

# munDO



## Für das Wissen

Zum 100. Geburtstag der Deutschen Forschungsgemeinschaft

### Eine Frage der Moral

Prof. Christian Neuhäuser erklärt, ob Unternehmen dazu verpflichtet sein sollten, sich für Menschenrechte einzusetzen.

Seite 12

### Exzellente Lösungen

JProf. Müge Kasanmascheff erforscht mit innovativen Methoden, wie man Proteine in lebenden Zellen untersuchen kann.

Seite 18

### Gegen den Datenstau

Prof. Peter Krummrich hat ein Verfahren entwickelt, das das Internet auf energieeffiziente Weise schneller machen könnte.

Seite 34

Liebe Leserin, lieber Leser,

die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) ist ein wichtiger Pfeiler für die Wissenschaftsfreiheit in Deutschland: Als zentrale Selbstverwaltungseinrichtung der deutschen Wissenschaft finanziert sie Forschungsvorhaben, die rein aus den Bedarfen der Wissenschaft selbst entstehen. In diesem Jahr feiert sie ihren 100. Geburtstag. Für uns ein Grund zu zeigen, welche Forschung die DFG an der TU Dortmund fördert. In diesem Heft präsentieren wir Forschungsprojekte von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die ohne eine Förderung der DFG nicht in dieser Art und Weise zustande gekommen wären.

Im Rahmen des größten von der DFG geförderten Programms forscht JProf. Müge Kasanmascheff als Early Career Researcher bei RESOLV, dem gemeinsamen Exzellenzcluster der TU Dortmund und der Ruhr-Universität Bochum. Sie untersucht die Funktion von Proteinen in lebenden Zellen und kombiniert dafür Methoden aus der Biochemie und Biophysik. Prof. Roland Fried hat im interdisziplinären Sonderforschungsbereich (SFB) 823 ebenfalls eng mit Bochumer Forscherinnen und Forschern zusammengearbeitet, um herauszufinden, mit welchen statistischen Methoden sich extreme Wetterereignisse besser vorher-sagen lassen.

Interdisziplinarität bestimmt auch das DFG-Projekt „FADE“ von Prof. Gabriele Kern-Isberner: Dort haben sich die Forscherinnen und Forscher aus den Fachbereichen Informatik und Kognitive Psychologie der TU Dortmund, der FernUniversität in Hagen und der Universität Freiburg zusammengeschlossen, um heraus-zufinden, wie ein Computer lernen kann, unwichtige Daten zu „vergessen“.

Deutlich größere räumliche Distanzen überwindet der SFB/TRR 160: Kooperationspartner im ersten deutsch-russischen Transregio der DFG sind die St. Petersburg State University und das Ioffe-Institut in St. Petersburg. Im Transregio erforscht PD Dr. Alex Greulich die Wechselwirkungen von Elektronen-Spins in Halbleiterkristallen, um herausfinden, welche Materialien gut dafür geeignet sind, Quanteninformationen zu übertragen. Mit

seiner Grundlagenforschung könnte der Physiker Bausteine für die Entwicklung leistungsstarker Quantencomputer liefern.

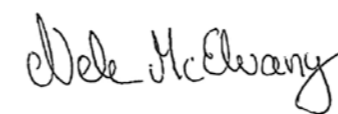
Technische Innovationen ermöglicht die DFG auch mit der Förderung der Forschung von Prof. Peter Krummrich und Prof. Frank Walther: Prof. Krummrich hat untersucht, wie sich die Übertragungskapazität von Glasfaserkabeln steigern lässt. Dadurch könnte das Internet in Deutschland auf nachhaltige Art und Weise schneller werden. Prof. Walther und sein Team der Werkstoffprüftechnik forschen an innovativen Materialien. Erst diese machen die Herstellung vieler Hochleistungspro- dukte möglich.

Die DFG dient, wie sie selbst betont, der Wissenschaft in allen ihren Zweigen. So fördert sie auch an der TU Dortmund nicht nur technische oder naturwissenschaftliche Forschung: Prof. Susanne Prediger untersucht im Projekt MESUT 2, wie eine spe-zielle Sprachförderung im Mathematikunterricht gelingen kann. Zu der Frage, welche Gerechtigkeitspflichten große, internati-onale Unternehmen haben, forscht Prof. Christian Neuhäuser vom Institut für Philosophie und Politikwissenschaft.

Eigene Stelle, Projektförderungen und Heisenberg-Professur: Bei der Soziologin Prof. Maximiliane Wilkesmann zieht sich die Unterstützung der DFG durch einen großen Teil ihrer wissen-schaftlichen Karriere. Sie beschäftigt sich unter anderem mit den Themen Wissenstransfer in Krankenhäusern, Solo-Selbst-ständigkeit sowie Konkurrenzbeziehungen zwischen Beschäf-tigten und Künstlicher Intelligenz.

Diese Auswahl zeigt nur einen kleinen Ausschnitt der von der DFG geförderten Projekte an der TU Dortmund. Daher finden Sie in dieser Ausgabe sechs Sonderseiten, in der wir die Orga-nisation vorstellen und ihre zahlreichen Verbindungen zur TU Dortmund zeigen – die DFG gehört nämlich zu den wichtigsten Förderern der Forschung an unserer Universität.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre!



Prof. Nele McElvany, Prorektorin Forschung

Dortmund, Oktober 2020



# DFG 2020 FÜR DAS WISSEN ENTSCHEIDEN

## In dieser Ausgabe

### Titelthema: DFG 2020 – Für das Wissen entscheiden

#### DFG-Spezial

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützt die Forschung der TU Dortmund auf vielfältige Art und Weise. Ein Überblick auf sechs Sonderseiten.

Seite 6

#### Eine Frage der Moral

Große Unternehmen sind dazu verpflichtet, die Gesetze des Landes zu achten, in denen sie produzieren. Müssen sie sich darüber hinaus aktiv für eine Verbesserung der Menschenrechtslage dort einsetzen? Zu diesem Thema forscht Prof. Christian Neuhäuser vom Institut für Philosophie und Politikwissenschaft.

Seite 12

#### Exzellente Lösungen

Im Exzellenzcluster RESOLV erforscht Juniorprofessorin Müge Kasanmascheff, wie man Proteine in lebenden Zellen untersuchen kann.

Seite 18

#### Flutwellen: von unberechenbar zu berechenbar

Immer wieder kommt es an deutschen Flüssen zu Hochwassern und Überflutungen. Trotz intensiver Forschung überraschen sie uns in ihrer Intensität und Wirkung. Prof. Roland Fried hat erforscht, mit welchen statistischen Methoden sich extreme Ereignisse besser vorhersagen lassen.

Seite 24

#### Im Mathematikunterricht zählt auch die Sprache

Mathematik hat nicht nur mit Zahlen zu tun: Ohne Sprache geht auch beim Rechnen nichts. Prof. Susanne Prediger erklärt im Interview, was das für die Gestaltung des Mathematikunterrichts und die Mathematikdidaktik als Forschungsdisziplin bedeutet.

Seite 30

#### Kein Stau auf der Datenautobahn

Prof. Peter Krummrich untersucht, wie sich die Übertragungskapazität des Internets mit Hilfe neuer Verfahren erhöhen lässt.

Seite 34

#### Ein roter Forschungsfaden

Vom Wissenstransfer in Krankenhäusern über Solo-Selbstständigkeit bis hin zu Konkurrenzbeziehungen zwischen Beschäftigten und Künstlicher Intelligenz – bei der Arbeits- und Organisationssoziologin Prof. Maximiliane Wilkesmann hat sich häufig ein Forschungsprojekt aus dem anderen ergeben.

Seite 40

#### Werkstoffe der Zukunft

Prof. Frank Walther und seine Teams von der Werkstoffprüftechnik an der Fakultät Maschinenbau forschen an innovativen Materialien. Erst diese machen die Herstellung vieler Hochleistungsprodukte möglich.

Seite 46

#### Vergiss es, Computer!

Die steigende Datenflut macht die Suche nach digitalen Informationen immer aufwändiger. Muss wirklich alles für immer gespeichert werden und jederzeit abrufbar sein? Nein, sagt Prof. Gabriele Kern-Isberner: Sie arbeitet daran, Computern das Vergessen beizubringen.

Seite 52

#### Großer Lauschangriff auf kleinste Teilchen

Privatdozent Dr. Alex Greulich von der Fakultät Physik taucht Elektronen in Bäder und analysiert das Rauschen ihrer Spins.

Seite 56



#### Impressum

mundo – das Forschungsmagazin der Technischen Universität Dortmund

Herausgeber: TU Dortmund, Referat Hochschulkommunikation, 44221 Dortmund

Chefredaktion: Adriane Palka

Kontakt zur Redaktion: Tel. 0231/755-6473, Mail: redaktion.mundo@tu-dortmund.de

V.i.S.d.P.: Eva Prost, Tel. 0231/755-2535, Mail: eva.prost@tu-dortmund.de

Redaktionelle Mitarbeit: Elena Bernard, Lisa Burgardt, Leonie Krzistetzko, Katrin Pinetzi, Susanne Riese, Martin Rothenberg, Christiane Spänhoff, Anna Senske

Layout und Bildredaktion: Gabriele Scholz

Wissenschaftlicher Beirat: Prof. Michael Henke, Prof. Nele McElvany, Prof. Henrik Müller, Prof. Christiane Pott, Prof. Daniel Rauh, Prof. Gabriele Sadowski, Prof. Matthias Schneider, Prof. Petra Wiederkehr

Druck: LUC GmbH

Erscheinungsweise: zweimal jährlich



### mundorama

#### Gründungen aus der Wissenschaft

Der letzte Schliff

Seite 63

#### Wissenschaft für Kinder – minimundo

Ist da draußen jemand?

Seite 64

#### Campus und Köpfe

Neue Professorinnen und Professoren

Seite 66

#### Ehrungen und Preise

Seite 70



# Die DFG im Steckbrief

## Was ist die DFG?

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft ist die zentrale Selbstverwaltungsorganisation der Wissenschaft in Deutschland. Sie fördert Forschungsprojekte aller wissenschaftlichen Zweige an Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen.

## Wie ist die DFG aufgebaut?

Organisiert ist die DFG als privatrechtlicher Verein. Ihre Mitglieder sind forschungsintensive Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, wissenschaftliche Verbände sowie die Akademien der Wissenschaften. Auch die TU Dortmund ist Mitglied der DFG.

## Welche Projekte fördert die DFG?

Die Kernaufgabe der DFG besteht in der Finanzierung von Forschungsvorhaben an Hochschulen und Forschungsinstituten. Welche Projekte gefördert werden, entscheiden ehrenamtliche Gutachterinnen und Gutachter, die Mitglieder der Fachkollegien sowie die Bewilligungsgremien nach ausschließlich wissenschaftlichen Kriterien. Mit der Förderung zeichnet die DFG die besten Forscherinnen und Forscher aus und gibt ihnen die notwendigen Mittel und Freiräume für eine erfolgreiche Forschung, zum Beispiel in Sonderforschungsbereichen (s.u.).



## Welche weiteren Ziele verfolgt die DFG?

Die DFG fördert außerdem junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Forschung sowie die internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit. Nicht zuletzt berät die DFG auch Parlamente, Regierungen und öffentliche Einrichtungen in wissenschaftlichen Fragen.

## Wie finanziert sich die DFG?

Der DFG stehen jährlich derzeit 3,4 Milliarden Euro zur Verfügung, die sie überwiegend von Bund (69 Prozent) und Ländern (30 Prozent), aber auch aus EU-Mitteln und privaten Zuwendungen erhält.

## In welchem Umfang finanziert die DFG Forschungsprojekte an der TU Dortmund?

2019 hat die DFG die Forschung der TU Dortmund mit insgesamt 28,2 Millionen Euro unterstützt. Somit macht die finanzielle Förderung der DFG 39 Prozent der Forschungsdrittmittel der TU Dortmund aus.

## Was hat es mit der Kampagne „Für das Wissen entscheiden“ auf sich?

Vor hundert Jahren begann die Geschichte der DFG mit der Gründung der Vorgängerorganisation „Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft“. Mit der Kampagne will die DFG im Jubiläumsjahr ihre Überzeugung für eine freie und erkenntnisgeleitete Forschung in die Gesellschaft tragen.

# DFG-Förderung der TU Dortmund in Zahlen



245

Einzelprojekte förderte die DFG an der TU Dortmund im Jahr 2019.

4



Sonderforschungsbereiche und Transregios mit Sprecherfunktion gibt es an der TU Dortmund



29,5 Millionen

Euro erhielt die TU Dortmund im Jahr 2019 – das macht 39 Prozent der gesamten Drittmittel für Forschung der TU Dortmund aus.



Top 10

Seit 1999 hält sich die TU Dortmund im Wissenschaftsbereich Ingenieurwissenschaften in den Top 10 des DFG-Förderrankings.

Top 20%



Die TU Dortmund liegt konstant in der Spitzengruppe der 216 Hochschulen, die die höchsten DFG-Bewilligungsvolumen erhalten.

## Im Zeitstrahl

### Die Sonderforschungsbereiche der TU Dortmund

#### 1980: SFB 11

##### Materialflusssysteme für Stückgüter

Wie versorgt sich ein Unternehmen in der Produktion optimal mit Material und Teilen? Intralogistik ist Forschungsthema des Bereichs für Förder- und Lagerwesen (FLW), der 1972 gegründet wird. Die Arbeit mündet im ersten Sonderforschungsbereich der damaligen Universität Dortmund. Dieser beschäftigt sich ab 1980 mit „Materialflusssystemen für Stückgüter“ und bringt Know-how aus den verschiedenen Fachbereichen der Betriebswirtschaft, Informatik und dem Maschinenbau zusammen.

#### 1985: SFB 316

##### Herstellung, Be- und Verarbeitung sowie Prüfung von metallischen und metall-keramischen Verbundwerkstoffen

Im SFB 316 untersuchen Forscherinnen und Forscher der Fakultät Maschinenbau Verbundwerkstoffe mit metallischer, keramischer und metall-keramischer Matrix. Neben der Grundlagenforschung stehen insbesondere die Herstellung, Weiterbearbeitung sowie der Qualitätsnachweis im Vordergrund. Ziel ist es, diesen Werkstoffen zu einer verstärkten Anwendung in der industriellen Praxis zu verhelfen. Bis heute bauen Forschungsprojekte der Fakultät auf den Ergebnissen des SFB 316 auf.

#### 1997: SFB 475

##### Komplexitätsreduktion in multivarianten Datenstrukturen

Ziel des SFB ist die Erforschung datenorientierter statistischer Modellbildung für komplexe Fragestellungen in empirischen wie experimentellen Wissenschaften. So werden Methoden und Strategien entwickelt, um aus umfangreichen Wirtschaftsdaten die wesentlichen Informationen herauszuarbeiten. Die statistische Untersuchung von biologischen, medizinischen und ingenieurwissenschaftlichen Phänomenen ist ein zweiter Schwerpunkt. Sprecherin des bis 2009 geförderten SFB ist die spätere TU-Rektorin Prof. Ursula Gather.

#### 1997: SFB 531

##### Design und Management komplexer technischer Prozesse und Systeme mit Methoden der Computational Intelligence

Mit steigender Komplexität und Vernetzung technischer Systeme wächst der Bedarf an Entwurfs- und Steuerungsmethoden, die auch mit ungenauer, unvollständiger und teilweise fehlerhafter Information gute Resultate liefern. Hier setzt der an der Fakultät für Informatik angesiedelte SFB 531 an, der unter anderem evolutionäre Algorithmen, genetische Programmierung und neuronale Netze erforscht. Der SFB wird bis 2008 gefördert.





# Ein breites Förderspektrum

Neben den Sonderforschungsbereichen gibt es noch zahlreiche weitere Formate, mit denen die DFG exzellente Forschung fördert. Einige ausgewählte Beispiele an der TU Dortmund.

## Exzellenzcluster

Im Rahmen der Exzellenzstrategie fördert die DFG durch die Exzellenzcluster international wettbewerbsfähige Forschungsfelder an Universitäten, in denen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Disziplinen und Institutionen an einem Forschungsvorhaben zusammenarbeiten. Bei „RESOLV - Ruhr Explores Solvation“, dem gemeinsamen Exzellenzcluster der TU Dortmund und der Ruhr-Universität Bochum (RUB), geht es um das Verständnis und Design lösungsmittelabhängiger Prozesse. Hier kooperieren die TU Dortmund und die RUB erfolgreich mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern von der Universität Duisburg-Essen und weiteren außeruniversitären Partnern. Im September 2018 verlängerte die DFG die Förderung des Exzellenzclusters um weitere sieben Jahre. Rund 42 Millionen Euro erhält RESOLV bis Ende 2025 für die Forschung.



## Graduiertenkollegs

Graduiertenkollegs (GRK) sind Einrichtungen zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Im Mittelpunkt steht die Qualifizierung von Doktorandinnen und Doktoranden im Rahmen eines thematisch fokussierten Forschungsprogramms sowie eines strukturierten Qualifizierungskonzepts. An der TU Dortmund ist das GRK 2193 – „Anpassungsintelligenz von Fabriken im dynamischen und komplexen Umfeld“ angesiedelt, Sprecher ist Prof. Jakob Rehof von der Fakultät für Informatik. Das Graduiertenkolleg zielt darauf ab, Doktorandinnen und Doktoranden interdisziplinär im Bereich der ganzheitlichen Fabrikationsplanung forschen zu lassen. Im Juli 2020 hat die DFG die Förderung bis 2025 verlängert. Insgesamt 6,2 Millionen Euro fließen von Oktober 2020 bis Ende 2025 für dieses Projekt.



## Großgeräte

Die DFG fördert nicht nur Projekte, sondern auch „Hardware“ – und zwar im Rahmen des Förderprogramms „Forschungsgroßgeräte“. Dabei übernimmt die DFG bis zu 50 Prozent der Kosten großer Forschungsgeräte an Hochschulen, 40 Prozent gibt das Land NRW dazu.



An der TU Dortmund sind bislang 75 solcher Vorhaben von der DFG gefördert worden, so auch die NMR-Spektrometer von Prof. Rasmus Linser aus der Fakultät für Chemie und Chemische Biologie. Mit diesen Geräten lässt sich zum einen die Struktur von Proteinen untersuchen, zum anderen werden atom aufgelöste Informationen zu Beweglichkeit und Interaktionen der Proteine zugänglich.



## Schwerpunktprogramme (SPP)

In den SPP sollen wissenschaftliche Grundlagen besonders aktueller oder sich gerade bildender Forschungsgebiete untersucht werden. Alle Programme sind stark interdisziplinär ausgerichtet und zeichnen sich durch den Einsatz innovativer Methoden aus. Zudem ist die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ein zentrales Element der SPP. Die DFG fördert aktuell zwei SPP, bei denen Wissenschaftler der TU Dortmund die Sprecherfunktion haben: Das SPP 1984 – „Systemtheoretische Methoden für die Transformation und den Betrieb komplexer Netze“ von Prof. Christian Rehtanz (oben), Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, sowie das SPP 2231 – „Effizientes Kühlen, Schmieren und Transportieren – Gekoppelte mechanische und fluid-dynamische Simulationsmethoden zur Realisierung effizienter Produktionsprozesse (FLUSIMPRO)“ von Prof. Dirk Biermann (unten), Fakultät Maschinenbau.

## Forschungsorientierte Gleichstellungsstandards

Die „Forschungsorientierten Gleichstellungsstandards“ der DFG definieren personelle und strukturelle Standards für eine nachhaltige Gleichstellung der Geschlechter in der Wissenschafts- und Hochschul-Landschaft. Sie stellen eine Selbstverpflichtung der DFG-Mitglieder dar und wurden erstmals 2008 verabschiedet und zuletzt 2017 überarbeitet. Bereits im Jahr 2011 hat die TU Dortmund das höchstmögliche Stadium 4 erreicht: „Das bereits erfolgreich etablierte Konzept wird weitergeführt und durch weitere innovative Ansätze ergänzt.“

## Im Zeitstrahl

### Die Sonderforschungsbereiche der TU Dortmund

#### 1998: SFB 559

##### Modellierung großer Netze in der Logistik

In der Logistik gibt es zahlreiche große Netze, zum Beispiel Produktionsnetze, Gütertransportnetze oder Verkehrsnetze. Der bis 2008 geförderte SFB 559 hat zum Ziel, eine Theorie zur Beherrschung von großen Netzen in der Logistik zu entwickeln, damit diese gestaltet, organisiert und gesteuert werden können. Zur Bewältigung der anstehenden Aufgaben schließen sich die Bereiche Förder- und Lagerwesen, Industriebetriebslehre, Fabrikorganisation, praktische Informatik, Systemanalyse und das Fachgebiet Logistik mit dem Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik zusammen.

#### 2003: SFB/TRR 10

##### Integration von Umformen, Trennen und Fügen für die flexible Fertigung von leichten Tragwerkstrukturen

Forschungsziel ist es, wissenschaftliche Grundlagen und Methoden zur Gestaltung von integrierten Prozessketten und deren Technologien zur automatisierten, produktflexiblen Kleinserienfertigung von leichten Tragwerkstrukturen zu erarbeiten. Partner im bis 2014 geförderten SFB sind das Karlsruher Institut für Technologie und die TU München, Sprecher ist Prof. A. Erman Tekkaya von der TU Dortmund.



#### 2006: SFB 696

##### Forderungsgerechte Auslegung von intralogistischen Systemen – Logistics on Demand

Auch die Logistik muss den gestiegenen Anforderungen einer globalen und vernetzten Welt von Daten und Prozessen gerecht werden. Der SFB 696 sucht nach optimierten Verfahren und Methoden und versucht, logistische Systeme an die Anforderungen aller Interessengruppen anzupassen. Dabei sollen die benötigten Anforderungen besser erfasst und die Kosten gleichzeitig minimiert werden. Weiterhin werden Verfahren zur Instandhaltung und zum Qualitätsmanagement entwickelt.

#### 2007: SFB 708

##### 3D-Surface Engineering für Werkzeugsysteme der Blechformteilefertigung – Erzeugung, Modellierung, Bearbeitung

Die Herstellung hochfester Strukturelemente aus Blech für die Automobil- und Luftfahrtindustrie mittels umformtechnischer Fertigungsverfahren erfordert den Einsatz von leistungsfähigen Werkzeugsystemen. Der SFB 708 erforscht eine neuartige Fertigungsmethodik, um äußerst verschleißfeste Werkzeugoberflächen für die Umformtechnik wirtschaftlich und ressourcenschonend herzustellen. Dazu kooperieren Forscherinnen und Forscher aus den Bereichen Maschinenbau, Mathematik, Informatik und Statistik.



## Besondere Auszeichnungen...



### 2011: Leibniz-Preis für Prof. Gabriele Sadowski

Er wird auch der „kleine Nobelpreis“ genannt: Der Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis ist der höchstdotierte Forschungspreis Deutschlands. Die DFG vergibt ihn an Forscherinnen und Forscher, die auf ihrem Gebiet Außergewöhnliches erreicht haben. 2011 zeichnete die DFG Prof. Gabriele Sadowski für ihre herausragenden Leistungen mit dem Preis aus. Prof. Sadowski ist seit 2001 Professorin für Thermodynamik an der Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen. Von 2016 bis 2020 war sie Prorektorin Forschung der TU Dortmund. Mit den 2,5 Millionen Euro Preisgeld baute sie ein neues Arbeitsgebiet an der Schnittstelle zwischen Thermodynamik und Pharmazie auf und untersuchte, wie sich die Wasserlöslichkeit und damit die Wirksamkeit von Medikamenten verbessern lässt.

### 2013: Communicator-Preis für Prof. Me-tin Tolan

Wissenschaft bestens kommuniziert: Zusammen mit dem Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft verleiht die DFG den Communicator-Preis für originelle und hervorragende Vermittlung von wissenschaftlichen Ergebnissen in die Öffentlichkeit. Der Preis ist mit 50.000 Euro dotiert. 2013 konnte sich Prof. Me-tin Tolan, seit 2001 Professor für Experimentelle Physik an der TU Dortmund, über diese Auszeichnung freuen. Prof. Tolan erklärt in seinen Vorträgen komplizierte naturwissenschaftliche Zusammenhänge unterhaltsam und anschaulich, zum Beispiel anhand der Physik in Hollywood-Filmen. Auch in der bekannten TU-Veranstaltungsreihe „Zwischen Brötchen und Borussia – Moderne Physik für alle“ begeistert er ein großes Publikum.

### 2015: Heinz Maier-Leibnitz-Preis für Prof. Sarah Weigelt

Anerkennung und Ansporn für wissenschaftlichen Nachwuchs: Mit dem Heinz Maier-Leibnitz-Preis zeichnet die DFG seit 1977 dessen herausragende Leistungen aus. Mit dem Preis sollen die jungen Forscherinnen und Forscher zudem darin unterstützt werden, ihre wissenschaftliche Laufbahn weiterzuverfolgen. 2015 erhielt Prof. Sarah Weigelt als Juniorprofessorin der Ruhr-Universität Bochum den mit 20.000 Euro dotierten Preis. Seit 2018 ist Prof. Weigelt Professorin an der Fakultät Rehabilitationswissenschaften der TU Dortmund. Dort erforscht sie im Fachgebiet Sehen, Sehbeeinträchtigung und Blindheit, wie sich die visuelle Wahrnehmung bei Kindern entwickelt. Dabei wendet sie eine Kombination aus Wahrnehmungsexperimenten und neurowissenschaftlichen Methoden an.

## ... und besondere Förderformate

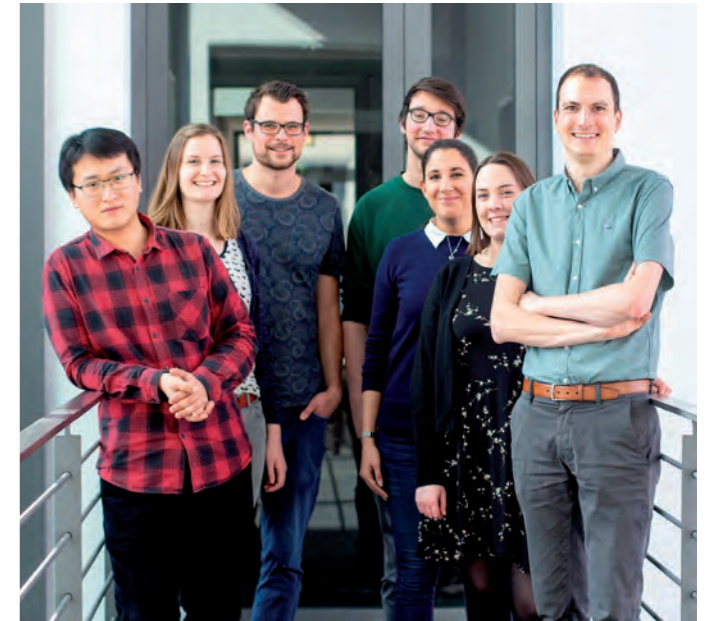


### Reinhart Koselleck-Projekte

Ein ungewöhnliches Förderformat der DFG sind die Reinhart Koselleck-Projekte. Ziel dieses Programms ist es, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern die Möglichkeit zu eröffnen, ein besonders innovatives oder im positiven Sinne risikobehaftetes Forschungsprojekt durchzuführen. Das Programm richtet sich an Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die über ein hohes wissenschaftliches Potenzial verfügen und sich durch einen herausragenden akademischen Lebenslauf auszeichnen. Die Förderung beläuft sich auf fünf Jahre. Auch der neue TU-Rektor Prof. Manfred Bayer erhielt ab 2009 eine Förderung im Rahmen des Reinhart Koselleck-Programms. Mit einer Fördersumme von insgesamt 1,5 Millionen Euro ermöglichte die DFG dem Physiker Forschung auf dem Gebiet der ultraschnellen Akustik.

