

Portal Wissen

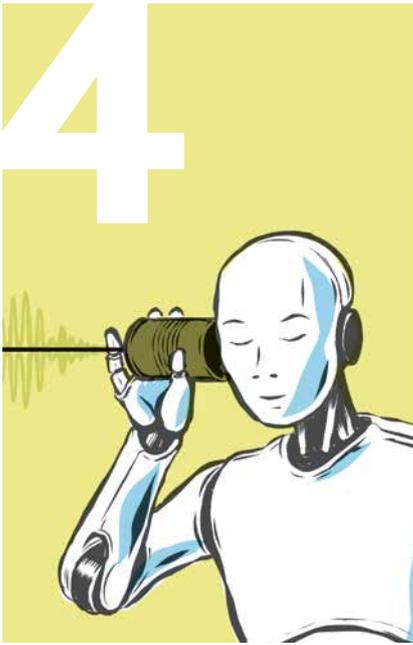
Das Forschungsmagazin der Universität Potsdam

Eins 2019



KÜNSTLICHE

INTELLIGENZ



Inhalt

| | |
|--|----|
| „Alexa, bist du intelligent?“ | 4 |
| Angezeichnet | 13 |
| Der universale Problemlöser | 14 |
| Musterhaft | 20 |
| „Es muss nicht alles 100 Prozent autonom sein“ | 24 |
| Alle für einen | 28 |
| Humboldts Reise in die digitale Welt | 32 |
| Signale im Sekundentakt | 38 |
| Selbstversuch – Stress lass nach! | 44 |
| Wenn die Nacht zum Tag wird | 48 |
| Erwachsen werden | 54 |
| Dem Islam auf der Spur | 58 |
| Schafe im Park Sanssouci | 62 |
| Immer einen Schritt voraus | 66 |
| „Die wichtigste Eigenschaft eines Forschers ist Neugier“ | 70 |
| Städte als Börsenersatz? | 74 |
| Paragrafen auf der Umlaufbahn | 80 |
| Damit Arbeit nicht krank macht | 86 |
| Mit dem richtigen Gen gegen Stress | 90 |
| Batterien aus dem Drucker | 94 |
| Zahlenwerk | 98 |

Impressum

Portal Wissen

Das Forschungsmagazin der Universität Potsdam
ISSN 2194-4237

Herausgeber: Referat für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
im Auftrag des Präsidiums

Redaktion: Dr. Silke Engel (verantwortlich),
Matthias Zimmermann

Mitarbeit: Dr. Barbara Eckardt, Petra Görlich, Antje Horn-
Conrad, Heike Kampe, Carolin Krafzik, Karoline Schlegel

Anschrift der Redaktion:

Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam
Tel.: (0331) 977-1675, -1474, -1496 · Fax: (0331) 977-1130
E-Mail: presse@uni-potsdam.de

Fotos/Abbildungen:

AdobeStock 14/15 (phonlamaiphoto), 16u. (vexworld-
wide), 17u. (vegefox.com), 24–27 (Mimi Potter), 44
(detailblick-foto), 48/49 (MohdHafez), 50 (designer491),
54/55 (mitand73), 58/59 (tuahlena), 60 (Jale Ibrak),
66/67 (Kenishirotie), 68 (taa22), 69o. (Rawpixel.com),
70/71 (bluedesign), 74/75 (eyetronic), 77 (Daniel),

78 (peterschreiber.media), 79 (Robert Kneschke), 86/87
(tech_studio), 88 (kanatisr); Bröker, Patrick 89; Bürkner,
Prof. Dr. Hans-Joachim; DESY 38/39 (Science Communi-
cation Lab), 41 (Milde Science Communication); Fotolia.
de 98o.li. (UBERIMAGES), 98u.li. (Photographie.eu);
Fritze, Karla 11o.li., 11u., 26 (2), 34 (2), 37 (3), 42M., 42o.,
43, 46 (3), 47M., 47o., 51li., 51re., 52 (3), 53o., 53u., 61M.,
61o., 62/63, 64/65, 65li., 65re., 69u., 82o., 90/91, 92M.,
9u.li., 9u.re.; G. Pérez, IAC, SMM 42u.; Gehendges,
Marco 61u.; Hoffmann, Cosma 47u.; Hölzel, Thomas
92o., 92u. (2), 93o.li., 93o.re.; Hopfgarten, Tobias, 21,
22o. (2), 96 (4), 97 (2); Hasso-Plattner-Institut 28/29, 30
(2), 31; Humboldt, Alexander von: Tagebücher der Ameri-
kanischen Reise IV: Journal de la navigation sur l'Apure,
l'Orenoque; le Cassiquiare et le Rio Negro (Voy. Par les
Llanos de Caracas à S. Fernando de l'Apure). Statistique
de Cumanas Pta Araya, S. 235–236 32/33; Kaczynski, Ernst
11o.re., 25, 27, 9o.; Roese, Thomas 16o., 17o., 19 (2);
Scholz, Jana 98o.re.; Schrön, Dr. Martin 98u.re.; Staatsbi-
bliothek zu Berlin – PK, Carola Seifert 36; Thornton, Mike
72; 73u.re.; Töpfer, Andreas 1, 4/5, 6/7, 8, 10/11, 12, 13,
20, 22u., 23, 8o, 81, 82u., 83, 84, 85, 100; Vegelah, Dirk
55, 56 (2), 57; Wigge, Philip 73o., 73u.li.; Wikimedia 35;
Zehbe, Dr. Kerstin 94/95

Layout/Gestaltung:
unicom-berlin.de

Redaktionsschluss für die nächste Ausgabe:
31. April 2019

Formatanzeigen: unicom MediaService,
Tel.: (030) 509 69 89 -15, Fax: -20
Gültige Anzeigenpreisliste: Nr. 1
www.hochschulmedia.de

Druck:

Buch- und Offsetdruckerei H. Heenemann GmbH & Co. KG
Auflage: 4.000 Exemplare

Nachdruck gegen Belegexemplar bei Quellen-
und Autorenangabe frei.

