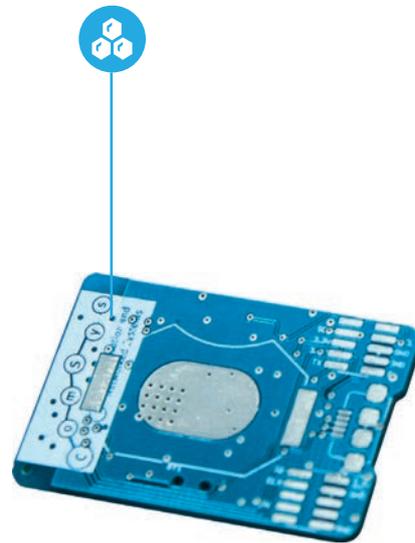
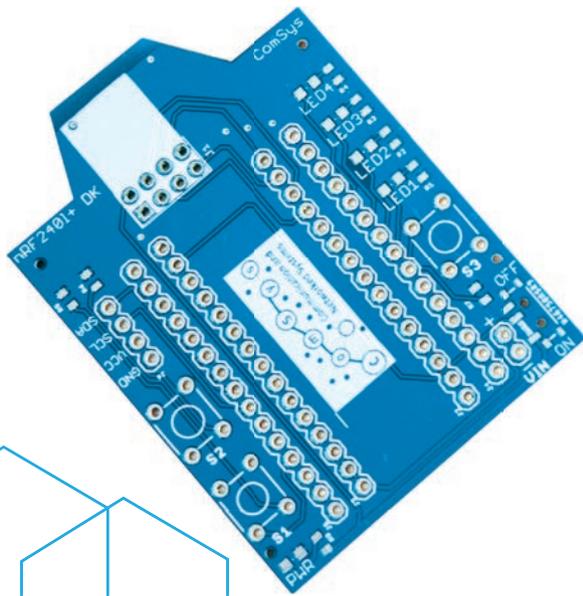
Den ersten Schritt zu dieser technisch geprägten Gesellschaft haben die Menschen längst vollzogen, wenngleich Mesut Güneş den Einzug der Technik in den Alltag noch als schwach ausgeprägt bezeichnet. Bereits jetzt können etwa Fitnessarmbänder den Puls oder den Schlaf überwachen, die zurückgelegten Schritte des Trägers zählen und die Daten zur Auswertung via Bluetooth an das Smartphone übertragen.

Auch die Wirtschaft treibt die Entwicklung eifrig voran, wie seit einigen Jahren auch auf der Messe Cebit zu verfolgen ist. Denn wer effizient arbeitet, kann Kosten sparen und damit den Gewinn steigern. Mesut Güneş geht im Vergleich zu diesen Beispielen jedoch noch einen gewaltigen Schritt weiter: Die von ihm entwickelten Systeme sollen nicht in sich abgeschlossen sein wie etwa in Lager- oder Produktionshallen, sondern offen. Offen wie die Kommunikation auf einer Straße, die von ihm im Rahmen seiner Forschung ebenfalls untersucht wird, und bei der sich sozusagen unvorhersehbar die verschiedensten Geräte wie beispielsweise autonome Fahrzeuge oder Ampeln miteinander verbinden, um etwa Reisen effizienter zu gestalten oder Unfälle zu verhindern. „Eine intelligente Stadt kann die Herausforderungen der Mobilität viel besser lösen als es bislang möglich ist.“

Die technischen Voraussetzungen will Mesut Güneş dabei nicht nur mit den Systemen schaffen, die die bisherigen Alltagsgegenstände erweitern, sondern auch mit drahtlosen Netzwerken, die in der Lage sind, Datenmengen zu transportieren, für die die aktuellen Internetverbindungen in vielen Fällen nicht ausgelegt sind. Denn die technische Basis der digitalen Infrastruktur stammt zu großen Teilen noch aus den 1970er Jahren. Damals, als sich amerikanische Wissenschaftler erstmals über größere Entfernungen auf einem Großrechner einloggen konnten, um Kommandozeilen einzugeben.

Mittlerweile sind die Anforderungen für Netzwerke wesentlich komplexer geworden, weil die Daten je nach Bedarf nicht nur in Echtzeit – also in weniger als 100 Millisekunden – transportiert werden müssen, sondern auch, weil die Kommunikation aufgrund von Videos oder Sprachnachrichten oder gar Berührungen mehrdimensional ist. „Weil so gut wie alles online erledigt werden kann“, wie der Professor sagt. Selbst wenn es „nur“ darum geht, verloren gegangene Dinge wiederzufinden.



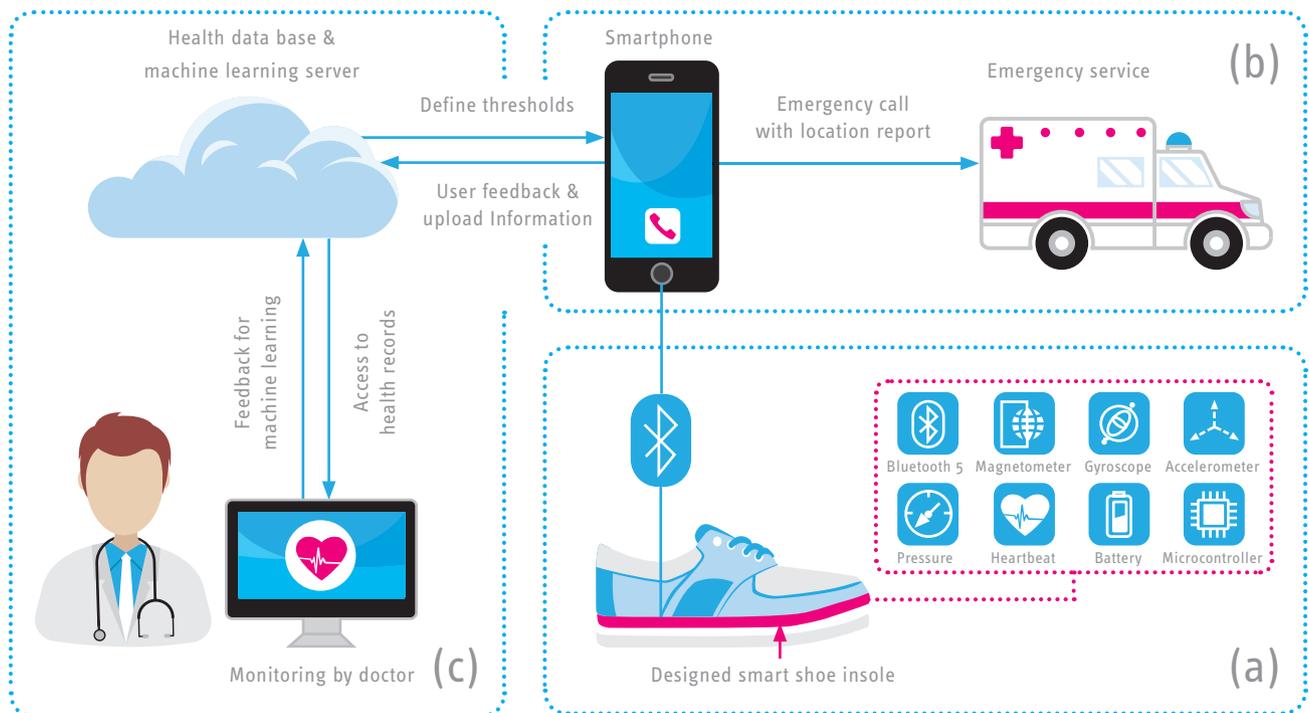


Bei der Forschungsarbeit steht die Entwicklung theoretischer Modelle im Mittelpunkt. Dabei entwickelt der Informatiker über sogenannte mathematische Modellierungen ganz unspektakulär am Computer Formeln, die Grundlage für spätere Programme sind, die auch auf verbreiteten Betriebssystemen wie Windows oder Linux funktionieren. Daneben geht es aber auch ganz praktisch zu. So nahm sich Mesut Güneş gemeinsam mit seinen Studierenden erst kürzlich eine Kaffeemaschine aus ihrer Teeküche vor, die sie so umbauten, dass das Gerät jetzt ferngesteuert über das Internet den Kaffee so zubereitet, wie es der jeweilige Nutzer möchte.

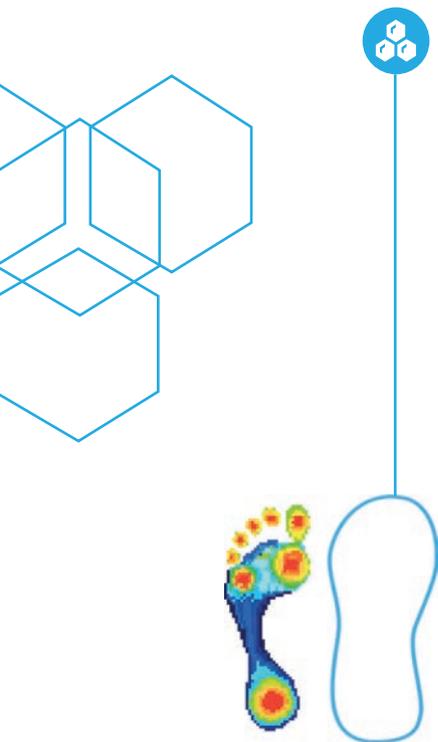
Apropos Küche: Dem Nutzer, der nach seiner Stuhlanalyse gleich mal mit den neuen Lebensmitteln kochen möchte, findet nach der Vorstellung des Professors in seinem intelligenten Haushalt neben der Toilette und dem Kühlschrank natürlich noch etliche weitere Helfer wie Messer, die dem ansonsten auch weniger begabten Koch vermitteln, wie man eine Tomate oder eine Zucchini richtig schneidet, oder Pfannen, die die richtige Temperatur auf dem Herd anzeigt, ohne dass das heiße Öl spritzt.

ComSys-Wissenschaftler bei der Diskussion über zukünftige Forschungsthemen. Von links: Ali Nikoukar, Saleem Raza, Kai Kientopf, Manuela Kanneberg, Jürgen Lehmann, Marian Buschsieweke, Mesut Güneş, Petra Duckstein, Frank Engelhardt | Foto: Harald Krieg





Modell für eine intelligente Schuhsohle. Das System sagt über Sensoren den Gesundheitszustand des Trägers voraus.
Grafik: MSc. Ali Nikoukar



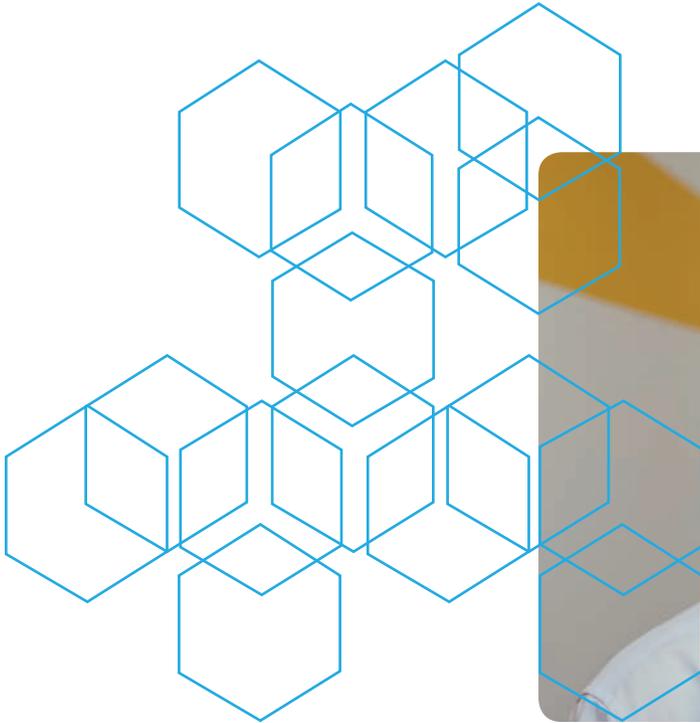
Visualisierung der Druckverteilung auf der Schuhsohle.
Grafik: MSc. Ali Nikoukar

Mesut Güneş sagt, dank der vielen intelligenten Werkzeuge als Helfer sind Menschen demnächst in der Lage, länger in ihren eigenen vier Wänden selbstständig zu leben als bisher. Denn die Technik kann nicht nur Alltägliches organisieren, sondern künftig auch kontrollieren, ob etwa die Medikamente eingenommen wurden oder ein medizinischer Notfall vorliegt. Doch das Potenzial reicht noch viel weiter.

Laut dem Professor kann die Datenerfassung und Kommunikation beispielsweise auch Krankenkassen ermöglichen, die jeweiligen Beiträge an das Verhalten des Beitragszahlers anzupassen – etwa, indem die Zahnbürste übermittelt, wie ernst man es mit dem Putzen nimmt. Möglich sei auch, bei der Berechnung der Kraftfahrzeugsteuer oder der -versicherung das Fahrverhalten des Autofahrers zu berücksichtigen.

Trotz der aus Sicht des Professors unaufhaltsamen Entwicklung sollen Menschen nun aber keine Angst haben müssen, zum Spielball von Firmen oder des Staates zu werden. Denn eine zentrale Fragestellung, die ihn bei seiner Forschungsarbeit stets begleitet: Wer darf wann und auf welche der ja zum großen Teil sehr persönlichen Daten zugreifen? Dafür entwickelt er eigens entsprechende Sicherheitsprotokolle. Zudem geht Mesut Güneş davon aus, dass die Technik nicht von einer übergeordneten Intelligenz gesteuert wird, wie sie in Hollywood-Filmen gern verwendet wird, sondern eben dezentral.

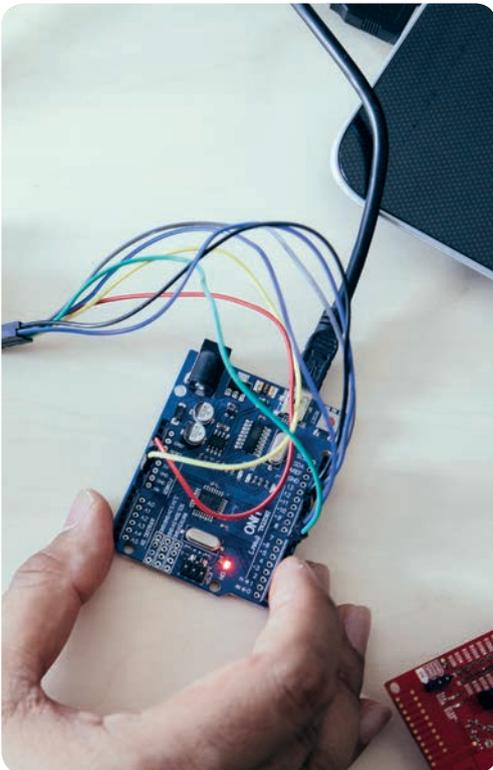
Für die morgendliche Toilette bedeutet das: Die Geräte können aufgrund ihrer hinreichend großen Speicherkapazitäten sowie ihrer Programmierung autark handeln. Es wird also nur weitergegeben, was auch wirklich notwendig ist.



Prof. Dr. Mesut Güneş
Foto: Harald Krieg

” Mesut Güneş über seine Arbeit als Wissenschaftler

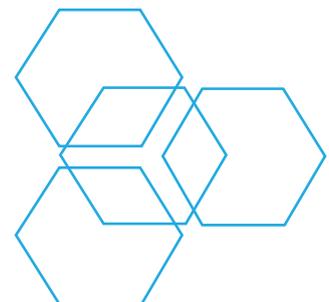
„Ich bin eher zufällig Wissenschaftler geworden. Zunächst habe ich mich für ein Informatik-Studium entschieden, weil ich als Jugendlicher gern Computerspiele programmiert habe – die Königsdisziplin der Informatik. Später sagte mir die Arbeitsatmosphäre als wissenschaftliche Hilfskraft zu. Die Forscherkarriere habe ich dann endgültig in meiner Zeit am International Computer Science Institute in Berkeley eingeschlagen. Das war aber alles nicht durchgeplant. Als Informatiker arbeite ich universell. Deswegen würde ich mich auch nicht zu den Naturwissenschaftlern und auch nicht zu den Ingenieuren zählen. Meine Vision von der Zukunft ist die einer technischen Gesellschaft mit intelligenten Werkzeugen als Helfer.“



Kleinstrechner mit angebandenen Sensoren, der
in der ComSys-Forschung eingesetzt wird.
Foto: Harald Krieg



Prof. Dr. Mesut Güneş
Fakultät für Informatik
Institut für Intelligente
Kooperierende Systeme
mesut.guenes@ovgu.de
www.comsys.ovgu.de





'Wussten Sie schon, dass ...



...

Ihr Smartphone mehr Rechenkapazität hat als die Computer, die für die Apollo-11-Mondlandung 1969 eingesetzt wurden?

Dem Apollo-Computer stand für die Berechnung von ballistischen Flugbahnen ein Arbeitsspeicher von etwa vier Kilobyte zur Verfügung und schaffte damit etwa 40.000 Additionen pro Sekunde. Seine Taktrate lag bei 100 Kilohertz.

Zum Vergleich: Mit einem handelsüblichen Smartphone könnten auf dem Niveau Millionen Apollo-Missionen gesteuert werden – zeitgleich! Übrigens: Auf dem ähnlichen technischen Niveau wie der Bordcomputer des Apollo-Raumschiffs bewegte sich 20 Jahre später auch eine Spielkonsole von Nintendo.



...

die nächste Generation des Mobilfunkstandards 5G eine Datenrate bis 10 Gigabit pro Sekunde unterstützt?

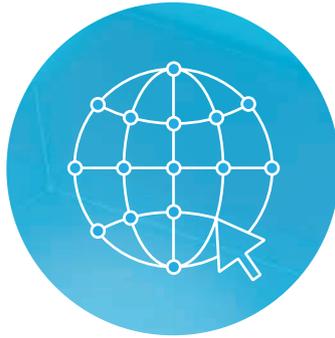
5G ist sozusagen die Nachfolgetechnik des heute verbreiteten Mobilfunkstandards LTE und die Basis für das Internet der Dinge. Mit Hilfe der Technologie können nicht nur 100 Mal mehr Daten geladen werden als es heutzutage mit der schnellsten Verbindung üblich ist. Vorteil ist auch die extrem kurze Reaktionszeit sowie ein niedrigerer Stromverbrauch. Ein Beispiel: Der Inhalt einer DVD wäre in 3,6 Sekunden heruntergeladen.



...

das erste Computer-Drahtlosnetzwerk 1971 an der Uni Hawaii in Betrieb ging und als „ALOHA-System“ bezeichnet wurde?

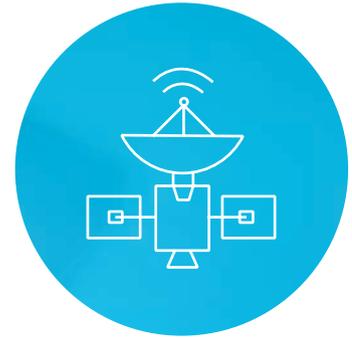
Daher auch der Name, der neben „Liebe“ noch weitere Bedeutungen hat. Das von Norman Abramson entwickelte System verband erstmals mehrere Rechner über Funkstrecken. Die Übertragungsrate auf den anfangs zwei Bandbreiten war allerdings mit 9.600 Bits pro Sekunde vergleichsweise bescheiden. Zudem konnten Datenpakete immer nur in eine Richtung versendet werden.



...

bis 2025 75 Milliarden Geräte an das Internet der Dinge angebunden sein werden?

Die Entwicklung macht es möglich: Die Kommunikation von Maschinen zu Maschinen über Sensoren und Protokolle löst allmählich die bisher exklusive Kommunikation der Menschen ab, zumindest quantitativ. Angefangen eben von Waschmaschinen, Einkaufswagen oder Autos bis hin zu industriellen Maschinen, die untereinander Informationen austauschen. Das verlangt allerdings enorme Rechenkapazitäten.