### Emmy Noether-Programm

Das Emmy Noether-Programm der DFG eröffnet besonders qualifizierten Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern die Möglichkeit, sich durch die eigenverantwortliche Leitung einer Nachwuchsgruppe über einen Zeitraum von sechs Jahren für eine Hochschulprofessur zu qualifizieren. Damit sollen auch herausragende Forscherinnen und Forscher aus dem Ausland (zurück-)gewonnen werden. An der TU Dortmund werden derzeit drei dieser Nachwuchsgruppen gefördert, eine an der Fakultät für Mathematik und zwei an der Fakultät für Chemie und Chemische Biologie (CCB). Dr. Malte Gersch (r.) leitet eine der Emmy Noether-Nachwuchsgruppen in der Fakultät CCB und betreut darin aktuell fünf Doktoranden, eine Postdoktorandin sowie zwei studentische Hilfskräfte. Dr. Gersch und seine Gruppe betreiben Grundlagenforschung zum Protein Ubiquitin. Dieses Molekül spielt eine Rolle bei Krankheiten wie Krebs oder Parkinson.



## Im Zeitstrahl

### Die Sonderforschungsbereiche der TU Dortmund

#### 2009: SFB 823

##### Statistik nichtlinearer dynamischer Prozesse

Der SFB 823 an der Fakultät Statistik untersucht nichtlineare dynamische Prozesse in Wirtschaft und Technik, zum Beispiel Produktionstechnologien in der Energiewirtschaft, Preisbewegungen auf Kapital- und Arbeitsmärkten oder Rissbildungen an Baumaterialien. Beteiligt sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Statistik und Mathematik, den Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften, aus dem Bauwesen und der Physik. Ziel ist es, allgemein anwendbare statistische Modelle zu entwickeln und besser begründete Handlungsempfehlungen für Politik und Wirtschaft zu formulieren.

#### 2011: SFB 876

##### Verfügbarkeit von Information durch Analyse unter Ressourcenbeschränkung

Sehr große Datenmengen bringen klassische Methoden der Datenverarbeitung an ihre Grenzen. Der SFB 876 führt die Forschungsgebiete der Datenanalyse und der eingebetteten Systeme zusammen und erforscht, wie sehr große Datenmengen gesammelt, ausgewertet und genutzt werden können. Ihren Einsatz finden die Methoden unter anderem bei Untersuchungen von Galaxien, bei der Bekämpfung von Krebs und bei lernenden Systemen im Internet der Dinge. Sprecherin ist Prof. Katharina Morik.



#### 2015: SFB/TRR 160

##### Kohärente Manipulation wechselwirkender Spinanregungen in maßgeschneiderten Halbleitern

Der Eigendrehimpuls von Elektronen (Spin) in Halbleitern steht im Mittelpunkt des SFB/TRR 160. Spin-Effekte werden bereits heute für Speichermedien genutzt. Das internationale Team des SFB/TRR 160 erarbeitet Grundlagen, damit der Spin auch für Schaltprozesse zur Verarbeitung von Informationen eingesetzt werden kann (siehe Seite 54). Sprecher ist Prof. Manfred Bayer. Kooperationspartner im ersten deutsch-russischen Transregio sind das Ioffe Institute sowie die St. Petersburg State University.

#### 2017: SFB/TRR 188

##### Schädigungskontrollierte Umformprozesse

Der SFB/Transregio 188 geht von dem Leitgedanken aus, dass Schädigung kein Versagen ist. So soll ein grundlegendes Verständnis der beim Umformen wirkenden Schädigungsmechanismen und deren Auswirkungen auf die Produkteigenschaften erforscht werden. Damit werden Voraussetzungen geschaffen, um Fertigungsverfahren für eine neue Generation von Leichtbauprodukten zu entwickeln. Initiator und Sprecher ist Prof. A. Erman Tekkaya, Kooperationspartner sind neben der RWTH Aachen in Einzelprojekten die BTU Cottbus und das Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf.





## Eine Frage der Moral

Große Unternehmen sind dazu verpflichtet, die Gesetze des Landes zu achten, in denen sie produzieren. Müssen sie sich darüber hinaus aktiv für eine Verbesserung der Menschenrechtsslage dort einsetzen? Prof. Christian Neuhäuser vom Institut für Philosophie und Politikwissenschaft forscht in einem von der DFG geförderten Projekt zu diesem Thema.



Am 24. April 2013 stürzte in Sabhar in Bangladesch, rund 25 Kilometer von der Hauptstadt Dhaka entfernt, das achtstöckige Gebäude *Rana Plaza* ein. 1.135 Menschen starben, fast 2.500 wurden verletzt – überwiegend Textilarbeiterinnen, die in dem Gebäude Kleidung für westliche Modeketten wie Primark, Mango und Benetton produzierten. Das *Rana Plaza* wurde zum Sinnbild der schlechten Arbeitsbedingungen in Textilfabriken, wo lange Arbeitszeiten, schlechte Bezahlung und mangelnder Arbeitsschutz eher die Norm als die Ausnahme sind. Nach der Katastrophe wurden die Rufe lauter, dass große, transnationale Unternehmen stärker auf die Einhaltung der Menschenrechte in ihren Produktionsketten achten sollen. Fälle wie diesen untersucht Prof. Christian Neuhäuser, Professor für Praktische Philosophie an der Fakultät für Humanwissenschaften und Theologie, in seinem Projekt „Unternehmen in der politischen Philosophie: Politischer Status, Gerechtigkeitspflichten und Legitimität“. Die DFG fördert das Projekt seit 2016.



**Prof. Christian Neuhäuser** studierte in Göttingen, Berlin und Hongkong Philosophie, Soziologie, Politikwissenschaft und Sinologie. 2010 promovierte er an der Universität Potsdam mit einer Arbeit über den moralischen Status wirtschaftlicher Unternehmen. Anschließend war er als Akademischer Rat am Institut für Philosophie der Ruhr-Universität Bochum tätig. Seit 2014 ist Christian Neuhäuser Professor für Philosophie und Geschäftsführender Direktor des Instituts für Philosophie und Politikwissenschaft der TU Dortmund. Neuhäuser forscht unter anderem zu Theorien der Würde, der Verantwortung und des Eigentums. Zu seinen Schwerpunkten zählen die Wirtschaftsethik und die Philosophie der Internationalen Politik.

## In Kürze

### Die Ausgangslage

*Menschenrechte haben drei Dimensionen: Eine rechtliche, eine politische und eine moralische.*

### Die These

*Prof. Christian Neuhäuser argumentiert, dass große, transnationale Unternehmen in allen drei Dimensionen die Pflicht haben, sich für die Erfüllung der Menschenrechte einzusetzen.*

Wie Menschenrechtsverletzungen in der Produktion verhindert werden können, war schon vor dem Einsturz des *Rana Plaza* Thema im UN-Menschenrechtsrat. 2011 verabschiedete er die „UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte“, die Empfehlungen für die Einhaltung der Menschenrechte in der Wirtschaft an Regierungen und Unternehmen geben. Der grundlegende Standpunkt der Leitlinien ist, dass Unternehmen zwar die Verantwortung dafür tragen, keine Menschenrechte zu verletzen. „Somit haben sie eine negative Pflicht, also die Pflicht, Menschenrechtsverletzungen zu unterlassen“, erklärt Neuhäuser. „Darüber hinaus haben sie nach den UN-Leitprinzipien aber keine Pflicht, sich aktiv für Menschenrechte einzusetzen – eine positive Pflicht gibt es also nicht.“ Begründet wird dies mit dem Argument, dass nur Staaten als politische Akteure dafür sorgen können, dass Menschenrechte eingeführt und eingehalten werden. Die UN-Leitlinien spiegeln damit die vorherrschende Position in der Wirtschaftsethik wider, die auf den Wirtschaftswis-



Einsturz des *Rana Plaza* in Bangladesch 2013: Bei der Katastrophe kamen mehr als 1100 Menschen ums Leben.

senschaftler Milton Friedman zurückgeht: Demnach besteht die soziale Verantwortung von Unternehmen lediglich darin, ihre Profite innerhalb des geltenden Rechts zu machen.

Als Philosoph hat Neuhäuser zu dieser Sichtweise zwei Einwände: Erstens werde so nur die rechtliche Dimension von Menschenrechten berücksichtigt, die moralische und die politische Dimension aber würden vernachlässigt. „Moralisch gesehen gelten Menschenrechte auch dann, wenn sie in einzelnen Ländern noch nicht rechtsverbindlich umgesetzt worden sind“, sagt Neuhäuser. „Denn aus moralischer Perspektive haben Menschenrechte einen absoluten Vorrang gegenüber allen anderen Belangen gegenüber.“ Ist in der Gesetzgebung eines Staates beispielsweise das Menschenrecht auf Sicherheit am Arbeitsplatz nicht gut umgesetzt, so gelte dieses Menschenrecht trotzdem – moralisch gesehen. „Daraus ergibt sich eine Pflicht für alle Akteure, die über die Kompetenz verfügen, sich für Menschenrechte einzusetzen, eben dies zu tun. Das ist die politische Dimen-

sion.“ Und ebenjene Kompetenz hätten auch Unternehmen, insbesondere große, transnationale Unternehmen, die im Fokus seiner Untersuchungen stehen.

### Ökonomische Macht ist politische Macht

Sein zweiter Einwand: Neuhäuser bezweifelt, dass Unternehmen tatsächlich keine politischen Akteure sind. Denn große, transnationale Unternehmen seien auf vielfältige Art und Weise sowohl auf globaler Ebene als auch in einzelnen Staaten in politische Prozesse eingebunden – nicht nur direkt, beispielsweise durch Lobbying, sondern häufig auch indirekt. „Staaten berücksichtigen die Belange großer Unternehmen sehr stark, selbst wenn diese Unternehmen das gar nicht verlangen“, sagt Neuhäuser. Ein Fall, der dies verdeutlicht, ereignete sich im Jahr 1995 in Nigeria: Der Mineralölkonzern Shell förderte seit 1958 Öl im Gebiet des indigenen Stammes der Ogoni und ver-

ursachte dadurch Ölverschmutzungen und weitere Umweltschäden. Ab 1990 regte sich dagegen Protest unter den Ogoni. Sie organisierten Demonstrationen und verlangten politische und wirtschaftliche Autonomie sowie die Kontrolle über die natürlichen Ressourcen des Stammesgebiets. Nigerianische Sicherheitskräfte gingen teils mit Gewalt gegen die Demonstranten vor. 1995 ließ die nigerianische Regierung schließlich neun Anführer der Widerstandsbewegung hinrichten. „Letztlich waren das politische Morde“, sagt Neuhäuser. „Damit wurden sie natürlich nicht von Shell beauftragt, aber die nigerianische Bewegung hat das gemacht, damit die Ölförderung nicht behindert wird.“

Diese informelle Macht, über die große Unternehmen verfügen, resultiert aus deren wirtschaftlicher Stärke. In einer ökonomisch globalisierten Welt können sie sehr viel Kapital und Produktivität von einem Land in ein anderes verschieben. An diesen Investitionen hängen wiederum Arbeitsplätze und der wirtschaftliche Wohlstand eines Landes.





Umweltverschmutzung im Nigerdelta: Gegen Öllecks, die der Konzern Shell verursachte, protestierte der nigerianische Stamm der Ogoni – daraufhin wurden 1995 neun ihrer Anführer erhängt.

„Ökonomische Macht ist gleichzeitig auch immer politische Macht“, sagt Neuhäuser. „Wenn man sich anschaut, wie groß die größten Unternehmen der Welt sind, sieht man, dass in der ökonomischen Handlungsfähigkeit ziemlich viel Druckpotenzial steckt. Und dieses Druckpotenzial wird wahrgenommen.“

Mittlerweile, so Neuhäuser, behaupten Unternehmen nicht mehr, dass sie keinerlei politische Verantwortung haben – das sei im öffentlichen Diskurs auch nicht mehr vermittelbar. „Sicherlich ein wichtiger erster Schritt.“ Doch die Unternehmensbereiche, die sich um Themen wie soziale Verantwortung oder Nachhaltigkeit kümmern, sind häufig Teil der Marketing- und PR-Abteilungen. „Dadurch sind sie ziemlich machtlos. Eigentlich müssten sie viel stärker im Kern der Unternehmensstruktur verankert sein“, sagt Neuhäuser. Die-

ser Wandel der Unternehmenskultur vollzieht sich nur langsam, obwohl das Thema Menschenrechte auch für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Führungspositionen immer wichtiger wird.

Rechtlich sind Unternehmen zur Wahrung der Menschenrechte verpflichtet und auch politisch tragen sie nach Neuhäusers Argumentation die Verantwortung dafür. Um positive Pflichten in Bezug auf Menschenrechte erfüllen zu können, müssten sie aber auch moralfähig sein. Moralfähigkeit wird gemeinhin definiert als Fähigkeit, auf Basis von moralischen Grundsätzen zu handeln. Voraussetzung dafür sind unter anderen Vernunft, Empathie und die Fähigkeit, Glück und Leid zu empfinden. Auf den ersten Blick sicherlich nichts, das direkt mit einem Unternehmen in Verbindung gebracht wird. „Ich denke, dass Unternehmen letztlich

aufgrund ihrer individuellen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter moralfähige Akteure sind“, argumentiert Neuhäuser. „Sie leihen sich nicht nur die kognitiven oder physischen Fähigkeiten, sondern auch das Gewissen oder die Moral der Beschäftigten aus.“ Die Moralfähigkeit überträgt sich sozusagen kollektiv von den einzelnen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auf das Unternehmen, da sich dessen Entscheidungen häufig nicht auf einzelne Personen zurückführen lassen. Neuhäuser vergleicht das mit der Produktion eines Autos: „So wie man bei einem Automobilkonzern nicht genau sagen kann, wer einen einzelnen Wagen gebaut oder entwickelt hat, kann man auch nicht sagen, wer genau eine einzelne Entscheidung gefällt hat. Das heißt nicht, dass man nicht mehr sehen kann, welche individuellen Beiträge einzelne Akteure geleistet haben – deswegen bleiben sie für diese auch

*„Ich habe mich für das Wissen entschieden, weil emanzipatorische Praxis gute Theorie und Wahrhaftigkeit braucht.“*

Prof. Christian Neuhäuser

verantwortlich – aber die gesamte Praxis lässt sich nicht auf eine einzelne Entscheidung zurückführen.“ Unternehmen seien daher als korporative Akteure verantwortlich und moralfähig.

#### Demokratiedefizit durch Digitalisierung

Welche moralischen Pflichten Unternehmen haben, erforscht Neuhäuser aber nicht nur in Bezug auf die arbeitsrechtlichen Bedingungen. Ein weiterer Schwerpunkt seiner Arbeit liegt auf großen Internetunternehmen wie Facebook. Dem sozialen Netzwerk werden Datenschutzverletzungen vorgeworfen, außerdem steht es in der Kritik, weil es nur zögerlich gegen Falschmeldungen vorgeht, die – so das Ergebnis der Ermittlungen zur sogenannten Russland-Affäre – auch den US-Wahlkampf 2016 beeinflussten. „Das Problem ist noch in keiner Weise behoben“, sagt er. Den Grund dafür sieht Neuhäuser in der Funktionsweise sozialer Netzwerke: „Im Grunde ist Facebook im digitalen öffentlichen Raum organisiert. Dieser öffentliche Raum ist aber privatisiert.“ Dort werden die Regeln der öffentlichen Kommunikation nicht vom Staat gemacht und dann vom Volk kontrolliert, wie es beispielsweise auf einem Marktplatz oder in den Medien der Fall

ist, sondern von Facebook. Sexistische und rassistische Anfeindungen oder die Verbreitung von Falschinformationen passieren dort schnell, Konsequenzen resultieren daraus selten. „Da entsteht ein massives Demokratiedefizit.“

Prof. Neuhäuser plädiert dafür, dass Unternehmen ab einer bestimmten Größe intern demokratisiert werden. Dies Sorge dafür, dass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sich einem demokratischen Geist verpflichtet fühlen. „Verbunden mit einer Stakeholder-Demokratie, in der auch Externe Stimmrechte haben, hätten wir so ganz andere Kontrollmechanismen als durch die aktuell sehr hierarchischen Unternehmensstrukturen.“ Derzeit setzen sich große, transnationale Unternehmen allerdings weiterhin dafür ein, dass die Einhaltung der Menschenrechte innerhalb der Produktionsprozesse freiwillig bleibt. Dies war auch im Vorfeld der Verhandlungen zu den UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte von 2011 der Fall, weshalb es letztlich nur bei Empfehlungen geblieben ist.

Angetrieben wird die Berücksichtigung der Menschenrechte in der Wirtschaft vor allem durch die Zivilgesellschaft und kritische Medien: „Sie spielen eine wichtige Rolle bei der Wahrung der Menschenrechte in der Wirtschaft, da sie die

Verbraucherinnen und Verbraucher auf Menschenrechtsverletzungen hinweisen und diese dann wiederum politisch und über ihr Konsumverhalten Druck ausüben“, sagt Neuhäuser. Auf Dauer sei dies jedoch kein guter Zustand: „Das bedeutet, dass man Menschenrechtsverletzungen in allen Branchen durch detektivistische Arbeit aufdecken müsste. Dafür hat die Zivilgesellschaft nicht die notwendigen Ressourcen.“

Und die Skandale, die die Aufmerksamkeit der Medien erhalten, funktionieren zwar gut, um die Verletzung negativer Pflichten anzuprangern, wenn ein Unternehmen also geltende rechtliche Bestimmungen verletzt hat. Über eine zivilgesellschaftliche und mediale Kritik lässt sich aber nur schwer einfordern, dass ein Unternehmen aus freien Stücken etwas tut, wozu es rechtlich nicht verpflichtet ist. Neuhäuser hat in seinen Untersuchungen festgestellt, dass sich bei den Konsumentinnen und Konsumenten inzwischen eine gewisse Müdigkeit und Resignation eingestellt hat: „Vor 20 Jahren gab es eine größere Mobilisierung in einer breiteren Bevölkerungsgruppe, sich an Boykotten zu beteiligen“, sagt er. „Das war schon mal trendiger.“





# Exzellente Lösungen

Im Exzellenzcluster RESOLV erforscht Juniorprofessorin Müge Kasanmascheff, wie man Proteine in lebenden Zellen untersuchen kann.



„Dank der DFG ist es mir schon in einem frühen Stadium meiner wissenschaftlichen Karriere möglich, im Exzellenzcluster RESOLV zu forschen. Dadurch haben sich für mich schon mehrere neue Kooperationen ergeben, die meine Arbeit bereichern.“

JProf. Müge Kasanmascheff



**JProf. Müge Kasanmascheff** ist seit 2017 Juniorprofessorin an der Fakultät für Chemie und Chemische Biologie. Sie studierte Chemieingenieurwesen in Ankara (Türkei) sowie Chemie- und Bioingenieurwesen in Erlangen. Für ihre Promotion in Physikalischer Chemie an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg erhielt sie 2013 einen Dissertationspreis. Im Anschluss verbrachte sie ein Jahr als Postdoc an der University of Canterbury in Christchurch (Neuseeland). Von 2014 bis 2017 forschte sie am Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie in Göttingen und lehrte an der Georg-August-Universität Göttingen. Als Early Career Researcher im Exzellenzcluster RESOLV beschäftigt sie sich an der TU Dortmund mit Elektronentransfers in Proteinen, die sie mit Hilfe der Elektronenspinresonanz-Spektroskopie untersucht.

## In Kürze

### Das Problem

Der Aufbau und die Funktion eines Proteins werden meistens *in vitro*, also außerhalb der lebenden Zelle erforscht. Um aber zu verstehen, wie Proteine in ihrer natürlichen Umgebung funktionieren, müssen sie auch dort beobachtet werden.

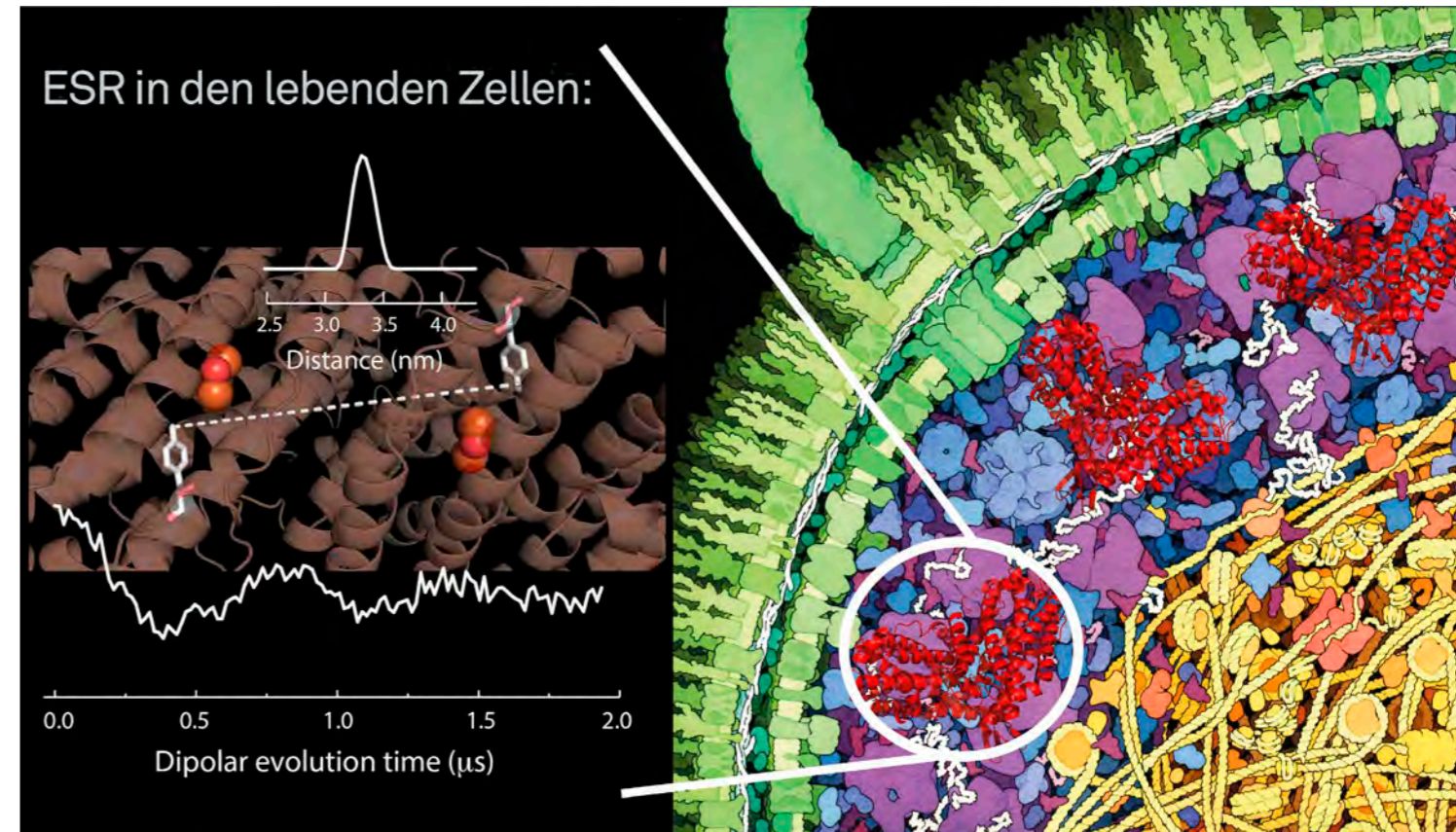
### Die Lösung

Um die Interaktionen in lebenden Zellen beobachten zu können, setzt JProf. Müge Kasanmascheff eine Technik ein, die sonst meist *in vitro* angewendet wird: Die sogenannte Elektronenspinresonanz-Spektroskopie.

Proteine erfüllen im Körper vielfältige Aufgaben. In jeder einzelnen Zelle befindet sich eine Vielzahl dieser winzigen Werkzeuge. Je nach Art transportieren sie zum Beispiel Stoffwechselprodukte, ermöglichen Zellbewegungen, wehren Infektionen ab, katalysieren biochemische Reaktionen oder geben den Zellen Struktur. Bei all diesen Aufgaben stehen die jeweiligen Proteine im steten Austausch mit ihrer Umgebung und wechselwirken mit anderen Proteinen sowie weiteren Zellbestandteilen.

Wenn Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den Aufbau und die Funktion eines Proteins erforschen möchten, tun sie dies allerdings meistens *in vitro*, also außerhalb der lebenden Zelle. Die meisten etablierten Methoden sind nicht auf Untersuchungen in lebenden Organismen ausgelegt. „Die Erkenntnisse, die *in vitro* gewonnen wurden, sind eine extrem wertvolle Grundlage“, sagt Juniorprofessorin Müge Kasanmascheff von der Fakultät für Chemie und Chemische Biologie. „Aber wenn wir wirklich verstehen wollen, wie Proteine in ihrer natürlichen Umgebung funktionieren, müssen wir sie auch dort beobachten.“

Kasanmascheff legt daher einen ihrer Forschungsschwerpunkte auf Proteine in lebenden Zellen, also *in vivo*. Sie forscht als eine von acht Early Career Researchers im DFG-Exzellenzcluster



Mit Hilfe von ESR-Spektroskopie kann Kasanmascheff Proteine wie die Ribonucleotid-Reduktase in lebenden Zellen beobachten. (Quelle: David Goodsell/ Collage Müge Kasanmascheff)

RESOLV (kurz für „Ruhr Explores Solvation“). Das Großforschungsprojekt wurde bereits im Rahmen der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder von 2012 bis 2018 gefördert und erhält durch die Exzellenzstrategie seit 2019 erneut rund 42 Millionen Euro für weitere sieben Jahre. RESOLV untersucht die Rolle von Lösungsmitteln in vielen verschiedenen Kontexten, seien es industrielle Prozesse oder biologische Vorgänge. Die TU Dortmund und die Ruhr-Universität Bochum als Sprecherhochschulen kooperieren dabei mit zahlreichen weiteren Forschungsinstitutionen in Deutschland und weltweit. „Im Rahmen von RESOLV haben sich für mich schon mehrere neue Kooperationen ergeben, die meine Arbeit bereichern“, sagt Kasanmascheff.

Sie interessiert sich besonders dafür, welche Rolle das Lösungsmittel Wasser für den Aufbau und die Funktion von Proteinen spielt. Um die Interakti-

onen in lebenden Zellen beobachten zu können, setzt sie eine Technik ein, die sonst meist *in vitro* angewendet wird: Die Elektronenspinresonanz-Spektroskopie (ESR-Spektroskopie). Diese Technik ermöglicht, ungepaarte Elektronen sichtbar zu machen, also winzige geladene Teilchen innerhalb von Molekülen. Da ungepaarte Elektronen sehr reaktionsfreudig sind, sind sie der Startpunkt für zahlreiche chemische Reaktionen innerhalb der Zelle.