Portal Wissen finden Sie online unter
www.uni-potsdam.de/portal

doi: <https://doi.org/10.25932/publishup-44094>

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Lange gab es auf der Erde Dinge, die konnte nur der Mensch. Doch diese Zeit könnte zu Ende gehen. Mit Hilfe des universalen Werkzeugs, das uns einzigartig macht – unserer Intelligenz –, haben wir dafür gesorgt, dass wir es nicht länger sind. Zumindest wenn es darum geht, kognitive Aufgaben zu lösen. Künstliche Intelligenz kann inzwischen Schach spielen, Sprache verstehen, Auto fahren. Vieles sogar besser als wir.

Wie kam es dazu? Der Philosoph Aristoteles schuf mit seinen Syllogismen die ersten „Gesetze des Denkens“, die Mathematiker Blaise Pascal und Wilhelm Leibniz bauten einige der frühesten Rechenmaschinen, der Mathematiker George Boole führte als erster eine formale Sprache zur Darstellung der Logik ein, der Naturwissenschaftler Alan Turing schuf mit seiner Dechiffriermaschine „Colossus“ den ersten programmierbaren Computer.

Philosophen, Mathematiker, Psychologen, Linguisten – seit Jahrhunderten entwickeln Wissenschaftlerin-

nen und Wissenschaftler Formeln, Maschinen und Theorien, die es möglich machen sollen, unsere wertvollste Fähigkeit zu reproduzieren und womöglich sogar zu verbessern. Aber was ist das eigentlich: „Künstliche Intelligenz“? Schon die Bezeichnung fordert zum Vergleich auf. Ist Künstliche Intelligenz wie menschliche Intelligenz?

Alan Turing formulierte 1950 einen Test, der eine befriedigende operationale Definition von Intelligenz liefern sollte: Intelligent ist eine Maschine demnach, wenn sie ein dem Menschen gleichwertiges Denkvermögen besitzt. Sie muss also bei beliebigen kognitiven Aufgaben dasselbe Niveau erreichen. Beweisen muss sie dies, indem sie einen menschlichen Fragenden glauben lässt, sie sei ein Mensch. Keine leichte Sache: Immerhin muss sie dafür natürliche Sprache verarbeiten, Wissen speichern, aus diesem Schlüsse ziehen und Neues lernen können. Tatsächlich entstanden in den vergangenen zehn Jahren etliche KI-Systeme, die in Chat-Gesprächen, mit automatisch erzeugten Texten oder

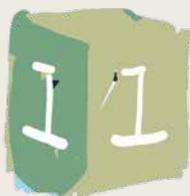
Bildern den Test auf die eine oder andere Weise bestanden. Im Fokus stehen nun meist andere Fragen: Braucht KI ihre Schöpfer überhaupt noch? Wird sie den Menschen nicht nur überflügeln, sondern eines Tages sogar ersetzen – sei es in der Welt der Arbeit oder sogar darüber hinaus? Löst KI im Zeitalter der allumfassenden digitalen Vernetzung unsere Probleme – oder wird sie Teil davon? Über Künstliche Intelligenz, ihr Wesen, ihre Beschränkungen, ihr Potenzial und ihr Verhältnis zum Menschen wird nicht erst diskutiert seitdem es sie gibt.

Vor allem Literatur und Kino haben Szenarien mit verschiedenstem Ausgang kreierte. Aber wie sehen das Wissenschaftler, die mit oder zu Künstlicher Intelligenz forschen? Für die aktuelle Ausgabe des Forschungsmagazins kamen ein Kognitionswissenschaftler, eine Bildungsforscherin und ein Informatiker darüber ins Gespräch. Daneben haben wir uns in der Hochschule nach Projekten umgesehen, deren fachliche Heimat die zahlreichen Möglichkeiten offenbart, die KI für viele Disziplinen erahnen lässt. So geht die

Reise in die Geowissenschaften und die Informatik ebenso wie die Wirtschafts-, Gesundheits- und Literaturwissenschaften.