...

in den nächsten 10 Jahren 9.000 Satelliten in den Erdorbit geschossen werden; sechsmal so viel wie in den 10 Jahren davor?

Auch das geschieht, um alle Maschinen miteinander zu verbinden. Dann nämlich ist eine globale Internetversorgung notwendig, die zudem schnell die enorm großen Datenpakete verarbeitet. Bei den Satelliten handelt es sich aber nicht mehr um tonnenschwere Geräte, die in eine vergleichsweise entfernte Erdumlaufbahn gebracht werden, sondern um sogenannte Nanosatelliten, von jeweils nur ein paar Kilogramm Gewicht. Auch die können natürlich untereinander kommunizieren.





'Wenn der Knochen zum Hund kommt



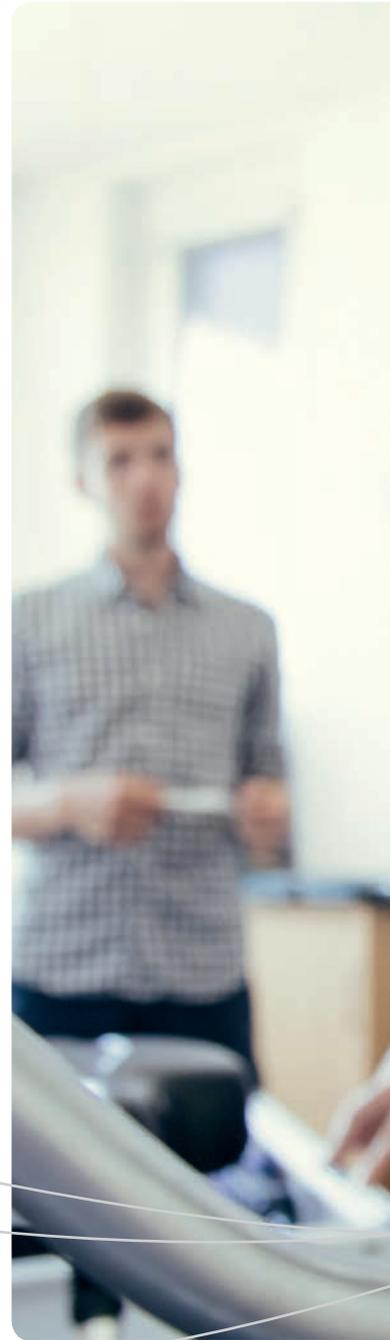
AUTONOME ZUKUNFTSMOBILITÄT
IM URBANEN RAUM MADE IN MAGDEBURG

INA GÖTZE

Sharing is caring. Das ist die umweltfreundliche und ressourcenschonende Philosophie einer ganzen Generation. Ob Kleidung, Autos oder Sofas – es wird geteilt, was von mehreren Personen genutzt werden kann. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg wollen diesen Ansatz nun auch auf Lastenfahrräder übertragen. Gibt es doch schon? Nicht ganz! Das Besondere am Sharing-Konzept der Magdeburger Forscher ist nämlich, dass es sich um ein autonomes, also selbstfahrendes, Rad handeln soll, das allein zum Nutzer navigiert. Und zwar genau dann, wenn er es braucht und genau dorthin, wo er gerade ist.



Im Supermarkt doch mal wieder mehr in den Einkaufswagen gepackt als zwei Arme tragen können? Bei strahlendem Sonnenschein soll das Kind doch lieber mit dem Fahrrad und nicht mit dem Auto aus dem Kindergarten abgeholt werden? Oder der Weg zum Bahnhof ist zu Fuß mit dem schweren Koffer einfach zu weit? Es gibt zahlreiche Situationen, in denen man sich als Fußgänger spontan einen fahrbaren Untersatz herbeisehnt. Wer kein eigenes Auto oder Fahrrad besitzt, kann sich dank der wachsenden Sharing-Economy recht unkompliziert eins ausleihen. „Bei den klassischen Bike-Sharing-Konzepten gibt es jedoch feste Sammelstellen, an denen die Fahrräder abgeholt und wieder abgegeben werden müssen. Die Einkaufstüten muss man bis dorthin also noch immer tragen“, erklärt Juniorprofessor Dr. Stephan Schmidt, einer der Leiter des Projektes TRANSFORMERS. Deutlich komfortabler wäre es doch, wenn das Fahrrad zum Supermarkt, zum Arbeitsplatz oder nach Hause gefahren käme – also dahin, wo man es just in diesem Moment braucht. Als würde der Knochen zum Hund kommen.





*Einrichtung der Frontkamera
zur Fahrbahnerkennung im Labor
Foto: Harald Krieg*



Genau das soll in wenigen Jahren tatsächlich Wirklichkeit werden – urbane Zukunftsmobilität made in Magdeburg. Die ursprüngliche Idee einer Bike-Sharing-Flotte für den Freizeitbereich im Elbauenpark, die von den Besuchern zum Transport ihrer mitgebrachten Getränke, Grillsachen oder Outdoor-Spiele genutzt werden kann, hat schnell größere Dimensionen angenommen. Denn das Team um Juniorprofessor Schmidt vom Institut für Mobile Systeme und Juniorprofessor Zug vom Institut für Intelligente Kooperierende Systeme der Universität Magdeburg arbeitet an einem autonomen Lastenfahrzeug, das per Smartphone-App aus einem Depot zu jedem beliebigen Standort gerufen werden kann. „Unsere Vision ist es, dass sich das Fahrrad durch die Stadt autonom, also ohne Fahrer, zum Nutzer bewegt und dieser es nach Gebrauch einfach wieder zurück schicken kann“, so der studierte Mechatroniker Schmidt. Und die Erfolgsaussichten des Projekts sind vielversprechend. In der ersten Konzeptphase hat das Team zahlreiche Umfragen zur potenziellen Nutzung eines solchen Angebots in Magdeburg durchgeführt, mit dem Ergebnis: Die Nachfrage nach Ausleihmöglichkeiten für Fahrräder zum Transport von Lasten ist nicht nur in Parkanlagen, sondern insbesondere im täglichen Leben der Menschen ausgesprochen groß.

Der erste fahrbereite Prototyp steht bereits und wurde mit Mitteln des Innovationsfonds der Universität Magdeburg realisiert. „Durch Zufall sind wir auf eine Ausschreibung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zur Mensch-Technik-Interaktion mit dem Schwerpunkt ‚Fahrradnutzung im urbanen Raum‘ gestoßen, haben uns beworben, Fördermittel erhalten und konnten so das Gesamtkonzept verfeinern und weiterentwickeln“, erinnert sich Schmidt. Die autonome Fahrtechnik soll in den kommenden Monaten verbaut, getestet und für den realen Fall optimiert werden. Dazu hat das Team in einer zweiten Antragsphase weitere 5 Millionen Euro Förderung beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) zur Finanzierung der Umsetzungsphase beantragt. Ende des Jahres soll damit begonnen werden, den Algorithmus – also die Software zur autonomen Steuerung des Fahrrads – auf den Versuchsträger zu installieren.





In diesem Zusammenhang erarbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler konkrete Lösungen zur Umfeldwahrnehmung des Lastenfahrrads. Am Beginn steht die grundsätzliche Frage, wie das Gefährt die Welt um sich herum erkennen wird. Rote Ampeln und Bordsteine, Autos und Fußgänger, Schienen und Baustellen – das Fahrzeug muss seine gesamte Umgebung erkennen, auf Hindernisse reagieren und gegebenenfalls mit anderen Verkehrsteilnehmern interagieren können. In einem gemeinsamen Projekt mit dem ifak Institut für Automation und Kommunikation e. V. Magdeburg werden erste Ansätze entwickelt und praktisch getestet.

„Hinzu kommt, dass die Räder, um zukünftig autonom fahren zu können, auch eigenständig durch die Straßen navigieren müssen. Dazu müssen sie analysieren, wo sie und wo andere Verkehrsteilnehmer sich befinden und vorausschauend ausrechnen, was die anderen wahrscheinlich machen werden – also mit welcher Geschwindigkeit sich Autos, Fahrradfahrer und Fußgänger in welche Richtung bewegen könnten“, so Juniorprofessor Stephan Schmidt über die wissenschaftlichen Herausforderungen.

Neben den technischen Anforderungen beschäftigen das interdisziplinäre Team auch zahlreiche logistische Fragestellungen: An welchen Plätzen in der Stadt sollten die zentralen Depots eingerichtet werden? Welche Routen sind für welche Nutzung am besten geeignet? Wie werden dem Fahrrad Unfälle, Hindernisse oder Baustellen gemeldet, sodass es diese umfahren und eine alternative Route einschlagen kann? Wie viele Räder müssen mit welcher Ausstattung zu welchen Wochentagen und Uhrzeiten verfügbar sein?

Im kommenden Jahr wird sich die Arbeitsgruppe darüber hinaus auch intensiv mit juristischen Aspekten, wie der Zulassung im Straßenverkehr und der Haftung bei Unfällen, beschäftigen. So ist zu klären, ob es sich bei der Entwicklung um ein Fahrrad handelt, das auf dem Radweg fahren kann, für das aber keine Haftpflichtversicherung abgeschlossen werden muss oder, ob es sich um ein Fahrzeug handelt, das auf der

Straße fahren wird und es mindestens einer Haftpflichtversicherung bedarf. „In der Straßenverkehrsordnung werden autonome Fahrzeuge in verschiedene Stufen einsortiert. Bis Stufe 4 ist die Haftung bei Unfällen bereits geregelt; sprich wenn der Fahrer am Steuer Zeitung lesen würde, im Notfall aber noch eingreifen könnte. Für Stufe 5, also das voll autonome Fahren ohne einen Menschen am Steuer – wie es bei unserem Lastenrad der Fall wäre – muss noch eine Regelung gefunden werden“, erklärt der Jun.-Prof. der Fakultät für Maschinenbau.

Auch die Ausarbeitung potenzieller Geschäftsmodelle wird im kommenden Jahr auf der Agenda stehen. In ersten Gesprächen mit der Nahverkehrsservice Sachsen-Anhalt GmbH gab es bereits einige Überlegungen, wie die Nutzung des Rades in das Ticketsystem von Bus und Bahn aufgenommen werden kann. In einem Lehrprojekt wird Prof. Ehmke der Fakultät für Wirtschaftswissenschaft mit Studierenden mögliche Szenarien zur Auslastung der Lastenfahrräder sowie entsprechend angepasste Preismodelle erstellen. Und auch in diesem Punkt weiß Stephan Schmidt um die enormen Vorteile des autonomen Sharing-Konzepts: „Die festen Stationen des klassischen Bike-Sharings sind oft entweder permanent überfüllt oder leer oder die Räder werden einfach irgendwo abgestellt. 80 Prozent der laufenden Kosten entstehen nur dadurch, dass die Fahrräder von einer Station zur nächsten transportiert, beziehungsweise



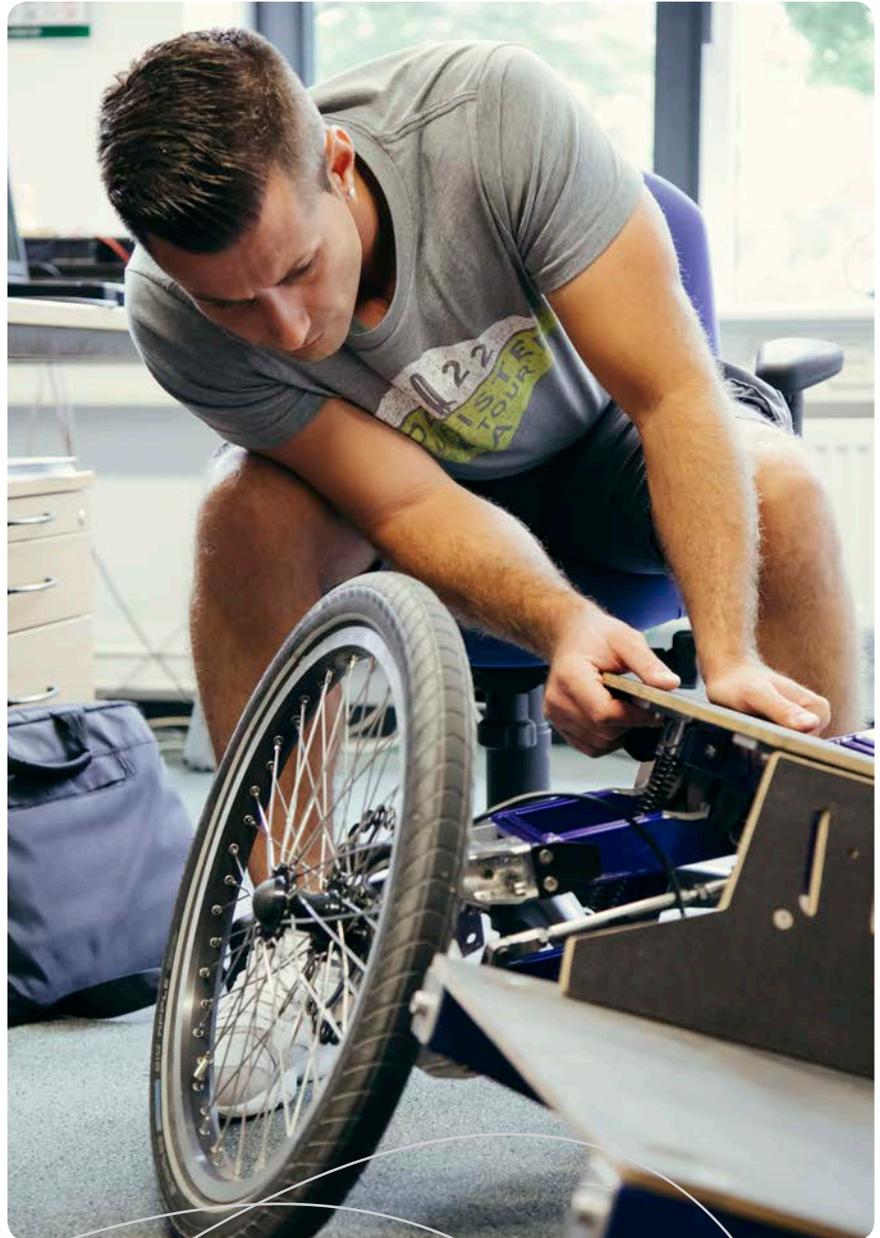


*Analyse der Lenkungs- und
Neige kinematik am Versuchsträger
Foto: Harald Krieg*

sie in der Stadt eingesammelt werden müssen. Wir wollen ein System anbieten, das sich selbst ausbalanciert.“

Da die Forschergemeinschaft aus Experten verschiedener Disziplinen besteht, gibt es für die vielen Fragestellungen und Herausforderungen bereits erfolgsversprechende Ansätze und Ideen. Dass viele Köche nicht zwangsläufig den Brei verderben, zeigt dieses Projekt damit eindrucksvoll. Informatiker und Maschinenbauer arbeiten mit Unternehmen sowie Wissenschaftlern anderer Hochschulen zusammen. Insgesamt acht Personen bringen ihr Wissen und ihre Erfahrungen ein. Die Herausforderung sei es nun, die einzelnen Fachgebiete so zusammen zu bringen, dass es sich nicht nur im Antrag gut liest, sondern auch in der Realität gelebt wird und sich sinnvoll verzahnt. Oder, um es mit den Worten des Informatikers im Forscherteam, Jun.-Prof. Dr. Sebastian Zug, zu sagen: „Wir müssen es schaffen, das Wunder der Interdisziplinarität zu vollbringen.“

Bis der Antrag zur Weiterentwicklung des autonomen Lastenfahrads für den Innenstadtbereich bewilligt ist, tüfelt das Team im ebenfalls durch die Bundesregierung geförderten Projekt RavE-Bike an passenden Sensoren und Aktuatoren. Im Augenblick konzentrieren sich die Wissenschaftler bei ihrer Arbeit zudem auf den industriellen Bereich. „Wir werden nicht nur auf Konferenzen, sondern auch von vielen Unternehmen direkt angesprochen. Industriefirmen haben großes Interesse an einer solchen Lösung für die Mobilität ihrer Mitarbeiter auf den Geländen ihres Unternehmens.



Volkswagen bietet seinen Mitarbeitern auf dem Werksgelände zum Beispiel bereits eine Fahrradflotte an. Das Problem: Die Fahrräder sind nie da, wo sie gebraucht werden“, so Juniorprofessor Schmidt. Im Gegenzug biete die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft – wie mit der TRANSPORTWERK Magdeburger Hafen GmbH – ideale Voraussetzungen, um Tests im geschützten Raum auf den Werksgeländen durchführen zu können und so Schlussfolgerungen für die Nutzung im Straßenverkehr zu ziehen.



„Neben den zahlreichen Anfragen zu Kooperationen und von interessierten Unternehmen kamen zudem auch Einladungen von Messebetreibern und Fernsehsendern“, berichtet Jun.-Prof. Schmidt begeistert. Um diese jedoch wahrnehmen zu können, sei es zum jetzigen Zeitpunkt noch zu früh. „Ich denke, ab 2022 können wir da noch mal drüber reden. Dann – so ist unsere Vision – sollen die ersten autonomen Lastenfahrräder über den Breiten Weg in Magdeburg fahren.“



*Jun.-Prof. Dr. Stephan Schmidt
Fakultät für Maschinenbau
Institut für Mobile Systeme
Stephan.schmidt@ovgu.de
www.ims.ovgu.de*



Wussten Sie schon?

Zirka 1.700 Städte weltweit haben ein Bikesharing-Programm (www.bikesharingmap.com).

...

Der internationale Spitzenwert liegt bei 4.000 Fahrten pro Bike und Jahr. In deutschen Städten liegen die Ausleihen bei max. 1.500 pro Bike und Jahr.

...

49 Prozent der Deutschen können sich vorstellen, ein Leihsystem für Lastenräder zu nutzen.

...

12 Prozent der Deutschen nutzen bereits ein Mietrad mindestens mehrmals monatlich.

...

Das Marktvolumen soll im Jahr 2020 weltweit zwischen 3,6 und 5,3 Milliarden Euro liegen.

...

Studierende und Pendler sind die wichtigsten Kundengruppen von Bikesharing-Systemen.

...

Die ersten 30 Minuten sind meist kostenfrei.

...

Laut Erhebungen des Forscherteams legen allein in Magdeburg an Werktagen zirka 900 Personen die Wege zwischen Hauptbahnhof und Campus zurück – die Strecke würde sich für das autonome Lastenfahrrad als Ergänzung zur Straßenbahn daher anbieten.



” Stephan Schmidt über seine Arbeit als Wissenschaftler

Juniorprofessoren
Schmidt und Zug (re.) im
Stadtverkehr Magdeburg
Foto: Harald Krieg

„Das war tatsächlich ein kontinuierlicher Prozess und hat sich von allein ergeben. Nach meinem Studium war eine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mobile Systeme ausgeschrieben und ich hab' mich beworben. Ich wollte gern noch ein paar Jahre an der Uni bleiben und bin dann in den wissenschaftlichen Betrieb ‚reingerutscht‘. Ich habe sehr schnell gemerkt, dass mich die Arbeit begeistert, es Spaß macht, seine eigenen Forschungsergebnisse zu präsentieren und mit Kollegen darüber intensiv zu reden – auch mal bei einem Glas Wein. Einfach frei über Dinge denken und sie ausprobieren zu können. Die Freiheit in der Wissenschaft – das macht für mich meine Arbeit aus.“

BETEILIGTE INSTITUTIONEN

- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
- Leibniz Universität Hannover
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- Fahrradhersteller Pedalpower
- IAI GmbH Wernigerode
- ZPVP – Experimentelle Fabrik
-





'Müssen Unternehmen Gewinne machen?