### Reaktionsfreudige Elektronen sorgen für instabile Verbindungen

Bei der ESR-Spektroskopie wird die Probe in einem von außen angelegten Magnetfeld untersucht. „Das Grundprinzip ist das gleiche wie beim MRT“, erklärt Kasanmascheff: „Das Magnetfeld sorgt dafür, dass bestimmte Teilchen angeregt werden und Signale

aussenden, die man aufzeichnen kann. Beim MRT kann man so zum Beispiel die Knochen oder das Gehirn darstellen, bei der ESR-Spektroskopie stattdessen ungepaarte Elektronen in Proteinen.“

Weil aber ungepaarte Elektronen so reaktionsfreudig sind, sind Verbindungen, in denen sie vorkommen, normalerweise nicht stabil – es handelt sich um Radikale. In Proteinen stellen sie nur einen Übergangszustand dar, der sehr schnell weiter reagiert. *In vivo*, also in lebenden Zellen, lassen sich die Übergangszustände mit ungepaarten Elektronen also nur schwierig beobachten. Ein bisher genutzter Lösungsansatz ist, die Proteine künstlich mit Spinsonden zu versehen. Das sind kleine Anhängsel, die ein etwas stabileres ungepaartes Elektron enthalten. Da diese Anhängsel spezifisch an bestimmte Stellen im Protein binden, ermöglichen die Ergebnisse Rückschlüsse auf den Aufbau des Proteins.



„Dem Ziel, Proteine unter natürlichen Umständen zu beobachten, kommen wir so aber nicht nah genug“, sagt Kasanmascheff. Um nämlich die Spindonen anzuhängen, müssen die jeweiligen Proteine zunächst aus den Zellen isoliert werden. Dann werden sie chemisch modifiziert und anschließend wieder in neue Zellen eingebracht. „Wir müssen davon ausgehen, dass die Interaktionen in der neuen Zelle ganz andere sind als in der ursprünglichen“, sagt Kasanmascheff. Ihr Verfahren setzt also darauf, die Proteine in der ursprünglichen Zelle zu belassen.

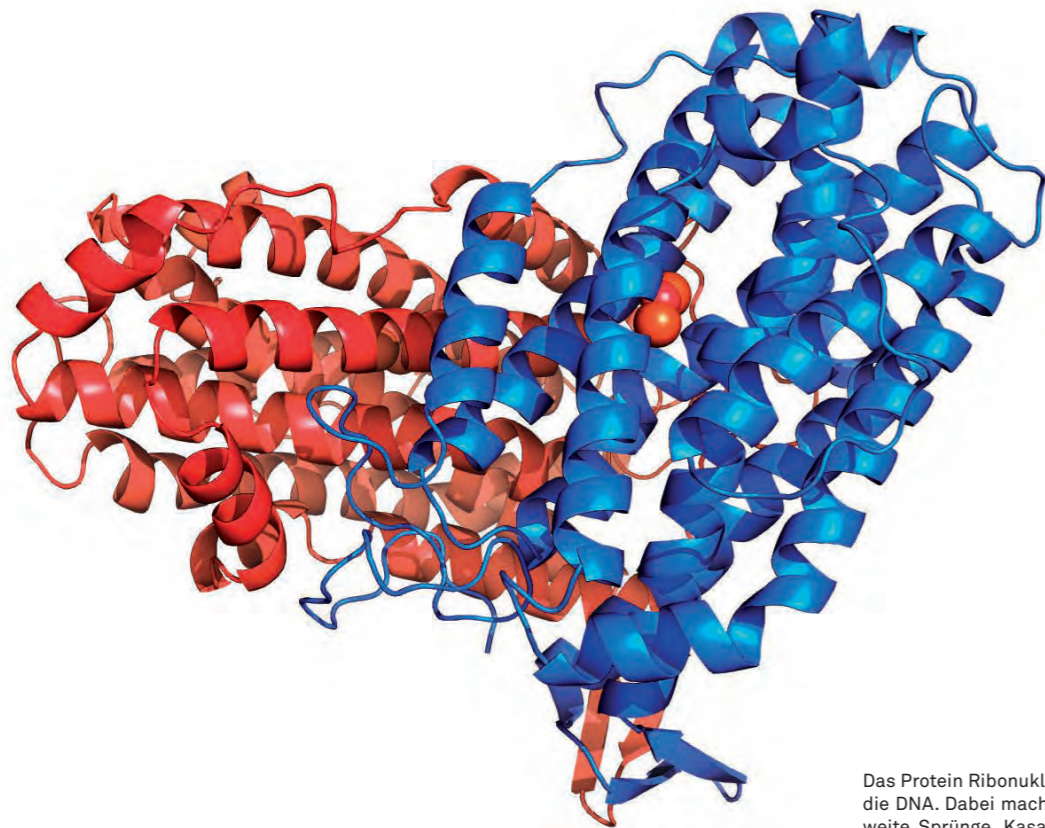
Kasanmascheffs besonderes Interesse gilt einem Protein namens Ribonukleotid-Reduktase. Dieses spielt eine wichtige Rolle bei der Herstellung von DNA-Bausteinen für das Erbgut in jeder einzelnen Zelle. Die Bausteine, die Nukleotide, enthalten zu Beginn des Herstellungsprozesses ein Sauerstoffatom zu viel. Die Aufgabe der Ribonukleotid-Reduktase ist es, dieses Sauerstoffatom zu entfernen. Dafür müssen innerhalb

des Moleküls Elektronen übertragen werden. Innerhalb der Ribonukleotid-Reduktase machen die Elektronen besonders große Sprünge – viel weiter als in anderen Proteinen. „Das ist außergewöhnlich und man konnte sich lange nicht erklären, wie das funktioniert“, sagt Kasanmascheff. Während ihrer Postdoc-Zeit ist sie dem Rätsel zumindest *in vitro* auf die Spur gekommen: „Wir konnten nachweisen, dass die Elektronen Wasserstoffbrücken nutzen, um die langen Strecken innerhalb des Moleküls zu überwinden. Das Lösungsmittel Wasser trägt hier also entscheidend zur Funktion des Proteins bei.“

Ergebnisse sind für Krebsforschung interessant

Gibt es diesen Mechanismus auch *in vivo*, also in der lebenden Zelle? Um das herauszufinden, kombiniert Kasanmascheff Methoden aus der Biochemie und Biophysik. Bei der Entwicklung des

Verfahrens kamen ihr Erfahrungen zugute, die sie im Laufe ihrer bisherigen Karriere in zwei unterschiedlichen Bereichen sammeln konnte: Im Rahmen ihrer Promotion und als Postdoc arbeitete sie intensiv mit ESR-Spektroskopie und setzte diese Technik *in vitro* ein. Während eines Forschungsaufenthalts in Neuseeland beschäftigte sie sich außerdem damit, wie sich die zelleigene Herstellung und Funktion von Proteinen *in vivo* beeinflussen lässt. Diese Kompetenzen hat sie für ihr neues Verfahren vereint. „Die Ribonukleotid-Reduktase braucht Eisen, um zu funktionieren“, erklärt sie. „Wir sorgen dafür, dass in der Zelle kein Eisen mehr verfügbar ist. Das Protein kann so nicht mehr arbeiten und man sieht auch kein Signal bei der ESR-Spektroskopie. Dann geben wir wieder Eisen hinzu. Daraufhin nimmt das Protein wieder seine Arbeit auf und zeigt auch wieder ein Signal bei der ESR-Spektroskopie. Die Zelle ist dabei die ganze Zeit lebendig und mehr oder weniger unverändert. Der Trick ist, dass wir gezielt für das zu untersuchende



Das Protein Ribonukleotid-Reduktase bearbeitet Bausteine für die DNA. Dabei machen die Elektronen innerhalb des Proteins weite Sprünge. Kasanmascheff hat Hinweise gefunden, dass diese Sprünge durch Wasserstoffbrücken ermöglicht werden. (Quelle: Müge Kasanmascheff)



In einem Spektrometer werden Proben in einem Magnetfeld untersucht. Dadurch werden ungepaarte Elektronen in Proteinen sichtbar. (Quelle: Müge Kasanmascheff)

Protein eine Unterbrechung und einen Neustart einbauen. So können wir die instabilen Zwischenzustände beobachten.“

Tatsächlich hat Kasanmascheff auf diese Weise Hinweise darauf gefunden, dass Wasserstoffbrücken auch in der lebenden Zelle für die Elektronenübertragung innerhalb der Ribonukleotid-Reduktase benötigt werden und somit für die Funktion der Proteine entscheidend sind. Diese Ergebnisse sind auch interessant für die Krebsforschung. Ohne Ribonukleotid-Reduktase kann sich keine Zelle vermehren. Bereits heute werden deshalb Hemmstoffe der Ribonukleotid-Reduktase in der Chemotherapie eingesetzt, um das Tumorstadium zu begrenzen.

Bekannt ist auch, dass einige Krebszellen eine modifizierte Variante der Ribonukleotid-Reduktase nutzen, die ihnen ein schnelleres Wachstum ermöglicht. Hier könnte ein Ansatz liegen, möglichst gezielt nur die Proteinvariante zu

hemmen, die in Krebszellen vorkommt, und so die Nebenwirkungen auf gesunde Zellen gering zu halten. „Auch wenn wir natürlich Grundlagenforschung machen, wäre es denkbar, dass unsere Technik genutzt werden kann, um solche Unterschiede besser zu erforschen. Die Struktur und Funktion *in vivo* sind in diesem Kontext besonders interessant“, so Kasanmascheff.

Der Blick auf das Lösungsmittel Wasser und seine Rolle für die Proteinfunktion ist dabei neu. „Lösungsmittel sind in vielen verschiedenen Bereichen von großer Bedeutung und es gibt in diesem Kontext noch viel zu erforschen. Da leistet RESOLV sehr wichtige Arbeit“, sagt Kasanmascheff. Die Position als Early Career Researcher bietet ihr die Möglichkeit, bereits als Juniorprofessorin in der Spitzengruppe mitzuarbeiten und gleichberechtigt zu forschen. „Außerdem hilft mir RESOLV, Karriere und Familie zu vereinen“, betont sie. „RESOLV fördert die Gleichstellung und macht eine Karriere in der Spitzenforschung

für Frauen attraktiver und zugänglicher. Für mich ist das sehr wertvoll.“

Überdies schätzt Kasanmascheff die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Exzellenzcluster. „Wenn ich zusätzliche Expertise in einem bestimmten Fachgebiet brauche, ist es dank RESOLV einfach, Kontakte zu anderen Forschungsgruppen zu knüpfen, die sich genau damit auskennen. Das macht die Arbeit sehr fruchtbar und effektiv.“ Ebenso wie ein einzelnes Protein seine Funktion nur im Zusammenspiel mit seiner Umgebung ausüben kann, funktioniert auch Wissenschaft am besten, wenn sich Forscherinnen und Forscher mit verschiedenen Kompetenzen vernetzen. Davon ist Kasanmascheff überzeugt: „In RESOLV entstehen solche Netzwerke ganz unkompliziert, und ich denke, genau auf diese Weise erreichen wir wissenschaftliche Exzellenz.“

Elena Bernard





# Flutwellen: von unberechenbar zu berechenbar

Donau, Rhein und Elbe: Immer wieder kommt es an Deutschlands Flüssen zu Hochwassern und Überflutungen. Trotz intensiver Forschung überraschen sie uns in ihrer Intensität und Wirkung. Prof. Roland Fried hat im Sonderforschungsbereich 823 untersucht, mit welchen statistischen Methoden sich extreme Ereignisse besser vorhersagen lassen.



*„Ich habe mich für das Wissen entschieden, um bessere Antworten auf die unzähligen Fragen des Lebens geben zu können. Mein Fach Statistik eignet sich dafür aufgrund seines interdisziplinären Charakters besonders, weil ich zusammen mit Menschen verschiedener Fachrichtungen nach Antworten suche und mich dadurch vielfältig einbringen kann.“*

**Prof. Roland Fried**



**Prof. Roland Fried** ist seit 2006 Professor für Statistik in den Biowissenschaften an der TU Dortmund. Er studierte Mathematik an der Universität Darmstadt, wo er 1999 auch promovierte. Schon seine Promotion im Bereich der statistischen Analyse von Waldschäden deutete auf seine aktuellen Arbeitsschwerpunkte hin: Naturwissenschaften und Statistik. Anschließend habilitierte er im Sonderforschungsbereich 475 an der TU Dortmund. 2003 war Fried am University College London tätig, bevor er 2004 für eine Gastprofessur an die Universität Carlos III nach Madrid ging. 2000 wurde er mit dem Rudolf Chaudoire-Preis ausgezeichnet.

## In Kürze

### Die Forschung

Sehr selten auftretende Ereignisse wie Jahrhundertfluten richten große Schäden an. Prof. Roland Fried und sein Team haben statistische Methoden weiterentwickelt, um die Häufigkeit und Intensität dieser Ereignisse besser einzuschätzen.

### Der Nutzen

Durch die Verfahren sind stabilere Schätzungen bei Abweichungen in der Datenbasis und bei sich verändernden Umweltbedingungen – zum Beispiel in Folge von menschlichen Eingriffen oder Baumaßnahmen – möglich.

In den Wintern 1993 und 1995 tritt der Rhein nach langanhaltenden Regenfällen und der Schneeschmelze über die Ufer. Im Sommer 1997 sorgt Starkregen für Überschwemmungen im Odergebiet. 2002 und 2013 sind Elbe und Donau von enormem Hochwasser betroffen. Verschiedene ausgeprägte Wetterlagen sorgen regelmäßig für Überschwemmungen mit großer Zerstörung und sogar Toten. Beim Ereignis 2002 in Sachsen spricht man sogar von einem Jahrhunderthochwasser – also von einem Pegelstand, der im Mittel nur alle 100 Jahre einmal vorkommt.

An den extremen Rändern der Hochwasserstatistik treten häufig große Abweichungen auf, die zu hohen Unsicherheiten führen. Unter extremen Rändern versteht man Zahlenwerte, die in einem Modell nur mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit überschritten werden. Bei einer Analyse der Jahreshöchstwerte ist das 99%-Quantil der Wert, der nur in einem Prozent der Jahre erreicht wird, also im Mittel in einem von hundert Jahren – wie bei einem Jahrhunderthochwasser. Die Intensität solcher Extremereignisse ist sehr unsicher und schwer zu schätzen; genau sie sind es aber, die immense Schäden anrichten.

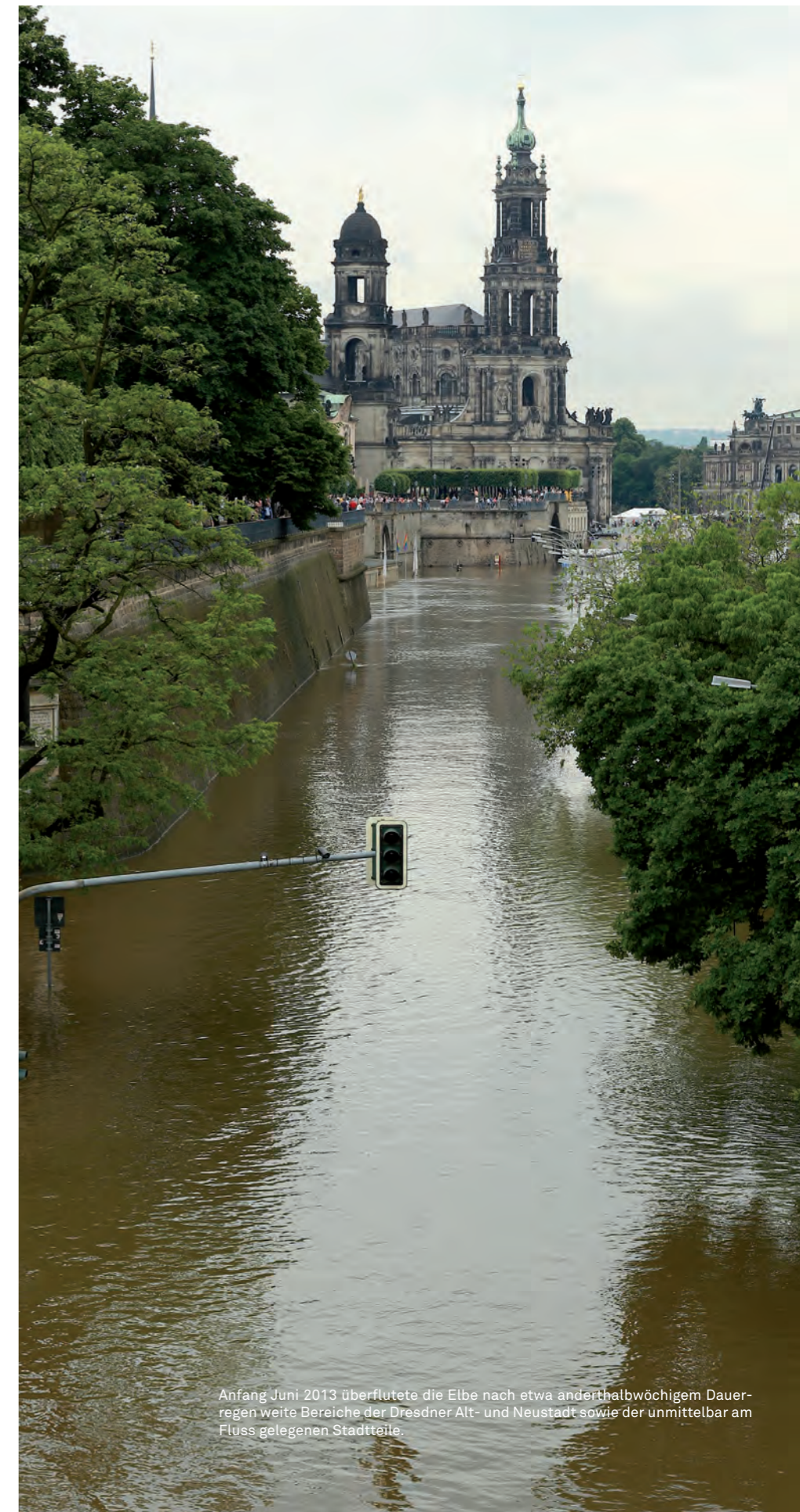
An dieser Stelle forschten von 2013 bis 2017 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Statistik rund um Roland Fried gemeinsam mit Hyd-

rologinnen und Hydrologen der Ruhr-Universität Bochum (RUB) in einem Teilprojekt des Sonderforschungsbereiches 823 (SFB) – Statistik nichtlinearer dynamischer Prozesse. Ein Bereich des von der DFG geförderdeten SFB betreibt statistische Grundlagenforschung, zwei weitere Bereiche bringen diese neuen Ideen und Ansätze dann zur Anwendung. „Das sind zum einen wirtschaftswissenschaftliche und zum anderen ingenieurwissenschaftliche Anwendungen.“ Die Teilbereiche sollen untereinander zusammenarbeiten. „Dabei ist es wichtig, dass die Projekte alle Bereiche berühren. Das war beim Thema Hochwasserstatistik gegeben.“

Der Sonderforschungsbereich 823 ist in Dortmund angesiedelt. Die TU Dortmund ist ein prädestinierter Standort dafür, da sie die einzige Universität im deutschsprachigen Raum ist, die eine eigene Fakultät Statistik hat. An anderen Standorten ist dieser Bereich meist der Mathematik angegliedert. Der Sonderforschungsbereich wird im Rahmen der Universitätsallianz Ruhr durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Bochum und Duisburg-Essen unterstützt.

### Extremereignisse verstehen

Aufgabe der Dortmunder Statistikerinnen und Statistiker war es, Modelle und Methoden zu entwickeln, die die extremen Ränder besser greifbar machen. In der Hochwasseranalyse schaut man sich oft die Jahreshöchstwerte an. „Nimmt man zum Beispiel Werte, die in einem Jahr nur mit einer Wahrscheinlichkeit von einem Prozent erreicht werden, hört sich das zunächst schon recht klein an. Wir sind in der Analyse von Hochwasserdaten aber an noch extremeren Werten interessiert“, erklärt Roland Fried. Bei einer Talsperre zum Beispiel wäre eine Wahrscheinlichkeit für eine Überflutung von einem Prozent viel zu gefährlich. „Wenn alle Berechnungen richtig sind, müsste man in diesem Fall mit dem Risiko leben, dass eine der nächsten beiden Generationen weggespült wird.“ Deshalb sind Werte inte-



Anfang Juni 2013 überflutete die Elbe nach etwa anderthalbwöchigem Dauerregen weite Bereiche der Dresdner Alt- und Neustadt sowie der unmittelbar am Fluss gelegenen Stadtteile.



ressant, die im Mittel nur alle 10.000 Jahre überschritten werden, also das 99,99%-Quantil. Für den Schutz eines Radwegs am Ufer ohne weitere Bebauung genügt hingegen eine Jährlichkeit von etwa zehn Jahren.

Ziel der Forschung war es – vereinfacht gesagt – Risiken einzuschätzen. Dabei beschäftigte die Forscherinnen und Forscher vor allem die Frage, wann etwas ein Jahrhundert- oder ein Jahrtausendwert ist. Denn diese Einschätzungen sind für Ingenieurinnen und Ingenieure von großer Bedeutung, um die Risiken für ihr Bauwerk kalkulieren zu können. Dabei stehen natürliche Ereignisse im Fokus: Wetterlagen und geografische Begebenheiten. Mit diesen Themen beschäftigen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler seit Jahrzehnten. „Da gibt es an vielen Stellen aber noch Verbesserungsbedarf“, sagt Fried. „Ein Beispiel sind die Auswirkungen des Klimawandels, die womöglich zu mehr extremen Regenereignissen, aber auch zu mehr Dürreperioden führen. Sowohl Häufigkeit als auch Intensität scheinen sich zu ändern.“

Die Daten für ihre Berechnungen erhielten Fried und sein Team zum Teil aus frei verfügbaren Quellen. Der Deutsche

Wetterdienst gibt Zahlen zu Niederschlagsmengen heraus, Pegelstände lassen sich zum Beispiel beim Umweltbundesamt erfragen. Vor allem die Pegelstände waren wichtig, also Fülle, Scheitel und Dauer von einem Hochwasserereignis. Der Scheitel beschreibt den Höchststand, die Fülle gibt das Volumen an.

Das Teilprojekt des SFB 823 war modular aufgebaut: Das erste Modul beschäftigte sich mit den sogenannten robusten Verfahren. Diese wurden weiterentwickelt, um stabilere Schätzungen zu erlauben. Ein zweites Modul analysierte Trends wie zum Beispiel den Klimawandel und den Einfluss von Strukturbrüchen. Die Datenlage zu den Trends war jedoch noch sehr dünn. Deshalb beschlossen die Forscherinnen und Forscher, sie nicht mit einzubeziehen, da die Schätzung dadurch extrem unsicher geworden wäre. Strukturbrüche wiederum entstehen zum Beispiel durch den Bau von Staudämmen oder von Siedlungen und Fabriken am Fluss. „Sie sind eher abrupt und nicht so schleichend wie Trends. Deshalb konnten wir die Strukturbrüche berücksichtigen“, erklärt Fried.

Das dritte Modul hatte die mehrdimen-

sionale Modellierung zum Thema. Hier wurden verschiedene Kennwerte wie Scheitel und Fülle oder die Daten zweier verschiedener Orte gemeinsam analysiert. Im vierten Modul verbesserte ein Forschungsteam Regionalisierungsmethoden, bei denen Gruppen ähnlicher Pegel von unterschiedlichen Orten gesucht und gemeinsam ausgewertet werden, um mehr Daten und Informationen nutzen zu können.

Robuste Verfahren geben Sicherheit

Roland Fried setzt bei seiner Forschung auf robuste Verfahren. Die robuste Statistik ist so aufgestellt, dass sie sich nicht von einzelnen Werten komplett dominieren lässt. Viele klassische, nicht robuste Verfahren haben die Eigenschaft, dass ein einzelner Wert eine Analyse komplett in eine Richtung ziehen kann. „Nimmt man beispielsweise ein arithmetisches Mittel, kann ein Messwert die Ergebnisse stark beeinflussen.“ Beim arithmetischen Mittel addiert man alle Zahlen und teilt sie – wie bei einem Notendurchschnitt auf dem Zeugnis – durch ihre Anzahl.

In der Hochwasserstatistik sind die For-

scherinnen und Forscher aber genau an diesen Extremwerten interessiert. „Darüber haben wir auch tatsächlich lange diskutiert, ob an dieser Stelle robuste Verfahren richtig sind“, erzählt Roland Fried. „Auf der einen Seite wollen wir die Extreme berechnen, auf der anderen Seite sollen sie nicht zu stark ins Gewicht fallen.“ Das Maximum einer Messreihe ist in vielen Modellen der unsicherste Wert. Zudem funktionieren die Messinstrumente in den Randbereichen weniger zuverlässig. Wenn beispielsweise ein Damm übergelaufen oder gar gebrochen ist, kann man nicht mehr mit Bestimmtheit sagen, wie hoch das Wasser stand. Dabei haben es die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch noch mit kurzen Messreihen zu tun, die einzelne große Ereignisse beinhalten. Klassische Schätzverfahren können dann zu der Empfehlung kommen, dass an dieser Stelle ein viel höherer Deich gebaut werden muss. „Das ist dann nicht nur ein Kostenfaktor, sondern auch ein enormer Eingriff ins Landschaftsbild. Wenn man dann aber an derselben Stelle weiter beobachtet, merkt man oft, dass diese Reaktion überzogen war.“

In extremen Bereichen helfen nur Modellannahmen

Robuste Verfahren sorgen hingegen dafür, dass ein einzelnes Extremereignis nicht allein ausschlaggebend ist, sondern nur in Kombination mit weiteren Werten. „Die robusten Verfahren springen also erst an, wenn sich ein extremer Wert wiederholt.“ Sie sind also stabiler. „Stellen Sie sich das so vor: Herkömmliche Verfahren können den Wert eines Jahrhundertereignisses auf ein Mehrfaches des bisher beobachteten Maximalwertes der letzten 30 Jahre schätzen“, erklärt Roland Fried. „Robuste Verfahren können zum gleichen Ergebnis gelangen. Sie schränken dies aber ein, wenn der Maximalwert selbst schon ein Mehrfaches des zweitgrößten beobachteten Wertes und damit eventuell selbst ein Jahrhundertereignis war. Der eine Extremwert fällt also nicht so sehr ins Gewicht. Deshalb haben wir uns für die-



Hochwasserschutzmauer am Elbufer bei Magdeburg: Bauwerke wie diese sollen vor der nächsten Jahrhundertflut schützen.