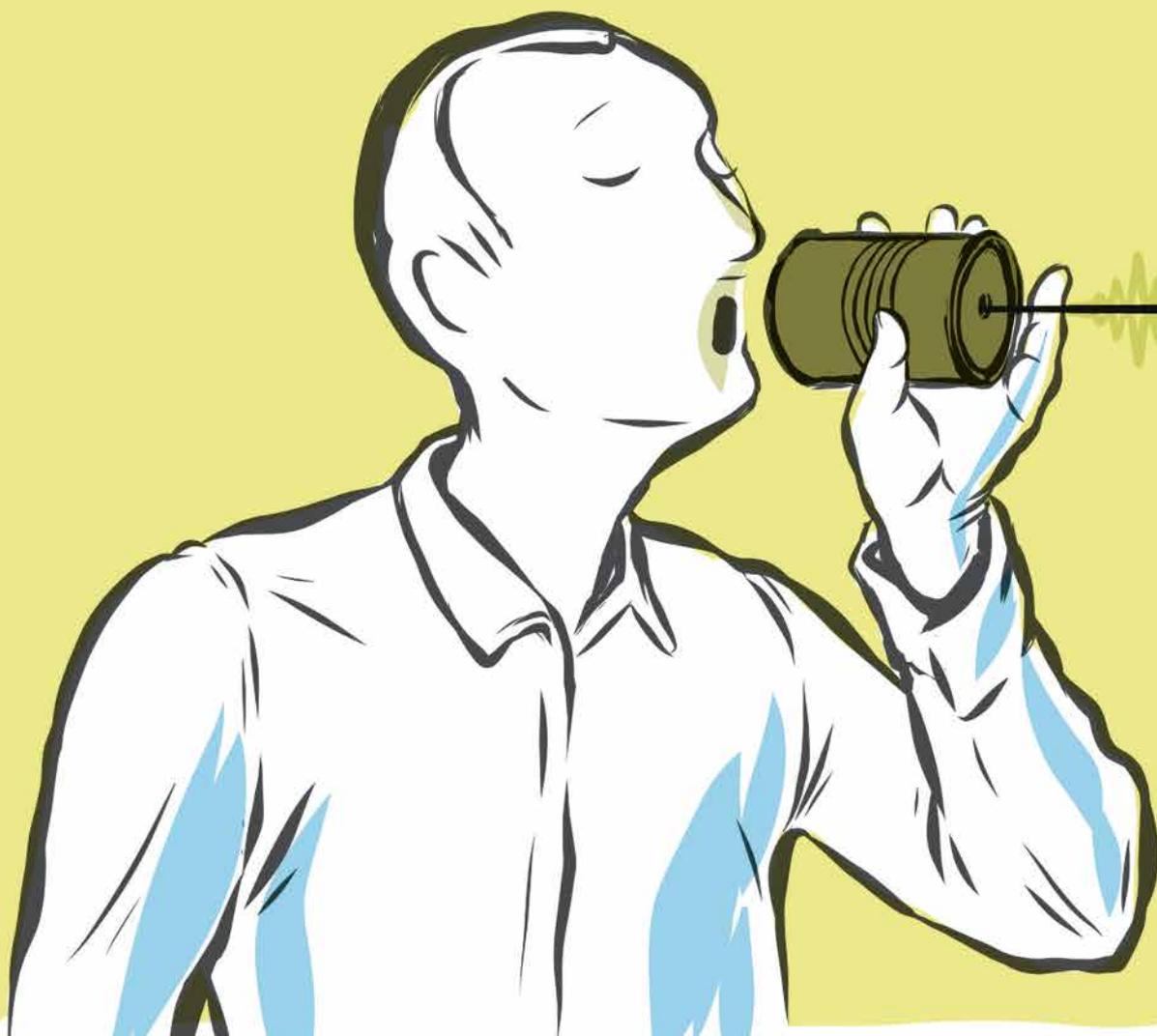
Daneben haben wir die Breite der Forschung an der Universität nicht aus den Augen verloren: Ein Jurist führt ein in die gar nicht so weltferne Sphäre des Weltraumrechts, während Astrophysiker daran arbeiten, dass modernste Teleskope zum richtigen Zeitpunkt genau in die Regionen des Welt-raums schauen, wo gerade etwas „los ist“. Eine Chemikerin erklärt, warum die Batterie der Zukunft aus dem Drucker kommt, und Molekularbiologen berichten, wie sie stressresistente Pflanzen züchten wollen. Mit menschlichem Stress in der Arbeitswelt beschäftigt sich nicht nur ein Forschungs-, sondern auch ein Gründerprojekt. Darüber ist in diesem Heft genauso zu lesen wie über aktuelle Studien zum Restless Legs Syndrom bei Kindern oder aber der Situation von Muslimen in Brandenburg. Nicht zuletzt machen wir Sie mit jenen Schafen bekannt, die derzeit im Park Sanssouci weiden – im Auftrag der Wissenschaft. Gar nicht so dumm! Viel Vergnügen!