WARUM SOZIALUNTERNEHMEN
DIE UNTERNEHMEN DER ZUKUNFT SIND

JULIA HEUNDORF



*Eine bessere Welt, statt großer schwarzer Zahlen!
Nicht mehr, aber auch nicht weniger wollen sogenannte
Social Entrepreneurs. Diese Gründerinnen und
Gründer stellen deshalb eine soziale Mission in den
Fokus ihres Unternehmens, anstatt eine weitere hippe
Klamotte oder die nächste lustige Spiele-App erfolgreich
auf den Markt zu bringen. Ihre Alternative heißt:
durch unternehmerische Tätigkeit gesellschaftliche
Herausforderungen und Probleme anpacken und lösen.
Müssen sie aber auch Gewinne machen?*



An der Bürowand von Dr. Nicole Siebold am Lehrstuhl für Entrepreneurship der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg hängt eine bunte grafische Übersicht der 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen: keine Armut, kein Hunger, hochwertige Bildung, sauberes Wasser und Gleichstellung aller Menschen gehören dazu. Die Wirtschaftswissenschaftlerin will erreichen, dass diese Vorhaben in Zukunft auch stärker über unternehmerische Ansätze verfolgt werden können. Deshalb erforscht sie Sozialunternehmen, deren Geschäftsmodelle und Wachstumsstrategien.

Das traditionelle, gewinnorientierte Geschäftsmodell funktioniert so: Es gibt ein Produkt, zum Beispiel eine Tomatensuppe. Menschen kaufen sie im Supermarkt ein, das Unternehmen hat ein Einkommen, sorgt für einen Gewinn. Davon kauft es neue Zutaten, bezahlt Angestellte und produziert wieder neue Tomatensuppen. Um diese Tomatensuppen kaufen zu können, gehen Menschen arbeiten. So funktioniert der Kreislauf des Markts.

Es gibt jedoch Menschen, die von diesem Kreislauf ausgeschlossen sind, die für den Markt und die Unternehmen als Zielgruppe nicht interessant erscheinen. Sei es, weil sie als Konsumenten zu wenig Geld zur Verfügung haben, weil sie nicht Teil des ersten Arbeitsmarkts sind, keinen Zugang zu Bildung haben, nicht uneingeschränkt an der Gesellschaft teilhaben können oder Menschen mit besonderen Bedürfnissen sind.



Immer mehr Gründerinnen und Gründer auch in Deutschland wollen umdenken, den Markt erweitern und so nutzen, dass diese Menschen im Fokus stehen, Hunger, Armut und Diskriminierung weniger werden. Die Herausforderung dabei: Ein Unternehmen am Laufen zu halten, obwohl es Tomatensuppen – um im Bild zu bleiben – kostenlos verteilt! Wie das funktionieren kann, darüber denkt Dr. Nicole Siebold nach. Sie zählt Beispiele funktionierender Sozialunternehmen auf: Die App ‚ShareTheMeal‘ zum Beispiel. Die ist direkt an das Welternährungsprogramm der Vereinten Nationen gekoppelt und erlaubt es dem Nutzer, ein Essen zu teilen, indem kleine Geldbeträge an konkrete Projekte gespendet werden und der Nutzer nachverfolgen kann, wie das Geld letztendlich verwendet wurde. Sie motiviert Menschen, zu spenden. Das Berliner Unternehmen ‚WheelMap.org‘ des Vereins Sozialhelden e.V. ist ebenfalls eine digitale Anwendung. Auf einer interaktiven Straßenkarte

können Rollstuhlfahrerinnen und Rollstuhlfahrer dokumentieren, welche Restaurants, Museen oder Hörsäle für sie zugänglich sind und welche nicht. Die gesammelten Informationen helfen Einzelnen, am gesellschaftlichen Leben teilzuhaben und dieses besser zu organisieren: Kann ich da hingehen? Muss ich mehr Zeit einplanen? Das Unternehmen ‚Was hab‘ ich?‘ bringt wiederum Patienten, die Schwierigkeiten haben, komplizierte Arztbefunde zu verstehen, mit Medizinstudierenden zusammen, um die Befunde auf Augenhöhe zu besprechen. Die Studierenden sammeln Praxiserfahrung und werden für eine verständliche Kommunikation sensibilisiert, die Patienten verstehen ihre ärztliche Diagnose besser. Die Geschäftsmodelle der Sozialunternehmerinnen und -unternehmer sind zahlreich und kreativ. Es heißt nicht umsonst „Not macht erfinderisch“. Trotzdem lässt sich diese Vielfalt an Ideen und Konzepten in vier grundlegende Geschäftsmodelle unterteilen, sagt Nicole Siebold.



Dr. Nicole Siebold
Foto: Harald Krieg

” Nicole Siebold über ihre Arbeit als Wissenschaftlerin

„Beim ‚Spiel des Lebens‘ war ich immer Ärztin oder Rechtsanwältin. Wissenschaftlerin – die Berufskarte hat mich gar nicht so interessiert. Ich bin über das Thema Social Entrepreneurship in die Wissenschaft gekommen. Jetzt ist es für mich der schönste Beruf, eine Berufung sozusagen. In der Arbeit mit Social Entrepreneurs – mit jungen Menschen, die die sozialen und ökologischen Probleme der Welt strategisch angehen – habe ich gemerkt: Wenn man etwas findet, für das man brennt, das einen fasziniert, und dieses kombiniert mit etwas, das man gut kann – das ist eine sehr große Kraft, die man mitbringt, die einen antreibt. Mit der Forschung kann ich meinen Beitrag zum Sozialunternehmertum erbringen. Und ich glaube, dass Social Entrepreneurship sehr viel zum gesellschaftlichen Wandel beiträgt, den wir vollziehen müssen, einfach, weil wir mit den Ressourcen der Welt weit über unsere Verhältnisse leben und mehr Verantwortung für unser Handeln übernehmen müssen.“



Wer eine Idee für ein Sozialunternehmen hat, muss sich, so Siebold, zunächst zwei Fragen beantworten. Erstens: Will ich mit meinem Unternehmen etwas für eine soziale Zielgruppe tun und sie quasi als reinen Empfänger bedienen, oder will ich mit der Zielgruppe arbeiten, um sie produktiv in mein Unternehmen zu integrieren? So wie bei ‚WheelMap.org‘ sind es nicht Angestellte, sondern die soziale Zielgruppe selbst, die das Unternehmensangebot gestaltet. Es sind die Rollstuhlfahrer, die sich mit der App gegenseitig und selbst helfen. Die zweite Frage lautet: Wie will mein Unternehmen Geld verdienen? Beim Sozialunternehmen ist das nämlich gar nicht selbstverständlich. Einige Unternehmen verdienen kein eigenes Geld, können sich aber trotzdem am Markt halten. Wer diese beiden Fragen mit ihren jeweils zwei Möglichkeiten beantwortet, landet bei einer von vier Kombinationsmöglichkeiten und somit bei einem von vier Geschäftsmodellen:



Das Unterstützungsmodell
für die soziale
Zielgruppe und durch
Spenden finanziert

Das Befähigungsmodell
mit der sozialen
Zielgruppe und durch
Spenden finanziert

Das Nutzungsmodell
mit der sozialen
Zielgruppe und mit
selbstverdiertem Geld
finanziert

Das Promotionsmodell
für die soziale Zielgruppe
und mit selbstverdiertem
Geld finanziert

So unterscheidet Siebold also zwischen diesen vier Modellen. Am Beispiel einer Suppenküche durchdekliniert, heißt das: Wenn ich Freiwillige habe, die mittags dank Geldspenden für Obdachlose kochen, habe ich ein Unternehmen, das für jemanden Essen anbietet und mithilfe von Spenden finanziert wird. Das ist Modell Nummer eins: Unterstützung der sozialen Zielgruppe. „Wenn das mit den Geld- und Zeitspenden nicht funktioniert, weil alle im Sommer im Urlaub sind, dann versuchen wir das Befähigungsmodell“, erklärt Siebold den Übergang zu Modell Nummer zwei, „Wir befähigen die Obdachlosen für sich selbst zu kochen“. Befähigung, oder auch Empowerment, bedeutet, dass die Zielgruppe nicht nur bedient wird. Sie wird ermächtigt, sich selbstständig zu versorgen. „Gib einem Mann einen Fisch und du ernährst ihn für einen Tag. Lehre einen Mann zu fischen und du ernährst ihn für sein Leben“, sagte Konfuzius. Und vielleicht ernährt der Mann sogar noch andere und dann wäre das Modell Nummer drei: Nutzung der sozialen Zielgruppe. Obdachlose, werden als Arbeitskräfte in der Küche eingesetzt und kochen nicht nur für sich, sondern auch für andere – als Schnellimbiss für Laufkundschaft oder als Kantine für umliegende Unternehmen. Für Modell Nummer vier – die Promotion, also Förderung – ist es sehr wichtig, Geld zu verdienen. Promotion-Unternehmen arbeiten ähnlich wie konventionelle Geschäfte. Sie produzieren und verkaufen Produkte oder Dienstleistungen ähnlich wie gewinnorientierte Unternehmen. Aber sie machen Geld, um es wieder abzugeben: Entweder geben sie für jedes verkaufte Produkt – zum Beispiel Pizza – eine zweite Pizza an Obdachlose oder sie spenden ihre Einkünfte an eine Suppenküche, die dann Essen an Obdachlose verteilen kann.



Die Antwort auf die Frage, ob Sozialunternehmen Gewinne machen, lautet also: Sie können, aber sie müssen nicht. Alles ist möglich, solange es ethisch und moralisch vertretbar ist. Es gibt viele kreative Möglichkeiten für Geschäftsmodelle und somit auch für Rechtsformen. Oft sind Sozialunternehmen in Vereinen organisiert, weil Vereine unkompliziert Spenden annehmen können. Sozialunternehmen, die Gewinne machen, können eine ganz normale GmbH sein, oder zum Beispiel eine gGmbH – eine gemeinnützige Gesellschaft mit beschränkter Haftung. Das Unternehmen ‚Discovering Hands‘, zum Beispiel, ist eine gUG – eine gemeinnützige Unternehmensgesellschaft. „Das Unternehmen bildet blinde Frauen aus, Brustkrebsvorsorgeuntersuchungen durchzuführen“, erklärt Dr. Nicole Siebold, „Der spezielle Tastsinn blinder Menschen hilft, Brustkrebs in sehr frühen Stadien zu erkennen – früher als Frauenärzte es feststellen können und kostengünstiger als eine Röntgenuntersuchung. Die Menschen werden ihren Stärken entsprechend produktiv eingesetzt und sind im ersten Arbeitsmarkt tätig.“

Es gibt heute wohl kein größeres Unternehmen mehr, das sich nicht gesellschaftlich engagiert. ‚Corporate Social Responsibility‘ nennt man es, wenn Firmen sich ihrer sozialen Verantwortung stellen, Teile ihrer Einnahmen spenden, lokale Projekte fördern oder soziale Einrichtungen unterstützen. Doch was unterscheidet dieses Engagement vom Sozialunternehmen? Sie verhalten sich äußerlich ähnlich, aber unterscheiden sich trotzdem, so die Wirtschaftswissenschaftlerin der Uni Magdeburg. Denn: Wer ein erfolgreiches Geschäftsmodell entwickelt, um beispielsweise

Geflüchteten zu helfen, Deutsch zu lernen, ist Social Entrepreneur. Die Mission steht im Kern und ist das oberste Ziel. Konventionelle Unternehmen haben bereits ein tragfähiges Geschäftsmodell – das auch funktioniert, wenn sie Geflüchteten nicht helfen. Wenn sie es dennoch tun, ist das nicht weniger hilfreich. Aber es macht sie nicht zum Sozialunternehmen.

Für Nicole Siebold ist dieser Unterschied auch deshalb wichtig, weil sie erforscht, durch welche weiteren, speziellen Eigenschaften sich Sozialunternehmen von anderen Geschäftsmodellen unterscheiden. Was funktioniert besonders gut? Wie können Sozialunternehmen wachsen? Kann man ihren Erfolg überhaupt messen und wenn ja, wie? Anders als bei kommerziellen Unternehmen, die stetig wachsen, expandieren und immer höhere Gewinne machen, kann es bei Sozialunternehmen sein, dass sie sich auflösen, wenn sie den Zenit ihrer Zielsetzung erreicht haben. Das liegt am sozialen Kern. „Social Entrepreneurs wollen es schaffen, dass die soziale Zielgruppe am Ende nicht mehr bedürftig ist“, sagt Dr. Siebold, „Würden Sie der Suppenküche vorwerfen: ‚Ihr habt selbst dafür gesorgt, dass die Menschen keinen Hunger mehr haben und deshalb nicht mehr zu euch kommen?‘“, fragt sie halb im Scherz.

Siebold ist überzeugt: Social Entrepreneurship ist wichtiger denn je für unsere Gesellschaft, weil es das Potenzial hat, systematisch zu verändern. Würden alle Menschen befähigt, für sich selbst sorgen zu können und darüber hinaus noch andere zu ernähren, bedürften sie keiner Unterstützung mehr.



Dr. Nicole Siebold
Fakultät für Wirtschaftswissenschaft
Lehrstuhl für Entrepreneurship
nicole.siebold@ovgu.de
www.entrepreneurship.ovgu.de

„Die Antwort auf die Frage, ob Sozialunternehmen Gewinne machen, lautet also: Sie können, aber sie müssen nicht. Alles ist möglich, solange es ethisch und moralisch vertretbar ist. Es gibt viele kreative Möglichkeiten für Geschäftsmodelle und somit auch für Rechtsformen.“



Wer dieses Geschäftsmodell erfolgreich aufbaut und langfristig am Laufen hält, erzeugt langfristig soziale Wirkung. „Neben der staatlichen Grundsicherung sowie Einrichtungen wie der Caritas und Arbeiterwohlfahrt, die in Deutschland ein breites Auffangnetz für Menschen in Not spannen, gibt Social Entrepreneurship zusätzliche Impulse für eine gerechtere und nachhaltigere Gesellschaft“, so Siebold. „In anderen Ländern gibt es Social Entrepreneurship schon sehr viel länger, einfach, weil die Notwendigkeit dafür bestand.“ Denn nicht überall auf der Welt gibt es ein staatliches Sozialsystem. In vielen Ländern mangelt es nicht nur an öffentlicher Unterstützung, sondern an lebenswichtigen Dingen wie Grundnahrungsmitteln und sauberem Wasser. In Deutschland hat auch die Politik den Wert des Sozialen Unternehmertums erkannt. Im Koalitionsvertrag der großen Koalition heißt es: „Social Entrepreneurship wollen wir noch stärker als bisher fördern und unterstützen“, für die Magdeburger Wirtschaftswissenschaftlerinnen und Wirtschaftswissenschaftler am Lehrstuhl für Entrepreneurship ein starkes Signal, dass sie mit ihrer Forschung einen wichtigen Beitrag für einen positiven gesellschaftlichen Wandel leisten.

Ihre Forschungserkenntnisse geben sie an Unternehmen, aber auch und vor allem an Studierende weiter: „Wir sind als Lehrstuhl immer darauf bedacht, auch die sozial und ökologisch orientierten Themen an der Universität mit auszubilden, was ich sehr wichtig finde – an einer wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät insbesondere.“

Ein Unternehmen muss keine Gewinne verdienen, davon ist Nicole Siebold überzeugt. Aber: Es muss ökonomisch nachhaltig sein, um seine soziale Aufgabe oder Mission täglich und über einen langen Zeitraum erfüllen zu können. Das ist eine Notwendigkeit. Dabei ist es aber egal, ob Einkünfte selbst erwirtschaftet werden, ob es eine Spendenquelle gibt oder aber Bedürftige ermächtigt werden, sich selbst zu helfen. Dass es künftig ein fester Bestandteil für alle Unternehmen wird, auch auf sozialer und ökologischer Ebene nachhaltig zu handeln, ist Nicole Siebolds Vision: „Unternehmen dürfen nicht in Kauf nehmen, dass die Umwelt verschmutzt wird, nur, um mehr Gewinne zu erwirtschaften.“ Alle Menschen, die am Unternehmen mitarbeiten und teilhaben, müssen gerecht behandelt und versorgt werden. Siebolds Maxime: „Mit allen Dingen, die das Unternehmen tut, sollte es versuchen, die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – sozial, ökologisch und ökonomisch – anzusprechen.“





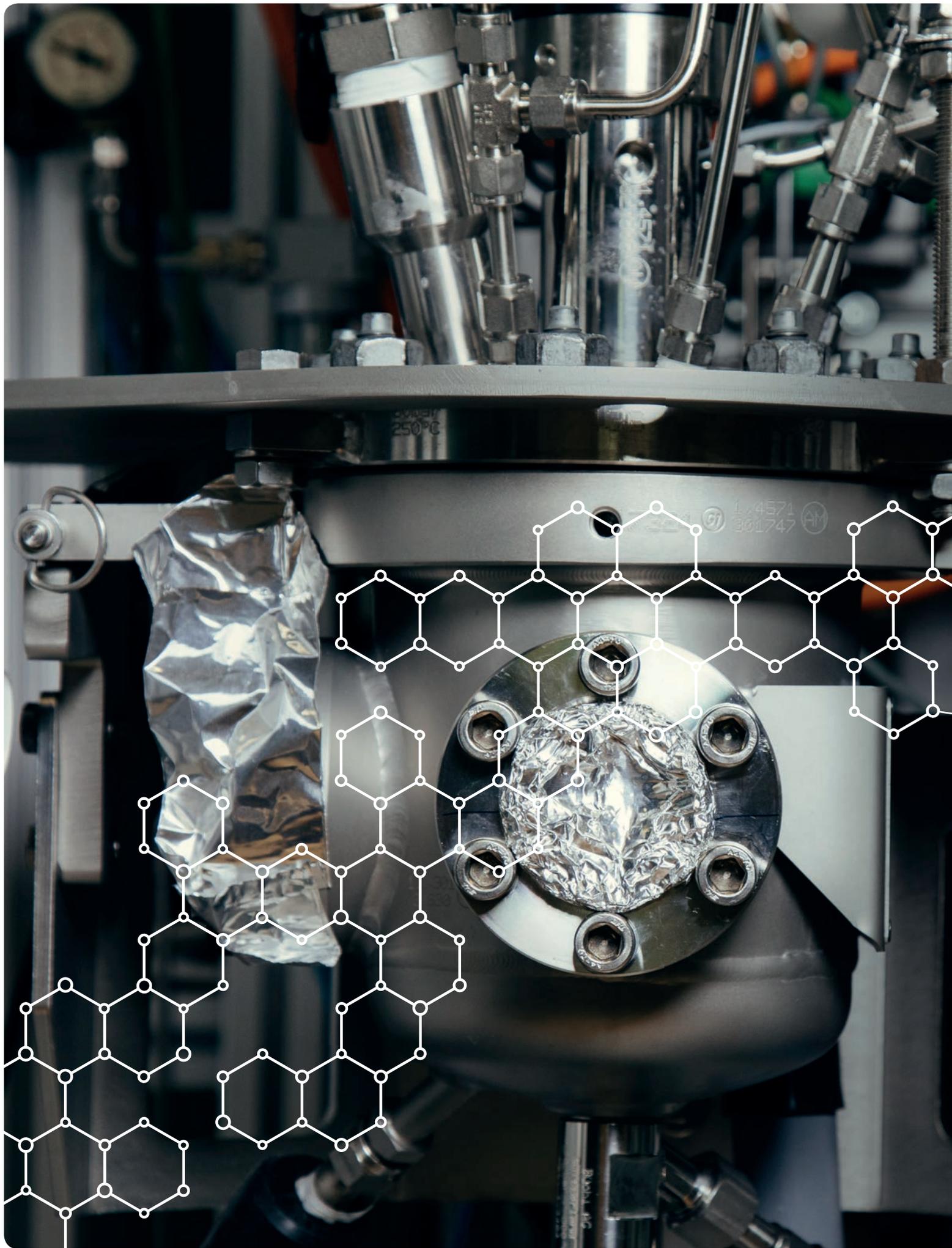
*Wussten Sie schon,
dass...*

...
Muhammad Yunus aus Bangladesch, der Social Entrepreneurship maßgeblich vorangetrieben hat, im Jahr 2006 einen Friedensnobelpreis erhielt? Der Wirtschaftswissenschaftler gründete die Grameen-Bank, die Mikrokredite vergibt, mit denen sich bedürftige Menschen, vor allem in Entwicklungsländern, selbst ein Unternehmen aufbauen können.