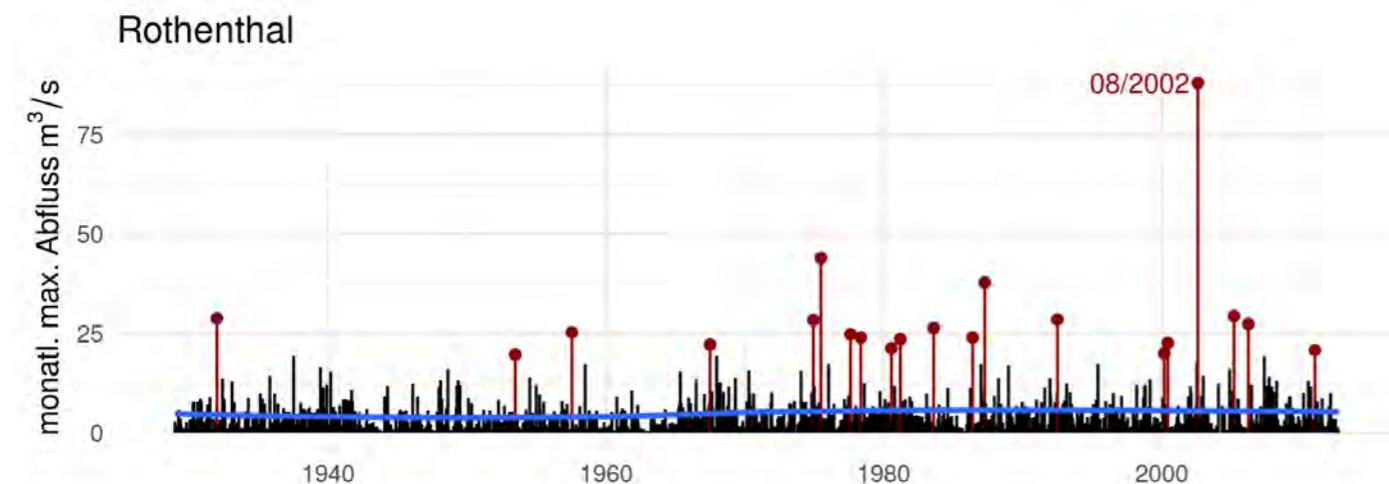
se Vorgehensweise entschieden.“ In den Randbereichen, in denen die Forscherinnen und Forscher sich bewegt haben, liegen nur wenige oder gar keine Beobachtungsdaten vor. Hier müssen die Statistikerinnen und Statistiker anhand geeigneter Modellannahmen mithilfe von Daten aus einer Messreihe von zum Beispiel 50 Jahren näherungsweise in diese Bereiche vordringen, für die die Beobachtungen fehlen. „In dieser Hinsicht kann man Robustheit auch im Sinne geringer Sensitivität gegenüber Abweichungen von einem Idealmodell verstehen. Natürlich ist auch nicht jedes robuste Verfahren unfehlbar. Man muss auch hier schauen, welche Abweichungen man einkalkuliert und – darauf aufbauend – robuste Verfahren entwickeln, die Schutz vor solchen Verletzungen bieten.“

Zudem suchten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zur Verbesserung der Datenbasis Gruppen mit ähnlichen Pegeln, die gemeinsam ausgewertet werden können. „Wir haben bessere Tests entwickelt, die die Homo-

genität von Pegelgruppen überprüfen.“ Außerdem haben Fried und sein Team Anpassungsverfahren integriert, die erlauben, flexibel einen Kompromiss zwischen vergleichsweise einfachen und komplexen Modellen zu finden. Bei den komplexen Modellen werden dazu zusätzliche Modellparameter penalisiert, also bestraft. Damit konnten übertriebene Annahmen zur Homogenität von Pegelgruppen abgemildert und Daten von anderen Pegeln flexibel einbezogen werden.

Die Ergebnisse können sich sehen lassen: Das Projekt hat wichtige Beiträge zur Übertragbarkeit und zur Deutung von Pegelständen an anderen, weniger beobachteten Standorten geleistet. Außerdem sind jetzt durch die Anwendung der robusten Verfahren stabilere Schätzungen bei Abweichungen in der Datenbasis und bei sich verändernden Umweltbedingungen – zum Beispiel in Folge von menschlichen Eingriffen oder Baumaßnahmen – möglich.

Anna Senske



Monatliche Maxima des Abflusses am Pegel Rothenthal an der Natzsung im Flussgebiet der Mulde in Sachsen: Hervorgehoben sind alle Werte, die größer sind als das 98%-Quantil dieser Monatsmaxima. Solche Extremereignisse häufen sich in der zweiten Hälfte des Beobachtungszeitraums ab den späten 1970er-Jahren. Dies gilt auch für viele andere Pegel in Sachsen. Der blau eingezeichnete, zeitvariabel geschätzte Mittelwert ist hingegen recht stabil. Als Jahrhundertereignis kann der größte beobachtete Wert im August 2002 gelten: Dieser ist in etwa doppelt so groß wie der zweitgrößte Wert. Die anderen Extremwerte liegen hingegen in einer ähnlichen Größenordnung.



### In Kürze

#### Die Forschung

*In der Mathematik geht es nicht nur um Zahlen, sondern auch darum, zu verstehen, was die Zahlen und Operationen eigentlich bedeuten. Prof. Susanne Prediger untersucht, wie eine spezielle Sprachförderung für das mathematische Verständnis gelingen kann.*

#### Die Beobachtung

*Je reichhaltiger die Sprachhandlungen der gesamten Lerngruppe sind, desto mehr lernen die Kinder – auch wenn sie selbst nicht viel sprechen.*

# Im Mathematikunterricht zählt auch die Sprache

Mathematik hat nicht nur mit Zahlen zu tun: Ohne Sprache geht auch beim Rechnen nichts. Prof. Susanne Prediger erklärt im mundo-Interview, was das für die Gestaltung des Mathematikunterrichts und die Mathematikdidaktik als Forschungsdisziplin bedeutet.



**Prof. Susanne Prediger** ist seit 2006 Professorin für Mathematikdidaktik am Institut für Entwicklung und Erforschung des Mathematikunterrichts an der Fakultät für Mathematik der TU Dortmund. Nach einem Studium für das gymnasiale Lehramt in Darmstadt und Bordeaux promovierte sie in Darmstadt und habilitierte in Klagenfurt.

Prediger ist Präsidentin der European Society for Research in Mathematics Education, Vorstandsmitglied der Gesellschaft für Fachdidaktik und Herausgeberin der renommierten Fachzeitschrift *Educational Studies in Mathematics*. Seit 2020 ist sie Mitglied im Fachkollegium der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Sie forscht zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion im Mathematikunterricht, insbesondere zur Sprachbildung, sowie zur Professionalisierung.

Susanne Prediger ist Vizedirektorin des Deutschen Zentrums für Lehrerbildung Mathematik.

**S**prachbildung ist ein Schlüssel zur Bildungsgerechtigkeit, denn Bildungssprache ist ein wichtiges Denkwerkzeug, das nicht alle Schülerinnen und Schüler von zu Hause mitbringen. Hier setzt die Forschung von Prof. Susanne Prediger von der Fakultät für Mathematik der TU Dortmund an: Zusammen mit Ko-Projektleiterin Dr. Kirstin Erath und einem 21-köpfigen Team untersucht sie, wie eine spezielle Sprachförderung für das mathematische Verständnis gelingen kann. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert das Projekt MESUT 2 über einen Zeitraum von drei Jahren.

#### Frau Prediger, warum forschen Sie an genau dieser Thematik?

Seit Jahren bekommt das deutsche Schulsystem immer wieder attestiert, dass es schlechter soziale Ungleichheiten ausgleicht als Schulsysteme anderer Länder: Erfolg im deutschen Bildungssystem hat, wer aus sozial privilegierten Familien kommt. Wessen Eltern dagegen selbst wenig Bildungsnähe oder einen Migrationshintergrund haben, der wird in deutschen Schulen noch immer schlechter gefördert als in anderen Ländern mit vergleichbarer Gesellschaftsstruktur. Wir haben vor einigen Jahren zeigen können, dass Sprachbildung ein Schlüssel zur Verringerung dieser Bildungsungerechtigkeit ist. Daher haben wir angefangen, Unterrichtskonzepte zu entwickeln, in denen das fachliche Lernen durch sprachliches Lernen unterstützt wird. Im Vor-

gängerprojekt konnten wir zeigen, dass diese Kombination funktioniert. Auch sprachlich schwache Schülerinnen und Schüler entwickelten dadurch ein signifikant besseres fachliches Verständnis.

#### Sollte es dazu einen eigenen Sprachunterricht geben oder sollte die Sprachförderung in den jeweiligen Fachunterricht eingebunden werden?

Die Sprachbildung sollte integriert im Fachunterricht erfolgen, denn die Sprache, die für das Mathematiklernen wichtig ist, lässt sich viel besser im Mathematikunterricht selbst lernen. Manche Lehrkräfte haben Angst, dass dies der Mathematik die Zeit raubt. Wir können aber empirisch zeigen, dass die Angst unbegründet ist, weil die Sprachunterstützung auch dem Mathematiklernen selbst deutlich hilft.

#### Im Mathematikunterricht geht es doch um Zahlen. Warum ist Sprache hier trotzdem so wichtig?

In der Mathematik geht es nicht nur um Zahlen, sondern auch ganz stark darum zu verstehen, was die Zahlen und Operationen eigentlich bedeuten. Zum Beispiel haben wir Kinder gefördert, die für Brüche wie  $\frac{3}{5}$  nicht erklären konnten, was das eigentlich bedeutet. Sie sagten nur: „Hier sind 3 und da sind 5“. Aber sie konnten nicht sagen: „Ich beschreibe das Verhältnis von dem Teil 3 an dem Ganzen 5“. Solche Satzbausteine zum Beschreiben von Beziehungen sind aber ganz wichtig und müssen erst gelernt werden.



**Wie fördert man denn dieses komplexe Sprachverständnis in der Praxis? Können Sie dazu ein Beispiel nennen?**

Manchmal läuft Matheunterricht recht sprachlos ab: Die Schülerinnen und Schüler sprechen höchstens Halbsätze, der Rest passiert mit Bildern oder Symbolen. Sprachlich starke Kinder und Jugendliche können trotzdem Verständnis aufbauen, weil sie eine reichhaltige innere Sprache haben und sich das Wichtige dazu denken. Doch wessen Sprache zu eingeschränkt ist, der kann die Sprachlosigkeit nicht kompensieren. Wir fordern die Schülerinnen und Schüler daher immer wieder auf, die Bedeutung ihrer Bilder und Symbole zu erklären und ihre Rechnung zu erläutern. Wer das nicht kann, erhält sprachliche und inhaltliche Unterstützung durch Sprachvorbilder und Plakate, auf denen Satzbausteine wie „3/5 beschreibt den Anteil von 3 am Ganzen 5“ mit entsprechenden Bildern aufgeführt sind.



Erste Ergebnisse zeigen, dass der fach- und sprachintegrierte Unterricht für alle Lernenden besser ist als herkömmlicher Unterricht.

**In einer Vorgängerstudie haben Sie herausgefunden, dass die fach- und sprachintegrative Förderung auch für Lernerefolge in nicht-sprachlichen Fächern wirksam ist. Die neue Studie MESUT 2 untersucht nun die Bedingungen einer lernwirksamen Förderung. Was war der Anlass?**

Wir haben eine spannende Beobachtung gemacht: Zwar haben im Durchschnitt alle Schülerinnen und Schüler in unseren Förderungen mehr gelernt als im herkömmlichen Unterricht, aber es gab auch sehr große Schwankungen zwischen den einzelnen Gruppen. Und das, obwohl unsere Fördergruppen alle dasselbe Unterrichtsmaterial und die Lehrkräfte dieselbe Schulung erhalten hatten. Man könnte nun einfach sagen, es ist sowieso klar, dass es auf die Lehrkräfte ankommt – und das stimmt ja auch. Aber wir wollten genauer wissen, worauf es dabei ankommt. Was machen die Lehrkräfte eigentlich trotz gleichem Material unterschiedlich – und wie hängen diese Unterschiede mit den Lernzuwächsen zusammen? Und hängt es auch davon ab, wie die Kinder und Jugendlichen sich genau einbringen?

**Wie gehen Sie in Ihrer Untersuchung vor?**

Wir haben Videos aus 50 Kleingruppen untersucht, immer eine Lehrkraft mit vier bis sechs Kindern und fünf Sitzungen von 90 Minuten. Alle nutzen das gleiche Unterrichtsmaterial, aber trotzdem sind die Unterrichtsgespräche total verschieden. Mit meiner Projektpartnerin Kirstin Erath haben wir die ganze Literatur gewälzt: Was weiß man schon darüber, welche Merkmale von Unterrichtsqualität generell wichtig sind? Welche könnten für fach- und sprachintegrierten Unterricht zusätzlich wichtig sein? Wir haben ein Kategoriensystem aufgestellt, anhand dessen eine große Gruppe von studentischen Hilfskräften nun alle Videos mehrfach durchgeht, bis wir ganz sicher sind, dass unsere Kategorien reliabel sind, also verschiedene Betrachter sie gleich beurteilen.

**Was wird bei diesen Videoanalysen erfasst, verglichen und bewertet?**

Wir unterscheiden, was die Lehrkräfte anbieten und was die Lernenden davon nutzen. Unter anderem wird rein quantitativ beurteilt: Wer darf wie viel sprechen? Zur konzeptuellen Qualitätsdimension gehört die Frage: Geht es nur um Rechenverfahren oder auch darum, die Konzepte zu verstehen? Dann ist die diskursive Qualität wichtig: Welche Qualität haben die Sprachhandlungen? Sagen die Schülerinnen und Schüler nur Halbsätze, erläutern sie ihre Rechnungen oder erklären sie auch die Bedeutungen mathematischer Konzepte? Bei der lexikalischen Qualitätsdimension wird beurteilt, ob die Lehrkräfte die Arbeit am Wortschatz klug einbinden können. Es ist ein riesiger Aufwand, die Videos durchzukodieren. Diese Arbeit ist noch nicht abgeschlossen, aber schon jetzt sehen wir, dass sich die Kleingrup-

*„Ich habe mich für das Wissen entschieden und für fachdidaktische Forschung, weil sie Ansätze fundieren, durch die Unterricht und Wissenstransfer eine bessere Wirkung entfalten können. Empirische Einsichten helfen, komplexe Wirklichkeiten zu verstehen und weiterzuentwickeln.“*

Prof. Susanne Prediger

pen in all diesen Merkmalen erheblich unterscheiden.

**Wie untersuchen Sie, welche Gesprächsführung wirksamer ist?**

Das ist die spannende Frage, die man dann statistisch klären kann: Welches dieser potenziellen Qualitätsmerkmale spielt tatsächlich eine Rolle für die Frage, wie viel die Jugendlichen dazu lernen? Dazu werden aufwendige Mehrebenen-Regressionsmodelle berechnet. Sie geben dann am Ende Auskunft, welches der Qualitätsmerkmale wie stark mit den Lernzuwächsen zusammenhängt.

**Werden dabei auch Faktoren berücksichtigt wie Herkunft, Mehrsprachigkeit, Deutschkenntnisse, sozioökonomischer Status oder Sprachverhalten in der Familie?**

Natürlich hängen die Verläufe der Unterrichtsgespräche auch davon ab, mit welchen Schülerinnen und Schülern man arbeitet. Daher haben wir bewusst sowohl sprachlich als auch mathematisch starke und schwache Jugendliche einbezogen und kontrollieren den Einfluss dieser Lernvoraussetzungen auf unsere Unterrichtsgespräche und die Lernzuwächse. Die ersten Ergebnisse zeigen uns interessanterweise, dass der fach- und sprachintegrierte Unterricht für alle Lernenden besser ist als herkömmlicher Unterricht, aber

es könnte ja zum Beispiel sein, dass die einen mehr Hilfestellung für diskursiv reichhaltiges Sprechen brauchen als andere.

**Sehen Sie in den Daten schon Trends?**

Ja, für einen Teil des Datensatzes konnten wir die Berechnungen schon anstellen und sehen dabei total Spannendes. Meine Ko-Projektleiterin Kirstin Erath formuliert es so: Es scheint nicht so wichtig zu sein, was die einzelnen Lernenden tun, sondern ob in ihrer Kleingruppe insgesamt reichhaltig gesprochen und erklärt wird. Je reichhaltiger die Sprachhandlungen der gesamten Kleingruppe sind, desto mehr lernen die Jugendlichen. Ein Fokus auf Konzeptuelles ist dabei genauso wichtig wie eine klug eingebundene Wortschatzarbeit. In reichhaltigen Gesprächen zuzuhören und mitzudenken, kann auch lernwirksam sein, man muss nicht unbedingt selbst sprechen. Das war für uns interessant zu sehen: Es gibt nicht ein einzelnes Merkmal, das qualitätsentscheidend ist, sondern es ist die kluge Kombination der verschiedenen Bedingungen, auf die es ankommt. Aber diese Ergebnisse basieren nur auf einem Teil der Daten, wir müssen die restlichen noch auswerten und sehen, ob sich das so bestätigt.

**Wie sollen Ihre Ergebnisse Eingang finden in die Didaktik des Mathematikunterrichts?**

Wir wollen nicht nur in einem Elfenbeinturm Grundlagenforschung betreiben, sondern fragen uns immer auch, wie die Forschungsergebnisse in die Praxis transferiert werden können. Wir haben in den letzten Jahren dazu viele fach- und sprachintegrierte Unterrichtsmaterialien entwickelt und als offene Bildungsmaterialien verfügbar gemacht. Dafür habe ich letztes Jahr den hoch dotierten Polytechnik-Preis für innovative fachdidaktische Unterrichtskonzepte bekommen. Aber das MESUT 2-Projekt zeigt ja, dass ein Unterrichtsmaterial allein keinen guten Unterricht macht, weil die Gestaltung der Unterrichtsgespräche durch die Lehrkräfte so wichtig ist. Daher haben wir auch erheblich in Fortbildungen investiert und erforschen dabei, wie Lehrkräfte eigentlich lernen können, sprachbildenden Unterricht zu gestalten. Diese Projekte laufen über das Deutsche Zentrum für Lehrerbildung Mathematik. Da erforschen wir auch, wie sich Lehrerinnen und Lehrer ein neues Thema gut aneignen können. Wir wollen unsere Aktivitäten in dem Bereich in Zukunft noch weiter verstärken, dazu läuft gerade ein weiterer, großer Drittmittelantrag. Drücken Sie uns die Daumen!

Interview: Susanne Riese





# Kein Stau auf der Datenautobahn

Prof. Peter Krummrich untersucht, wie sich die Übertragungskapazität des Internets mit Hilfe neuer Verfahren erhöhen lässt.



„Die DFG hat mir mit der Förderung meines Forschungsprojekts ermöglicht, meine Ideen zur Steigerung der Übertragungskapazität in Glasfasern weiterzuverfolgen und wichtige neue Erkenntnisse zu den Möglichkeiten und den Grenzen der neuen Technik zu gewinnen.“

Prof. Peter Krummrich



Prof. Peter Krummrich ist seit 2007 Professor für Hochfrequenztechnik an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Dortmund. Er studierte Elektrotechnik mit Schwerpunkt Hochfrequenztechnik an der Technischen Universität Braunschweig und dem New Jersey Institute of Technology (USA). Nach seiner Promotion 1995 arbeitete er bei der Siemens AG in München. Dort beschäftigte er sich unter anderem mit Technologien für robuste optische Netze sowie dem Einfluss von Störeffekten.

Auch an der TU Dortmund liegt sein Forschungsschwerpunkt auf Technologien für optische Übertragungssysteme wie Glasfasernetze zum Datentransport. Zudem beschäftigt er sich mit Themen der klassischen Hochfrequenztechnik. Unter anderem erforscht er neue Konzepte, um Fehler in elektrischen Energietransportsystemen zu lokalisieren.

## In Kürze

### Die Herausforderung

Die zunehmende Digitalisierung erzeugt einen immer stärker wachsenden Datenverkehr. Die bisher zur Datenübertragung eingesetzten Glasfaserkabel stoßen schon bald an die Grenzen ihrer Kapazität. Zudem ist das Internet weltweit für ähnlich hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich wie der Flugverkehr.

### Die Bedeutung

Prof. Peter Krummrich hat ein neues Verfahren entwickelt, das in Experimenten neue Rekorde der Übertragungskapazität erzielen konnte und gleichzeitig energieeffizient ist.

Es droht ein Stau im Internet. Online vernetzen wir uns mit anderen Menschen, wir informieren uns, kaufen ein, erledigen Bankgeschäfte, streamen Musik und Videos und speichern unsere Urlaubsfotos in der Cloud. Für viele Menschen ist das Smartphone zu einem beinahe unverzichtbaren Begleiter geworden. Auch in der Industrie ist das Internet nicht mehr wegzudenken. Fertigungsprozesse werden digital vernetzt, Maschinen kommunizieren untereinander, Bestellungen laufen automatisiert ab. All das erzeugt einen immer stärker wachsenden Datenverkehr.

„Die meisten von uns nutzen das Internet mit einer solchen Selbstverständlichkeit, dass uns gar nicht bewusst ist, dass dahinter riesige Serversysteme und Datenübertragungsnetze stehen“, sagt Professor Peter Krummrich von der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik. „Für jede Suchanfrage, jedes YouTube-Video, für alles, was wir im Internet machen, müssen Daten zu verschiedenen Servern hin und wieder zurück übertragen werden. Das kann man sich vorstellen wie auf einer Autobahn: Wenn es immer mehr Verkehr gibt, müssen wir die Autobahn ausbauen, damit kein Stau entsteht. Das gleiche gilt für die Datenübertragung im Netz. Wir müssen die Übertragungskapazität erhöhen, um der wachsenden Nachfrage gerecht zu werden.“ Die bisher eingesetzten Glasfaserkabel, mit denen Daten über große Distanzen übertragen werden, stoßen schon bald

an die Grenzen ihrer Kapazität – nicht zuletzt, weil auch der stetig wachsende Datenverkehr der Mobilfunknetze letztlich darin eingespeist wird. „Mit der heutigen Infrastruktur können wir die Übertragungskapazität pro Glasfaser nur noch wenig steigern“, sagt Krummrich. Der Professor für Hochfrequenztechnik erforscht daher neue Lösungen.

Eine Glasfaser kann nur eine begrenzte Menge an Daten gleichzeitig übertragen. Zwei Glasfasern könnten genau doppelt so viele Daten übertragen. Warum also nicht einfach mehrere Glasfasersysteme parallel verlegen? In diesem Fall würde zwar tatsächlich die Übertragungskapazität wachsen, allerdings in gleichem Maße auch die Kosten und der Energiebedarf. „Das ist also keine sinnvolle Lösung“, sagt Krummrich. „Niemand würde für eine doppelt so hohe Kapazität den doppelten Preis bezahlen wollen. Und der Energiebedarf ist ebenfalls nicht zu vernachlässigen.“ Bereits heute macht der Stromverbrauch des Internets einen erheblichen Anteil des weltweiten Energiebedarfs aus und ist für ähnlich hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich wie der Flugverkehr. „Unser Ziel muss also sein, die Übertragungskapazität deutlich zu steigern, die Kosten und den Energiebedarf aber nur geringfügig zu erhöhen oder sogar zu senken.“

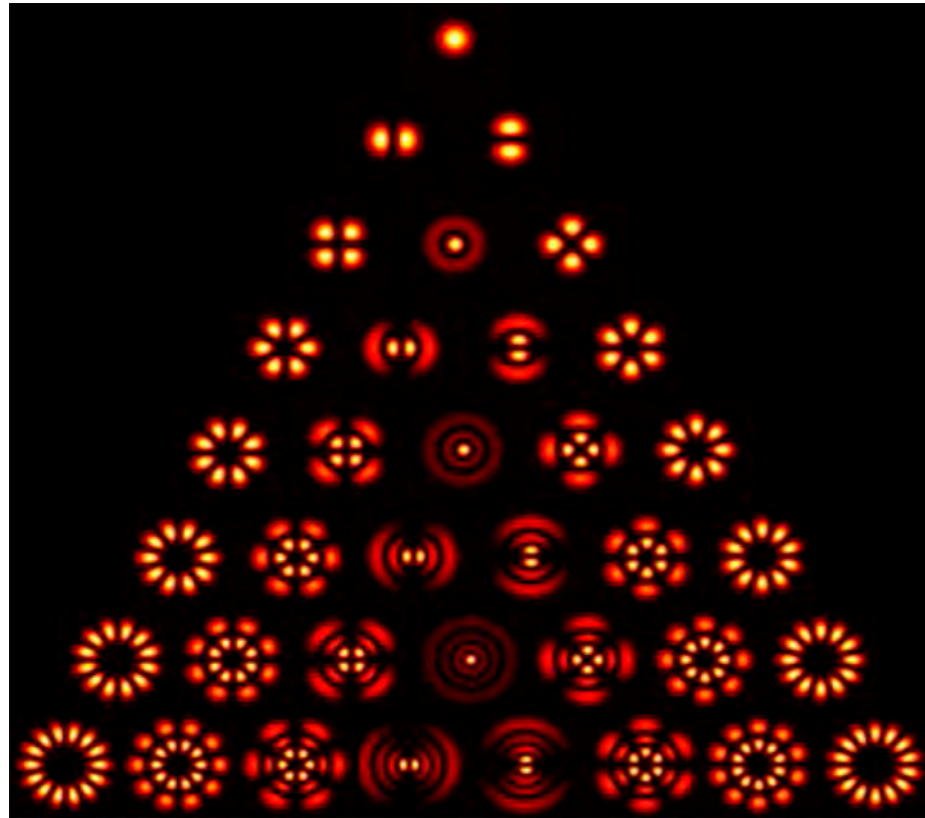
### Aktuelle Verfahren stoßen an ihre physikalischen Grenzen

Um neue Lösungen zu finden, lohnt es sich, einen genauen Blick auf die bisherige Übertragungstechnik zu werfen. Die heute eingesetzten Glasfasern bestehen aus einem haarfeinen Mantel mit einem Durchmesser von 125 Mikrometern (0,125 Millimeter), der einen nur 10 Mikrometer dicken Kern enthält. In diesem Kern werden durch Lichtwellen die Daten übertragen. Um die Kapazität optimal auszunutzen, werden mehrere Signale gebündelt und gleichzeitig übertragen. Damit der Empfänger die einzelnen Signale wieder entbündeln kann, müssen sie sich in bestimmten Eigenschaften unterscheiden. Die

Stapel von Glasfaserspulen: Die heute eingesetzten Glasfasern bestehen aus einem haarfeinen Mantel mit einem Durchmesser von 125 Mikrometern







Für die Lichtwellen in Glasfasern gibt es verschiedene Lösungen der Wellengleichung, Moden genannt.

Methoden, bei denen man Signale auf verschiedene Art bündelt, bezeichnet man als Multiplexverfahren. Möglich ist unter anderem, die einzelnen Signale zeitlich ineinander zu verschachteln (Zeitmultiplex) oder Lichtwellen mit unterschiedlicher Wellenlänge, also quasi unterschiedlicher Farbe, einzusetzen (Wellenlängenmultiplex).

Will man die Übertragungsraten steigern, kann man entweder weitere Lichtfarben hinzufügen oder verschiedene Multiplexverfahren miteinander kombinieren. Diese Verfahren stoßen aber bei hohen Übertragungsraten an ihre physikalischen Grenzen. Wird die Leistung pro Fläche zu hoch, treten nichtlineare Effekte auf. Diese verändern den Brechungsindex des Glases. Das verringert die Übertragungsqualität und begrenzt die Reichweite. „Mit den bisher eingesetzten Multiplexverfahren erlauben die physikalischen Grenzen nur etwa 100 Terabit pro Sekunde in einer einzelnen Glasfaser“, sagt Krummrich.