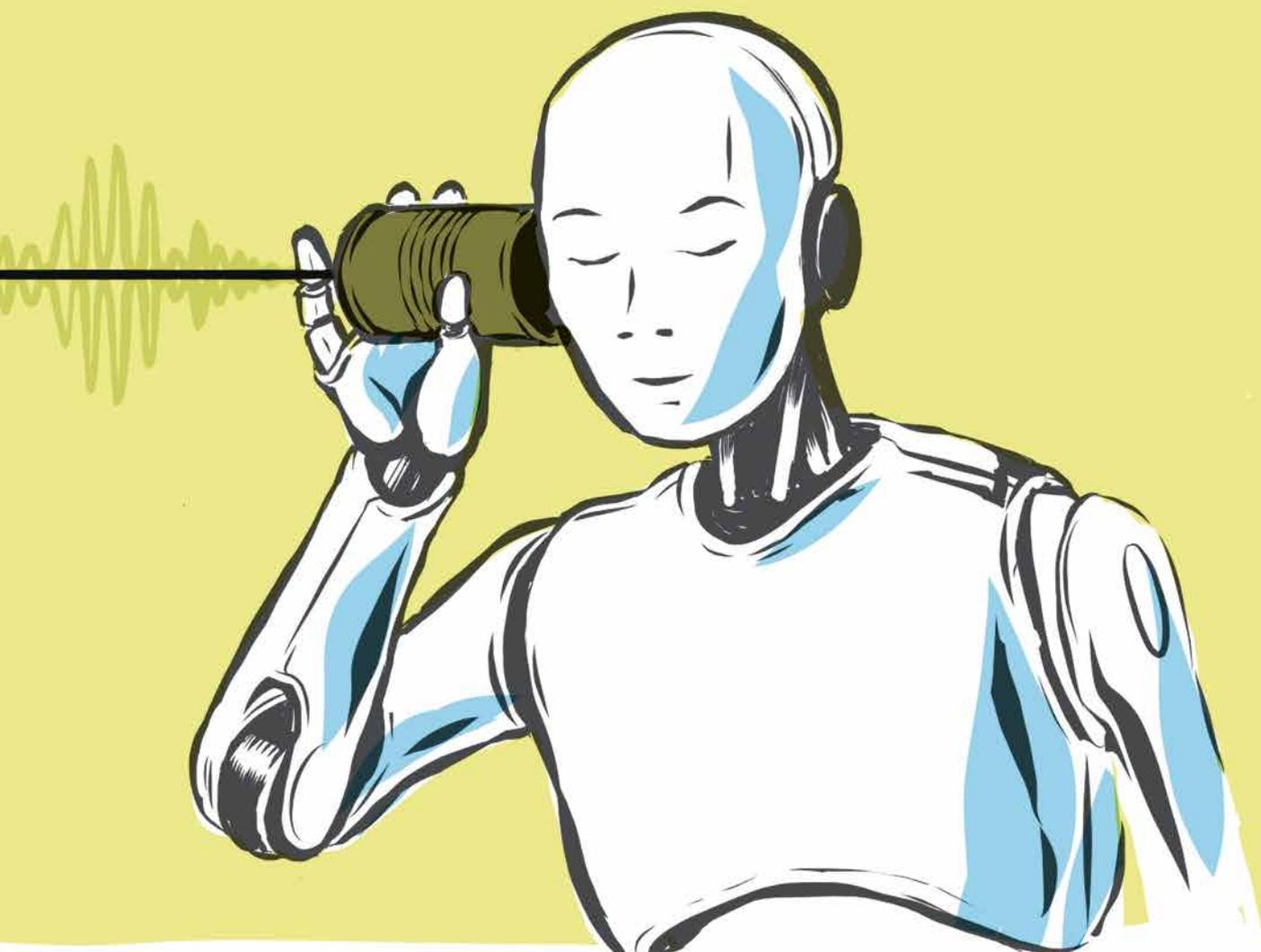
DIE REDAKTION



„Alexa, bist du intelligent?“

Von Künstlicher Intelligenz und wofür man sie braucht





Wer seinen häuslichen Sprachassistenten des Shoppingriesen Amazon nach dessen Intelligenz fragt, bekommt gegenwärtig zu hören: „Ja, ich denke, also bin ich.“ Gelernt hat Alexa das von eifrigen Mitarbeitern des weltgrößten Onlinehändlers. Aber ist da etwas dran? Wie intelligent sind Systeme, die gegenwärtig unter dem Sammelbegriff „Künstliche Intelligenz“ in aller Munde sind? Was ist „Künstliche Intelligenz“ (KI) eigentlich? Was macht sie intelligent? Und wie sehr verändert KI unser Leben? Für das Titelthema „KI“ befragte Matthias Zimmermann den Kognitionswissenschaftler Prof. Dr. Reinhold Kliegl, die Bildungswissenschaftlerin Prof. Dr. Rebecca Lazarides und den Informatiker Prof. Dr. Tobias Scheffer.

Was ist Künstliche Intelligenz eigentlich und was unterscheidet sie von menschlicher Intelligenz?

Lazarides: Ganz allgemein könnte man sagen, es geht um die Entwicklung von Computerprogrammen oder Maschinen, die Verhalten zeigen, das wir bei Menschen als intelligent bezeichnen würden. Allerdings gibt es keine einzige klare Definition zum Begriff Künstliche Intelligenz, sondern zahlreiche verschiedene. In Bezug auf menschliche Intelligenz ist das ähnlich – ein Bericht, der vom Board of Scientific Affairs der American Psychological Association herausgegeben wurde, beschreibt das wie folgt: „Indeed, when two dozen prominent theorists were recently asked to define intelligence, they gave two dozen, somewhat different, definitions.“¹

Kliegl: Künstliche Intelligenz ist das Teilgebiet der Informatik, das in den 1950er Jahren zusammen mit der Experimentellen Psychologie und Teilbereichen der Linguistik die Kognitionswissenschaften begründete. Das gemeinsame Ziel dieser „Interdisziplin“ waren und sind theoretisch fundierte Erklärungen von genuin menschlichen Leistungen u.a. der Wahrnehmung, des Gedächtnisses, der Sprache, des Denkens sowie des Problemlösens und der Steuerung von Handlungen. KI ist also im Computer oder Roboter implementierte Kognition, die komplexes menschliches Verhalten simuliert. Diese Simulationen müssen nicht nur richtiges Verhalten, sondern auch typische menschliche Fehler reproduzieren, wenn sie als Erklärung menschlichen Verhaltens dienen sollen. Die Fehler sind natürlich im eher anwendungsorientierten Ingenieurkontext von KI völlig unerwünscht; hier geht es darum, Programme zu bauen, die schnell und fehlerfrei funktionieren. Dieser Zielkonflikt führt dazu, dass KI- und menschliche Intelligenzforschung