...
es in Tansania einen Sozialunternehmer gibt, der Ratten trainiert, um Landminen und Tuberkulose zu erschnüffeln? Während Ratten in Deutschland eher als ungeliebte Plagegeister gelten, setzt Bart Weetjens diese seit über 20 Jahren in seinem Sozialunternehmen APOPO in Afrika ein. Inzwischen haben die talentierten Nager mehr als 106.000 Landminen und 12.200 Tuberkuloseerkrankungen erschnüffelt – natürlich verletzungsfrei für die Tiere.

...
Sie wahrscheinlich schon die Dienste eines Sozialunternehmens in Anspruch genommen haben? Die kostenlose Online-Enzyklopädie Wikipedia ist ein Sozialunternehmen. Die Mission: eine Welt, in der jeder Mensch die Summe allen Wissens frei teilen kann. Die Lösung: Alle Menschen können Informationen, Korrekturen und Übersetzungen beitragen. Über Spenden werden die wenigen Angestellten sowie Server, Hosting und Co. bezahlt.

...
es ein Sozialunternehmen gibt, dessen Mission es ist, Sozialunternehmen zu fördern? Seit 1980 unterstützt, finanziert und berät die weltweite Organisation „Ashoka“ soziale Start-ups und schafft Netzwerke. Siebzig sogenannte Changemaker – also die, die Veränderung wahrnehmen – aus Deutschland nehmen derzeit am Programm teil. Weltweit werden über 3.000 Changemaker im Ashoka-Netzwerk in der Umsetzung ihrer Ideen unterstützt.





'Damit aus Sonnenblumen Waschmittel werden



VERFAHRENSTECHNIKER WOLLEN ROHÖL
DURCH BIOBASIERTER ROHSTOFFE ERSETZEN

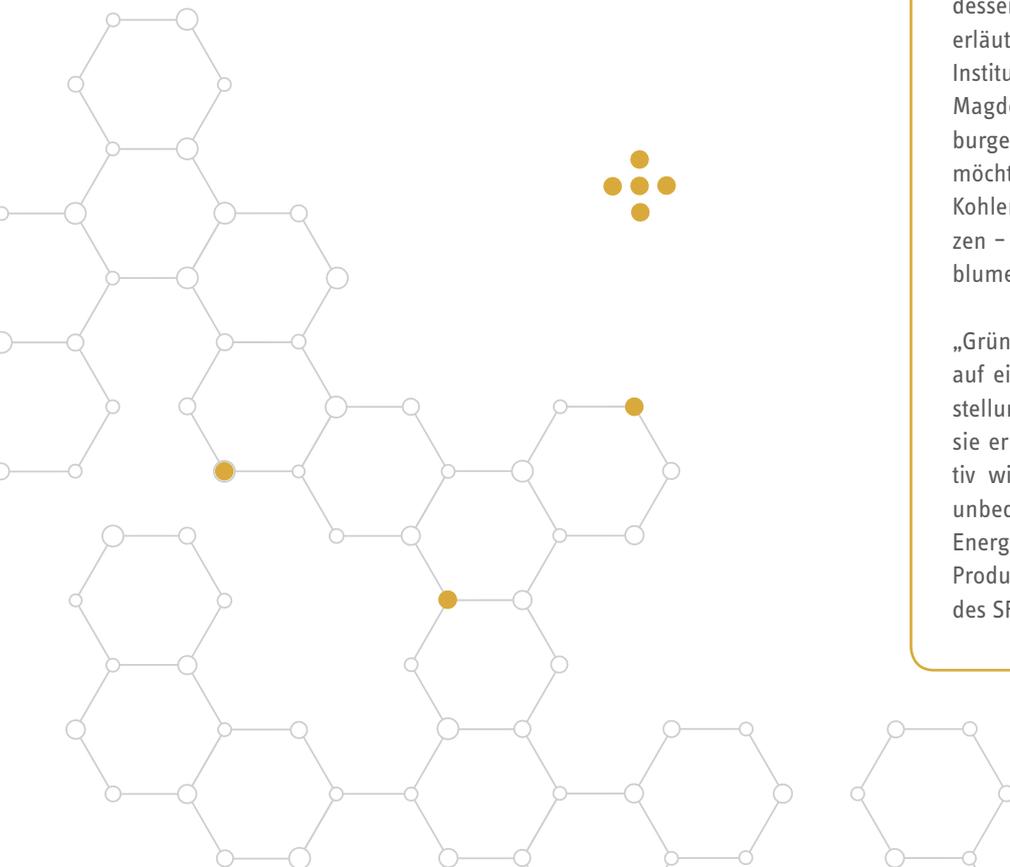
INES PERL

*Unter Druck werden flüssige und gasförmige
Substanzen in einem Rührkessel zur
Reaktion gebracht. Die entstehenden Produkte
werden mit einer optischen Sonde gemessen.*

Foto: Harald Krieg



Wer würde ausgerechnet die chemische Industrie mit Öko, Grün und Bio in Verbindung bringen? Sie steht in den Köpfen vieler Menschen doch eher für Umweltverschmutzung; sie verpestet mit hochgiftigen Substanzen die Flüsse und die Luft und verbraucht noch dazu Unmengen an Energie. Erneuerbare Energien, nachhaltige Rohstoffe, Recycling oder Elektromobilität – solche Sachen sind grüner Fortschritt. Doch obwohl die Chemieindustrie keinen besonders guten Ruf hat – ohne sie geht heute gar nichts mehr. In jedem Produkt steckt irgendwie Chemie und kaum jemand möchte auf die netten Annehmlichkeiten verzichten, die Kunststoffe, Waschmittel oder Kosmetika bringen.



Doch wie ist die Öko-Bilanz der chemischen Industrie zu verbessern? Verfahrenstechniker der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg sind auf der Suche nach Alternativen, chemische Produkte nachhaltiger herzustellen. Sie arbeiten in dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereich SFB / TRR 63 „InPROMPT: Integrierte chemische Prozesse in flüssigen Mehrphasensystemen“ daran, die Chemiebranche grüner zu machen und sie wollen Wege finden, das für viele chemische Produkte bisher als Ausgangsstoff verwendete Erdöl durch biobasierte Substanzen zu ersetzen. Gemeinsam mit Kollegen aus Berlin und Dortmund suchen sie nach neuartigen hocheffizienten Produktionsverfahren, wichtige Grundstoffe für Farben, Klebstoffe oder Waschmittel, für Spezialchemikalien oder auch für Pharmaprodukte aus nachwachsenden Rohstoffen herzustellen. „Die meisten chemischen Produktionsprozesse basieren heute noch immer auf petrochemischen Verfahren und nutzen dabei Erdöl, welches langfristig zunehmend knapper und damit teurer werden wird und dessen Verwendung die Umwelt belastet“, erläutert Professor Kai Sundmacher vom Institut für Verfahrenstechnik der Universität Magdeburg. Er ist Koordinator der Magdeburger Teilprojekte des SFB / TRR 63. „Wir möchten anstelle von Erdöl nun langkettige Kohlenwasserstoffe einsetzen, die aus Pflanzen – zum Beispiel aus dem Öl von Sonnenblumen – gewonnen werden können.“

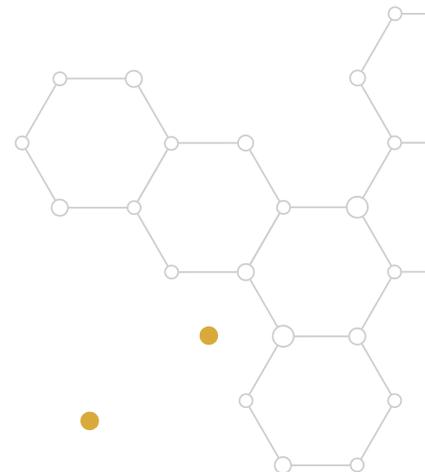
„Grüne Chemie“ ist das Stichwort. Sie zielt auf eine möglichst umweltverträgliche Herstellung chemischer Produkte. Dabei nutzt sie erneuerbare Rohstoffe, setzt hoch selektiv wirkende Katalysatoren ein, verwendet unbedenkliche Lösungsmittel, achtet auf Energieeffizienz und optimiert den gesamten Produktionsprozess. Das ist auch der Ansatz des SFB / TRR 63.



Prof. Dr.-Ing. Kai Sundmacher leitet den Lehrstuhl für Systemverfahrenstechnik und ist gleichzeitig Direktor am Magdeburger Max-Planck-Institut. Foto: Harald Krieg



*Prof. Dr.-Ing. Kai Sundmacher
Fakultät für Verfahrens-
und Systemtechnik
Institut für Verfahrenstechnik
kai.sundmacher@ovgu.de
www.svt.ovgu.de*



Über 60 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten seit 2010 inzwischen in der 3. Förderperiode an neuartigen „grünen“ Prozessen, für deren Realisierung sie alle Ebenen - von den molekularen Elementarschritten bis hin zum Betrieb der Gesamtanlage - ganzheitlich betrachten. „Langfristig möchten wir eine Methodik entwickeln, mit der auf Basis von Computersimulationen die optimale Prozesskonfiguration, die intelligenteste Betriebsführung und das beste Lösungsmittel vorausberechnet werden können. Zudem soll durch genaue Planung von Schlüsselexperimenten der größtmögliche Informationsgewinn erzielt und damit die Prozessentwicklung stark beschleunigt werden“, unterstreicht Professor Sundmacher.

Aktuelle Forschungsergebnisse fließen kontinuierlich in die Lehrkonzepte ein. Jeder Lehrende sollte seine Lehrangebote immer wieder auf den Prüfstand stellen und anpassen. Die Evaluierungssysteme an der Uni seien dabei sehr hilfreich, betont Professor Sundmacher. „Das ist oft anstrengend, aber lohnend, denn die Universität bildet nicht nur wissenschaftlichen Nachwuchs aus, sondern vor allem Ingenieure für die Industrie. Von uns ausgerüstet mit einem hohen Maß an Selbstständigkeit und Lösungskompetenz nehmen die Absolventen neueste

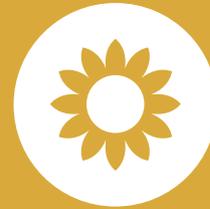
wissenschaftliche Erkenntnisse und das Bewusstsein für die Notwendigkeit einer nachhaltigen Chemieproduktion mit an ihren Arbeitsplatz.“

Nachdem es in den vergangenen acht Jahren den Wissenschaftlern gelungen ist, drei innovative Phasensysteme - das sind die Umgebungen, in denen die chemischen Reaktionen ablaufen - für biobasierte Rohstoffe zu entwickeln, geht es jetzt darum, ihre Verwertbarkeit zu überprüfen. Das geschieht in sogenannten Miniplants, d. h. in Modellanlagen, welche die später eingesetzten Großanlagen im Kleinen nachbilden. Damit können Vorgänge realistisch nachvollzogen und technische Veränderungen in der Arbeitsweise simuliert werden. Eine Miniplant, in der die Veränderungen von Prozessparametern, wie das Mischungsverhältnis von Ausgangsstoffen, Katalysator und Lösungsmittel, oder auch der Einfluss der Temperatur erkundet werden, steht im Technikum des Magdeburger Max-Planck-Instituts für Dynamik komplexer technischer Systeme (MPI). Diese Anlagen in miniature machen es möglich, den Ablauf der chemischen Reaktion, die Stabilität des homogenen Katalysators und die Effizienz der eingesetzten Lösungsmittelsysteme realitätsnah zu bewerten.





Um Umwandlungsprozesse in der grünen Chemie effizient durchzuführen, werden spezielle, sogenannte homogene Katalysatoren eingesetzt. Diese Katalysatoren schwimmen im Reaktionsgemisch und können jedes Rohstoffmolekül zielgerichtet in das gewünschte Produktmolekül umbauen. Allerdings müssen die Katalysatoren nach ihrem Einsatz vom Produkt getrennt und wiederverwendet werden. Dieses Recycling ist eine große Herausforderung, aber aus ökonomischen Gründen notwendig. Homogene Katalysatoren sind oft fragil, werden bei zu hohen Temperaturen rasch zerstört; vor allem aber sind sie, wie z. B. das häufig verwendete Edelmetall Rhodium, sehr teuer. Gelingen kann die Trennung, indem sogenannte „schaltbare“ Lösungsmittel verwendet werden. Bei hoher Temperatur liegt nur eine flüssige Phase vor, in der sich die Reaktionspartner ideal vermischen können. Nach Abkühlung entstehen aber zwei flüssige Phasen: eine polare und eine unpolare Phase – vergleichbar mit Wasser und Öl, die sich nicht vermischen. In der unpolaren flüssigen Phase reichert sich das Zielprodukt an, in der anderen Phase der Katalysator, der dann wieder für die Reaktion verwendet werden kann. Bei der Suche nach dem optimalen Lösungsmittel, das man in einem bestimmten Temperaturbereich zwischen einer und zwei Phasen hin- und herschalten kann, kommt auch die Quantenchemie zum Einsatz. Mit ihrer Hilfe kann der Ablauf der chemischen Reaktion am Katalysator in verschiedenen Lösungsmitteln in allen molekularen Details im Computer simuliert werden.



Wussten Sie schon, dass...

...
chemische Produkte nicht lebensfeindlich und umweltschädlich sein müssen? Paul Anastas und John C. Warner entwickelten Leitprinzipien als Fundament einer nachhaltigen chemischen Produktion:

...
Umweltverschmutzung und
Abfälle vermeiden

...
sichere chemische
Produktionskonzepte designen

...
weniger gefährliche Stoffe herstellen

...
erneuerbare Rohstoffe bevorzugen

...
Katalysatoren nutzen

...
Atomeffizienz und Atomökonomie

...
ungefährliche Lösungsmittel anwenden

...
Energieeffizienz –
Reaktionen bei Raumtemperatur

...
Chemikalien und Produkte nach der
Nutzung natürlich abbaubar

...
Echtzeitüberwachung, Kontrolle und
Steuerung aller Vorgänge

...
Risiko für Unfälle minimieren –
sichere Prozesse



Die Doktoranden Steffen Linke, Michael Jokiel und Karsten Rätze entwickeln gemeinsam neue verfahrenstechnische Prozesskonzepte.
Foto: Harald Krieg

Neuartige Phasensysteme, auf die sich die Aufmerksamkeit der Forscher richtet, sind thermo-morphe (TMS) und mizellare (MLS) Lösungsmittel sowie Pickering-Emulsionen. Trotz ihrer hervorragenden Eigenschaften werden sie großtechnisch bisher kaum genutzt. Der Stoffaustausch an der Grenzfläche zwischen den flüssigen Phasen ist in diesen Systemen recht komplex und nicht vollständig verstanden. Daher wird momentan am Institut für Apparate und Umwelttechnik ein Modellapparat entwickelt, um den Stofftransport über Grenzflächen hinweg aufzuklären. Für die strömungsmechanische Optimierung neu entwickelter Apparate werden zudem die Strömungsphänomene in den flüssigen Mehrphasensystemen, insbesondere das Vermischungs- und Entmischungsverhalten, am Institut für Strömungstechnik und Thermodynamik genauer unter die Lupe genommen.

„Ein sehr wichtiger Gesichtspunkt wird vom Endverbraucher häufig gar nicht wahrgenommen: die oft hochtoxischen Lösungsmittel, die bei chemischen Reaktionen vielfach verwendet werden“, erläutert Kai Sundmacher. Hier sieht er einen wichtigen Ansatzpunkt für eine nachhaltigere Chemieproduktion. „Es gilt, alternative Lösungsmittelsysteme ohne negative Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt zu finden und großtechnisch einzusetzen. Die Lösungsmittelbelastung von Produkten muss so gering wie möglich sein, da der Verbraucher später körperlichen Kontakt mit den Produkten hat oder diese in seinem Wohnraum nutzt.“

Das umweltfreundlichste Lösungsmittel ist Wasser, aber dieses ist leider als Trägersubstanz in chemischen Prozessen nur in den seltensten Fällen geeignet. Um nun die Eigenschaften alternativer Lösungsmittel möglichst umweltfreundlich zu gestalten, wollen die Wissenschaftler direkt in das Design des Moleküls eingreifen. „Ähnlich wie beim LEGO wollen wir Lösungsmittel aus molekularen Baugruppen zusammensetzen und dabei gezielt optimieren“, ergänzt Professor Sundmacher. „Bisher wurde diese Aufgabe weitgehend empirisch, also aus Erfahrung und Beobachtung heraus, gelöst. Zukünftig werden wir dafür gemeinsam mit Professor Achim Kienle vom Institut für Automatisierungstechnik leistungsfähige Methoden der mathematischen Optimierung nutzen. Unsere Vision ist es, die besten Produktionsprozesse und die besten Lösungsmittelmoleküle in einem Zug gleichzeitig zu ermitteln. Wir sind überzeugt, dass sich damit neue verfahrenstechnische Produktionsprozesse entwickeln lassen, die die heutigen in Bezug auf Effizienz und Nachhaltigkeit bei weitem übertreffen werden.“ Um Abfallstoffe zu vermeiden und den Energiebedarf zu reduzieren, werden nicht nur die erwünschten chemischen Hauptreaktionen, sondern auch alle Begleitreaktionen untersucht. Reaktionsnetzwerke funktionieren quasi wie komplexe Verkehrssysteme. Werden die Geschwindigkeit und der Zustrom der Verkehrsteilnehmer nicht gesteuert, ist die Kreuzung irgendwann unweigerlich verstopft. Genauso ist es mit den Abläufen in einem chemischen Reaktor. Wann wieviel wovon in den Reaktor eingebracht wird, ist entscheidend für den Verlauf der Reaktion und die Vermeidung von Abfallstoffen.