Ein Terabit ist rund eine Million Megabit. Verglichen mit heutigen Hausanschlüssen, die in der Regel die alten elektrischen Telefonkabel verwenden und bestenfalls 100 Megabit pro Sekunde erreichen, wirkt diese Kapazität unglaublich hoch. „Wir reden hier aber nicht von einzelnen Hausanschlüssen, sondern von den Datenautobahnen zwischen den Regionen hin zu riesigen Rechenzentren. Dort läuft der Internetverkehr von Millionen Haushalten und Firmen zusammen. In diesem Fall werden solche Kapazitätsgrenzen schon bald relevant.“

Idee bei der Vorlesungsvorbereitung

In Wissenschaft und Wirtschaft ist also die Steigerung der maximalen Übertragungskapazität ein wichtiges Thema. Gemeinsam mit seinem Kollegen Prof. Klaus Petermann von der Technischen Universität Berlin hat Krummrich im DFG-Projekt „Ultra-hohe Übertra-

gungskapazität durch Raummultiplexbetrieb“ neue Möglichkeiten ausgelotet. „Die zündende Idee hatte ich 2007 kurz nach meiner Berufung an die TU Dortmund, während ich eine Vorlesung vorbereitet habe“, erzählt Krummrich. „In dieser Vorlesung wollte ich den Studierenden erklären, dass es bei Lichtwellen in Glasfaserkabeln verschiedene Lösungen der Wellengleichung gibt. Die Lichtwellen können also verschiedene Zustände annehmen, sogenannte Moden.“ Die modernen Glasfaserkabel sind absichtlich so dünn, dass nur ein einziger Zustand darin Platz findet. Früher dagegen hatte man Glasfaserkabel, deren Kern 50 Mikrometer dick war statt wie heute 10 Mikrometer. Darin fanden deutlich mehr Moden Platz – daher wurden sie auch Multimodenfasern genannt. Diese zusätzlichen Moden konnte man aber nicht einzeln auswerten – sie haben das Signal nur verzerrt. Die Glasfasern mit dem dickeren Kern konnten also nur für kurze Distanzen genutzt werden. „Meine Idee war nun: Was wäre, wenn man alle Zustände einzeln anregen und später wieder trennen könnte und damit jeden einzelnen separat zur Signalübertragung nutzen könnte?“

Diese Idee hat er seitdem weiterverfolgt. Tatsächlich ist es Krummrich gelungen, eine Technik zu entwickeln, bei der die verschiedenen Zustände einzeln angeregt werden und vom Empfänger wieder einzeln detektiert werden können. Jeder einzelne Zustand kann auf diese Weise bis zu 100 Terabit pro Sekunde übertragen. Anders als bei Verfahren mit parallelen Glasfaserkabeln genügt dafür eine einzige Glasfaser mit etwas dickerem Kern. Das spart Kosten und Energie. „Damals konnten sich nur wenige vorstellen, dass es mal notwendig werden könnte, die Übertragungskapazität so stark zu steigern, dass die bekannten Methoden nicht mehr ausreichen“, berichtet Krummrich. „Zum Glück ist es mir gelungen, die Technik als Erster so weit voranzubringen, dass ich darauf ein Patent anmelden konnte.“

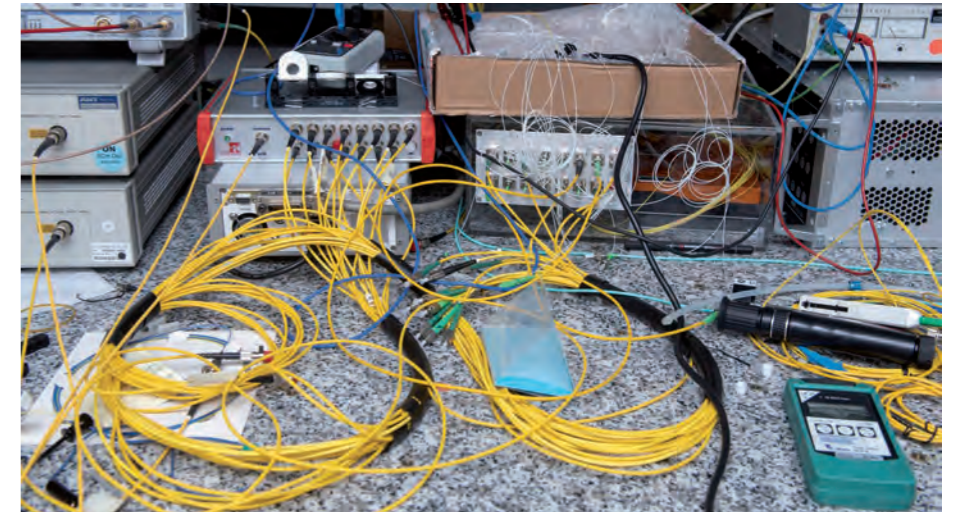
In experimentellen Anwendungen von anderen Gruppen konnte Krummrichs

Raummultiplex-Verfahren bereits neue Rekorde der Übertragungskapazität erzielen. Kommerziell kommt es allerdings bisher noch nicht zum Einsatz. Das Problem ist nämlich, dass dafür zunächst neue Kabel verlegt werden müssen, die Glasfasern mit dickerem Kern enthalten – eine große Investition. Bevor die neue Technik also ausreichend attraktiv für einen Einsatz erscheint, sind genaue Untersuchungen erforderlich: Wie weit lässt sich die Übertragungskapazität tatsächlich steigern? Gibt es physikalische Grenzen? Welche Rolle spielen nichtlineare Effekte? Mit diesen und weiteren Fragen haben sich Krummrich und Petermann im gerade abgeschlossenen DFG-Projekt beschäftigt.

Neue Rekorde der Übertragungskapazität

„Unsere Ergebnisse sind sehr vielversprechend“, sagt Krummrich. „Kommerziell interessant ist die Technik, wenn sie mindestens das Hundertfache der bisherigen Übertragungskapazität verspricht. Soweit wir zeigen konnten, liegt die machbare Kapazität sogar weit darüber.“ Gleichzeitig ist das Verfahren skalierbar. Das bedeutet, wenn man zunächst nur wenige Moden benötigt, kann man dafür dennoch eine Glasfaser nutzen, die sehr vielen Moden Platz bietet. Man muss also nur einmalig neue Kabel verlegen, um die Kapazität in Zukunft deutlich weiter steigern zu können.

Nichtlineare Effekte, die in bisherigen Glasfasern die Übertragungskapazität physikalisch begrenzen, treten auch in den dickeren Multimodenfasern auf. Dadurch, dass viele Moden in der Faser Platz finden müssen, ist die gesamte geführte optische Leistung höher. Gleichzeitig ist aber auch die Querschnittsfläche des Kerns größer. Die Leistung pro Fläche ist somit nur unwesentlich höher als in den bisherigen Glasfasern. „Die nichtlinearen Effekte begrenzen die Kapazität der Multimodenfasern also nicht übermäßig“, so Krummrich. Eine theoretische physikalische Grenze ist, wie dick man die Glasfaser maximal



Oben: Im Modenmultiplexmessplatz werden die Moden verschiedenen Komponenten zusammengekoppelt und getrennt.

Unten links: In den Glasfaserspulen sind 80 Kilometer Faser aufgewickelt.

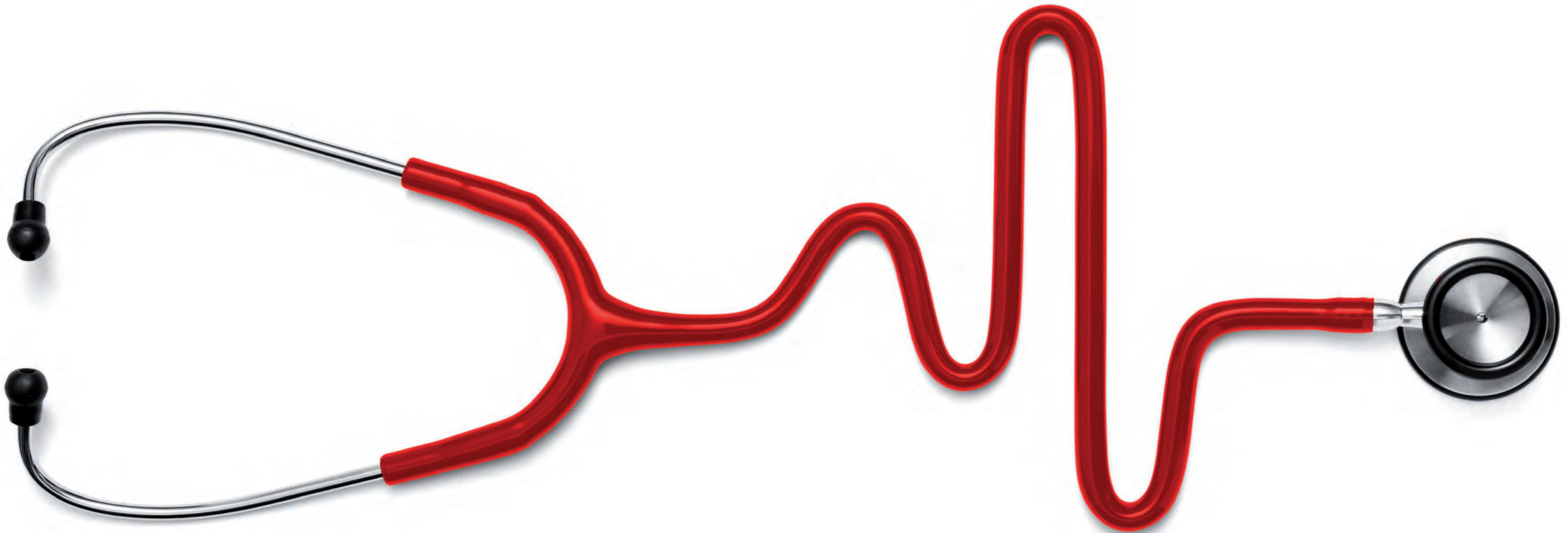
Unten rechts: Diese Gestelle mit Netzelementen eines Wellenlängenmultiplex-Übertragungssystems kommen bei Krummrichs Forschung in den Einsatz.

machen kann. Würde sie zu dick, wäre sie nicht mehr biegsam genug, sondern würde leicht brechen. In der Praxis spielt in Sachen Dicke aber auch noch eine andere Erwägung eine Rolle, erklärt Krummrich: „Der Mantel der Glasfaser sollte möglichst weiterhin nur 125 Mikrometer Durchmesser haben. Nur dann kann man die bisherigen Stecker und Anschlüsse weiter nutzen.“ Andernfalls würden die Kosten für neue Infrastruktur wesentlich mehr steigen. „Die machbare Dicke reicht aber für viele hundert Moden aus, genügt also vollkommen.“

Aus wissenschaftlicher Sicht ist das neue Raummultiplex-Verfahren also eine attraktive Lösung. Wenn es sich auch kommerziell durchsetzt, sorgt es nicht nur für schnelleres, zuverlässigeres Internet, sondern trägt gleichzeitig zum Umweltschutz bei: „Der Energiebedarf des Internets wächst exponentiell. Mit Raummultiplex können wir zumindest die Übertragung energieeffizienter gestalten“, so Krummrich.

Elena Bernard





## Ein roter Forschungsfaden

Vom Wissenstransfer in Krankenhäusern über Solo-Selbstständigkeit bis hin zu Konkurrenzbeziehungen zwischen Beschäftigten und Künstlicher Intelligenz – bei der Arbeits- und Organisationssoziologin Prof. Maximiliane Wilkesmann hat sich häufig ein Forschungsprojekt aus dem anderen ergeben.





**Prof. Maximiliane Wilkesmann** studierte Soziologie, Sozialpsychologie und Sozialanthropologie, pädagogische Psychologie und Sozialwissenschaften an der Ruhr-Universität Bochum. 2009 wurde sie dort zum Thema Wissenstransfer im Krankenhaus promoviert. Von November 2010 bis Oktober 2018 war sie Juniorprofessorin für Soziologie an der Fakultät Wirtschaftswissenschaften der TU Dortmund und vertrat dort die Professur Wirtschafts- und Industriesoziologie. Im November 2018 wurde sie zur außerplanmäßigen Professorin am Institut für Soziologie der damaligen Fakultät für Erziehungswissenschaft, Psychologie und Soziologie ernannt und vertrat dort die Professur Sozialstruktur und Soziologie alternder Gesellschaften. Im April 2020 wurde sie auf die Heisenberg-Professur Arbeits- und Organisationssoziologie II an der neu gegründeten Fakultät Sozialwissenschaften berufen.

Die Forschungsschwerpunkte von Wilkesmann liegen im Bereich Arbeit, Organisation, Wissen und Digitalisierung. Ihre Publikationen wurden u.a. mit dem renommierten René-König-Lehrbuchpreis der Deutschen Gesellschaft für Soziologie ausgezeichnet.

Man kommt in der Forschung meist „sprichwörtlich vom Hölzchen aufs Stöckchen“, sagt Prof. Maximiliane Wilkesmann mit Blick auf ihre bisherigen Forschungsprojekte – die fast alle von der DFG gefördert wurden. In den Bereichen Arbeit, Wissen und Organisation, deren Zusammenspiel Wilkesmann untersucht, ergab sich häufig ein Projekt aus dem anderen, manchmal auch durch Zufälle. Die Sozialwissenschaftlerin, die seit 2010 an der TU Dortmund lehrt und für die im April 2020 eine Heisenberg-Professur für Arbeits- und Organisationssoziologie an der neu gegründeten Fakultät Sozialwissenschaften eingerichtet wurde, interessiert sich besonders für die Frage, wie Wissen in Organisationen weitergegeben wird. Als 2006 ihr jüngster Sohn unerwartet erkrankte, beobachtete sie mehr oder weniger gezwungenermaßen fünf Wochen lang den Krankenhausalltag aus dem Blickwinkel einer Sozialwissenschaftlerin. Sie erlebte dort, dass oft „die rechte Hand nicht weiß, was die linke tut“ und promovierte daraufhin zum Wissenstransfer im Krankenhaus.

#### (Nicht-)Wissen und (Un-)Sicherheit gehen Hand in Hand

Zudem hatte sie das Gefühl, dass die Ärztinnen und Ärzte sie häufig im Vagen ließen und sie als Angehörige nicht ausreichend über den Gesundheitszustand des Patienten informierten. So weitete sie als Postdoktorandin das Thema auf den Aspekt des Nichtwissens in Krankenhäusern aus. „Nichtwissen ist erst einmal nichts Schlimmes, sondern im Gegenteil völlig normal – niemand kann alles wissen“, erklärt Wilkesmann. „Gefährlich wird es erst dann, wenn Ärztinnen und Ärzte als ‚Halbgötter in Weiß‘ so tun, als wüssten sie alles und handelten, ohne dass alle erforderlichen Informationen mit in die Entscheidung einfließen konnten.“ 2009 beantragte Wilkesmann bei der DFG eine Eigene Stelle, um zum Thema Nichtwissen zu forschen. Dieses Modul ermöglicht es Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Mittel einzuwerben, um für zunächst drei Jahre eine Eigene Stelle als Projektleite-



Am Anfang ihrer Karriere können Ärztinnen und Ärzte meist offen zugeben, dass sie etwas nicht wissen. Mit langjähriger Arbeitserfahrung fällt es ihnen immer schwerer.

rin oder -leiter zu finanzieren und sich ausschließlich dem beantragten Forschungsprojekt zu widmen.

Die Stelle wurde bewilligt und am Karlsruher Institut für Technologie angesiedelt. Parallel hatte sich Wilkesmann auf eine Juniorprofessur an der TU Dortmund beworben – mit Erfolg. „Glücklicherweise hat die DFG es mir ermöglicht, die Eigene Stelle in eine Doktorandenstelle umzuwandeln. Während eine Juniorprofessur meist nicht mit Personal ausgestattet ist, hatte ich dank der DFG-Förderung direkt zum Antritt meiner Juniorprofessur eine Doktoranden- und eine Hilfskraftstelle für mein Projekt.“ Wilkesmann und ihr Team führten mehr als 40 Interviews mit ärztlichem Krankenhauspersonal und untersuchten unter anderem, welchen Einfluss die jeweilige Hierarchiestufe auf den Umgang mit Nichtwissen hat.

Dabei kristallisierten sich vier Phasen heraus: Am Anfang ihrer Laufbahn befinden sich die noch unerfahrenen Ärztinnen und Ärzte in einer Phase der

begründeten Unsicherheit. Allen Beteiligten ist klar, dass sie vieles noch nicht wissen können und Entscheidungen oftmals durch erfahrene Kolleginnen und Kollegen abgesichert werden müssen. Nichtwissen können sie meist offen zugeben. Zu viel positive Rückmeldung kann in dieser Phase dazu führen, dass sich angehende Ärztinnen und Ärzte zu sicher fühlen und mitunter Fehler begehen, weil sie sich überschätzen. „In diesem Fall sprechen wir von einer unbegründeten Sicherheit“, erklärt Wilkesmann. Als dritte Phase folgt die unbegründete Unsicherheit, bei der Ärztinnen und Ärzte sich und ihr Wissen wieder (zu) stark hinterfragen. In der letzten Phase der begründeten Sicherheit überwiegt aufgrund der langjährigen Erfahrung das bekannte Wissen. Das ermöglicht es, souverän zu handeln und zu entscheiden. Gleichzeitig wird es schwieriger, Nichtwissen zuzugeben.

Aus den Ergebnissen entwickelte das Team eine bundesweite Vollerhebung in Krankenhäusern, an der sich mehr als 3.000 Ärztinnen und Ärzte beteiligten.

„Diese große Resonanz hat uns gezeigt, dass bei der Ärzteschaft ein besonderes Interesse an diesem doch eher heiklen Thema besteht. Bereits in den Interviews hatten wir einen großen Redebedarf festgestellt, denn insbesondere Chefärztinnen und -ärzte haben kaum Kolleginnen und Kollegen, mit denen sie sich über diese Problematik austauschen können“, sagt Wilkesmann.

#### Solo-Selbstständigkeit als neue Beschäftigungsform

Bereits kurz nach dem Start der Online-Umfrage erhielt Wilkesmann eine Anfrage, ob sich der Fragebogen auch an Honorarärztinnen und -ärzte richten. „Da musste ich erstmal googeln“, gesteht sie und fand heraus: Diese Personen sind weder im Krankenhaus angestellt noch haben sie sich mit eigenen Praxen niedergelassen. Sie helfen in verschiedenen Krankenhäusern aus und „hangeln“ sich als sogenannte Solo-Selbstständige – also als Alleinselbst-

## In Kürze

### Die Beobachtung

Neue Beschäftigungsformen wie externe Erwerbstätigkeit und der zunehmende Einsatz digitaler Technologien verändern unsere Arbeit.

### Die Forschung

Daraus entstehen neue Kooperations- und Konkurrenzbeziehungen, die Prof. Maximiliane Wilkesmann für wissensintensive Beschäftigungsfelder im Rahmen ihrer Heisenberg-Professur untersuchen wird.



„Fast alle meine Projekte wurden von der DFG gefördert. Unter anderem hatte ich direkt zum Antritt meiner Juniorprofessur eine Doktoranden- und eine Hilfskraftstelle für mein Projekt – das war ein enormer Startvorteil.“

Prof. Maximiliane Wilkesmann

ständige ohne Angestellte – von Auftrag zu Auftrag. Dank dieser Anfrage wurde Wilkesmann auf eine neue Arbeits- und Beschäftigungsform aufmerksam.

Während die Wissenschaftlerin ihre Befragungen in einem DFG-Folgeprojekt auch noch mit niedergelassenen Ärztinnen und Ärzten sowie dem Pflegepersonal in Krankenhäusern durchführte, entstand ausgehend von der Anfrage ein ganz neues, ebenfalls von der DFG gefördertes Projekt zu Solo-Selbstständigen. Gemeinsam mit Kolleginnen erforscht Wilkesmann seitdem jene atypische Beschäftigungsform, die in den vergangenen 15 bis 20 Jahren stark zugenommen hat. Unter den Selbstständigen in Deutschland sind inzwischen rund 60 Prozent als Solo-Selbstständige tätig. „Am Beispiel von Honorarärztinnen und -ärzten sowie Freelancerinnen und Freelancern in der IT wollten wir daher untersuchen, wie diese ihre Arbeitseinsätze aushandeln und was sie motiviert, solo-selbstständig zu arbeiten.“

In den beiden untersuchten wissenschaftlichen Beschäftigungsfeldern spielen Prekaritätsrisiken, wie sie in anderen Branchen üblich sind, kaum eine Rolle.

Aufgrund des Fachkräftemangels finden die betrachteten Personengruppen in der Regel schnell eine Anschlussbeschäftigung, halten ihr Wissen durch verschiedene Einsätze und Weiterbildungen auf dem neuesten Stand und sichern sich somit ihre Reputation und Beschäftigungsfähigkeit. Auch besteht bei ihnen nicht die „Gefahr“ eines niedrigeren Einkommens – im Gegenteil: Die Honorarärztinnen und -ärzte mussten in der Vergangenheit im Prinzip nur einen halben Monat arbeiten, um dieselbe Vergütung zu erhalten wie ihre festangestellten Kolleginnen und Kollegen. Außerdem waren sie deutlich flexibler und weniger in den Strukturen der jeweiligen Organisationen „gefangen“. Dies führte dazu, dass immer mehr ärztliches Krankenhauspersonal auf eine halbe Stelle wechselte und sich das restliche Geld als Solo-Selbstständige hinzuverdiente. Unter anderem deshalb wurde diese Beschäftigungsform 2019 zumindest im Medizinsektor verboten.

Doch es gibt noch weitere Motive für die externe Erwerbstätigkeit, wie Interviews mit IT-Freelancern offenbarten: „Einige Solo-Selbstständige berichteten uns, dass sie schlicht keine Lust auf die obligatorische Weihnachtsfeier

und das ganze ‚Socializing‘ haben. Sie möchten einfach nur ihre Arbeit machen und wollen sich zum Beispiel auch nicht vorschreiben lassen, welches Firmenfahrzeug sie fahren sollen“, berichtet Wilkesmann. Dass sich Solo-Selbstständige einzig ihrem Projekt und der eigenen Arbeit verbunden fühlen, kann durchaus auch Konfliktpotenzial bergen: „Diese Personen machen natürlich nur die Arbeit, für die sie gebucht sind. Sie bekommen jede Überstunde vergütet und müssen kaum lästige, administrative Aufgaben verrichten. Das müssen stattdessen die Festangestellten übernehmen“, sagt die Soziologin.

#### Zwischen Kooperation und Konkurrenz

Sowieso wirke es sich immer auf das Teamgefüge einer Organisation aus, wenn externe Erwerbstätige dort eingesetzt werden. Sofern diese eingestellt werden, um Personalengpässe zu überbrücken, nehmen die Festangestellten sie meist als Hilfe wahr. Werden sie jedoch gezielt hinzugezogen, um Druck auf die Festangestellten auszuüben, kann dies zu starken Konkurrenzbeziehungen innerhalb der Organisation führen. Den Kooperations- und Konkurrenzbeziehungen zwischen Festangestellten und externen Erwerbstätigen in wissensintensiven Beschäftigungsfeldern wird sich Wilkesmann auch auf ihrer Heisenberg-Professur widmen. Im Juli 2019 wurde sie ins Heisenberg-Programm der DFG aufgenommen, ein dreiviertel Jahr später die Professur an der TU Dortmund für sie eingerichtet, die fünf Jahre von der DFG gefördert und anschließend verstetigt wird.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt der Soziologin liegt in diesem Zusammenhang auf den Kooperations- und Konkurrenzbeziehungen von Beschäftigten und digitalen Technologien, denn auch die Potenziale Künstlicher Intelligenz (KI) werden je nach Konstellation unterschiedlich wahrgenommen: Sofern die Digitalisierung dazu führt, dass eintönige und kräftezehrende Routinetätigkeiten von Maschinen übernommen werden, empfinden die Beschäftigten das als Unterstützung



Der OP-Roboter DaVinci (rechts) kann dabei helfen, die Arbeit von Ärztinnen und Ärzten zu ergänzen und zu verbessern. Ob die Potenziale Künstlicher Intelligenz von Beschäftigten als Unterstützung oder Bedrohung wahrgenommen werden, hängt stark davon ab, ob die eigene Arbeit durch den Einsatz der Maschinen erleichtert oder vollständig ersetzt wird.

und Entlastung. Insbesondere Beschäftigte im mittleren Qualifikationssektor hingegen befürchten, dass die eigene Tätigkeit durch KI ersetzt und die eigene Arbeitskraft überflüssig gemacht wird. In diesem Fall werden digitale Technologien als Konkurrenz und Bedrohung wahrgenommen. Zudem gibt es nicht wenige, die die Industrie 4.0 in erster Linie als ein Modethema sehen. Bei einer quantitativen Umfrage in der chemisch-pharmazeutischen Industrie gaben Wilkesmann und ihr Team den Befragten die Möglichkeit, sich zu diesem Thema zu äußern: „Hier waren teils bissige Kommentare zu lesen – von ‚Ich kann die 4.0-Begriffe nicht mehr hören‘ bis ‚Was kommt als Nächstes‘“, sagt sie.

#### Roboter im OP-Saal

Da die Debatte um die fortschreitende Digitalisierung bislang stark in der Industrie verhaftet war, hatte Wilkesmann für ihren Heisenberg-Antrag die Idee, die Entwicklung in wissensinten-



siveren Beschäftigungsfeldern wie der Medizin zu betrachten. Auch hier gibt es bereits moderne Technologien – zum Beispiel Blutabnahme-Automaten – die Routineaufgaben übernehmen und vom medizinischen Personal als Entlastung empfunden werden könnten. Andere Technologien ergänzen die Arbeit der Ärztinnen und Ärzte: So fungieren Maschinen wie der OP-Roboter DaVinci als „verlängerter Arm“ der Chirurgen oder des Chirurgen und können noch präziser arbeiten, als dies von Menschenhand möglich wäre. KI-Anwendungen können außerdem – nicht zuletzt bei der aktuellen Corona-Pandemie – dabei helfen, viele verstreute Daten schnell zu sammeln, auszuwerten und Muster zu erkennen. „Aber gerade in der Medizin gibt es natürlich viele Bereiche, in denen vor allem Menschen mit ihren Kompetenzen und ihrem Wissen gefragt sind. Grundsätzlich ist unter Ärztinnen und Ärzten daher eine gewisse Abwehrhaltung gegenüber der Digitalisierung zu erkennen“, sagt Wilkesmann. „Die Medizin ist eine klassische Profession. Sie ist über Jahrtausende gewachsen

und weiß, wie man sich gegen äußere Einflüsse wappnet.“

Anders sieht das etwa im Personalwesen aus, wo zunehmend KI-Anwendungen genutzt werden: Jobbörsen können dank digitalisierter Scoutingprozesse nach geeigneten Bewerberinnen und Bewerbern durchsucht und Interviews über automatisierte Tools durchgeführt und ausgewertet werden. Diese noch recht junge Profession hat Wilkesmann bewusst als Kontrast für ihre Untersuchungen im Medizinsektor gewählt. Ein weiteres „Stöckchen“, auf das sie im Laufe ihrer Forschungstätigkeit gekommen ist – und das sicherlich auch nicht das letzte bleiben wird.

Lisa Burgardt





## Werkstoffe der Zukunft

Prof. Frank Walther und seine Teams von der Werkstoffprüftechnik an der Fakultät Maschinenbau forschen an innovativen Materialien. Erst diese machen die Herstellung vieler Hochleistungsprodukte möglich.