Illustration: Topfer, Andreas

The illustration shows two hands positioned over a computer keyboard. The upper hand is blue and metallic, with visible joints and a mechanical appearance, representing artificial intelligence. The lower hand is yellow and appears more organic, representing human intelligence. The keyboard is depicted in a stylized, grid-like pattern. The background is a light green color.

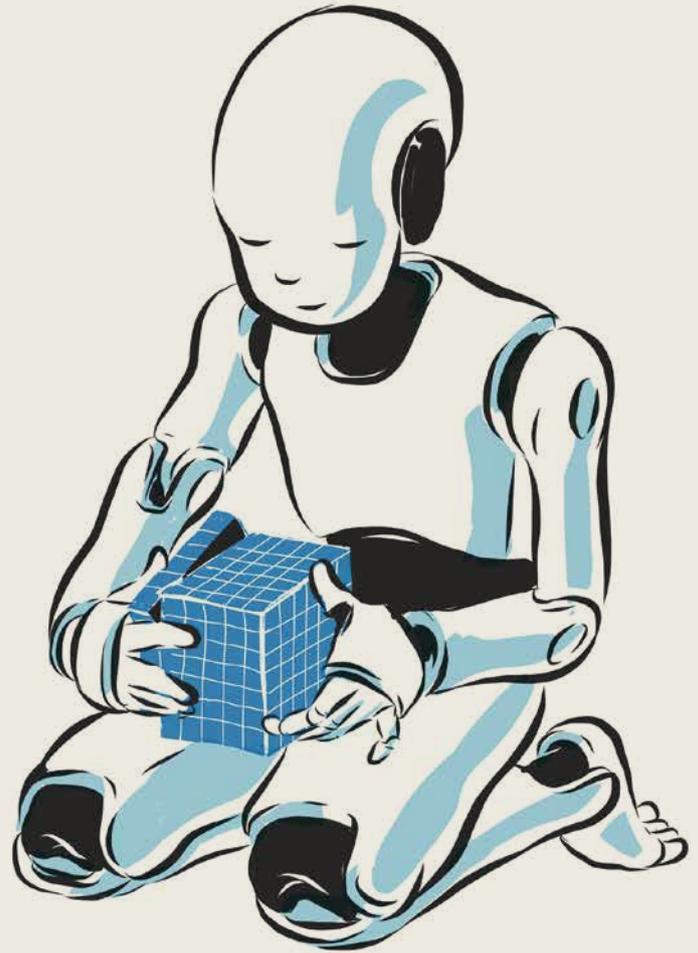
sich sehr stark voneinander unterscheiden. Es vereint sie zwar, dass sie genau definierte menschliche Maximalleistungen als Benchmark nehmen (z.B. Schach, Go, Bild- und Spracherkennung). Die Kognitionswissenschaft versucht, diese Leistungen zu erklären; die KI nimmt solche Erklärungen häufig als heuristischen Ausgangspunkt, versucht sie dann aber zu übertreffen.

Scheffer: Menschliche Intelligenz gilt grob gesagt als das, was ein Intelligenztest misst, aber Frau Lazarides hat ja schon ausgeführt, dass es keine richtige Definition gibt. Das Forschungsgebiet „Künstliche Intelligenz“ beschäftigt sich mit verschiedensten Problemstellungen, deren Lösung man bei einem Menschen als Intelligenzleistung ansieht. Heutige KI-Systeme lösen spezialisierte Aufgaben, beispielsweise können sie Go spielen oder Personen in Videoaufnahmen mit deren Passfotos vergleichen. Eine vollständige Künstliche Intelligenz wäre ein technisches System, das einem Menschen in allen Intelligenzleistungen mindestens ebenbürtig ist.

Lazarides: Im Exzellenzcluster „Science of Intelligence“ der Technischen Universität Berlin und der Humboldt-Universität zu Berlin definieren wir intelligente Verhaltensweisen als zielgerichtetes, kosteneffizientes (z.B. physische, rechnerische Kosten) und auf die reale Lebenswelt übertragbares Verhalten. Im Cluster untersuchen wir aus interdisziplinärer Perspektive übergeordnete Prinzipien solcher Verhaltensweisen. Dabei nutzen wir unsere Forschungsergebnisse, um intelligentes Verhalten bei Menschen besser zu verstehen und neue intelligente Technologien zu schaffen. In meinem Teilprojekt interessiert mich beispielsweise, wie mit intelligenten Tutoriensystemen und Lernrobotern bzw. Social Learning Companions soziale Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern unterstützt werden können.

Ist der Vergleich hilfreich oder hinderlich?