*Steffen Linke untersucht die Eigenschaften neuartiger Lösungsmittel zur Rückgewinnung von Katalysatoren.
Foto: Harald Krieg*

Der Weg von einer immer noch stark erdölbasierten hin zu einer biobasierten chemischen Industrie sei noch recht weit, schätzt Professor Kai Sundmacher ein. Noch seien fossile Rohstoffe relativ kostengünstig zu erhalten und noch sei der Verbraucher nicht bereit, für ein Bio-Label in der Chemie wesentlich mehr zu bezahlen. Aber der Wissenschaftler ist zuversichtlich: „Mit den Bio-Eiern hat das auch ein Weilchen gedauert. Die Verbraucher und Verbraucherinnen steuern den Erfolg der grünen Chemie mit ihrem Kaufverhalten. Langfristig wird sich das durchsetzen. Der globale Trend weg von den fossilen Rohstoffen ist bereits deutlich erkennbar.“ Für Sachsen-Anhalt sieht Kai Sundmacher großes Potenzial in der grünen Chemie, und das nicht nur wegen des bekannten Chemiedreiecks mit langer Tradition im

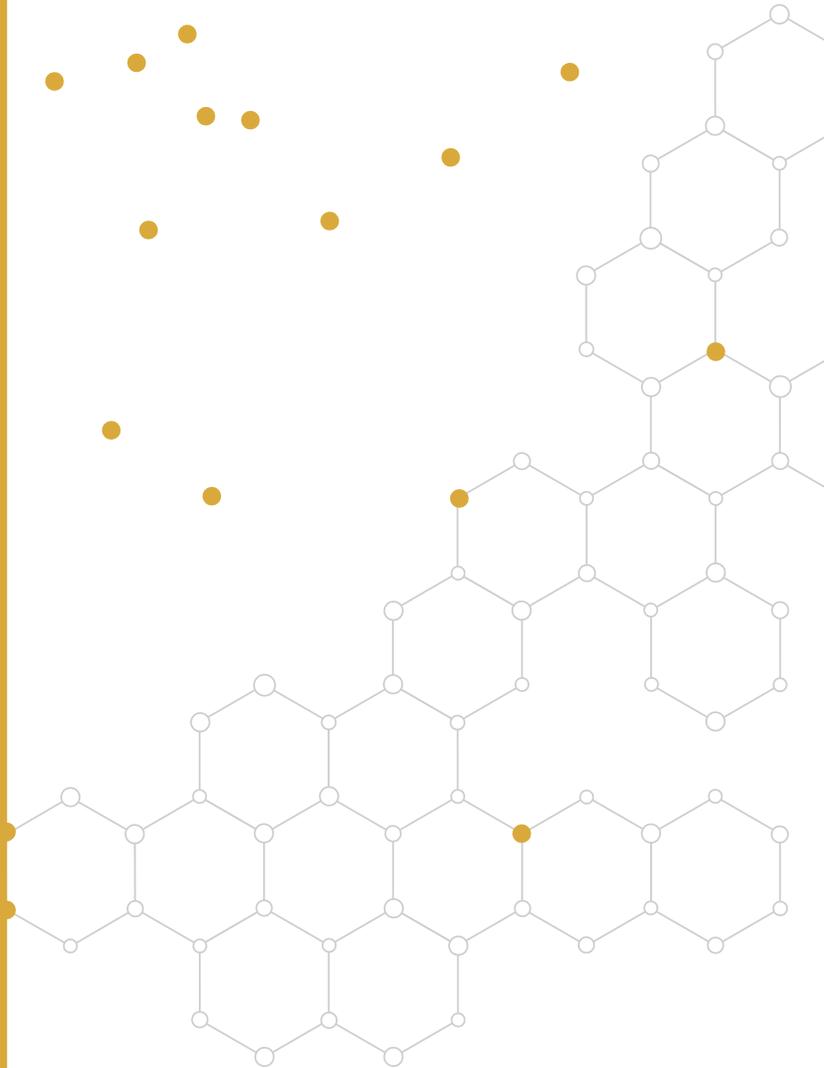
Süden des Bundeslandes. In Sachsen-Anhalt könne chemische Industrie und landwirtschaftliche Produktion zukünftig in einer nachhaltigen Produktionsstruktur enger gekoppelt werden. Sektorenkopplung wird das genannt, wenn produzierende Branchen, die zunächst wenig miteinander kooperiert haben, zusammengebracht werden. Noch existiert kein integriertes System von chemisch-pharmazeutischer Produktion im Raum Halle, Merseburg, Bitterfeld und landwirtschaftlicher Produktion in Altmark und Börde. Es verlange neue systemische Ansätze, den gesamten Kreislauf vom Rohstoff zum Produkt und über Recycling wieder zurück zu den Rohstoffen zu betrachten, dabei ökonomische und ökologische Faktoren in die Analyse einzubeziehen und zielgerichtet disruptive Technologien einzusetzen.



Wussten Sie schon, dass...

...

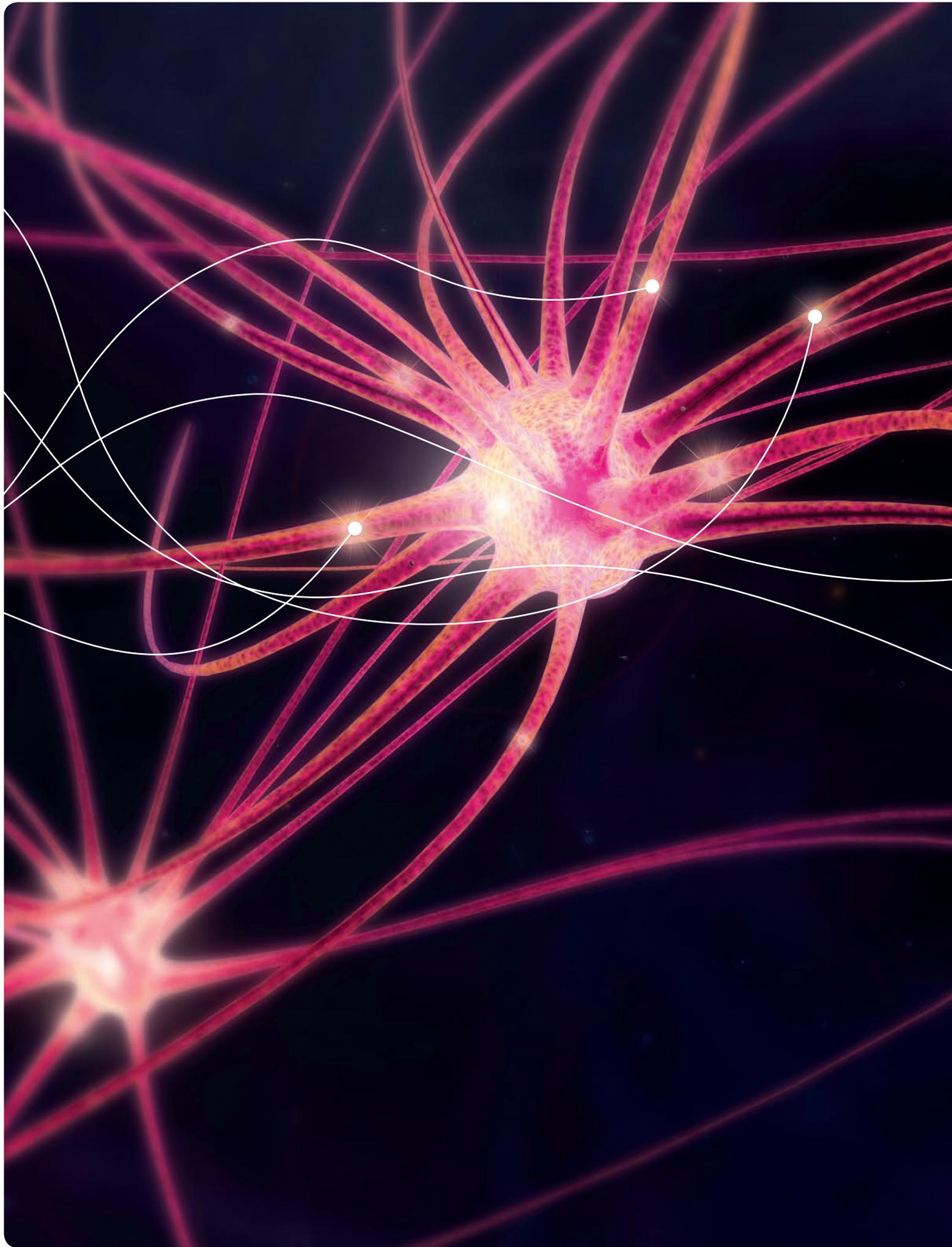
Rhodium ein silberweißes, hartes Übergangsmetall mit dem Elementsymbol Rh und der Ordnungszahl 45 im Periodensystem ist? Es hat die für Edelmetalle charakteristische geringe Reaktivität und eine hohe katalytische Aktivität. Rhodium wurde 1803 von William Hyde Wollaston in einem aus Südamerika stammenden Rohplatinierz entdeckt. Da das Metall in der Natur sehr selten vorkommt und gleichzeitig eine breite Anwendung findet, zählt es zu den teuersten Metallen überhaupt. Während der Rhodiumpreis 2003 noch bei etwa 475 Dollar pro Feinunze lag kostete Rhodium Ende März 2017 schon 811 Dollar.



Prof. Dr.-Ing. Kai Sundmacher
Foto: Harald Krieg

„Kai Sundmacher über seine Arbeit als Wissenschaftler

„Mich begeistert das Humboldtsche Prinzip der Einheit von Forschung und Lehre. Es sollte unbedingt der Leitgedanke für die deutsche Universitätslandschaft bleiben. An kreativer wissenschaftlicher Arbeit in der anwendungsorientierten Grundlagenforschung, wie sie an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und dem Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme in Magdeburg möglich ist, habe ich besonders Freude. Mit vielen Freiheiten, neue Ideen in die unterschiedlichsten Richtungen denken zu dürfen, kann ich an der Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik ergebnisoffen forschen.“





'An den Schaltern von Altern und Krankheit



ZWEI NEUE GRADUIERTENKOLLEGS
AN DER UNIVERSITÄT MAGDEBURG

UWE SEIDENFADEN



Unter Experten ist Magdeburg seit vielen Jahren für exzellente Forschungsleistungen auf den Gebieten der Neurowissenschaften (Center for Behavioral Brain Sciences, CBBS) sowie der Immunologie, Infektiologie und Inflammation (Gesundheitscampus GCI³) bekannt. Einen wesentlichen Anteil daran haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Institute und Kliniken der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, die in enger Kooperation mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen arbeiten. Mit der Bewilligung von gleich zwei neuen Graduiertenkollegs (GRK), mit denen sich die Magdeburger Universität bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) beworben hatte, kann ab 2018 der wissenschaftliche Nachwuchs in der Elbestadt weiter gestärkt werden. Das Ziel ist ein besseres Verständnis auf Themenfeldern, die in den kommenden Jahrzehnten unsere Gesellschaft vor große Herausforderungen stellen werden. So geht es um die Frage wie auch im Alter die Gesundheit erhalten und neurodegenerative Krankheiten wie Morbus Alzheimer sowie chronische Volkskrankungen wie Artherosklerose, Diabetes mellitus und Adipositas vermieden bzw. behandelt werden können. Beide Graduiertenkollegs werden unabhängig voneinander arbeiten, aber auch die Synergien am Magdeburger Campus nutzen und gemeinsam weiterentwickeln.

DER MENSCHLICHE KÖRPER, EINE BAUSTELLE AUF LEBENSZEIT

Fragt man willkürlich Menschen auf der Straße, wie sie sich das Altern vorstellen, dann befürchten viele die Abnahme von geistigen und körperlichen Leistungen bis zur völligen Hilflosigkeit. Tatsächlich sind bei uns allen viele körperliche und kognitive Alterseinbußen molekulargenetisch vorprogrammiert. Glücklicherweise wirken ständige Umbauprozesse bestehender und die Generierung neuer Zellen diesen Einbußen entgegen. So existieren z. B. blutbildende Zellen nur wenige Stunden und werden vom Knochenmark ständig in großer Zahl nachgebildet. Ähnlich kurzlebig sind manche Zellen des Immunsystems, z. B. Granulozyten. Mehrere Tage für die Erneuerung benötigen die Epithelzellen der Haut und die Zellen, die innere Verdauungsorgane wie Magen und Darm auskleiden. Sogar die Knochen werden in Zeiträumen von 25 bis 30 Jahren nahezu komplett „runderneuert“. Nervenzellen hingegen zeichnen sich durch eine besondere Langlebigkeit aus. Noch bis gegen Ende des 20. Jahrhunderts gingen die meisten Hirnforscher sogar davon aus, dass im menschlichen Zentralnervensystem nach der Geburt nur noch Um- und Abbauprozesse unter den über hundert Milliarden Nervenzellen stattfinden. Tatsächlich konnten mehrere Arbeitsgruppen, darunter am Magdeburger Leibniz-Institut für Neurobiologie zeigen, dass in einem Teil des Gehirns, der essenziell für die Fähigkeit zum Lernen ist, lebenslang neue Nervenzellen entstehen können.



ALTERN IM KOPF: VOM MOLEKÜL BIS ZUM MENSCHEN

„Die alternde Synapse – molekulare, zelluläre und verhaltensbiologische Mechanismen des kognitiven Leistungsabfalls“ heißt das neue Graduiertenkolleg, dessen Sprecherin Prof. Dr. Daniela Dieterich, Direktorin des Instituts für Pharmakologie und Toxikologie der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg ist. Das GRK umfasst 13 Teilprojekte, die von 11 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern betreut werden. Dabei handelt es sich um Frauen und Männer der Magdeburger Universität, des ortsansässigen Leibniz-Instituts für Neurobiologie (LIN) und des Deutschen Zentrums für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE). Ergänzend fachlich beratend sind zudem Experten aus dem In- und Ausland. Alle Forschungsprojekte im GRK verbindet die Hoffnung auf ein besseres grundlegendes Verständnis der Alterungsvorgänge in Neuronen und Gliazellen, welches auch unmittelbaren Einfluss auf neurodegenerative, demenzielle Erkrankungen haben wird. Das ist angesichts der demografischen Entwicklung auch dringend notwendig. Für Industriestaaten wie Deutschland prognostiziert die Weltgesundheitsorganisation WHO bis zum Jahr 2050 nahezu eine Verdopplung der Zahl älterer Menschen von über 65 Jahren. Ziel der WHO und vieler anderer Organisationen im Gesundheitssystem ist es, durch gezielte Prävention und Therapie möglichst viele Menschen zeitlebens geistig und gesundheitlich fit zu halten.

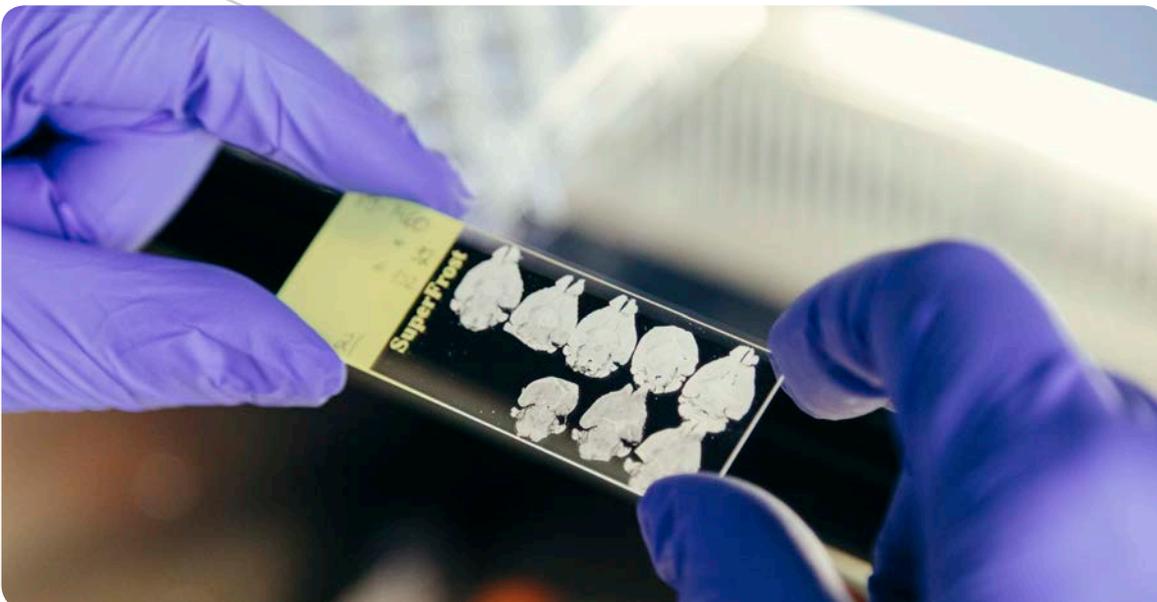


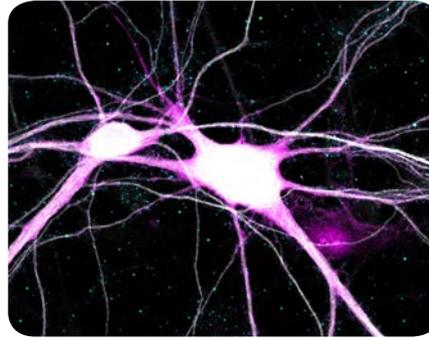
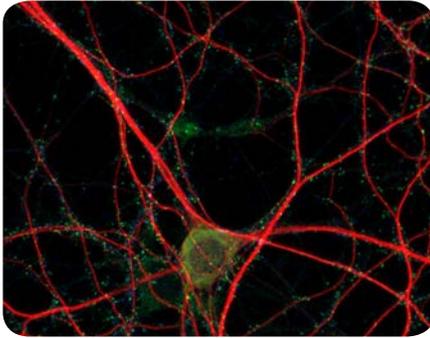
Prof. Dr. Daniela Dieterich
Foto: Harald Krieg



Wichtig dafür ist ein besseres Verständnis der biologischen Alterungsprozesse im Gehirn. Von besonderem Interesse für die Forschenden sind dabei molekulare Umbauvorgänge, die in den Nervenzellen und ihrer Umgebung, insbesondere an den vielen Milliarden Nerven-Kontaktstellen (Synapsen) ablaufen. Man kann sie sich als mikroskopisch kleine Brauseköpfe von Duschen vorstellen. Daraus strömen statt Wassertropfen verschiedene Moleküle, sogenannte Neurotransmitter. Diese werden von anderen „Post-Synapsen“ aufgefangen und weiterverarbeitet. In jungen Jahren sind diese Prozesse sehr dynamisch und das Lernen fällt leicht. Mit zunehmendem Alter reagieren Nervenzellen und Nervenzellnetzwerk weniger flexibel. Aber können die natürlichen Alterungsprozesse auch neurodegenerative Erkrankungen wie Morbus Alzheimer, das Parkinson-Syndrom und die Amyotrophe Laterale Sklerose (ALS) erklären? „Es gibt noch immer viele neurowissenschaftliche Fragen, die bislang nicht zufriedenstellend beantwortet werden können“, sagt GRK-Sprecherin Dieterich. Das erschwert bislang die Entwicklung neuer Therapien, die beispielsweise Morbus Alzheimer heilen oder gar verhindern können. Bislang führten alle Versuche fehl, die im Gehirn von Alzheimer-Patienten massenhaft auftretenden, fehlgebildeten Eiweißmoleküle aus dem Gehirn zu entfernen oder deren Entstehung zu verhindern. Es bestehen sogar grundlegende Zweifel, dass die Menge des „Eiweißmülls“ im Gehirn im direkten Zusammenhang mit der Alzheimer-Symptomatik steht. Zurück zu grundlegenden Studien an der Synapse lautet daher auch die übergreifende Thematik des neuen GRK. Das umfasst Untersuchungen der Stabilität und Variabilität von Synapsen, von Veränderungen in der extrazellulären Matrix (dem „Klebstoff“ zwischen Zellen), den Interaktionen mit den Gliazellen und dem Immunsystem, bis hin zu Lernstudien mit Menschen unterschiedlichen Alters. „Wir haben mehrere Signalwege in den Fokus genommen, die wir genauer studieren wollen“, sagt die GRK-Sprecherin. Dazu gehört der sogenannte Insulin-Rezeptor-Pathway, der Hinweise darauf liefern könnte, warum Menschen mit einem langjährigen Diabetes mellitus u. a. auch ein deutlich erhöhtes Demenzrisiko haben. Das zeigten Studien mit den Daten von über 145.000 Diabetes-Patienten im Alter von über 60 Jahren, die bei der Krankenkasse AOK versichert sind. Darüber hinaus zeigen aktuelle Untersuchungen, dass entzündungshemmende Antidiabetika eine vor Demenz schützende Wirkung haben. Die Analysen der molekularen Mechanismen könnten in Zukunft vielleicht zu gezielt wirkenden Therapien führen, hoffen die Forscher des GRK wie beispielsweise Dr. Michael Kreutz vom LIN.

*Im Fokus des GRK2413 stehen die molekularen, zellbiologischen und verhaltensbiologischen Konsequenzen von Alterungsprozessen im Gehirn von Nagern und Menschen.
Foto: Harald Krieg*





Modernste molekular- und zellbiologische Verfahren in Kombination mit hochauflösender Mikroskopie erlauben es den Magdeburger Nachwuchswissenschaftlern, den komplexen Vorgängen an alternden Synapsen auf die Spur zu kommen.