**Prof. Frank Walther** leitet seit dem Wintersemester 2010/2011 das Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) in der Fakultät Maschinenbau der TU Dortmund. Von 1992 bis 1997 studierte er Maschinenbau mit der Vertiefung Werkstofftechnik an der TU Kaiserslautern. Danach war er bis 2002 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter und bis 2008 als Wissenschaftlicher Assistent und Leiter des Bereichs „Schwingfestigkeit“ am Lehrstuhl für Werkstoffkunde der TU Kaiserslautern beschäftigt. Seine Promotion schloss er 2002 und seine Habilitation 2007 ab. Von 2008 bis 2010 war er für die Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG in Herzogenaurach im Zentralen Innovationsmanagement tätig. Seine Forschungsschwerpunkte in der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik sind die mikrostruktur- und mechanismenbasierte Charakterisierung und Modellierung des Ermüdungsverhaltens und der Schädigungsevolution sowie die (Rest-) Lebensdauerberechnung auf der Basis physikalischer Werkstoffreaktionsgrößen.

## In Kürze

### Die Technik

*Prof. Walther und sein Team analysieren im Labor mit modernstem Equipment, wie sich Werkstoffe oder Bauteile im Alltag unter Betriebsbedingungen verhalten.*

### Der Nutzen

*Auf Basis der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse können die letzten Reserven an Leistungsfähigkeit aus den Materialien im Sinne von Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit „herausgekitzelt“ werden.*

Dem Autopionier Henry Ford wird nachgesagt, dass er die Werkstoffprüfung von Konstruktionsteilen seiner Pkw dem Kunden überließ: Er verbaute immer dünnere Bleche, bis sein Modell T, auch Tin Lizzie oder „Blechliesel“ genannt, im Alltagsbetrieb auseinanderbrach. Anschließend setzte er etwas stabilere Bleche ein, und schon hatte er bei minimalem Materialeinsatz die gewünschte Qualität seiner Fahrzeuge erreicht.

Mit dieser rustikalen Prüftechnik hatte Ford schon sehr früh eine Art Hase-Igel-Spiel im Karosseriebau eröffnet. Das Spiel hält immer noch an und wurde längst auf viele andere Bereiche wie etwa den Flugzeugbau ausgeweitet: Die Industrie will möglichst leichte, aber gleichzeitig hochfeste Werkstoffe nutzen. Autokarosserien und Flugzeugrümpfe werden so immer leichter, ohne an Stabilität zu verlieren. Das spart Material beim Bau und Treibstoff im Betrieb der Fahr- und Flugzeuge. Dass diese Gewichtseinsparungen etwa bei Autos durch den Einbau von zusätzlichen Aggregaten wieder aufgehoben und Pkw immer größer und schwerer werden, ist die andere Seite des Hase-Igel-Spiels.

### Materialien auf dem Prüfstand

An der TU Dortmund sind es Prof. Frank Walther und seine Teams, die auf dem Gebiet der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik mit Schwerpunkt in der Mess- und Prüftechnik seit Dezember 2010 forschen. „Im Zeitalter von Hightech und Perfektion sind fehlerfreie Hochleistungsprodukte und individualisierte Fertigungsstrategien für viele Branchen unverzichtbar geworden“, sagt Prof. Walther. „Ohne fortschrittliche maßgeschneiderte Werkstoffprüf- und -analyseverfahren sowie erstklassige Prüfkompetenz sind diese Innovationen undenkbar.“

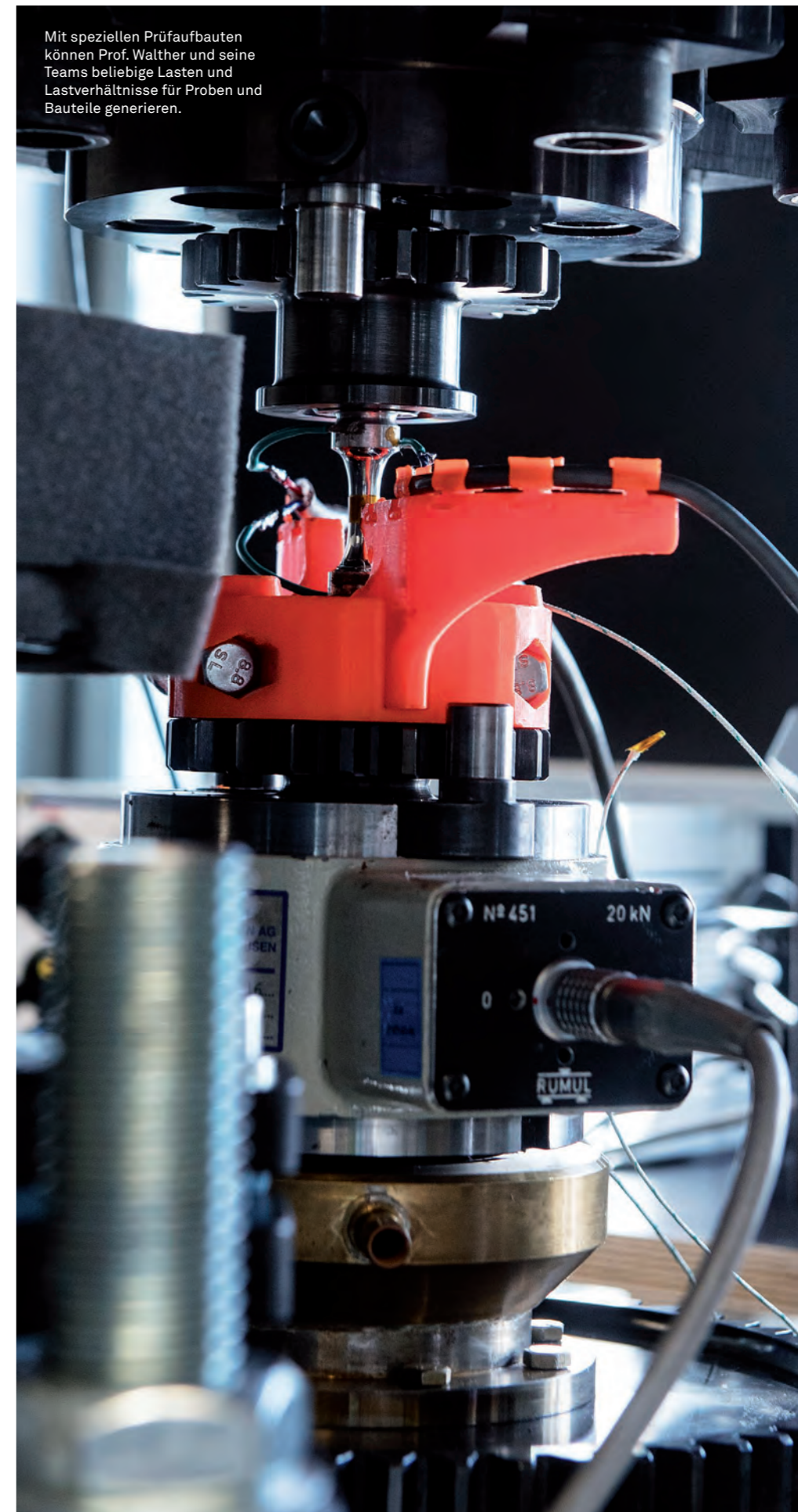
So stehen beispielsweise mit Stahl und Aluminium zwei Werkstoffklassen im Wettbewerb, der bislang keinen finalen „Sieger“ kennt. Die Karosserie des Spitzenmodells der Audi-Fahrzeugflot-

te, des Audi A8, wurde eine Zeit lang komplett aus Aluminium gefertigt. Damit wollte der Autobauer seinen Slogan „Vorsprung durch Technik“ untermauern. Doch setzte sich diese Bauweise weder bei Audi noch in der Branche durch; der aktuelle A8 wird längst wieder aus verschiedenen Metallen zusammengebaut.

Vier Forschungsgruppen beschäftigen sich bei Prof. Walther mit der (Weiter-)Entwicklung und Validierung von Werkstoffprüfstrategien und -verfahren. Auf dem Prüfstand stehen Stähle, Leichtmetalle, Verbundwerkstoffe sowie 3D-Druck beziehungsweise Additive Fertigung. Rund 30 wissenschaftliche und technische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, circa 25 studentische Hilfskräfte, Studierende, die ihre Bachelor- und Masterarbeiten anfertigen, sowie Gastwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler sind beim Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) tätig. Die geförderten Forschungsprojekte bilden ein weites Themenfeld aus der Automobil- und Bahntechnik, der Luft- und Raumfahrt, Biomedizintechnik, Energietechnik und Bauwesen ab.

Im Forschungsbereich Stähle kümmert sich das Team um Gruppenleiter Nikolaas Baak sowohl um etablierte wie auch neuentwickelte Stähle. Weltweit sind inzwischen rund 2.500 Stahlsorten mit einer Normzulassung auf dem Markt – von wetterfestem Baustahl für den Brückenbau über Einsatz- und Vergütungsstähle bis hin zu Stählen für sicherheitsrelevante Komponenten und Bauteile in Kraftwerken. Ein Thema sind auch Lötverbindungen aus nicht rostenden Chrom-Nickel-Stählen und Lote auf Basis von Gold und Nickel, die beim Bau von Abgaswärmetauschern eingesetzt werden. Das Ziel der Forschung liegt in der sicheren und wirtschaftlichen Anwendung von Stählen. Dabei berücksichtigen die Forscherinnen und Forscher auch den sparsamen Umgang mit dem Material – die Ressourceneffizienz – sowie die Sicherheit des Werkstoffs bei seiner Anwendung und Funktion.

„Der Fokus unserer Arbeit liegt darauf, zu charakterisieren und zu modellieren,



Mit speziellen Prüfaufbauten können Prof. Walther und seine Teams beliebige Lasten und Lastverhältnisse für Proben und Bauteile generieren.





Das Team der Werkstoffprüftechnik um Prof. Frank Walther.

wie ein Werkstoff sich im Alltag unter Betriebsbedingungen verhält. Dafür nutzen wir innovative, zeit- und kosteneffiziente Mess- und Prüfmethode sowie Modellierungs- und Simulationsansätze“, sagt Prof. Walther.

#### Prüfen bis zur Belastungsgrenze

Technologische Trends stellen dabei die Forscherinnen und Forscher vor neue Herausforderungen. So haben Motorenbauer den Einspritzdruck bei Dieselmotoren von wenigen Hundert auf inzwischen bis zu 2.500 bar gesteigert. Gleichzeitig haben die Motoren immer weniger Hubraum und auch weniger Zylinder – Fachleute sprechen vom Downsizing –, die Leistung je Liter Hubraum steigt also. Folglich muss die Schwingfestigkeit des Materials steigen, um eine Ermüdungsschädigung unter schwingender Last zu vermeiden. Bereits im Rahmen seiner Doktorarbeit beschäftigte sich Prof. Walther mit der Ermüdung von ICE-Radstählen und weiß um die Bedeutung dieses Forschungsbereichs. Ermüdung führt immer wieder zum Versagen des Materials und damit einhergehenden, folgenreichen Unfällen. Die Forschung am WPT, im Rahmen derer mittels neuester Prüfstände und -technologien Werkstoffe bis zum Zerreißen belastet werden, „kitzelt“ die letzten Reserven an Leistungsfähigkeit aus den Werkstoffen.

Im Bereich der Leichtmetalle und additiv gefertigten Leichtmetalle – besser bekannt als 3D-Druck oder Additive Fertigung – untersuchen zwei Teams von

Prof. Walther unter anderem Aluminium-, Magnesium- und Titanlegierungen. Der Einsatz der Technik macht auch vor dem Menschen nicht halt: „Im Bereich der Biomaterialien steht die Leistungsfähigkeit medizinischer Implantate im menschlichen Körper unter der mechanischen Belastung des Alltags auf dem Prüfstand“, sagt Jochen Tenkamp, Gruppenleiter „Additive Fertigung“. Im Sinne eines umweltfreundlichen Leichtbaus fahren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Simulationsversuche mit defektbehafteten Proben und Bauteilen, etwa aus dem 3D-Druck. „Damit nutzen wir Leistungsreserven optimal aus, schonen Ressourcen und sparen Energie“, berichtet Alexander Koch, Gruppenleiter „Leichtmetalle“. Ein Beispiel sind recycelte Aluminiumspäne, die – ohne sie vorher einzuschmelzen – direkt mit anderem Material zu neuen Strängen gepresst werden.

Der Forschungsbereich „Verbundwerkstoffe“ beschäftigt sich mit hochinnovativen Materialien. Mit Glas- oder Kohlenstofffasern verstärkte Kunststoffe sind längst bekannt. Doch inzwischen stehen bei Prof. Walther auch Werkstoffe auf dem Prüfstand, die auf Cellulose basieren: Das heißt, nachwachsende Rohstoffe wie Holz oder Baumwolle kommen bei diesen Werkstoffen zum Einsatz. Damit folgt die Wissenschaft dem Techniktrend, durch Leichtbau nicht nur die Energieeffizienz zu steigern, sondern auch Ressourcen nachhaltig zu nutzen. Geprüft werden vor allem mechanische, thermische und chemische Leistungsmerkmale, also die Abhängigkeit von der Last- und Dehnrates, Temperatur und Umgebungsfeuchte. „Auf dieser Grund-

lage kann ein Modell zur Lebensdauer des Materials erstellt werden – das ist für den Einsatz der Verbundwerkstoffe sehr wichtig“, sagt Gruppenleiterin Ronja Scholz.

#### Naturstoff werden neue Eigenschaften „antrainiert“

Ein Beispiel dafür ist Cottonid: Der Werkstoff ist ein abgewandelter Naturstoff, der aus maschinell hergestellten Papierbahnen gefertigt wird. Er basiert zu 100 Prozent auf dem nachhaltigen Biopolymer Cellulose. Durch eine chemische Modifizierung der Cellulose über einen Katalysator können dem Material Eigenschaften „antrainiert“ werden, die durchaus vergleichbar mit technischen Kunststoffen sind. Im Themenfeld der biomimetischen Architektur – einem Baustil, der natürlichen Vorbildern folgt – und der Baubionik – bei der die Natur Vorbild für die Bautechnik ist – erfahren Naturstoffe eine Renaissance im Bauingenieurwesen. Die Mikrostruktur von Cottonid wird inzwischen auf der Grundlage der Erkenntnisse, die bei den WPT-Tests gewonnen werden, so angepasst, dass dieser Werkstoff eigenschaftsoptimiert für den Leichtbau eingesetzt werden kann. So verfügt das Material über eine hohe mechanische Belastbarkeit sowie eine geringe Dichte und ist korrosions- und chemikalienbeständig.

Die Förderung der DFG für Prof. Walthers Forschung ist vielfältig: Seit 2017 ist das WPT-Team mit zwei Forschungsprojekten im von der TU Dortmund und der RWTH Aachen initiierten Sonderfor-

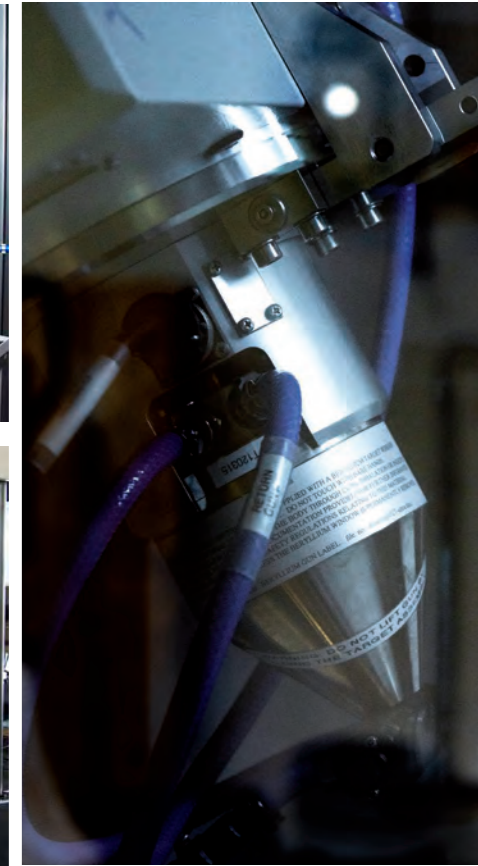
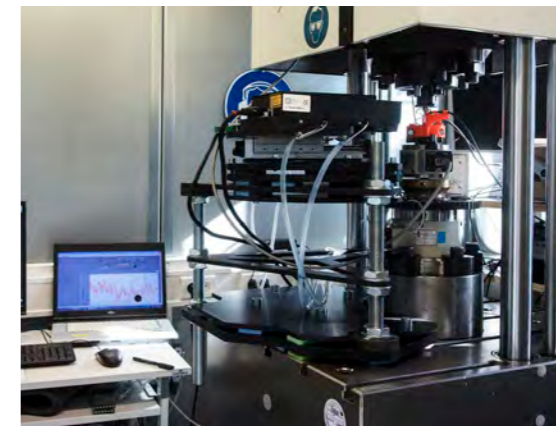
schungsbereich/Transregio (SFB/TRR) 188 zu „Schädigungskontrollierten Umformprozessen“ vertreten. In der ersten Förderperiode wurde im interdisziplinären Konsortium aus Umformtechnik, Materialwissenschaften und Werkstofftechnik sowie Mechanik ein grundlegendes Verständnis zu den Schädigungsmechanismen, die beim Umformen von Materialien wirken, gewonnen und erforscht, wie sich diese auf die Produkteigenschaften auswirken.

Zudem arbeitet das WPT mit vier Forschungsprojekten in den Schwerpunktprogrammen 2013 zur „Gezielten Nutzung umformtechnisch induzierter Eigenspannungen in metallischen Bauteilen“, 2086 zur „Oberflächenkonditionierung in der Zerspanung“, 2122 zu „Materialien für die Additive Fertigung“ und 2183 zu „Eigenschaftsgezielten Umformprozessen“. Mit diesen Forschungsansätzen würden die Voraussetzungen für die Entwicklung einer neuen Generation von maßgeschneiderten leistungsfähigen Produkten geschaffen, die während ihrer Nutzungsphase zuverlässig ihren Dienst versähen, erklärt Prof. Walther.

#### Spektakuläre Erfolge

Das WPT-Team um den Professor aus der Fakultät Maschinenbau und die beiden Oberingenieure Daniel Hülsbusch und Dr. Marina Knyazeva kann auf spektakuläre Erfolge zurückblicken, die in den Endprodukten „versteckt“ sind. Ein Beispiel liefert ein Vergleichstest eines Opel Kadett aus dem Jahr 1965 mit seinem Nach-Nachfolger Opel Astra, Baujahr 2020. Durch den Einsatz moderner Werkstoffsysteme, deren Eigenschaften auch durch die Arbeit der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik kontinuierlich verbessert wurden, schlägt der Astra 2020 das Urmodell in allen Kategorien: schneller, größer, sparsamer, besser ausgestattet, sicherer. Nur der Kofferraum des Kadetts ist größer – aber das war noch nie ein Thema für die Werkstoffprüftechnik.

Martin Rothenberg



Der Hochfrequenz-Resonanzpulsator (oben links) setzt metallische Werkstoffe einer Belastung im Bereich sehr großer Lebensdauern aus, wie sie für die Automobil- und Luftfahrt wichtig sind. Dadurch lässt sich das Ermüdungsverhalten der Werkstoffe in sehr kurzer Zeit untersuchen. Der Resonanzpulsator (unten links und vorherige Seite) prüft die Schwingfestigkeit von Werkstoffen. Im Computertomographiesystem (rechts) lassen sich tiefe Einblicke auch in innenliegende Strukturen von Werkstoffen und Bauteilen – mit und ohne Belastung – gewinnen.

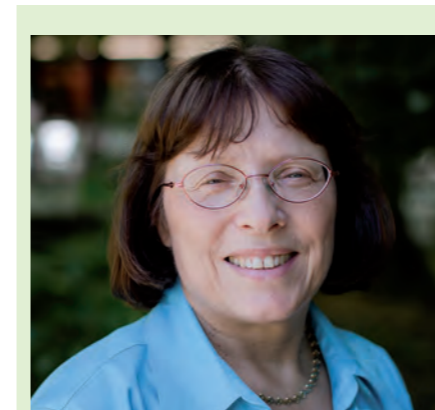
*„Forschungsgroßgeräte, Sonderforschungsbereiche/Transregios, Schwerpunktprogramme und Sachbeihilfen – die DFG hat die Forschung am WPT mit verschiedensten Programmen hervorragend gefördert. Für die Unterstützung sei der DFG sowie allen akademischen und industriellen Forschungspartnern, die mit dem WPT zur Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen im Rahmen exzellenter Initiativen und Verbünde kooperieren, herzlich gedankt.“*

Prof. Frank Walther



# Vergiss es, Computer!

Die steigende Datenflut macht die Suche nach digitalen Informationen immer aufwändiger. Muss denn wirklich alles für immer gespeichert werden und jederzeit abrufbar sein? Nein, sagt Gabriele Kern-Isberner, Professorin für Information Engineering an der Fakultät für Informatik. In einem DFG-Projekt arbeitet sie gemeinsam mit Kollegen der FernUniversität in Hagen und der Universität Freiburg daran, Computern das Vergessen beizubringen.



**Prof. Gabriele Kern-Isberner** ist seit 2004 Professorin für Information Engineering an der Fakultät für Informatik der TU Dortmund. Ihre Forschungsgruppe gehört zum Lehrstuhl Logik in der Informatik. Dieser widmet sich dem Gebiet der Wissensrepräsentation und -verarbeitung, einem Teilbereich der Künstlichen Intelligenz.

Kern-Isberner hat in Dortmund und Hagen Mathematik, Volkswirtschaftslehre und Informatik studiert. Ihr Diplom (1979) und ihre Promotion (1985) legte sie in Dortmund in Mathematik ab, nach einer Familienpause habilitierte sie in Hagen in Informatik (2000).

Kern-Isberner war viele Jahre lang gemeinsam mit Christoph Beierle Sprecherin der Fachgruppe „Wissensrepräsentation und Schließen“ der Gesellschaft für Informatik (GI). Sie hat aktuell den Vorsitz im Steering Committee des internationalen Fachgebiets „Nonmonotonic Reasoning“ und ist designierter Co-Chair des Programmkomitees der internationalen Konferenz „Knowledge Representation and Reasoning“ im Jahr 2022.

Vergessen ist menschlich – und tut uns gut. „Glücklich ist, wer vergisst!“, nannte Johann Strauß Ende des 19. Jahrhunderts ein Stück aus seiner Operette „Fledermaus“. Denn wenn wir alles, was wir je gelernt haben, ständig abrufen könnten, dann würden wir uns häufig auch an Veraltetes oder längst unwichtig Gewordenes erinnern – und uns damit ganz schön überfordern. Unser Gedächtnis hilft uns automatisch, indem es Erinnerungen kategorisiert und priorisiert: Was lange nicht abgerufen wurde, rutscht immer tiefer – und ist irgendwann verschwunden. Was uns schlechte Erfahrungen beschert hat, wird künftig ausgeblendet.

Computer kennen diese Vergesslichkeit nicht. Sie speichern unterschiedslos alles, womit man sie füttert. Big-Data-Experten arbeiten daran, die Datenflut handhabbar zu machen, damit die Stecknadeln im ständig wachsenden Datenhaufen bei Bedarf auch gefunden werden können. Es geht jedoch auch anders: Warum sollte, was sich für Menschen als sinnvolle kognitive Strategie erwiesen hat, nicht auch auf Computer übertragbar sein und in der Informatik Anwendung finden? Genau darum geht es in dem DFG-Projekt, das Prof. Gabriele Kern-Isberner zusammen mit ihren Fachkollegen Prof. Christoph Beierle von der FernUniversität in Hagen und apl. Prof. Marco Ragni, Kognitionswissenschaftler und Informatiker von der Universität Freiburg, verantwortet. Der Titel: „FADE – Intentionales Vergessen durch kognitiv-informatische Methoden der Priorisierung, Kompression und Kontraktion von Wissen“. FADE ist eines

von acht Projekten im DFG-Schwerpunktprogramm SPP 1921 „Intentional Forgetting in Organisations“. „Wir orientieren uns am Menschen, weil er erfolgreich vergessen kann. Er vergisst bewusst und unbewusst und mit verschiedenen Strategien – und da möchten wir ansetzen“, sagt Prof. Gabriele Kern-Isberner. „Beispielsweise abstrahieren und fokussieren wir ganz gezielt und blenden damit Dinge aus, die wir dann bewusst vergessen.“

Wichtig ist das intentionale, also das gezielte Vergessen von Daten vor allem für Unternehmen und andere Organisationen, in denen Menschen arbeiten. Je größer der gespeicherte Datenwust, desto größer auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Suche nach bestimmten Informationen Veraltetes oder Irrelevantes zutage fördert, welches dann der Mensch mühsam wieder herausfiltern muss. Arbeitsprozesse, Regeln und Standards in Unternehmen ändern sich schließlich, und auch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kommen und gehen. Umso wichtiger ist es, dass Software-Systeme die Mitarbeiter dabei unterstützen, den Überblick zu behalten und jederzeit die aktuell gültigen und relevanten Informationen liefern – und die anderen möglichst vergessen.

## Informatik trifft Psychologie

Aber wie bringt man Computern bei, menschliche Verhaltensweisen zu adaptieren? Schließlich haben die Menschen Rechner gerade deshalb entwickelt, um

## In Kürze

### Das Interesse

Computer speichern alles, womit man sie füttert. Software-Systeme könnten in Zukunft veraltete und irrelevante Informationen gezielt vergessen, um die Datenmenge übersichtlich zu halten.

### Die Kooperation

Für die Grundlagenforschung haben sich zwei Fachgebiete zusammengetan, deren Forschungsgrundlage der Mensch beziehungsweise der Computer ist und die beide im Bereich der Künstlichen Intelligenz arbeiten: Kognitive Psychologie und Informatik.





„Ich habe mich für das Wissen entschieden, denn ‚Wissen ist besser als Macht, und ohne Wissen ist Macht nichts‘: Dieses Motto hat mich schon als Mädchen fasziniert und war die beste Waffe in einer familiären Umgebung, in der Frauen dogmatisch als hoffnungslos unlogisch und irrational wahrgenommen wurden.“

Prof. Gabriele Kern-Isberner

die eigenen Schwächen auszugleichen, um eben nichts zu vergessen und blitzschnell große Datenmengen verarbeiten zu können.

Um Antworten darauf zu finden, taten sich zwei Fachgebiete zusammen, deren Forschungsgrundlage der Mensch beziehungsweise der Computer ist und die beide im Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI) arbeiten: Kognitive Psychologie und Informatik. Das Phänomen des Vergessens sollte von beiden Seiten analysiert werden. „Das war und ist eine richtige Herausforderung“, sagt Prof. Gabriele Kern-Isberner, die schon auf einige Erfahrung mit der Denk- und Arbeitsweise der Geisteswissenschaften zurückgreifen konnte: „Wir hatten am Lehrstuhl zuvor bereits jahrelang Kooperationen aus der Philosophie und der Psychologie, in einem anderen DFG-Schwerpunktprogramm über rationales Denken. Ein anderes Fach ist tatsächlich wie eine andere Welt mit einer anderen Sprache, die man erst einmal verstehen lernen muss. Aber es lohnt sich, beide Seiten profitieren von den neuen Impulsen.“

Kern-Isberners Sprache ist die Logik – und die Künstliche Intelligenz kennt und arbeitet mit vielen Logiken. Normalerweise werde sowohl in der Informatik

als auch in der Psychologie auf die klassische Logik geschult. Dort wird gelehrt, dass jeder Behauptungssatz entweder wahr oder falsch ist – aber nicht beides. Das ist eine wichtige Grundlage, reicht aber nicht. „Als wir das Schwerpunktprogramm Intentional Forgetting planten, brachte ich einen logischen Aspekt in die Diskussion: Es würde im Falle von Computern nichts bringen, nur die Information, die vergessen werden soll, zu entfernen“, sagt die Informatikerin. „Durch die (logische) Verknüpfung mit anderen, noch vorhandenen Daten könnte diese nun fehlende Information immer wieder rekapituliert werden.“

Das ITMC als Kooperationspartner vor Ort

Eine andere schwierige Frage im Projekt dreht sich darum, die Auswirkungen des Vergessens zu berücksichtigen sowie Entscheidungsgrundlagen dafür zu haben, was vergessen werden darf und was nicht. „Diese Frage wird in vielen Unternehmen der Sachbearbeitung überlassen, die mit dem jeweiligen Thema befasst ist – und die ist am Ende dann auch verantwortlich, wenn etwas schiefgeht. Das ist ein Dilemma aus der Organisationspsychologie, und

da versuchen wir, logische Betrachtungen gemeinsam mit Bewertungsinformationen und Orientierungsstrategien einzubringen“, sagt Kern-Isberner. Ähnlich wie der Mensch vergisst, was er lange nicht gebraucht hat, soll auch das Computersystem eine modellierte Vergessensfunktion erhalten. Informationen, die Nutzerinnen und Nutzer lange Zeit nicht mehr als hilfreich bewertet oder nicht mehr abgerufen haben, sollen, wenn sie einen bestimmten Schwellenwert erreicht haben, schließlich verschwinden. Der komplexe kognitive Prozess beim Menschen soll für den Computer in formale Vergessensoperatoren übersetzt werden, also durch formale Methoden der Künstlichen Intelligenz und kognitive Modelle beschrieben werden.