Scheffer: Mit ihrem visionären Ziel, Intelligenz auf technische Systeme zu übertragen, definiert sich die Künstliche Intelligenz als ambitionierte Forschungsrichtung! Dies hat der KI seit den 1950er Jahren zu Aufmerksamkeit und ambitioniertem wissenschaftlichen Nachwuchs verholfen. Bruce Lee soll gesagt haben, man müsse nicht jedes Ziel auch zwangsläufig erreichen, ein Ziel könne ebenso als etwas dienen, auf das man hinstreben kann.



Kliegl: Für das Verständnis der Dynamik komplexer kognitiver Prozesse, die menschlicher Intelligenz zugrunde liegen, brauchen wir Computermodelle. Technische Hardware- und Softwareentwicklungen in der KI liefern immer bessere Werkzeuge dafür. Hier sehe ich ganz klar Vorteile darin, dass KI und menschliche Intelligenzforschung gemeinsame Benchmarks haben.

Was kann KI von menschlicher Intelligenz lernen – und wie verhält es sich umgekehrt?

Lazarides: Um genau das herauszufinden, nutzen wir im Cluster einen synthetischen Ansatz – wir verbinden die Forschung aus „analytischen Disziplinen“ wie z.B. Soziologie oder Erziehungswissenschaft mit der Forschung aus „synthetischen Disziplinen“ wie der Robotik oder Informatik. Im Gegensatz zu Menschen oder Tieren lassen sich synthetische Artefakte wie z.B. Roboter einfacher manipulieren und modifizieren. Das erlaubt es uns, verschiedene Ver-

haltensweisen im Rahmen solcher Manipulationen sehr genau zu beobachten. Beispielsweise können Roboter programmiert werden, die ungeachtet der Umgebungsbedingungen sehr langsam Aufgaben lösen, und solche, die das sehr schnell tun – mit diesen Robotern können wir dann bestimmte Lehr-Lern-Techniken erproben und so selbst mehr über Lernprozesse lernen, die uns auch helfen, menschliches Lernen besser zu verstehen. Andererseits beobachten wir an Menschen Verhaltensweisen, die sich so nicht in Experimenten mit KI zeigen, und müssen bestimmte Konzepte erweitern, die wir in Bezug auf die Arbeit mit KI-Systemen haben.

Scheffer: Die Fähigkeit zu lernen bildet meiner Auffassung nach den Kern der Intelligenz. Aus den Daten, die wir Menschen zurücklassen, lernen KI-Systeme heute beispielsweise, Texte aus einer Sprache in eine andere zu übersetzen, Fußgänger und deren Absichten im Verkehr zu erkennen oder Kreditausfallrisiken einzuschätzen. Eines der wenigen KI-Systeme, die nichts mehr vom Menschen lernen können, ist das Go-Programm AlphaGo Zero.

Während frühere Versionen der Software aus Datenbanken menschlicher Go-Spiele gelernt haben, lernt die aktuelle Version nur noch aus Spielen gegen sich selbst. Menschliche Spieler sind weit abgeschlagen und beschreiben AlphaGo als außerirdisch; der Weltranglistenerte Ke Jie erklärte AlphaGo gar zum Gott des Go.

Kliegl: Eine Schwäche von KI-Programmen im Vergleich zur menschlichen Intelligenz ist ihre Spezifität. Sie funktionieren bisher fast alle nur für sehr eng beschriebene Anwendungen. Im Vergleich dazu zeichnen sich Menschen durch ihre Fähigkeit zur Verallgemeinerung und zum Transfer auf neue Situationen aus. Das ist sicher ein Bereich, in dem KI vom Menschen lernen kann. Ein Beispiel dafür, wie diese Schwäche aktuell überwunden wird, wurde unlängst veröffentlicht.² Es gibt jetzt AlphaZero, das nicht nur das bereits erwähnte AlphaGo Zero in Go, sondern auch das beste Schachprogramm und das beste Shogi-Programm (japanisches Schach) schlägt. AlphaZero lernt also nicht nur nichts vom Menschen, sondern durch die Kombination eines sehr allgemeinen Lernprinzips mit den für das Go-Programm verwendeten Suchalgorithmen konnte die Go-Leistung auf die beiden Schachvarianten übertragen werden. Das allgemeine Lernprinzip (Reinforcement Learning) „belohnt“ zielführende Züge.

Was kann KI von menschlicher nicht lernen – und umgekehrt?

Scheffer: Seit der Geburt dieses Forschungsgebietes suchen Skeptiker nach einer roten Linie, die Künstliche Intelligenz für immer von menschlicher

Intelligenz trennen wird. Die Argumentation basiert zumeist darauf, dass Computer fundamentalen, theoretischen Grenzen von Berechenbarkeit unterliegen. Dabei wird jedoch davon ausgegangen, dass menschliche Gehirne von diesen mathematischen Zusammenhängen ausgenommen sind. Menschliche Go-Spieler können sicherlich von AlphaGo lernen, wahrscheinlich aber nicht mit der Geschwindigkeit, mit der AlphaGo seine eigenen Fähigkeiten weiter verbessert.

Kliegl: Wenn ich die Frage auf ein umfassenderes Verständnis von menschlicher Intelligenz erweitere, dann sehe ich keinen Weg, wie subjektives Erleben oder Bewusstsein auf plausible Weise in Künstlicher Intelligenz abgebildet werden kann. Ich kann mir

Prof. Dr. Rebecca Lazarides.



Prof. Dr. Reinhold Kliegl.