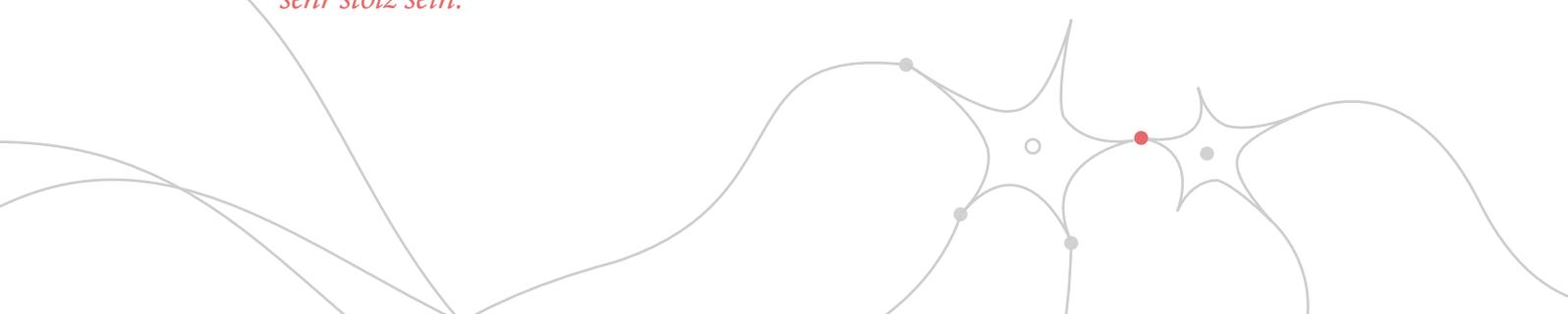
Bilder: Julia Abele

MODERNE ANALYTIK AUF ALLEN EBENEN DER FORSCHUNG

Den jungen Forschenden stehen an der Magdeburger Universität und den außeruniversitären Forschungseinrichtungen gebündelt in der Forschungsstruktur des CBBS die modernsten technischen Instrumentarien zur Verfügung – von hochauflösender Mikroskopie und Optogenetik über Proteinanalytik (Proteomics) bis hin zu MRT-Imagingtechniken, transgenen Tiermodellen und verschiedensten Kultivierungsmethoden, die auch die im Altern sich verändernde mechanische Elastizität von Zellen nachstellen können. „Zudem können die verhaltensbiologischen Konsequenzen des Alterungsprozesses unmittelbar nachverfolgt und analysiert werden“, so der Ko-Sprecher Professor Oliver Stork vom Institut für Biologie. „Das macht es uns möglich, die Lern- und Alterungsprozesse im Gehirn auf mehreren Ebenen – vom Molekül über die Zelle bis hin zum Nervensystem und dem Verhalten in Nagern und im Menschen – zu untersuchen“, unterstreicht Professorin Dieterich. „Dies spiegelt sich auch im vielfältigen, individuellen und zukunftsorientierten Ausbildungskonzept wieder, das unseren Studierenden ein weitläufiges Netzwerk innerhalb und außerhalb der akademischen Forschung bietet und maßgeblich von der OVGU Graduate Academy und dem CBBS-Graduate-Programm unterstützt wird.“



Prof. Dr. Burkhard Schraven, Prodekan für Forschung der Medizinischen Fakultät: „Von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gleich zwei Anträge für Graduiertenkollegs auf einmal bewilligt zu bekommen, ist schon außergewöhnlich. Darauf können wir sehr stolz sein.“



VORSICHT, FALSCH VERBUNDEN: FEHLGELEITETE ZELLSIGNALE

„Falsch verbunden“ heißt es, wenn man zufällig am Telefonapparat oder am Handy die falsche Nummer gewählt hat. Normalerweise legt man dann den Hörer auf und wiederholt den Wahlvorgang – hoffentlich mit der richtigen Nummer. Hat man jedoch die falsche Nummer oder die Nummer hat sich geändert, hat man den Anschluss verloren – das Problem lässt sich ohne Weiteres nicht mehr lösen.

Die Kommunikation zwischen Zellen im menschlichen Körper erfolgt so ähnlich. Manchmal lösen falsche Verbindungsnummern eine ganze Kette von nachfolgenden Reaktionen aus, die katastrophal enden können. Wie es dazu kommen kann und an welchen Stellen des „Wahlprozesses“ die fehlerhafte Entwicklung noch aufgehalten werden kann, untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Graduiertenkolleg „Maladaptive Prozesse an physiologischen Grenzflächen bei chronischen Erkrankungen“. „Lässt sich das Problem an dieser Stelle lösen, können wir die Krankheitsprozesse aufhalten oder korrigieren“, so die Sprecher Prof. Dr. Berend Isermann, Direktor des Instituts für Klinische Chemie und Pathobiochemie, und Prof. Dr. Michael Naumann, Direktor des Instituts für Experimentelle Innere Medizin. Nicht weniger erstaunlich als die Lernleistungen des Nervensystems sind die Selbstheilungskräfte des menschlichen Körpers. Das ist auch überlebenswichtig, denn jeder mehrzellige Organismus ist pausenlos zahlreichen potenziell schädlichen chemischen Substanzen, Strahlen und Mikroben ausgesetzt. Aus diesem Grund laufen im Körper beständig molekulare Reparatur- und Umbauvorgänge an den Zellen, Geweben und Organen ab. Dabei werden diverse genetische Programme zur Bildung von Molekülen gestartet und diese danach noch mehrfach modifiziert. Einige molekulare Umbauten erfolgen in Bruchteilen von Sekunden und jede Form eines Moleküls hat Einfluss auf dessen Eigenschaften und Wirkweise. Passt es in der Form zu anderen Molekülen wie ein Schlüssel zum Schloss, werden Ketten von Ereignissen in Gang gesetzt, die im Normalfall den komplexen, mehrzelligen Organismus gesund erhalten. Doch manchmal geraten die Abläufe außer Kontrolle. Dann führt eine ungünstige Verkettung von Signalwegen zur Entstehung chronischer Krankheiten, mitunter auch Krebs.



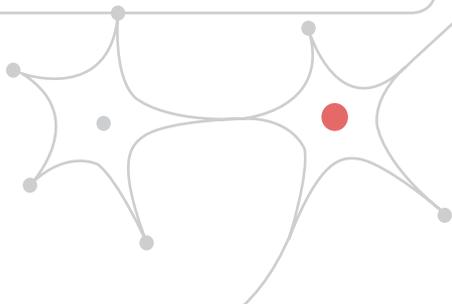
Prof. Dr. Daniela Dieterich
Foto: Harald Krieg

„Sachsen-Anhalt ist ein Land, das zukünftig von der Alterung der Bevölkerung besonders betroffen sein wird. Deshalb sollten wir auch vorangehen bei der Suche nach Wegen, wie wir die Gesundheit der älteren Menschen stärken können. Zugleich bilden wir junge Wissenschaftler als Generalisten mit breiten und exzellenten Karrierechancen aus“, erklärt Prof. Dr. Daniela Dieterich.

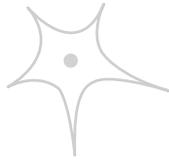


„Das Graduiertenkolleg wird junge Wissenschaftler in einem hochrelevanten Thema unter Verwendung von State-of-the-art-Techniken ausbilden und ihnen eine breit angelegte Basis für die berufliche Karriere bieten“, sagt Prof. Dr. Michael Naumann.

„Wir wollen neue Modelle entwickeln, die es uns ermöglichen, Alterungsprozesse des Gehirns auf allen Funktionsebenen vom Gen bis zum Verhalten zu verstehen“, sagt Prof. Dr. Oliver Stork.

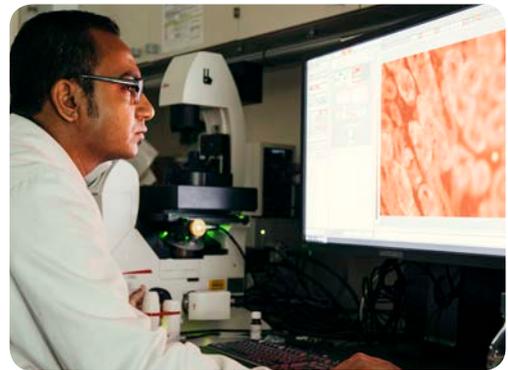


*Innovative Mikrofluidics und Organ-on-a-chip Technologie sind Gegenstand der GRK's.
Foto: Harald Krieg*



DER ANFANG DES ÜBELS: FEHLER IM ENTZÜNDUNGSPROZESS

„Maladaptive Prozesse beginnen oftmals mit einem fehlgesteuerten Entzündungsprozess“, so Professor Berend Isermann. Besonders empfindlich reagieren die Zellen, die im direkten Kontakt mit der Umwelt stehen. Das gilt für die Epithel-Zellen der Haut, der Verdauungsorgane und der Lungenbläschen ebenso wie für die Endothel-Zellen, die Blutgefäße auskleiden. Werden sie geschädigt, lockt das Abwehrzellen des Immunsystems an, die eine sich selbst begrenzende Entzündung auslösen. Fehlt das Stopp-Signal, chronifiziert sich die Entzündung – der Mensch wird chronisch, also dauerhaft, krank. Je nach den betroffenen Organen kann das zu unterschiedlichen Krankheitsbildern führen – beispielsweise Nierenversagen, Herzschwäche, und chronisch entzündlichen Darmerkrankungen. Im Rahmen des GRK werden die Forschenden sich u.a. mit solchen fehlgeleiteten Prozessen an den sogenannten Endothel-Zellen beschäftigen. Das Endothel reguliert unter anderem die Gefäßweite und den Stoffaustausch. Die Endothelfunktionen sind eingeschränkt, wenn chronische Entzündungen und Arteriosklerose auftreten. In der Folge kann das zu Sauerstoffmangel und schweren Schäden an den Organen führen – insbesondere an Gehirn, Herz und Nieren. Eine unrühmliche Rolle dabei kann der sogenannte Transkriptionsfaktor HIF spielen. Sogar wenn die Blutversorgung nach einem Infarkt wiederhergestellt wird, begünstigt HIF ein weiteres Zellsterben. Warum geht die Natur diesen fatalen Weg? Wie kann dieser Prozess aufgehalten werden? Von der Beantwortung solcher Fragen erhoffen sich die Forschenden neue Therapieansätze. Gleiches gilt für andere GRK-Teilprojekte, die sich u.a. mit dem Untergang von kleinsten Nierenkörperchen (Glomerolen) im fortgeschrittenen Stadium von Diabetes mellitus sowie chronisch-entzündlichen Magen-Darm-Erkrankungen befassen. Auch die Einflüsse von Parasiten, wie das Magenbakterium *Helicobacter pylori*, und einer gestörten Darmflora auf Krankheitsprozesse werden untersucht. „Mit systematischen Ansätzen planen wir Untersuchungen zur Bedeutung von Modifikationen der Barrierefunktion, der Proteostase, sowie molekularer Netzwerke an endothelialen und epithelialen Grenzflächen“, so GRK-Sprecher Isermann. Von den Ergebnissen der Forschung erhoffen sich die Wissenschaftler Ansätze für neue Therapien gegen fehlgeleitete Heilungsprozesse.



*Systematische Charakterisierung von chronischen Erkrankungen mittels Gewebeproben und innovativer Zellkulturmodellen.
Fotos: Harald Krieg*



VON DER MIKROFLUID- UND DER ORGAN-ON-A-CHIP-TECHNOLOGIE

Auch den Forschenden im GRK „Maladaptive Prozesse an physiologischen Grenzflächen bei chronischen Erkrankungen“ steht ein hochmodernes Instrumentarium zur Verfügung. „Das Center of Dynamic Systems (CDS) der Magdeburger Universität bietet mit Organ-on-a-chip-Technologien und der Mikrofluidik beste Expertise“, erklärt Professor Naumann, Sprecher des CDS. Den Studierenden stehen im Rahmen des GRKs unter anderem modernste zellbiologische Methoden und Technologien, wie hochauflösendes 3D-Imaging, Zwei-Photonen-Mikroskopie, Massenspektrometrie, transgene Tiermodelle und menschliche Organkulturen sowie Mikrofluidik zur Verfügung. Unterstützend wirkt die enge Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS) in Dresden.



Sprecher des GRK

„Die alternde Synapse – molekulare, zelluläre und verhaltensbiologische Mechanismen des kognitiven Leistungsabfalls“

Prof. Dr. Daniela C. Dieterich

Medizinische Fakultät
Institut für Pharmakologie und Toxikologie

Prof. Dr. Oliver Stork

Fakultät für Naturwissenschaften
Institut für Biologie

Sprecher des GRK „Maladaptive Prozesse an physiologischen Grenzflächen bei chronischen Erkrankungen“:

Prof. Dr. Berend Isermann

Medizinische Fakultät
Institut für Klinische Chemie und Pathobiochemie

Prof. Dr. Michael Naumann

Medizinische Fakultät
Institut für Experimentelle Innere Medizin



Prof. Dr. Berend Isermann
Foto: Harald Krieg

„Mit unserem Graduiertenkolleg stärken wir sowohl die Grundlagenforschung als auch die lokale Ausbildung von forschenden Ärztinnen und Ärzten“, sagt Prof. Dr. Berend Isermann.





'Hätten wir die EU nicht, wir sollten sie erfinden



WARUM WIR BESSERFAHREN,
WENN SICH ALLE AN DIE REGELN HALTEN

KATHARINA VORWERK



Über 700 Millionen Einwohner leben auf dem Kontinent Europa. Geprägt von alten Kulturen, vielen Sprachen, gewachsenen Nationen; begleitet von Wohlstand und menschenfreundlichen klimatischen Bedingungen steht ein großer Teil dieses Europas, die 27 Länder der Europäischen Union, vor großen Herausforderungen. Es ist dieses besondere politische System, mit dem sich die Politikwissenschaftlerin Professorin Eva G. Heidbreder intensiv beschäftigt, für sie ist die EU Gegenstand politikwissenschaftlicher Grundlagenforschung. Sie sagt: „Wer noch immer glaubt, im Parlament wird über Gurken geredet, verpasst eine besondere Chance zur Mitgestaltung.“

Sie haben in Ihrer Antrittsvorlesung Ihr Forschungsgebiet so umschrieben: „EU rauf und runter!“. Was begeistert Sie an dieser krisengeschüttelten Gemeinschaft?

Zwei Perspektiven sind für mich als Politikwissenschaftlerin spannend. Zum einen spiegelt ihre Frage aus der praktischen, also angewandten Forschungsperspektive, das wider, was viele Bürgerinnen und Bürger wahrnehmen: Die EU funktioniert irgendwie nicht, wozu brauchen wir sie noch, kann man nicht als Land allein vieles besser lösen? Diese Einschätzung ist kurz gesagt falsch. Unterm Strich funktioniert die EU überraschend gut. Nehmen wir das, was die EU an politischen Lösungen bietet, systematisch auseinander und vergleichen es mit einem Europa ohne EU, kommt man zum Ergebnis, dass die Gemeinschaft in zentralen Bereichen wie Wohlstand und Friedenssicherung für das Gemeinwohl viel, viel mehr Vorteile bietet als Nachteile schafft. Menschen außerhalb der EU sind übrigens genau deshalb von diesem Verbund so begeistert. 79 Prozent der Kanadier, 84 Prozent der Chinesen und sogar 94 Prozent der Brasilianer halten die EU für eine großartige und erstrebenswerte Sache. Das heißt nicht, dass die Art und Weise, wie in der und durch die EU regiert, wird grundsätzlich gut ist. Genauso, wie auch die Politikgestaltung unserer Staaten nicht durchgängig und für alle gut ist. Aber im Falle der EU diskutieren wir meist nicht die politischen Inhalte und Alternativen, um die es wirklich geht, sondern „die EU“, was auch immer das dann sein soll. Bedenken Sie einmal, kaum jemand käme auf die Idee, wegen unzufriedener Bürgerinnen und Bürger die Bundespolitik Deutschland abzuschaffen! In der EU ist es aber fast die Regel, politische Unzufriedenheit direkt auf das System zu reflektieren.

Wie wichtig Forschung zu und Wissen über diese Fragen ist, sehen Sie am Brexit. Nach anderthalb Jahren Austrittsverhandlungen ist noch immer einem Großteil der Briten nicht klar, dass eben jene Vorteile, die man durch einen Austritt aus der EU erreichen will, in den letzten Jahrzehnten durch die Zusammenarbeit in der EU garantiert wurden. Wenn ein Land aus der EU herausfällt, weil die Politik von durchaus berechtigter Unzufriedenheit der Menschen getrieben wird, diese Unzufriedenheit aber nicht auf einer Fehleranalyse basiert, sondern auf einer fehlgeleiteten Darstellung, birgt das dramatische Konsequenzen für das Leben von Millionen von Menschen.

Die zweite spannende Perspektive ist rein wissenschaftlich höchst faszinierend. Generisch politikwissenschaftliche Erkenntnisziele sind Fragen nach Herrschaftsformen, nach „guter“ – seit dem 2. Weltkrieg bei uns vornehmlich demokratischer – Ordnung sowie der Schaffung verbindlicher Regeln zur Machtverteilung und Machtausübung. Weil die EU grundlegend anders als traditionelle, hierarchisch aufgebaute Staaten funktioniert, weil sie ein einzigartiger, rein auf Freiwilligkeit basierender Kooperationsverbund ist, der noch dazu Bürgerinnen und Bürgern neuartige Rechte verleiht, die im Wesentlichen nicht an ein Staatsterritorium, sondern an die individuelle Person gebunden sind, ist die EU so wahnsinnig spannend, um Kernfragen der Politikwissenschaft zu verstehen und theoretisch zu erfassen. Die EU ist also ein Gegenstand politikwissenschaftlicher Grundlagenforschung.

Sie beschäftigen sich intensiv mit der sogenannten europäischen Mehrebenenverwaltung. Was müssen wir uns darunter vorstellen?

Im Kern ist die Frage dahinter ganz simpel: Wie kommt Politik, die gemeinsam auf der EU-Ebene gestaltet wird, bei den Bürgerinnen und Bürgern an? Gemeinsame Verwaltung ist im Kleinen schon höchst kompliziert, wie jeder weiß, der sich in einem Verein engagiert oder auch nur im Familienrat einen Beschluss gefasst hat. Von der Entscheidung zur Umsetzung ist es ein weiter Weg und meistens weicht das Ergebnis vom ursprünglichen Plan ab. In der EU sind diese Prozesse ungleich komplexer als am Küchentisch. Entscheidungen werden von der Kommission vorbereitet, entschieden wird gemeinsam durch das Europäische Parlament und die Minister der Mitgliedstaaten im Rat. Wenn sich diese Organe nicht einigen, kommt schon mal gar keine EU-Regelung zustande. Umgesetzt wird dann aber wieder alles in und durch die Staaten, je nach Politikfeld und Mitgliedstaat anders. Das Procedere kennen viele von uns ganz praktisch aus der Uni: Zum Beispiel werden Erasmus-Gelder nicht von der Kommission oder einer EU-Bildungsbehörde an Studierende gezahlt, sondern durch deutsche Behörden und letztlich ist das an jeder Uni anders organisiert. Es geht schlussendlich darum, was wirklich bei den Menschen ankommt und was unter welchen Bedingungen funktioniert oder nicht, damit



ein Beschluss auch Wirklichkeit wird. Extrem spannend in der EU ist, dass die meisten Beschlüsse grenzüberschreitenden Charakter haben, dass also unsere strikt auf das Staatsgebiet beschränkten Behörden über ihren eigentlichen Einsatzbereich hinaus kooperieren und agieren müssen. Wie schwer das in der Anwendung ist, weiß tatsächlich jeder, der einmal

mit der Anerkennung der eben genannten Erasmus-Studienleistungen zu tun hatte. Und das ist wirklich ein extrem simpler Fall! Aber auch einer, der klarmacht, wie trotz aller Probleme im Detail zuvor unmögliche Dinge bewegt werden können und politische Programme das Leben von Menschen positiv beeinflussen können.