Um an einem konkreten Beispiel forschen zu können, suchten die Projektpartner nach einer Organisation, die sie beispielhaft untersuchen konnten und wurden vor Ort fündig: Kooperationspartner wurde das IT und Medien Centrum der TU Dortmund (ITMC). Das ITMC stellt beispielsweise das IT-Helpdesk der TU Dortmund zur Verfügung, das Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Studierenden hilft, die Probleme mit ihren Rechnern oder Systemen haben. Viele Fragen, die dort per Mail oder über die Hotline eingehen, ähneln einander, und das gilt auch für die Lösungen. Das ITMC erwies sich als perfekter Partner: „IT-Abteilungen haben schon eine halb-formale Sprache, Prozesse zu beschreiben. Das ist ein guter Ausgangspunkt“, so Kern-Isberner.

Nach einer Textanalyse kategorisierten die Forscherinnen und Forscher jene Elemente, die sich bei vergangenen Beantwortungen als hilfreich erwiesen hatten. „Musterlösungen“ kann es dabei immer nur für eine begrenzte Zeit geben – in einem dynamischen und autonomen Prozess muss das System erkennen, welche Informationen offenbar veraltet sind und nicht mehr für die Beantwortung herangezogen werden sollen, etwa, weil es inzwischen ein Software-Update gab oder Verträge ausgelaufen sind. „Damit das System veraltete Informationen nicht doch



noch findet, weil es sie sich aus anderen Daten erschließen kann, müssen wir diese Ableitungsschritte unterbrechen. Wir nehmen einen Teil der Ableitungskette heraus, nur dann wird die Information wirklich vergessen. Vergessen ist aber auch wichtig, um Vertraulichkeit zu schützen, daher achten wir beim Vergessen darauf, dass vertrauliche Informationen nicht anderweitig abgeleitet werden können“, sagt Prof. Gabriele Kern-Isberner.

Prototyp ist in Entwicklung

Langfristig sollte dieser Prozess, wenn er dann tatsächlich in Unternehmen und Organisationen eingesetzt wird, zumindest halbautomatisch funktionieren. „Unser Ziel ist ein entscheidungsunterstützendes System. Der Mensch hat immer die Möglichkeit, in den Prozess einzugreifen. Aber wir wollen den Nutzer oder die Nutzerin auch nicht mit vielen langweiligen Entscheidungen nerven. Standardentscheidungen soll die Maschine treffen, der Mensch wirklich nur wichtige Entscheidungen.“ Ein Software-Prototyp, der für akademische Zwecke genutzt werden kann, ist in der Entwicklung.

Während das menschliche Lernen zu den gut erforschten Themenfeldern der Psychologie gehört, ist das absichtliche Vergessen eher noch eher unbekanntes Terrain. „Wir sind unter den ersten, die sich daran gemacht haben, verschiedenen Arten des Vergessens formalisiert zu beschreiben. Wir haben mindestens zehn verschiedene Arten identifiziert“, sagt Kern-Isberner, „es ist wirklich überraschend, wie nuancenreich das Vergessen ist.“

Überraschend ist für die Fachwelt wohl auch der positive Blick, mit dem ein gemeinhin negativ konnotierter Vorgang nun wissenschaftlich betrachtet wird. Dabei wusste es Johann Strauß doch schon vor mehr als 100 Jahren: Glücklicherweise ist, wer vergisst!

Katrin Pinetzki



The background features a central, bright yellow circle surrounded by a soft red glow. Overlaid on this are several thin, curved red lines that create a sense of motion and depth, resembling a stylized eye or a complex particle structure.

# Großer Lauschangriff auf kleinste Teilchen

Privatdozent Dr. Alex Greilich von der Fakultät Physik taucht Elektronen in  
Bäder und analysiert das Rauschen ihrer Spins.



Wer das Rauschen im Wald hören will, benötigt nicht mehr als gute Ohren und einen Sinn für die Natur. Den hat auch Privatdozent Dr. Alex Greilich. Das Rauschen, dem er auf der Spur ist, kann man jedoch nicht hören. Der Wissenschaftler der TU Dortmund beschäftigt sich mit Spins, den Eigendrehimpulsen von Elektronen, in maßgeschneiderten Halbleitern. Man kann sich einen Spin vereinfacht als winzigen Magneten vorstellen, der durch die Wechselwirkung mit seiner Umgebung ständig und sprunghaft seine Richtung ändert. Diese Fluktuation nennt man in der Physik „Rauschen“.

Spins haben ein großes Potenzial als Informationsträger. Gelänge es, geeignete Spin-Systeme zu identifizieren und nutzbar zu machen, wäre dies zum Beispiel ein wichtiger Schritt für die Entwicklung von Quantenbits – neuartigen Bauelementen von Quantencomputern, deren Leistung um ein Vielfaches höher wäre als die herkömmlicher Rechner. Das Problem: Noch versteht man zu wenig über die Wechselwirkungen zwischen den Spins. Wieso kann eine Quanteninformation verschwinden? Wohin geht sie und wie lange dauert dieser Prozess? Welche Materialien eignen sich für nutzbare Spin-Systeme? Das sind Fragen, mit denen sich der Privatdozent für Experimentelle Physik an der TU Dortmund mit Hilfe der Spinrausch-Spektroskopie beschäftigt.

#### Dortmund als Knotenpunkt

Das Forschungsprojekt von Alex Greilich gehört zum Transregio-Sonderforschungsbereich (SFB/TRR) 160 „Kohärente Manipulation wechselwirkender Spin-Anregungen in maßgeschneiderten Halbleitern“, der unter anderem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) mit rund acht Millionen Euro gefördert wird. Sprecher des deutsch-russischen SFB ist der Dortmunder Physikprofessor und zukünftige TU-Rektor Manfred Bayer.

Die Perspektive, quantenmechanische Eigenschaften der Materie im Detail



**Dr. Alex Greilich**, geboren 1979 in Tscheljabinsk (Russland), ist seit 2016 Privatdozent für Experimentelle Physik an der Fakultät Physik der Technischen Universität Dortmund. Nach Studium und Promotion an der TU Dortmund führten ihn Forschungsaufenthalte in die USA ans Naval Research Laboratory in Washington, D.C. sowie ans National High Magnetic Field Laboratory in Los Alamos (New Mexico). Der Physiker wurde mit zahlreichen Preisen ausgezeichnet, unter anderem dem Dissertationspreis der TU Dortmund, dem Walter-Schottky-Preis für Festkörperforschung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und dem Karl-Arnold-Preis der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und der Künste. Seine Forschungsschwerpunkte an der TU Dortmund sind zeitaufgelöste kohärente Spin-Phänomene, niederdimensionale Halbleiterstrukturen und die Spinrausch-Spektroskopie.

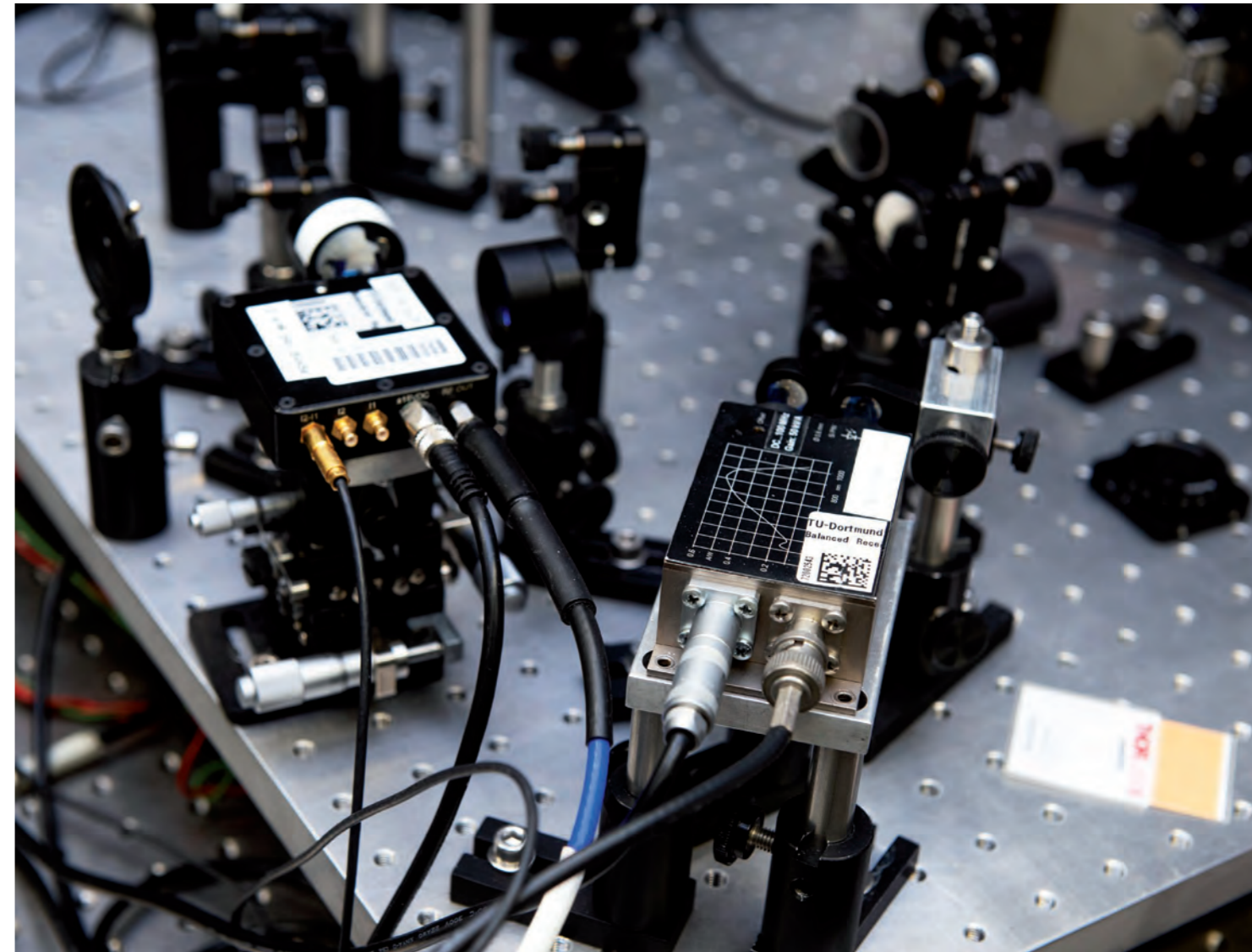
## In Kürze

### Der Forschungsstand

Spins – die Eigendrehimpulse von Elektronen – haben ein großes Potenzial als Informationsträger für zukünftige Quantencomputer. Doch noch versteht man zu wenig über die Wechselwirkungen zwischen den Spins.

### Das Ziel

Dr. Alex Greilich untersucht, wie ein Elektronen-Spin in einem Halbleiterkristall mit anderen Kristallgitteratomen interagiert, die ebenfalls einen Spin besitzen. Mit dieser Methode will er herausfinden, welche Materialien gut dafür geeignet sind, Quanteninformationen zu übertragen.



Der Winkel, um den sich die Polarisation des Laserstrahls dreht, wird mit sogenannten balancierten Foto-Dioden gemessen. Davon gibt es verschiedene Modelle: Die Diode vorne rechts ist sensitiver, aber dafür langsamer und deckt einen kleineren Frequenzbereich ab (bis 100 Megahertz). Die linke Diode kann schnellere Messungen in einem breiteren Frequenzspektrum vornehmen, ist dafür aber weniger sensitiv (bis 1000 Megahertz).

zu verstehen und informationstechnologisch nutzbar zu machen, fasziniert Alex Greilich seit vielen Jahren: „Das Thema begleitet mich seit der Postdoc-Zeit und hat mich seither nicht wieder losgelassen“, erzählt der Physiker. Es gibt nicht sehr viele Forschungsgruppen, die die Methode der Spinrausch-Spektroskopie ausnutzen. Deswegen sei sie noch nicht so stark entwickelt. „Auch das hat mich gereizt“, sagt der Wissenschaftler. Für ihn ist die TU Dort-

mund ein guter Ort für diese Forschung, insbesondere aufgrund der intensiven, teilweise über Jahre bestehenden Verbindungen zu Experten und Expertinnen anderer Universitäten und Institute. Alex Greilich: „Ich war selbst als Gastwissenschaftler in Los Alamos, einem der führenden Zentren der Forschung zu Spinrauschen. Wir stehen in enger Verbindung zu den Arbeitsgruppen in St. Petersburg, wo die Methode vor Jahren entwickelt wurde. Dortmund ist auf

diese Weise zu einem Knotenpunkt in einem Forschungsnetzwerk geworden.“

#### Messung mit dem Laserpointer

Wie funktioniert ein Lauschangriff auf Elektronen und ihre Spins, die man weder hören noch sehen kann? Alex Greilich veranschaulicht die Vorgänge auf atomarer Ebene zunächst durch einen



„Der SFB/TRR 160 ist der erste deutsch-russische Transregio: Hier arbeiten die TU Dortmund, die St. Petersburg State University und das Ioffe Institute in St. Petersburg zusammen. Die DFG fördert damit Forschung und wissenschaftlichen Austausch über nationale Grenzen hinweg.“

Dr. Alex Greulich

Vergleich mit der Akustik: „Man kann sich das Spinrauschen wie viele, durcheinandergeratene Sinuskurven vorstellen. Sie kommen zustande durch die sprunghaften Veränderungen des Spins. Durch die Wechselwirkung mit der Umgebung kann der Spin in einem Moment in eine Richtung und im nächsten in die andere zeigen. Wie bei Geräuschen stecken sehr viele verschiedene Sequenzen im Rauschen. Wir analysieren sie, um herauszufinden, wie das System mit der Umgebung wechselwirkt.“

In der Praxis sieht das so aus: Kernstück der Versuchsanordnung ist ein rund fünf mal fünf Millimeter kleiner Halbleiter-Kristall, zum Beispiel Galliumarsenid, mit einer speziellen Gitterstruktur. Durch diese Probe schickt man einen Laserstrahl, der, vereinfacht gesagt, mit den Elektronen in eine Wechselwirkung tritt. So kann sich der Laser an die Elektronen ankoppeln und ihre magnetischen Momente, also die Spins, ablesen. Am anderen Ende werden die Messdaten mit einem speziellen Gerät aufgezeichnet und sichtbar gemacht. Alex Greulich: „Dabei entstehen große Datenmengen, die mit Hilfe bestimmter mathematischer Verfahren bearbeitet und gemittelt ausgegeben werden. So werden bestimmte Muster

sichtbar, die die Form eines Peaks haben. Aus der Breite dieser Peaks können wir dann zum Beispiel sagen, wie lang das Spin lebt, wie eine Anregung aus einem System verschwindet und wo die Energie hingehet.“ Durch diese Art der Messung wird das System kaum gestört, man kann es im Grundzustand studieren und so an Informationen gelangen, die durch andere Methoden nicht zugänglich sind.

#### Schwimmen im Kernbad

Das Besondere an der Dortmunder Forschung ist die Kopplung des Rauschens an sogenannte Bäder. Dr. Alex Greulich untersucht, wie ein Elektronenspin in einem Halbleiterkristall mit anderen Kristallgitter-Atomen interagiert, die ebenfalls einen Spin besitzen. Der TU-Wissenschaftler erklärt das Vorgehen: „Konkret platzieren wir ein einzelnes Elektron in einer kleinen Halbleiterbox und setzen diese wiederum in ein Halbleiterkristall, das aus anderen Atomen besteht. Auch diese haben Kernspins, das heißt, sie rauschen ebenfalls. In einem solchen Kernbad können wir die unterschiedlichen Wechselwirkungen beobachten und analysieren.“

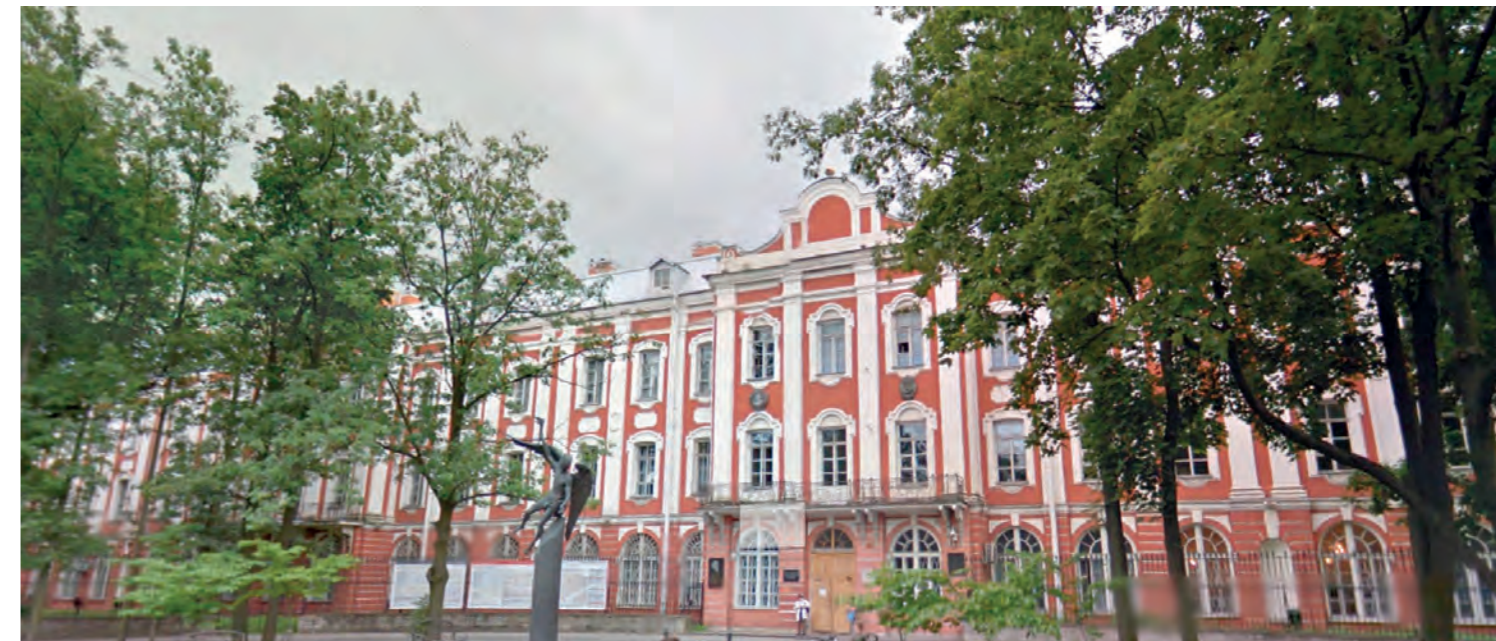
Das alles dient dazu, die spezifischen Eigenschaften und Zustände der Quanteninformation besser zu verstehen. „Wir wollen wissen, wie lange die Information, die in einem Elektronenspin gespeichert ist, überlebt. Und wir wollen verstehen, warum bestimmte Atome unseren Quantenzustand stören, welche Mechanismen dahinterstecken. Unser Ziel ist es, die Quanteninformation langlebig zu machen. Sie muss lange da sein, damit wir überhaupt mit ihr operieren können.“

#### Grundlagen für Quantencomputer

Wenn das gelingt, könnte die Grundlagenforschung aus Dortmund wichtige Bausteine für die Entwicklung leistungsstarker Quantencomputer liefern. Herkömmliche Rechner nutzen ausschließlich die elektrische Ladung von Elektronen als Bausteine. Die Nutzung des Spins, jener zusätzlichen, bislang brachliegenden Information, könnte Schaltgeschwindigkeit und Speicherkapazität um ein Vielfaches erhöhen. „Der Elektronenspin ist ein vielversprechendes System für einen solchen Superrechner“, sagt Greulich. „Wir bauen hier natürlich keine Computer, aber wenn wir die grundlegenden Mechanismen der Spin-Systeme verstehen und herausbekommen, welche Materialien für Quanteninformationen gut geeignet sind, dann sind wir näher dran an der Entwicklung des Geräts.“

Die Kernbäder, in die Alex Greulich seine Elektronen bisher getaucht hat, haben schon manche Erkenntnis zu Tage gebracht: „Wir wissen jetzt besser als zuvor, warum Atomkerne in der Wechselwirkung einen schlechten Einfluss auf die Lebensdauer des Elektrons und seines Spins haben. Es gibt bestimmte interne Prozesse in diesem Kernbad, die wir nun verstehen. Das ist die Grundlage dafür, Systeme zu finden, die besser funktionieren im Sinne einer längeren Kohärenzzeit.“

Schon früh im Verlauf des Forschungsprojektes haben der Dortmunder Physiker und sein Team einige neue, vielver-



Im Rahmen des von der DFG geförderten SFB/TRR 160 arbeitet Dr. Greulich mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Universität St. Petersburg...



...sowie des Ioffe-Instituts in St. Petersburg zusammen. Das Ioffe-Institut ist der Russischen Akademie der Wissenschaften zugeordnet.

sprechende Materialien entdeckt – ein Ziel, das eigentlich erst zum Ende des Projektes im Jahr 2022 anvisiert war. „Wir haben mit Seltenen Erden experimentiert. Diese Materialien haben eine viel längere Kohärenzzeit und sind deshalb interessant für Quanteninformationen. Wir haben einen Weg gefunden, wie man mit der Spinrausch-Spektroskopie auch an diese Materialien rankommt und konnten so ein neues Umfeld schaffen, um die Methodik an-

zuwenden und noch mehr über das System zu lernen“, erklärt der Physiker.

Sein Wunsch wäre es, die Spinrausch-Spektroskopie einmal bei biologischen Systemen auszuprobieren. Alex Greulich: „Das könnte einen wirklichen Nutzen bringen.“ Bei einem MRT friert man die Proben normalerweise ein, so dass sich nichts mehr bewegt, oder man legt sehr starke Magnetfelder an, um eine bessere Raumaufklärung zu erhalten.

Mit der Spinrausch-Methode wäre es nicht notwendig, die Proben auf diese Art zu zerstören, und man könnte stattdessen die laufenden Prozesse betrachten. „Spannend und vorstellbar wäre etwa die Untersuchung der Signalübertragung in Neuronen. Aber das ist noch Zukunftsmusik.“

Christiane Spänhoff



# Der letzte Schliff

Das TU-Start-up [Tool]Prep entwickelt Verfahren, um Industrie-Werkzeuge besser und günstiger zu bearbeiten



Timo Bathe (links) und Alexander Ott sind die Geschäftsführer von [Tool]Prep.

Eigentlich sollte es für Dipl.-Ing. Timo Bathe (34) und Alexander Ott M.Sc. (31) im März 2020 so richtig losgehen: Die [Tool]Prep UG war gegründet, alles für die „GrindTec 2020“, die weltweit führende Messe für Schleiftechnik in Augsburg, vorbereitet. Dort wollten die beiden der versammelten Branche ihr neues Verfahren präsentieren. Doch dann kam der Lockdown aufgrund der Corona-Pandemie.

Maschinenbauingenieur Timo Bathe, der kurz vor dem Abschluss seiner Promotion steht, und Wirtschaftsingenieur Alexander Ott sehen die Verzögerung aber gelassen. Beide sind weiterhin als wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Spanende Fertigung (ISF) an der

TU Dortmund beschäftigt und sind sich sicher, dass sich ihre Erfindung so oder so bei ihren Kunden durchsetzen wird.

Denn das Team hat ein neues Verfahren entwickelt, das bei der Werkzeugherstellung Zeit und Kosten spart und oft auch bessere Ergebnisse als herkömmliche Methoden bietet. Mit der [Tool]Prep Innovation lassen sich rotationssymmetrische Zerspanungswerkzeuge, wie bestimmte Bohrer, besser an der Schneidkante verrunden – ein wichtiger Schritt bei der Fertigung dieser Werkzeuge. „Man muss sich das so vorstellen wie bei einem Bleistift, den man anspricht“, erklärt Alexander Ott. Die Spitze vorne wird sehr dünn und bricht bei der ersten Benutzung unkontrolliert ab. Bei

der Herstellung eines Bohrers wäre das genauso – deshalb werden diese vor der ersten Nutzung verrundet.“

Bei dem neuen [Tool]Prep-Verfahren geht das mit Hilfe eines speziellen Schleifkörpers, in den der Bohrer mit einer spezifischen Geschwindigkeit und Tiefe hineingebohrt wird. Dies kann auch direkt an der Fertigungsmaschine selbst durchgeführt werden. Das ist günstiger und einfacher als bisherige Verfahren – und ist damit für Unternehmen eine spannende Alternative zu herkömmlichen Methoden.

Auf die Idee und das Produkt kam Erfinder Timo Bathe durch Zufall bei einem Drittmittelprojekt vor einigen Jahren. 2019 reichte die TU Dortmund das Patent für das Verfahren ein. Ende 2019 kam dann Alexander Ott als Teammitglied hinzu.

Die Gründer kannten sich schon durch ihre bisherige Tätigkeit beim ISF. Dadurch haben beide auch schon langjährige Erfahrungen mit der Branche und Kontakt zu potenziellen Kunden.

## Unterstützung durch StartUP.Innolab

Trotzdem nutzten die Jungunternehmer gerne die Möglichkeit, als eines von nur zwölf vielversprechenden Teams beim „StartUP.InnoLab – Westfälisches Ruhrgebiet“ dabei zu sein. Die Initiative verschiedener Partner der Region wird vom Centrum für Entrepreneurship & Transfer (CET) an der TU Dortmund koordiniert und unterstützt Gründerinnen und Gründer dabei, ihr Vorhaben intensiv zu prüfen und maßgeblich weiterzuentwickeln. Bei der Initiative können sich Teams diverser Branchen durch unterschiedliche Themenbausteine weiterbilden, Unterstützung zum Bei-



[Tool]Prep bietet ein günstiges und einfaches Verfahren, Zerspanungswerkzeuge für ihren Einsatz vorzubereiten.



spiel in rechtlichen Fragen oder bei der Unternehmensfinanzierung erhalten und bekommen erfahrene Mentoren zur Seite gestellt.