Prof. Dr. Tobias Scheffer.



nicht recht vorstellen, dass ein Computerprogramm, das von sich behauptet, sehr glücklich zu sein, weil es ein Problem gelöst hat, das Gleiche empfindet wie ein Mensch. Ich weiß auch gar nicht, wie wir das wissen könnten.

Braucht KI den Menschen und braucht der Mensch KI? Und wenn ja, wozu?

Scheffer: Heute braucht die KI den Menschen. Mit jedem Captcha, das wir lösen, erzeugen wir neue Trainingsdaten für Bildverarbeitungsmodelle. Das KI-System Watson, das 2011 die Spielshow „Jeopardy“ gewonnen hat, lernt aus von Menschen geschriebenen Büchern und inzwischen aus medizinischen Veröffentlichungen. Menschen profitieren umgekehrt enorm von der KI. Das Äquivalent einer Google-Suchanfrage war früher ein Nachmittag in der Bibliothek. Mithilfe automatischer Übersetzungen können wir heute auch chinesische Texte halbwegs verstehen.

Kliegl: In den meisten Fällen beruhen die Leistungen der aktuell bekanntesten KI-Programme zur Sprach- und Bilderkennung auf oft gigantischen Datenbanken menschlichen Verhaltens, die für das Trainieren der Algorithmen, die den KI-Leistungen zugrunde liegen, unentbehrlich sind. Allerdings, wie gesagt, ist das für Schach, Shogi und Go offenbar nicht mehr der Fall. Wir nutzen KI-Produkte – häufig ohne es zu wis-

sen – in unserem Alltag. Die aktuellen Probleme der Menschheit, die wir auch mit dem technologischen Fortschritt erzeugt haben, werden wir perspektivisch ohne KI wohl kaum in den Griff bekommen.

Lazarides: Ich sehe da ein wechselseitiges Verhältnis zwischen Mensch und KI, das mich besonders in Bezug auf Forschungsprozesse interessiert. Wir als Wissenschaftler profitieren beispielsweise sehr stark von der Arbeit mit KI, unter anderem wenn es darum geht, mehr über Lernprozesse zu erfahren. Zur Beantwortung von Fragen, die menschliches Lernen betreffen, ist KI sehr nützlich. Andererseits erfahren wir durch die Beschäftigung mit menschlichen Lernprozessen mehr über effektives Lernen bei KI-Systemen. Insofern nutzen – und brauchen – wir sie in unserem Alltag, aber auch in der Forschung.

Wie verändert KI unser Leben – heute und in Zukunft?

Lazarides: Als Juniorprofessorin in der Schulpädagogik interessiert mich diese Frage besonders bei schulischen Bildungsprozessen. Dazu gehört einerseits die Frage, welche Bedeutung KI in Zukunft für Schulunterricht haben wird. Für die Bildungsforschung besteht die Herausforderung unter anderem darin, die Rolle von KI für die Unterstützung menschlicher Lehr- und Lernprozesse im Unterricht zu untersuchen. Andererseits stellt sich die Frage, wie Schule Kindern und Jugendlichen jene Kompetenzen vermitteln kann, die sie zu einem selbstbestimmten und verantwortlichen Umgang mit KI befähigen. Das bedeutet auch, damit verbundene Chancen und