Die Europäische Gemeinschaft ist kein Staat, aber auch keine Internationale Organisation, so wie z. B. die UNO. Worauf beruht sie dann überhaupt?

Die EU ist vor allem ein gemeinsamer Rechtsraum. Das heißt, die beteiligten Staaten, genauer deren Regierungen, abgesegnet durch die jeweiligen Parlamente, binden sich in einem weltweit einmaligen Kooperationsraum. Die Grundregeln beziehen sich auf die Verleihung von Freiheitsrechten an die Bürgerinnen und Bürger. Das sind vorrangig ökonomische Rechte, die aber erheblich weiterreichende Wirkung haben. So beinhaltet die Personenfreizügigkeit auch, dass wir bei einem Umzug Sozialleistungen wie Unterhaltszahlungen, Renten oder Versicherungsleistungen einfach mit in unser Wahlland nehmen können und auch das Recht, an EU- und Kommunalwahlen an seinem ersten Wohnort teilzunehmen. Außerdem hat die EU seit 2009 einen Kanon an Grund- und Sozialrechten, die in der Welt einmalig sind und die immer, wenn EU-Recht angewandt wird, eingehalten werden müssen.

Das echte Wunder an diesem Rechtsraum ist aber, dass sich Staaten und Menschen seit über 60 Jahren freiwillig an diese gemeinsam geschaffenen Regeln halten. Zwar können EU-Gerichte Strafzahlungen verhängen, die EU hat aber kein Machtmonopol. Sie kann keine Straftäter verurteilen oder gar einsperren, es gibt ja keine EU-Polizei oder gar Gefängnisse. Wenn Regierungen aufhören, sich an EU-Recht zu halten

und deren staatliche Gerichte nicht mehr EU-Recht anwenden, dann bricht das ganze System einfach in sich zusammen. Warum tut es das nicht, selbst, wenn es manchmal für Staaten, Unternehmen oder Personen so schmerzlich erscheint, sich unterzuordnen? Ganz einfach: Weil bisher die Überzeugung vorgeherrscht hat, dass man gemeinsam besser fährt und, dass es der Gesamtheit bessergeht, wenn sich alle an die Regeln halten. Das ist übrigens auch der Grund, warum die Brexit-Verhandlungen nicht vorankommen. Großbritannien möchte, dass es einige der EU-Rechte beibehält, aber andere Regeln für sie einfach nicht gelten, vor allem nicht die Überwachung durch den Europäischen Gerichtshof. Das ist so, als wenn von 22 Fußballspielern auf dem Platz einer sagt: „Ihr spielt alle weiter wie bisher, ich spiele auch mit, aber ich kann für mich ausgewählte Regeln ändern und bringe meinen eigenen Schiedsrichter mit.“ Offensichtlich wäre das gesamte Spiel tot. Deshalb beharren alle so sehr darauf, dass Großbritannien sich an alle Regeln halten muss, wenn es weiter „mitspielen“ will. Ansonsten laufen wir Gefahr, dass sich bald keiner mehr an irgendwelche Regeln hält. Diese Gefahr wird momentan übrigens von vielen Seiten geschürt, die nationale Alleingänge ohne Abstimmung propagieren. Das ist für die EU sehr bedrohlich. Wenn die grundlegende Freiwilligkeit und Überzeugung, dass man gemeinsam mehr erreicht als allein, abhandenkommt, dann ist die EU tot, weil sie eben auf den Prinzipien von Mehrwert durch Kooperation auf der Basis von Freiwilligkeit beruht.



Eine gängige Meinung ist: Brüssel ist weit weg, die EU abstrakt und das Europäische Parlament damit beschäftigt, die Länge der Gurken zu messen. Kurz: Es herrscht vielerorts die Wahrnehmung der EU als externe, nicht beeinflussbare intervenierende Macht. Wo sehen Sie die Ursachen dafür und wie wäre das zu ändern?

Ach, die Gurken. Das ist eine Richtlinie, die es von EU-Seite gar nicht mehr gibt, an die sich die Lebensmittelindustrie dennoch hält, weil es einfach z. B. in Großküchen so ist, dass eine Gurke, ein Apfel oder eine Orange mit falscher Form und Gewicht automatisiert im Müll landet. Die Richtlinie war also sinnvoll. Nicht für Kleingärtner, aber für die riesige Lebensmittelindustrie, die uns zu einem großen Anteil ernährt. Warum wird also immer wieder auf dieser Gurke herumgeritten? Die Antwort liegt eher in der instrumentellen Darstellung der EU als in ihrem tatsächlichen Wesen. Ein geradezu höhnisches Beispiel wurde vor der letzten Wahl zum Europäischen Parlament durch die Bundesregierung plakatiert. Da war die krumme Gurke in Bahnhöfen und öffentlichen Plätzen zu sehen und unter ihr stand „Nobody is perfect – Gehen Sie zur Europawahl!“. Das ist, als würden wir mit einem Poster von Müllbergen und dem Spruch „Deutschland ist nicht perfekt, wählen Sie den Bundestag!“ werben. Auf diese Schnapsidee käme niemand.

Was bei der EU viel zu wenig passiert, ist, dass politische Inhalte durch Parteien plakatiert werden. Es stimmt schlichtweg nicht, dass es irgendwo eine etwas verrückte, aber doch irgendwie gute EU gibt. Es geht darum, welche Lösungen wählbare Parteien für drängende Probleme wie Klimawandel, Sicherheit oder die immer noch in vielen Staaten grassierende

Jugendarbeitslosigkeit anbieten. Das gehört auf die Wahlplakate, auch und vor allem bei der Europawahl, weil es diese Probleme sind, für die wir gemeinsame, EU-weite Lösungen brauchen. Bürgerinnen und Bürgern diese Angebote offenzulegen, wäre aber vor allem für staatliche Parteien und Entscheidungsträger ein Risiko: Sie wären ab diesem Zeitpunkt auch voll mit verantwortlich. Dass sie das eigentlich ohnehin schon sind, dass wir keine gemeinsame EU-Asyl- oder Einwanderungspolitik haben, liegt nicht an mangelnden EU-Vorschlägen, sondern daran, dass sich die Minister seit zwanzig Jahren nicht einigen. Zu sagen, dass die EU und nicht man selber an diesen Problemen scheitert, ist aber erheblich gewinnbringender im nationalen Kontext. Alle sind bei wichtigen Entscheidungen „die EU“, nicht irgendwer irgendwo. Das offenzulegen und auch umgekehrt der Forderung von Bürgerinnen und Bürgern nachzugehen, Positionen zu beziehen und anzubieten, fehlt der EU.

Ein schönes Beispiel ist die oft mokierte Unzufriedenheit mit dem Personal der Kommission. Wie wäre das zu ändern? Ganz klar: Die Regierungen in den Hauptstädten müssten offenlegen, wie sie die Kandidatinnen und Kandidaten bestimmen. Die Vorschläge gehören somit in den Bundestagswahlkampf, weil wir dort wählen, wer entscheiden wird. Dann wäre aber auch bei jeder Kommissionskritik die Bundesregierung – und in Deutschland vor allem das Kanzleramt – mit in der Verantwortung. Daher ist es vielen ganz lieb, dass „die EU“ so weit weg ist. Ein echtes Interesse daran, dass viel mehr der EU vor Ort, wo auch heftig mitentschieden wird, diskutiert wird, sollten vor allem die Menschen haben, die von Entscheidungen betroffen sind, nämlich wir alle.





Der Name Europa kommt aus dem Altgriechischen und bedeutet sinngemäß „die Frau mit der weiten Sicht“. Doch was liegt ihrer Meinung nach in der Zukunft? Sind Banken-, Flüchtlings- und Radikalisierungskrisen überwunden und was bedeutet der bevorstehende Brexit?

Der Brexit ist für die EU verkräftbar, wenn die verbleibenden 27 Staaten weiter so eng zusammenstehen. Ja, es werden Arbeitsplätze verloren gehen, z. B. in der deutschen Automobilindustrie. Aber den Binnenmarkt aufzugeben, wäre viel schlimmer. Und das würde aller Wahrscheinlichkeit nach passieren, wenn man einem Staat zugesteht, sich frei auszusuchen, wann er sich an Regeln hält und andere ignoriert. Wenn, wie es momentan immer wahrscheinlicher wird, Großbritannien ohne eine Übereinkunft rechtlich automatisch am 30. März 2019 nicht mehr EU-Mitglied ist, wird es jedoch für das Vereinigte Königreich eine Katastrophe. Dann sind von einem auf den anderen Tag alle Regeln und alle Kooperationsmechanismen ausgeschaltet. Es kann dann kein Flugzeug mehr abheben, weil wir eine gemeinsame Flugsicherung haben; wir haben eine gemeinsame Kontrollagentur für Medikamente, die aber dann für Großbritannien nicht mehr prüft; fast alle Produkte von Übersee werden in Rotterdam verladen, weil nur dort die riesige Infrastruktur vorhanden ist, um z. B. die Reinheit von argentinischem Fleisch zu prüfen, was dann aber nicht weiter nach Dover verschifft werden kann und so weiter. Es kursierten unlängst Berichte, dass die Regierung vorsorglich bereits Medikamente und Lebensmittel einlagert, was die Premierministerin nicht öffentlich verneint hat. Die Unternehmen beginnen bereits jetzt wegzulaufen, die Wirtschaft droht ziemlich schnell zusammenzubrechen.

Das Bedrohlichste aber ist, dass wir von einem auf den anderen Tag eine harte Grenze zwischen Nordirland und der Republik Irland hätten. Das sogenannte Good Friday Agreement, das Irland Frieden gebracht hat, hängt maßgeblich davon ab, dass es faktisch keine Grenze gibt. Die EU schlägt vor, Nordirland deshalb in der EU-Zollunion zu belassen. Das hieße aber, das Königreich würde getrennt, weil dann im Meer zwischen Nordirland und dem Rest des Königreichs die „harte“ EU-Außengrenze läge. Das ist für die Regierung inakzeptabel. Dass das ganze Königreich in einer Zollunion bleibt, ist für die Brexit-Befürworter nicht akzeptabel. Daher laviert die Regierung mit Scheinlösungen herum, wie einer „smart border“, wo nur Kameras stehen und die Kontrollen irgendwo anders stattfinden. Das ist an einer EU-Außengrenze nicht möglich. Wie werden so Produktstandards eingehalten oder Außenzölle von Großbritannien und der EU z. B. für kanadische Importe eingezogen? Irland steuert also auf eine EU-Außengrenze mitten durch die Insel zu, so wie Polen, Ungarn, Griechenland und Italien eine EU-Außengrenze haben. Irgendwelche Scheinlösungen wird vor allem eine irische Regierung niemals ratifizieren können, damit ist allein die Idee schon hinfällig, weil alle EU-Staaten zustimmen müssen. Weil sich die britische Regierung in unvereinbaren Forderungen verstrickt hat und im Parlament für wirklich gar keine Lösung eine Mehrheit zu finden ist, wird automatisch die Katastrophe einsetzen. Mit der sehr, sehr großen Gefahr, dass der Konflikt in Irland wieder militant ausbricht. Drehen Sie die Geschichte um und es wird klar: Hätten wir die EU nicht, wir sollten sie erfinden.



Prof. Dr. Eva Heidbreder
Foto: Harald Krieg



Kommissionspräsident Jean Claude Juncker präsentierte zum 60-jährigen Bestehen der EU den Mitgliedsstaaten das Weißbuch zur Zukunft Europas und stieß mit der Definition von fünf Idealtypen eine Grundsatzdebatte zur Zukunft der EU an. Wird diese Debatte geführt?

Die Aufforderung Junckers zur Debatte ist tatsächlich von nur wenigen aufgegriffen worden. Heraus sticht der französische Präsident Macron, der bereits den französischen Wahlkampf mit europapolitischen Themen bestritten hatte. Die Kernaussage war: Ich will als Präsident mehr Kooperation in einem gemeinsam gestalteten Europa und das ist das Gegenteil von dem, was meine Herausforderin Le Pen bietet, die für einen nationalprotektionistischen Kurs und die Abkopplung Frankreichs steht. Vor diesem Hintergrund ist verständlich, dass Macron dieses Versprechen auch gemeinsam mit den EU-Partnern, also den anderen Regierungschefs auf der EU-Ebene, vorantreiben will und für seine Glaubwürdigkeit auch muss. Allerdings haben seine zum Teil sehr weitreichenden Vorschläge nicht zu einer Debatte geführt. Grund dafür ist vor allem, dass die deutsche Regierung sehr lange einfach nicht geantwortet hat und auch immer noch vorrangig die Position vertritt, dass, statt großer Reformen, als Antwort auf die vielen EU-Herausforderer weiter wie bisher in sehr kleinen Schritten und ohne große politisch sichtbare Agenda agiert werden sollte. Ob das Ausweichen vor einer proaktiven EU-Debatte und das Fortschreiben einer Politik, in der die EU vorrangig als technischer Lösungsort für

bestimmte Probleme gilt, nicht aber als ein politisch visionäres Projekt, hinter dem bestimmte Ideen stehen, sinnvoll ist, kann man wohl auch vor dem Hintergrund der Debatte in Deutschland in Frage stellen. Im CDU/CSU-Streit sind europapolitische Fragen, vor allem im Rahmen eines Machtkampfes, mit zum Teil abenteuerlichen Lösungsvorschlägen geführt worden, statt, wie Juncker anstoßen wollte, als Wettbewerb von Zukunftsmodellen. Zu diesem Gesprächsangebot kommt bisher noch immer kein echter Beitrag von keiner deutschen Partei und keiner prominenten politischen Persönlichkeit.

Sie leiten an der Universität den Studiengang „European Studies“. Welche Bedeutung hat für Sie die Ausbildung eines „europagebildeten Nachwuchses“? Was kann Forschung in der Politikwissenschaft für die Gesellschaft leisten?

Die Europäische Union ist nicht irgendwo, sie ist inzwischen ganz normaler Alltag und allgegenwärtiger Teil unseres Lebens. Es gibt kein deutsches und davon getrennt europäisches Recht, es gibt keine rein deutsche und davon losgelöste europäische Politik, genau wie selbst kleine und mittelständische Unternehmen nicht rein nach regionalen Regeln und für Märkte im ganz engen Umfeld produzieren. Deshalb ist Wissen über die EU auch überall notwendig und nachgefragt: in unseren Kommunen, Regierungen und Verwaltungen, in Verbänden und Nichtregierungsorganisationen sowie in Unternehmen. Wem wichtig ist, was mit unseren



i

Prof. Dr. Eva Heidbreder
Fakultät für Humanwissenschaften
Bereich Politikwissenschaften
eva.heidbreder@ovgu.de
www.ipw.ovgu.de

elektronischen Daten passiert, welche Zusatzstoffe in unsere Lebensmittel gelangen dürfen, welche Regeln im Grenzschutz gelten sollen, ob sich multinationale Großkonzerne an Regeln halten müssen und so weiter, sollte auf keinen Fall versäumen, sich schlau zu machen, was die verschiedenen Parteien hierzu europapolitisch anbieten. Noch besser wäre es natürlich, wenn viel mehr Wähler und Wählerinnen den Parteien auf die Füße treten würden, dass diese auch ein attraktives politisches Angebot machen, daran hapert es leider häufig. Dazu muss man ein wenig wissen, wie die EU funktioniert. Auf jeden Fall sind 2019 Wahlen zum Europäischen Parlament und die direkt gewählten Parlamentarier stimmen gleichberechtigt mit den Regierungen über all diese Themen ab. Und wer, außer der EU kann z. B. Google für die Verzerrung des Wettbewerbs eine Milliardenstrafe aufdrücken, wie im Juli dieses Jahres passiert? Genau, wie kein EU-Staat solche Strafen je allein verhängen könnte, kann keiner allein wirksam auf die Klimaveränderungen und globale Fluchtbewegungen antworten. Wer noch immer glaubt, im Parlament wird über Gurken geredet, verpasst eine besondere Chance, unsere Zukunft und unser Leben auch außerhalb des engen staatlichen Handlungsrahmens mitzubestimmen. Wie wir diese Herausforderungen gestalten, was die richtigen Lösungen wären, darüber sollten wir uns streiten und die EU bietet hierfür die Möglichkeit, wenn man weiß, worum es geht!

Frau Professorin Heidbreder, vielen Dank für das Gespräch!







'Wenn dem Gehirn ein Licht aufgeht



START-UP MÖCHTE VERLORENGEGANGENE
SINNESWAHRNEHMUNGEN ZURÜCKGEBEN

FRIEDERIKE STEEMANN



Der Wunsch, dafür zu sorgen, dass gehörlose Menschen wieder den Gesang der Vögel genießen oder Blinde ihren Angehörigen in die Augen schauen können, ist jahrhundertealt. Auch ein Magdeburger Forscherteam hat diese Vision und möchte künftig mit einem Start-up dem Ziel, Menschen verlorengegangene Sinneswahrnehmungen zurückzugeben, ein großes Stück näherkommen.

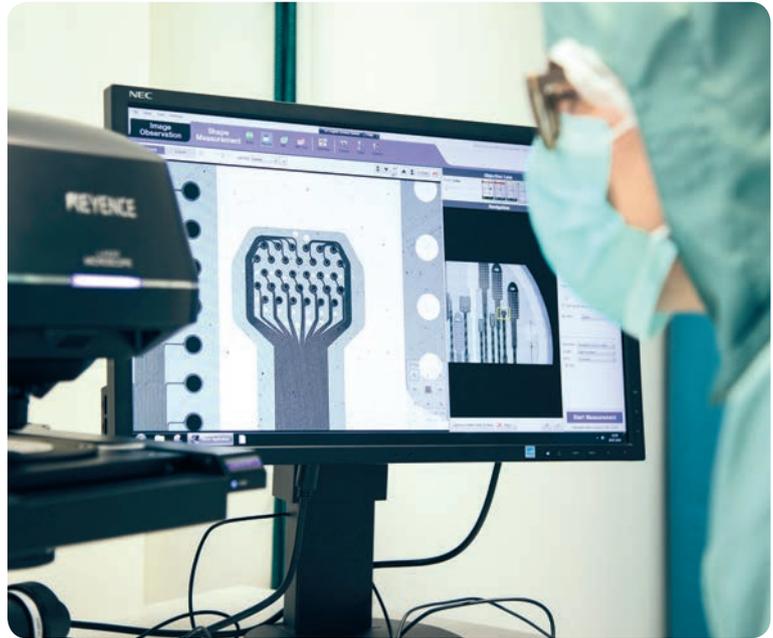


Dipl.-Ing. Martin Deckert
Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg
Fakultät für Elektrotechnik und
Informationstechnik
Lehrstuhl Mikrosystemtechnik
(Prof. Dr. Schmidt)

Prof. Dr. Armin Dadgar
Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg
Fakultät für Naturwissenschaften
Institut für Physik
Lehrstuhl Halbleitertechnik
(Prof. Dr. Strittmatter)

Dr. Michael Lippert
Leibniz-Institut für Neurobiologie
(LIN)/ Center for Behavioral Brain
Sciences (CBBS)
Arbeitsgruppenleiter Neuro-Optics
Abteilung Systemphysiologie des
Lernens (Prof. Dr. Ohl)

neuraLIDE
neuralide@ovgu.de



*Nahaufnahme eines passiven Mikroelektrodenarrays zur epikortikalen Ableitung von der Großhirnrinde
Foto: Harald Krieg*

Dr. Michael Lippert, Martin Deckert und Prof. Dr. Armin Dadgar – die potenziellen Gründer von **neuraLIDE** – hatten eine Idee: Der Neurowissenschaftler, der Ingenieur und der Physiker wollen mit Hilfe von Licht Informationen direkt in unser Gehirn transportieren. Ein eher ungewöhnlicher Plan, erörtert Dr. Michael Lippert. „Denn, wir können aus der Gehirnaktivität bereits gut Informationen herauslesen, haben gelernt, die Signale aus dem Gehirn zu interpretieren. Aber der umgekehrte Weg, also unserem Gehirn gezielt Informationen über seine Umgebung zuzuführen, das ist bisher schwierig.“ Die Lösung des Problems liegt für das interdisziplinäre Team im Licht: Ein Implantat, CortiGrid genannt, wird mit mikroskopisch kleinen, blauen Leuchtdioden (LED) ausgestattet, die genau den Bereich im Gehirn beleuchten und so optisch stimulieren sollen, der für unser Hören verantwortlich ist.