„Uns hat das sehr geholfen. Vor allem die juristische Beratung zum Gesellschaftervertrag war sehr hilfreich“, berichtet Bathe. „Außerdem haben wir mit Detlev Höhner von Murtfeldt Kunststoffe GmbH und Hasan Cant von der Grip GmbH Top-Mentoren bekommen. Beide führen erfolgreiche Industrieunternehmen und haben natürlich wertvolle Tipps parat.“

Nützlich fand das Team auch, dass es sich noch einmal intensiv mit dem eigenen Start-up auseinandersetzen musste und verschiedene neue Sichtweisen durch die anderen Teams kennenlernen konnte. Insgesamt hat die Teilnahme beide Gründer weiter bestärkt, den Schritt in die Selbständigkeit zu wagen. Außerdem haben die Ingenieure persönliche Gründe. Denn beide sind inzwischen mit ihren Familien in der Region fest verwurzelt. „Wir haben ein tolles

Produkt, viel Spaß bei der Arbeit und die Aussicht, von Dortmund aus unseren Lebensunterhalt zu verdienen – das motiviert uns“, meint Bathe.

Dabei ist die Erfindung von [Tool]Prep für das Team ein Türöffner für weitere Ideen. „Wir wollen Problemlöser für unsere Industriekunden sein, darin haben wir durch unsere bisherige Arbeit schon sehr viel Erfahrung“, erklärt Ott.

Aber jetzt geht es erstmal darum, das neue Verrundungsverfahren für rotationssymmetrische Zerspanungswerkzeuge zu etablieren und zu verkaufen. Timo Bathe und Alexander Ott trotzten den Corona-Einschränkungen im Moment noch mit viel Online-Marketing und Web-Seminaren. Einige potenzielle Kunden haben sie schon. Und die wichtige Fachmesse „GrindTec 2020“ soll im November ganz real stattfinden – und dann kann endlich die ganze Fachwelt vom neuen wegweisenden Präparationsverfahren vom Dortmunder Start-up [Tool]Prep erfahren.

Claudia Pejas

## Hier schlägt das Gründerherz

Die TU Dortmund fördert Unternehmensgründungen und den Transfer aus der Wissenschaft. Anfang 2019 wurde sie als „Exzellenz Start-up Center“ ausgezeichnet: Über fünf Jahre erhält die TU Dortmund rund 14 Millionen Euro vom Land NRW, um die Anzahl und Qualität innovativer Ausgründungen weiter zu steigern. Schon seit 2017 werden alle Gründungs- und Transferaktivitäten im Centrum für Entrepreneurship & Transfer (CET) gebündelt. Ende 2017 wurde außerdem die TU concept GmbH gegründet, mit der sich die TU Dortmund an innovativen Start-up-Unternehmen beteiligen kann. Die Gründungsinitiative „tu>startup“ wurde bereits 2011 vom Förderprogramm „EXIST-Gründungskultur“ ausgezeichnet.

[www.cet.tu-dortmund.de](http://www.cet.tu-dortmund.de)





Planet Kepler-452b: Könnte es dort Spuren von Leben geben?

## Ist da draußen jemand?

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler versuchen herauszufinden, ob es im Weltall Leben geben könnte

**H**ast du schon mal nachts in den Himmel geschaut und dich gefragt, ob Außerirdische existieren? Es gibt viele Forscherinnen und Forscher, die nach Leben im Weltraum suchen. Das ist allerdings gar nicht einfach. Dafür müssen drei wichtige Fragen beantwortet werden: Gibt es überhaupt Planeten außerhalb unseres Sonnensystems? Wenn ja, stimmt dort die Temperatur? Und haben sie eine passende Atmosphäre?

Tagsüber können wir am Himmel nur einen Stern sehen: unsere Sonne. Am Nachthimmel können wir hingegen viele tausend Sterne erkennen. Aber ob um sie auch Planeten kreisen, wusste man ganz lange nicht. Erst 1995, vor 25 Jahren, wurde der erste Planet außerhalb unseres Sonnensystems entdeckt. Ganz schön spät! Zum Vergleich: Die Mondlandung ist 51 Jahre her. Wieso hat die Planetensuche eigentlich so lange gedauert?

Zuerst einmal ist das Weltall unfassbar groß. Unser nächster kosmischer Nachbar, der Stern Proxima Centauri, ist rund vier Lichtjahre entfernt. Ein Lichtjahr ist die Strecke, die Licht in einem Jahr zurücklegt. Licht reist mit einer Geschwindigkeit von 300.000 Kilometern pro Sekunde. Vier Lichtjahre machen ungefähr 40 Billionen Kilometer aus. Puh! Es hat ein bisschen gedauert, bis man so gute Teleskope bauen konnte, die diese Lichtwellen wahrnehmen können.

Der zweite Grund ist, dass sich ein Planet immer in der Nähe eines Sterns befindet. Und dieser Stern ist so viel heller als der Planet, dass das Licht des Sterns den Planeten einfach überstrahlt. Es ist im Prinzip also unmöglich, Planeten direkt zu „sehen“.

Man muss Planeten also indirekt nachweisen. Und das geht so: Ein Planet und sein Stern kreisen um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Der Stern „wackelt“

aufgrund der Anziehungskraft seines Planeten also ein bisschen hin und her. Weil Planeten aber im Vergleich zu einem Stern meistens winzig und leicht sind, ist diese Sternenbewegung ganz klein. Deswegen kann man sie noch gar nicht so lange messen. Die ersten, die das geschafft haben, waren 1995 die Schweizer Astronomen Didier Queloz und Michel Mayor. 2019 haben sie dafür den Nobelpreis für Physik gewonnen.

### Schon 6000 Planeten entdeckt

Mittlerweile gibt es noch eine weitere Methode, um Planeten nachzuweisen: Wenn sich ein Planet auf seiner Laufbahn zwischen unsere Teleskope und den Stern, den er umkreist, schiebt, dann schirmt er einen ganz kleinen Teil des Sternenlichts ab. Die Helligkeit des Sterns schwankt also minimal. Wenn diese Schwankung in regelmäßigen

Zeiträumen vorkommt, ist das ein Beweis für einen Planeten. Mittlerweile haben Forscherinnen und Forscher mit den beiden Methoden schon fast 6000 Planeten außerhalb unseres Sonnensystems entdeckt.

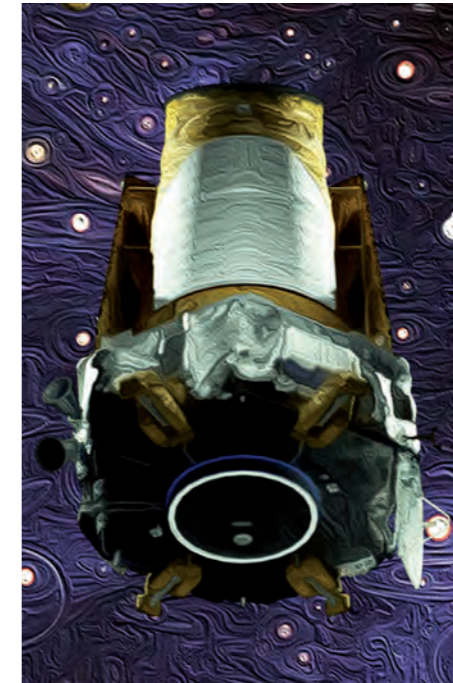
Die zweite wichtige Voraussetzung für Leben im Weltall ist Wasser. Warum ist das so? Alle Lebewesen und Pflanzen basieren auf Kohlenstoff. Nur dieses Element lässt die chemische Vielfalt zu, die zum Leben benötigt wird. Die Kohlenstoffchemie kann jedoch nur in einer wässrigen Lösung stattfinden, und dafür braucht es flüssiges Wasser. Deswegen müssen die Planeten den richtigen Abstand zum Stern haben, damit es dort nicht zu heiß und nicht zu kalt ist – denn das Wasser darf weder verdampfen noch gefrieren. Diese Zone wird „habitable Zone“ genannt.

Das Kepler-Weltraumteleskop, das von 2009 bis 2018 nach Planeten in der habitablen Zone suchte, hat einen Planeten gefunden, der der Erde sehr ähnlich ist. Er heißt Kepler-452b, ist 1,6 mal so groß wie die Erde und sein Jahr dauert 385 Tage – nur wenig länger als bei uns.

### Die richtige Atmosphäre ist wichtig

Als Letztes müsste man noch wissen, ob es um den Planeten herum auch eine Atmosphäre gibt wie auf der Erde. In unserem Sonnensystem befinden sich der Mars und die Venus auch in der habitablen Zone, aber aufgrund der chemischen Zusammensetzung ihrer Atmosphäre kann dort kein Leben entstehen. Das Hubble Weltraumteleskop konnte 2001 erstmals eine Atmosphäre bei einem Planeten nachweisen. Wie geht das?

Atmosphären absorbieren bestimmte Wellenlängen des Lichts. Wenn im Licht, das von dem Stern aus an einem



Das Weltraumteleskop „Kepler“ suchte von 2009 bis 2018 nach erdähnlichen Planeten.

Planet entlangreist, bestimmte Wellenlängen fehlen, kann man dadurch herausfinden, welche Elemente sich in der Atmosphäre des Planeten befinden. Diese Methode funktioniert aktuell nur bei sehr großen Planeten, die sich sehr dicht an ihrem Stern befinden – und damit nicht in der habitablen Zone sind. Deswegen weiß man noch nicht, ob Kepler-452b eine Atmosphäre hat. Erst mit noch besseren Teleskopen werden Forscherinnen und Forscher auch die kleinen Planeten auf diese Art und Weise untersuchen können. Wenn wir dann einen Planeten finden, der sich in der habitablen Zone befindet und in der man eine bestimmte Zusammensetzung der Atmosphäre entdeckt – Sauerstoff, ein bisschen Kohlenstoffdioxid, Methan, also Gase, die nur einer biologischen Aktivität entspringen können – dann wird man verkünden können, dass man Leben im Universum gefunden hat. Und davon ist die Forschung gar nicht mehr weit entfernt.

### DLR\_School\_Lab

Raus aus der Schule – rein ins Labor! Die DLR\_School\_Labs bieten Kindern und Jugendlichen die Gelegenheit, die Welt der Forschung selbst zu entdecken. Seit 2008 hat auch die TU Dortmund ein Schülerlabor, das Themen wie „Chaos im Sonnensystem“, „Robotik und virtuelle Welten“ oder „Erneuerbare Energien“ behandelt. Wegen der Corona-Pandemie sind die DLR\_School\_Labs auf digitale Formate umgestiegen, von Apps über Mitmachexperimente bis hin zu Filmbeiträgen – wie dem von Prof. Metin Tolan zu Raketenantrieben und Planeten.

[www.tu-dortmund.de/dlr-school-lab](http://www.tu-dortmund.de/dlr-school-lab)

### Das Problem mit der Zeit

Der amerikanische Physiker Frank Drake hat 1961 eine Formel erstellt, die schätzt, wie viele intelligente Zivilisationen es in unserer Galaxie geben könnte. Das Ergebnis: 500.000 – und das nur in der Milchstraße! Dabei gibt es im Universum wahrscheinlich rund eine Billion Galaxien.

Wenn es aber so viel intelligentes Leben geben müsste, wieso haben wir noch keine Spuren davon gefunden? Drehen wir den Spieß einmal um: Wir Menschen hinterlassen im Weltraum erst seit rund 100 Jahren Signale, die uns eindeutig als intelligente Lebensform ausweisen, und zwar elektromagnetische Wellen aus Radio und Fernsehen. Die breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus. Das bedeutet, dass unsere Existenz bislang nur in 100 Lichtjahren Entfernung gemessen werden könnte. Für den ganzen Rest der Galaxie sind wir unsichtbar. Andersherum gilt dasselbe Prinzip.

Nehmen wir unseren „Erdzwilling“ Kepler-452b. Der Planet ist 1,5 Milliarden Jahre älter als die Erde. Vielleicht gab es dort vor 100 Millionen Jahren ja intelligentes Leben. Aber damals bevölkerten Dinosaurier die Erde, die die Signale nicht hätten empfangen können.

Oder vielleicht gibt es jetzt gerade intelligentes Leben auf einem anderen Planeten. Der könnte aber so weit weg sein, dass uns die Signale erst in tausenden von Jahren erreichen würden. Wenn man also die zeitliche Komponente mit einbezieht, dann ist es ganz schön unwahrscheinlich, dass wir Spuren einer technischen Zivilisation in der Milchstraße finden.



# Neue Professorinnen und Professoren



## Johannes Albrecht

### Professur:

Experimentelle Flavourphysik,  
zum 1. April 2020

### Fakultät:

Physik

### Studium und Promotion:

- Studium der Physik an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg mit Auslandssemester in Sydney
- 2009 in Heidelberg

### Station:

- Senior research fellow am CERN in Genf
- Emmy-Noether-Gruppe an der TU Dortmund
- ERC-Starting-Grant-Gruppe an der TU Dortmund

### Schwerpunkte:

- Flavourphysik mit Schwerpunkt auf dem Test grundlegender Symmetrien
- Schnelle Algorithmen für Trigger und Spurfindung in der Teilchenphysik
- Entwicklung von neuen Detektoren zur Spurfindung



## Michael Becker

### Professur:

Empirische Bildungsforschung mit dem Schwerpunkt schulische Bildungsprozesse,  
zum 1. März 2020

### Fakultät:

Erziehungswissenschaft, Psychologie und Bildungsforschung

### Studium und Promotion:

- Psychologie, Neuere Geschichte und Katholische Theologie
- 2009 in Psychologie (FU Berlin)

### Stationen:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung und Universität Potsdam
- Leiter der Leibniz-Forschungsgruppe am Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation (Frankfurt a. M./Berlin) und Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN, Kiel)

### Schwerpunkte:

- Bildungsverläufe von der Kindheit bis in das Erwachsenenalter
- Entwicklung schulleistungsbezogener und sozialer Heterogenität
- Veränderung von Schulsystemen



## Eva Böhm

### Juniorprofessur:

Marketing,  
zum 1. April 2020

### Fakultät:

Wirtschaftswissenschaften

### Studium und Promotion:

- Wirtschaftswissenschaften an der Universität Paderborn
- 2013 an der Universität Paderborn in Wirtschaftswissenschaften

### Stationen:

- Forschungsaufenthalt an der University of Missouri (USA)
- Akademische Rätin auf Zeit und Habilitandin an der Universität Paderborn

### Schwerpunkte:

- Konsequenzen des Dienstleistungswandels in Industriegüterunternehmen
- Implementierung von Dienstleistungs- und Lösungsstrategien im Vertrieb
- Nicht-intendierte Effekte beliebiger Marketing-Instrumente



## Simon Hensellek

### Juniorprofessur:

Entrepreneurship und Digitalisierung,  
zum 1. April 2020

### Fakultät:

Wirtschaftswissenschaften

### Studium und Promotion:

- Management and Economics an der Ruhr-Universität Bochum und der Utrecht University School of Economics (Niederlande)
- 2019 im Fach Wirtschaftswissenschaften an der Universität Duisburg-Essen

### Stationen:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für E-Business und E-Entrepreneurship der Universität Duisburg-Essen
- Geschäftsführer der Lekio UG

### Schwerpunkt:

- Dreiklang aus Entrepreneurship, Innovation und Digitalisierung mit besonderem Fokus auf entrepreneurialen Verhaltensweisen und Strategien sowie digitalen Innovationen und Geschäftsmodellen



## Christoph Lange

### Professur:

Terahertz-Spektroskopie,  
zum 1. April 2020

### Fakultät:

Physik

### Studium und Promotion:

- Physik an der Philipps-Universität Marburg
- 2008 im Fach Physik über ultraschnelle Prozesse in Halbleitern

### Stationen:

- Postdoc an der University of Toronto (Kanada) im Rahmen eines Feodor Lynen-Forschungsstipendiums
- Akademischer Rat an der Universität Regensburg; Habilitation im Jahr 2018

### Schwerpunkte:

- Quantenelektrodynamik von Nanoresonatoren im Terahertz-Spektralbereich
- Kontrolle von Licht-Materie-Wechselwirkung für neuartige Quantenlichtquellen
- Nichtlineare Spektroskopie in der Zeitdomäne – dem Licht beim Schwingen zusehen



## Meike Levin-Keitel

### Juniorprofessur:

Räumliche Transformation im digitalen Zeitalter,  
zum 1. Juni 2020

### Fakultät:

Raumplanung

### Studium:

- Landschafts- und Freiraumplanung
- 2016 an der Leibniz Universität Hannover im Fachgebiet Raumplanung

### Stationen:

- Postdoc an der Leibniz Universität Hannover
- Leiterin der Nachwuchsgruppe MoveMe an der TU Dortmund

### Schwerpunkte:

- Gesellschaftliche Transformationen und deren räumliche Wechselwirkungen: Planerische Herausforderungen und Steuerungsansätze insbesondere im Bereich der Mobilität
- Planungstheorie und die Verankerung planerischer Ansätze in Wissenschaft und Praxis





## Armin Lühr

**Juniorprofessur:**  
Medizinphysik und Strahlentherapie,  
zum 1. März 2020

**Fakultät:**  
Physik

**Studium und Promotion:**

- Physik an der Technischen Universität Braunschweig und Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
- 2010 an der Humboldt-Universität zu Berlin im Bereich theoretische Atom- und Molekülphysik

**Stationen:**

- Postdoc an der Aarhus University (Dänemark)
- Postdoc im Deutschen Konsortium für Translationale Krebsforschung, Standort Dresden
- Wissenschaftler am Nationalen Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay in Dresden

**Schwerpunkte:**

- Biologische und klinische Wirkung von Strahlentherapie bei Krebsbehandlung
- Strahlenphysik der hochpräzisen Bestrahlung mit Protonen
- Neuartige Behandlungsansätze in der Protonentherapie



## Matthias Schäffner

**Juniorprofessur:**  
Angewandte Analysis,  
zum 1. April 2020

**Fakultät:**  
Mathematik

**Studium und Promotion:**

- Mathematik an der Universität Leipzig
- 2015 an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

**Stationen:**

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Dresden
- Postdoc an der Universität Leipzig und dem Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften in Leipzig

**Schwerpunkt:**

- Partielle Differentialgleichungen und Variationsrechnung, häufig mit Bezug zu den Materialwissenschaften



## Eva Schmidt

**Juniorprofessur:**  
Theoretische Philosophie,  
zum 1. Oktober 2019

**Fakultät:**  
Humanwissenschaften und Theologie

**Studium und Promotion:**

- Historisch orientierte Kulturwissenschaften an der Universität des Saarlandes
- 2011 an der Universität des Saarlandes im Fach Philosophie

**Stationen:**

- Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität des Saarlandes
- Chargée de cours associée an der Universität Luxemburg
- Assistentin an der Universität Zürich (Schweiz)

**Schwerpunkte:**

- Epistemische Gründe und Handlungsgründe
- Philosophie der Wahrnehmung
- Erklärbare künstliche Intelligenz



## Kirsten Schorning

**Juniorprofessur:**  
Mathematische Statistik,  
zum 1. Mai 2020

**Fakultät:**  
Statistik

**Studium und Promotion:**

- Mathematik an der Ruhr-Universität Bochum
- 2016 an der Ruhr-Universität Bochum im Bereich der mathematischen Statistik

**Stationen:**

- Postdoktorandin an der Ruhr-Universität Bochum
- Vertretung einer Professur am Institut für Stochastik an der Universität Ulm

**Schwerpunkte:**

- Optimale Versuchsplanung
- Entwicklung und Analyse von statistischen Methoden mit Anwendungen in der Pharmazie und in den Biowissenschaften



## Stefan Tappertzhofen

**Professur:**  
Mikro- und Nanoelektronik,  
zum 1. April 2020

**Fakultät:**  
Elektrotechnik und Informationstechnik

**Studium und Promotion:**

- Elektrotechnik und Informationstechnik an der RWTH Aachen
- 2014 an der RWTH Aachen über Masse- und Ladungstransportvorgänge in resistiven Schaltern

**Stationen:**

- Postdoc und anschließend DFG-Forschungsstipendium an der University of Cambridge (Vereinigtes Königreich)
- Manager Research and Development aixACCT Systems GmbH, Aachen

**Schwerpunkte:**

- Integration multifunktionaler Dünnschichten
- elektronische und physico-chemische Phänomene auf der Nano- und atomaren Skala
- Neuartige Bauelemente und Schaltungskonzepte zur Informationsverarbeitung
- Hardware-implementierte Neuro-morphik



## Philipp Zimmer

**Juniorprofessur:**  
Leistung und Gesundheit (Sportmedizin),  
zum 1. März 2020

**Fakultät:**  
Kunst- und Sportwissenschaften

**Studium und Promotion:**

- Sportwissenschaften an der Deutschen Sporthochschule Köln (DSHS), Neurowissenschaften an der Universität zu Köln
- 2014 in Neurowissenschaften (Uniklinik Köln), 2015 in Sportwissenschaften (DSHS)

**Stationen:**

- Postdoc am Deutschen Krebsforschungszentrum Heidelberg
- AG Leiter für Sport-/Neuro-Immunologie an der DSHS
- Vertretungsprofessur „Sport und Gesundheit“ an der Leibniz Universität Hannover

**Schwerpunkte:**

- Einfluss verschiedener Belastungsparadigmen auf das Immunsystem von Sportlern sowie von Menschen mit Tumorerkrankungen und Multipler Sklerose



# Ehrungen und Preise



## Prof. Gabriele Sadowski

Die Europäische Föderation für Chemieingenieurwesen (EFCE) verlieh Prof. Gabriele Sadowski von der Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen im Mai als erster Frau den „Distinguished Lecture Award in Thermodynamics and Transport Properties“. Die EFCE-Abteilung für Thermodynamik und Transporteigenschaften honorierte damit die international anerkannten Leistungen von Prof. Sadowski auf dem Gebiet der Modellierung und experimentellen Untersuchung von Stoffeigenschaften. Die Preisjury erklärte: „Sie ist eine international führende Persönlichkeit auf dem Gebiet der Thermodynamik. Darüber hinaus ist sie eine großartige Lehrerin und Mentorin für den wissenschaftlichen Nachwuchs.“



## Prof. Jian-Jia Chen

Der Europäische Forschungsrat – European Research Council (ERC) – hat Jian-Jia Chen, Professor an der Fakultät für Informatik, mit dem ERC Consolidator Grant ausgezeichnet. Dieser umfasst knapp zwei Millionen Euro und richtet sich an etablierte Spitzenforscherinnen und -forscher, die bereits exzellente Forschungsleistungen erbracht haben. Prof. Chen erhält damit aus Brüssel Unterstützung für sein Projekt „PropRT“, in dem er Timing-Eigenschaften in cyberphysikalischen Echtzeitsystemen erforscht. Die Ergebnisse können als Bausteine für den Entwurf cyberphysikalischer Systeme dienen, die in Zukunft eine Revolution der Computerarchitekturen und Kommunikationsmechanismen auslösen könnten.



## Prof. Johannes Weyer

Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) hat Prof. Johannes Weyer vom Fachgebiet Techniksoziologie der Fakultät Sozialwissenschaften als neues Mitglied aufgenommen. Voraussetzung dafür sind eine hohe wissenschaftliche Reputation sowie die Bereitschaft, in den acatech-Themennetzwerken mitzuarbeiten. Die von Bund und Ländern geförderte Akademie berät Politik und Gesellschaft in technologiebezogenen Fragen. Prof. Weyer forscht zu den Themen Mensch-Maschine-Interaktion, Datengesellschaft sowie Steuerung komplexer Systeme.



## Prof. Thomas Schröder

Die UNESCO hat gemeinsam mit der TU Dortmund den „UNESCO-Lehrstuhl für berufliche Bildung, Kompetenzentwicklung und Zukunft der Arbeit“ eingerichtet. Lehrstuhlinhaber ist Prof. Thomas Schröder von der Fakultät Erziehungswissenschaft, Psychologie und Bildungsforschung. Der Lehrstuhl entwickelt die Berufsbildungsforschung und die Ausbildung von Berufsschullehrkräften auf nationaler und internationaler Ebene weiter und kooperiert eng mit Hochschulen in Asien. Damit tragen in Deutschland nun 13 UNESCO-Lehrstühle zur Umsetzung der Globalen Nachhaltigkeitsagenda bei.

**The next D.I.T.**  
Unsere Zukunft:  
Digital. Innovativ. Technologisch.

start2grow

Sie haben eine digitale oder technologische Geschäftsidee, aber noch keinen Businessplan? Oder braucht Ihr Businessplan nur noch den letzten Schliff?

In jedem Fall sind Sie beim Gründungswettbewerb start2grow 2021 richtig!

Unser Angebot für Ihre erfolgreiche Gründung:

- Preisgelder im Wert von 84.000 €
- Kostenfreies Coaching und Mentoring
- Kontakte zu Wirtschaft und Kapital
- Events zum Netzwerken, Lernen und Feiern
- Bundesweiter Wettbewerb
- Kostenfreie Teilnahme

Jetzt informieren und anmelden:

[www.start2grow.de](http://www.start2grow.de)



DEW21

DOKOM21



### Bildnachweise:

Titelbild ink drop\_Adobe Stock; S. 6 DFG; S. 8 m. Jens Nieth, u. Michael Heimsath; S. 9 li. + re. o. Felix Schmale, m. Roland Baege; S. 10 li. o. + m Lutz Kampert, re. o. Aliona Kardash, u. Ursula Dören; S. 11 o. Roland Baege, m. Felix Schmale; S. 12 -13 ekarina\_Shotshop.com; S. 14 Aliona Kardash; S. 15 picture alliance / ASSOCIATED PRESS | A.M. Ahad; S. 16 Katrin Gänsler; S. 18-19 minddesigner\_Adobe Stock; S. 20 Roland Baege; S. 21 Quelle: David Goodsell/ Collage Müge Kasanmascheff; S.22 Müge Kasanmascheff; S. 23 Felix Schmale; S. 24-25 alfotokunst/Shotshop.com; S. 26 Jürgen Huhn; S. 27 bazil/Shotshop.com; S. 28 Prof. Fried; S. 29 heiko110/Shotshop.com; S. 30 Roland Baege; S. 31 Archiv TU Dortmund; S. 32 Roland Baege; S. 34-35 somchaij/Shotshop.com; S. 36-37+ 39 Felix Schmale; S. 38 Prof. Krummrich; S. 40-41 wabeno\_Adobe Stock; S. 42 Nikolas Golsch; S. 43 Iryna\_Adobe Stock; S. 45 li. firefox/Shotshop.com, re. Vadim\_Adobe Stock; S. 46-49 + 51 Felix Schmale; S. 50 Mirko Teschke; S. 52 pickup\_Adobe Stock; S. 53 Aliona Kardash; S. 55 freshidea\_Adobe Stock; S. 56-57 artegorov2\_Adobe Stock; S. 58-59 Felix Schmale; S. 61 St. Petersburg Universität, Ioffe Institut; S. 62-63 Aliona Kardash; S. 64-65 NASA; S. 66-69 Felix Schmale, S. 66 m. u. re., S. 67 re., S. 68 li., S. 68 re. privat; S. 70 o.li. Lutz Kampert, o.re. Roland Baege, u. li. Felix Schmale, u. re. Nikolas Golsch





**DFG 2020**

**FÜR DAS WISSEN  
ENTSCHEIDEN**

**[www.dfg2020.de](http://www.dfg2020.de)**