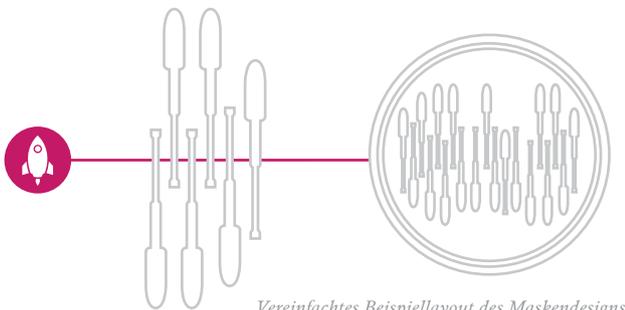
*Das neuraLIDE-Team v.l.n.r.: Dipl.-Ing. M.Sc. Martin Deckert,
Prof. Dr. Armin Dadgar und Dr. Michael Lippert
Foto: Harald Krieg*



Unkompliziert auf die oberste Schicht des Gehirns, unserer Großhirnrinde, aufgelegt, könnte dieses Licht gezielt Signale setzen und so Informationen über die Hörumgebung direkt in das Gehirn gehörloser Menschen übertragen. Der verlorene Sinn wird so teilweise ersetzt. Perspektivisch kann dieses Funktionsprinzip auch bei anderen Krankheiten wie Blindheit und Querschnittslähmung Anwendung finden.

„In unserem Gehirn sind die Neuronen, also die Nervenzellen, je nach Bereich für verschiedene Funktionen verantwortlich: Das Sehen, Fühlen und Hören oder die Motorik werden in unterschiedlichen Arealen kontrolliert. Dies erlaubt eine grobe Ausrichtung der Stimulation. Um aber zielgenau nur die richtigen Neuronen für die Sinneswahrnehmung anzuregen, benötigen wir eine neuartige Form der Lichtstimulation“, erklärt Dr. Michael Lippert.

Bei dieser neuartigen Methode handelt es sich um die Optogenetik; bei ihr werden Zellen genetisch modifiziert und damit lichtempfindlich gemacht.



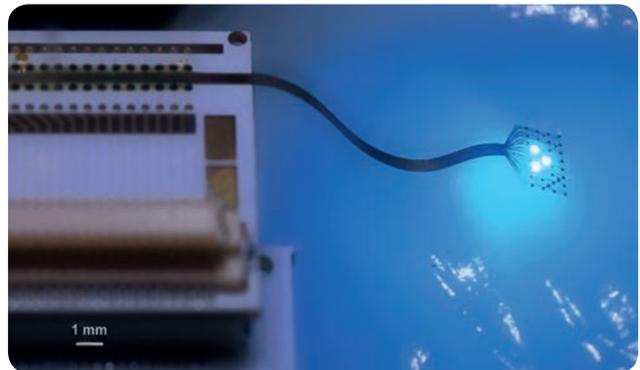
Vereinfachtes Beispiellayout des Maskendesigns zur mikrotechnologischen Arrayherstellung

Derzeit forscht die Arbeitsgruppe Neuro-Optics am Magdeburger Leibniz-Institut für Neurobiologie LIN unter der Leitung von Dr. Michael Lippert an Wüstenrennmäusen und stimuliert mit dem CortiGrid der ersten Generation deren Hörvermögen. Das stecknadelkopfgroße Implantat hat bei den Nagetieren schon den Nachweis des gewünschten Stimulationseffekts gezeigt. Mit einem blau-lichtempfindlichen Protein, das die Tiere durch eine genetische Änderung im Gehirn selber ausbilden können, und blauen μ LEDs, welche in ein Mikroelektrodenarray integriert sind, werden die betreffenden Hirnregionen stimuliert.

Prof. Armin Dadgar entwickelt für die Implantate kleinste LEDs, die für die nötige Leuchtkraft im Gehirn sorgen sollen. „Diese LEDs werden speziell und individuell auf die jeweiligen Bedürfnisse der Patienten angepasst und so können wir präzise eine bestimmte Stelle stimulieren“, erklärt der Physiker. Der Ingenieur des Teams, Martin Deckert, ergänzt: „Es ist ein großer Vorteil für uns, die technischen Voraussetzungen und Möglichkeiten hier an der Universität Tür an Tür vor Ort zu haben, um einen derartigen interdisziplinären Ansatz verfolgen zu können.“

Mikroelektrodenarray im Package mit Leiterplatte und Stecker zum elektrischen Anschluss
Foto: Harald Krieg

Mikroelektrodenarray mit integrierten μ LEDs (CortiGrid/Optrode) auf einem künstlichen Gehirnphantom
Foto: neuralIDE



Obwohl das Team enorm vom Zusammenspiel der Disziplinen profitiert, mussten die Wissenschaftler aus den unterschiedlichen Fächern lernen, verständlich miteinander zu kommunizieren. „Es war eine kleine Herausforderung, eine gemeinsame Sprache zu finden, wenn man aus so verschiedenen Forschungsbereichen kommt“, sagt Martin Deckert. „Nach anfänglichen Hürden, liegt in der Kommunikation heute eine unserer Stärken.“

Das Ziel der drei ist es, CortiGrid soweit zu entwickeln, dass das Implantat in naher Zukunft in der Praxis eingesetzt werden kann. Dabei sind sie auf einem guten Weg: Sie gewannen Ende 2017 als innovativstes Vorhaben der Grundlagenforschung bereits einen ersten Platz beim Hugo-Junkers-Preis für Forschung und Innovation aus Sachsen-Anhalt. Als Start-up neuralIDE möchten sie künftig ihr Forschungsprojekt zur Marktreife führen.





'Der dritte Arm des Radiologen



EIN JUNGES START-UP ENTWICKELT
MRT-KOMPATIBLE ASSISTENZSYSTEME

FRIEDERIKE STEEMANN

*Erste Tests der Einweg-Nadelhalterung
FLEXLINE in klinischer Umgebung.
Foto: Chris Rößler*



Wer schon einmal in der Röhre eines Magnetresonanztomographen (MRT) lag, weiß: Viel Platz gibt es dort nicht. Es ist eng und noch viel weniger Platz bleibt, wenn während eines Eingriffs unter MRT-Bildgebung neben dem Patienten noch ein Radiologe mit in die Röhre muss. Ein „dritter“ Arm soll es künftig dem behandelnden Mediziner unter den beengten Bedingungen leichter machen, beispielsweise Gewebeentnahmen, sogenannte Biopsien, im Magnetresonanztomographen durchzuführen.



*Arbeiten auf engem Raum in der MRT-Röhre mit Unterstützung des FLEXIST Haltearms.
Foto: Chris Rößler*

FLEXIST heißt die Lösung, die die beiden Uni-Absolventen Juan Sebastián Sánchez López und Sinja Lagotzki dafür gefunden haben: ein mechanischer, MRT-kompatibler Haltearm, der dem menschlichen Arm nachempfunden wurde und künftig medizinische Interventionen schneller und präziser machen soll. Durch einen Aufsatz am Ende, quasi den Fingern, kann die Konstruktion dem Arzt oder der Ärztin verschiedene Instrumente abnehmen und an festgelegten Positionen halten. Haltearme, die den Radiologen die Arbeit erleichtern, sind an sich keine neue Idee. Sie werden bereits bei minimalinvasiven Eingriffen in Computertomographen CT eingesetzt. Die Anwendung in einem MRT ist indes neu und verlangt auch nach neuen Lösungen. Der Grund: Bisherige Haltearme enthalten Metalle und sind somit für die Verwendung im MRT nicht geeignet. FLEXIST besteht aus Kunststoff und funktioniert ausschließlich mechanisch. „Darum ist die Konstruktion auch universell verwendbar“, sagt Sinja Lagotzki. „Denn Werkzeuge, die im MRT genutzt werden können, sind auch kompatibel zu anderen Anwendungsbereichen, wie der Schmerztherapie, Radiofrequenzablation oder Drainagen.“ Ein weiterer Pluspunkt des Haltearms sei zudem der günstigere Preis im Vergleich zu robotergesteuerten Systemen.



Sinja Lagotzki
Medical Systems Engineering, MSc.
sinja.lagotzki@st.ovgu.de

Juan Sebastián Sánchez López
Medical Systems Engineering, MSc.
juan1.sanchez@ovgu.de



*Das In-Line-Team: Juan Sebastián Sánchez López und Sinja Lagotzki
Foto: Harald Krieg*



Der in Magdeburg entwickelte „dritte Arm für den Radiologen“ ist laut seiner Erfinder der erste im Land Sachsen-Anhalt eingesetzte. „Im MRT gibt es bisher kaum Assistenzsysteme und das wollten wir ändern“, beschreibt Sinja Lagotzki ihre Geschäftsidee. „Dafür haben wir intensiv u. a. mit dem Universitätsklinikum Magdeburg zusammengearbeitet. Wir waren bei Operationen dabei, um eventuelle Probleme analysieren zu können und stellten im Gegenzug den Radiologen unsere Verbesserungsvorschläge vor“, erzählt sie weiter.

Das junge Gründerteam lernte sich während des Masterstudiums Medical Systems Engineering an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg kennen. Aus kleinen gemeinsamen Projekten folgt nun ihre größte Zusammenarbeit: Das eigene Start-up In-Line.

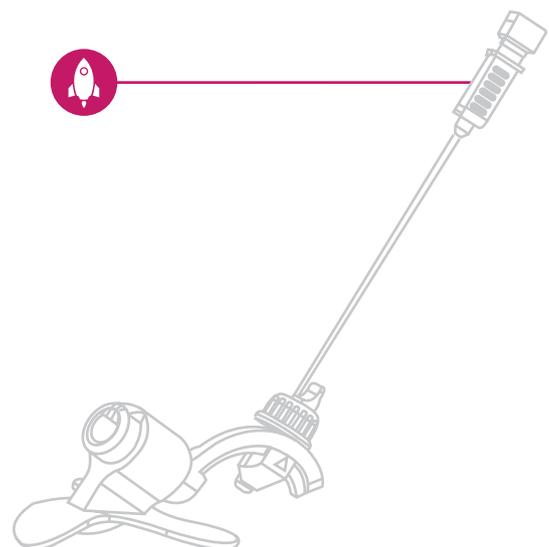
Sinja Lagotzki, die ursprünglich aus Kiel stammt, arbeitete bereits während ihres Bachelorstudiums der Elektrotechnik- und Informationstechnik an der Uni in einer Firma für Medizintechnik und dem Magdeburger Universitätsklinikum. Juan Sebastián Sánchez López absolvierte in seiner Heimat Kolumbien den Bachelor Maschinenbau und arbeitete bereits während des Studiums in der Produktentwicklung. 2015 kam er für den Master nach Magdeburg. Die Idee des mechanischen Haltearms beschäftigte ihn schon in seiner Masterarbeit. Darin analysierte er die Probleme, die sich bei einer Prostatabiopsie im MRT für den Radiologen bzw. auch für den Patienten ergeben. Haupthindernis bei diesen Gewebentnahmen ist die mangelnde Bewegungsfreiheit. Die behindert eine präzise Ausrichtung und Fixierung der Biopsienadel. Nach einer Analyse fand Juan Sebastián Sánchez López die Lösung: einen dritten Arm für den Radiologen. Jeder Eintrittswinkel wäre mit der Biopsienadel möglich und auch, die Nadel in beliebiger Position zu halten. Neben diesem Konstrukt entwickelte das Team auch eine im MRT-kompatible Einweg-Nadelhalterung, die FLEXLINE, die direkt auf die Haut des Patienten geklebt wird und die Position der Nadel in beliebigen Winkeln halten kann. Das Ergebnis: Der Radiologe hat beide Hände frei.

Im August 2017 beendete Juan Sebastián Sánchez López sein Studium an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Sinja Lagotzki schloss ihr Studium im Frühsommer 2018 ab. Die Vorbereitungen für die kommende Gründung ihres Start-ups begannen. Mit dem EXIST-Gründerstipendium sind sie nun auf der Erfolgspur. Auch dank der Unterstützung vom Transfer- und Gründerzentrum TUGZ der Universität Magdeburg und dem Leiter des Instituts für Intelligente Katheter (INKA) der Universität, Prof. Dr. Michael Friebe. Sinja Lagotzki und Juan Sebastián Sánchez López werden ihre Vision weiterverfolgen, die Einsatzmöglichkeiten eines MRT auch über die Diagnostik hinaus zu denken und ihn für weitere medizinische Eingriffe nutzbar zu machen.

Innerhalb ihres kleinen Teams finden die jungen Gründer neue Ideen gemeinsam. Und in Sachen Vorlieben und Fähigkeiten ergänzen sie sich: So ist Juan Sebastián Sánchez López vor allem für das Management und das Produktdesign zuständig, während Sinja Lagotzki die Logistik und den Kundenkontakt übernimmt. Auf den Schultern der beiden jungen Gründer liegt dennoch viel Verantwortung. Das macht ihnen aber keine Angst. Vielmehr schätzen sie die Vorteile des selbstbestimmten Arbeitens. „Mir meine Arbeitszeit frei einteilen zu können und morgens selbst zu entscheiden, an welchen Aufgaben ich heute arbeiten möchte, ist großer Luxus“, sagt Sinja Lagotzki. „Vermutlich arbeiten wir in Summe mehr, als unsere Freunde, die feste Arbeitszeiten haben. Aber das ist mir die Freiheit wert.“



*Einstellung des gewünschten Eintrittswinkels der Biopsienadel mithilfe der Nadelhalterung FLEXLINE.
Foto: Chris Rößler*





GUERICKE '18

forschen + vernetzen + anwenden
Das Forschungsjournal der
Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg

Herausgeber

Bereich Medien, Kommunikation und
Marketing im Auftrag des Rektors

Konzeption/Redaktion

Katharina Vorwerk (V.i.S.d.P.)

Gast- und Mitautoren dieser Ausgabe

Ina Götze, Kathrein Graubaum,
Julia Heundorf, Marko Jeschor,
Heike Kampe, Ines Perl,
Uwe Seidenfaden, Friederike
Steemann, Katharina Vorwerk

Erscheinungsweise

jährlich

Layout / Gestaltung

GRAffisch
Kollektiv für Konzeption und Gestaltung
Susanne Rehfeld + Sven Laubig
www.graf-fisch.de

Redaktionsadresse

Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg
Abteilung Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
Tel.: 0391 67-58751
E-Mail: pressteam@ovgu.de

© Copyright by

Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg

Alle Rechte vorbehalten. Namentlich
gekennzeichnete Artikel müssen nicht
mit den Auffassungen des Herausgebers
übereinstimmen. Für den Inhalt sind
die Unterzeichner verantwortlich. Die
Redaktion behält sich die sinnwahrende
Kürzung eingereicherter Artikel vor.

Druck

Druckhaus Panzig
Greifswald
www.druckhaus-panzig.de

Auflage

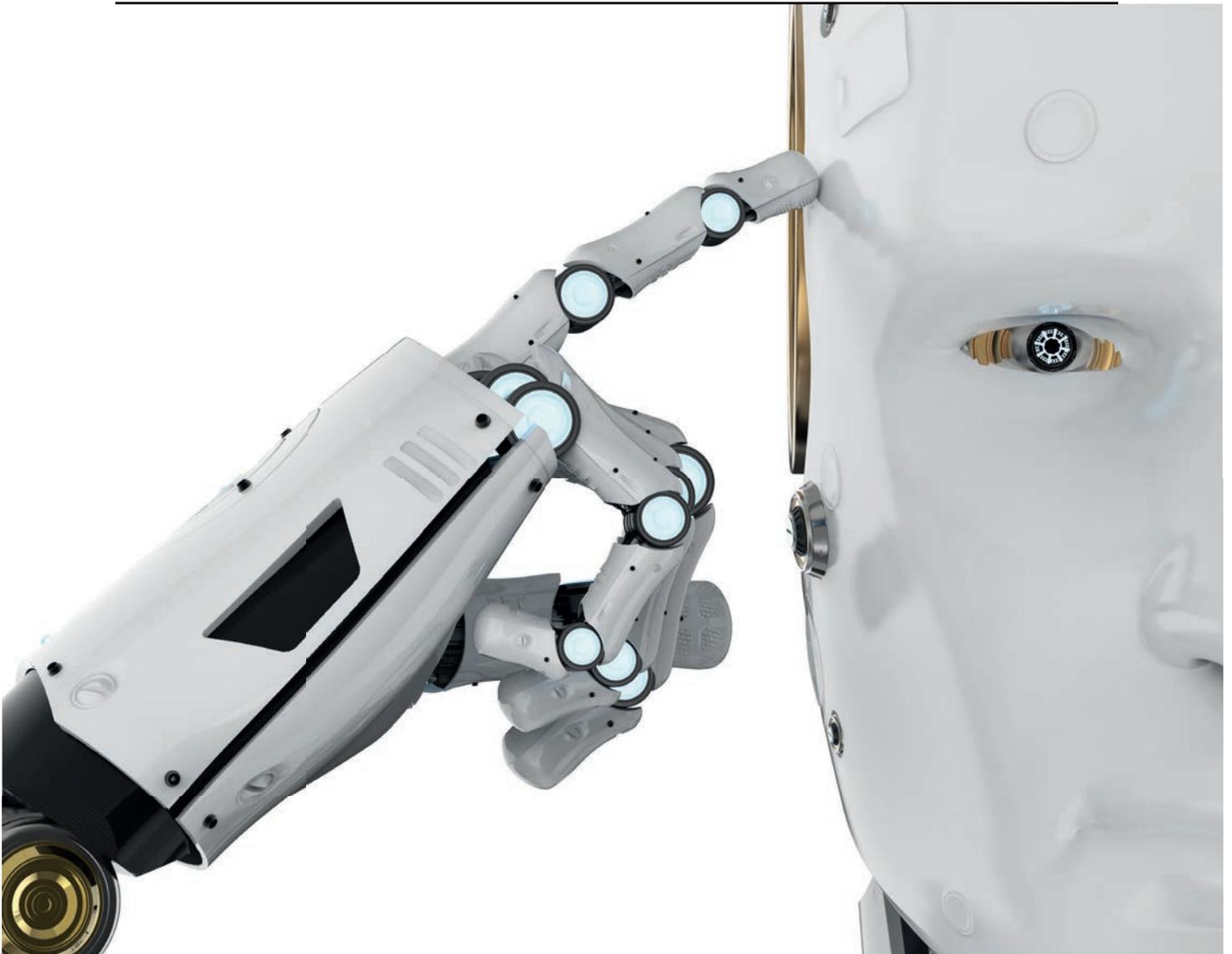
1.500
Nachdruck gegen Belegexemplare bei
Quellen- und Autorenangabe und nach
Rücksprache frei.



PROF. DR.-ING. SANAZ MOSTAGHIM

INFORMATIKERIN AN DER OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT MAGDEBURG

»ROBOTER SIND EGOISTEN.«



TAUCHEN SIE EIN IN DIE FASZINIERENDE WELT DER WISSENSCHAFT

WWW.OVGU.DE/GUERICKEmag



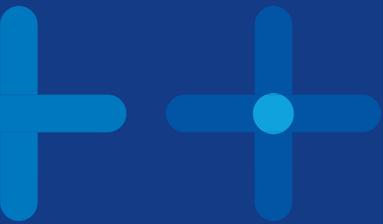
19

93



20

18



WEITERE INFORMATIONEN UNTER:

www.ovgu.de/guericke2018