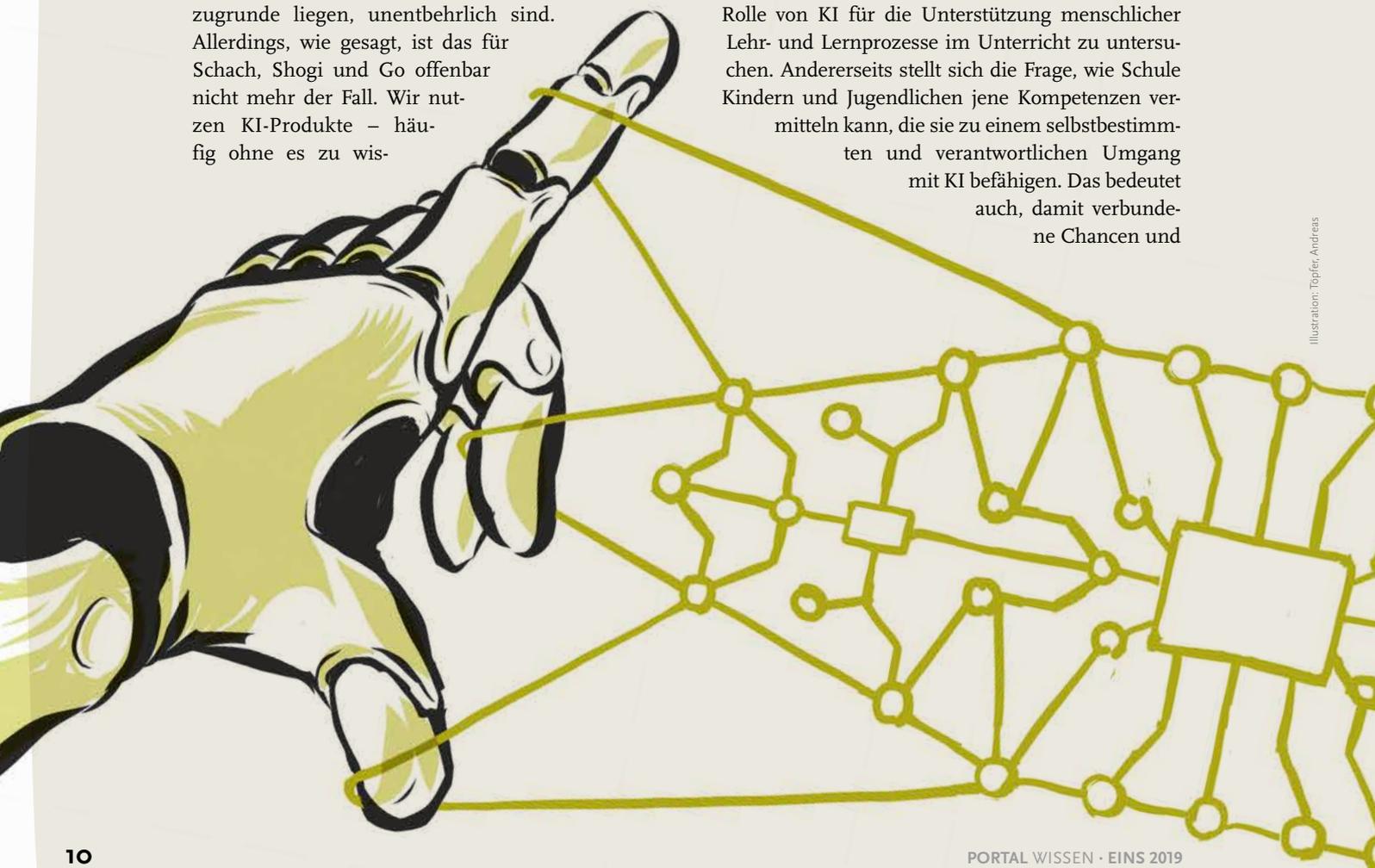


Illustration: Topfer, Andreas



DIE WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr. Tobias Scheffer ist Professor für Maschinelles Lernen an der Universität Potsdam. Er war Emmy-Noether-Nachwuchsgruppenleiter an der Humboldt-Universität zu Berlin

und Leiter der Arbeitsgruppe Maschinelles Lernen am Max-Planck-Institut für Informatik in Saarbrücken. In einem gemeinsamen Projekt mit dem Max-Planck-Institut für molekulare Genetik arbeitet er an Verfahren des maschinellen Lernens für Krebs-Therapien. Gemeinsam mit Cisco entwickelt er Lernverfahren für die Erkennung von Computerviren und Angriffen auf Netzwerke. In weiteren Projekten entwickelt er Lernverfahren für die On-Board-Diagnose in Autos und die Modellierung von Kreditausfallrisiken. Er ist Mitglied des Sonderforschungsbereichs „Data Assimilation“ an der Universität Potsdam.

✉ scheffer@cs.uni-potsdam.de



Prof. Dr. Rebecca Lazarides ist Juniorprofessorin für Schulpädagogik mit dem Schwerpunkt Unterrichts- und Schulentwicklung an der Universität Potsdam. Nach dem Studium der Erziehungswissenschaft an der Freien Universität Berlin promovierte sie an

der Technischen Universität Berlin zum Thema Unterricht und Interesse von Schülerinnen und Schülern im Fach Mathematik.

Ihre Schwerpunkte liegen auf der Schul- und Unterrichtsforschung mit einem Fokus auf den Bedingungen des Unterrichts, die die motivational-affektive Entwicklung von Schülerinnen und Schülern im Unterricht der Sekundarstufen möglichst optimal fördern. In diesem Zusammenhang untersucht Lazarides als Principal Investigator im Exzellenzcluster „Science of Intelligence“ der Technischen Universität Berlin und der Humboldt-Universität zu Berlin in interdisziplinärer Kooperation die Rolle roboterbasierter Lernbegleiter für die Förderung von Motivation im Unterricht.

✉ lazaride@uni-potsdam.de

Herausforderungen zu diskutieren und gemeinsam zu reflektieren.

Scheffer: Die Künstliche Intelligenz hat bislang noch nicht viel von ihrem Potenzial entfaltet. KI steckt heute beispielsweise in Suchmaschinen, Spracheingabe, Musikempfehlungen und Gesichtserkennung. In absehbarer Zukunft wird sie Fahrzeuge autonom fahren lassen, in der Präzisionsmedizin wird sie Chemotherapien durch besser verträgliche, auf die individuelle Zelllinie abgestimmte Therapien ersetzen und in der Präzisionslandwirtschaft wird sie dabei helfen, gesündere Lebensmittel mit



Prof. Dr. Reinhold Kliegl ist Professor für Allgemeine Psychologie mit dem Schwerpunkt Kognition. Nach der Promotion an der University of Colorado arbeitete er am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung; seit 1993 ist er an der Universität Potsdam. In

seiner Forschung untersucht er das Zusammenspiel sprachlicher, visueller und okulomotorischer Prozesse beim Lesen, bei Aufgaben zur räumlichen Aufmerksamkeitsverschiebung und bei Belastung des Arbeitsgedächtnisses sowie neuronale Korrelate und alterskorrelierte und andere individuelle Unterschiede in diesen Prozessen. Im SFB „Die Grenzen der Variabilität in der Sprache“ forscht Kliegl dazu, ob sich grammatische Grenzen durch Training verschieben lassen. Auch die Modellierung des Zusammenhangs von kognitiver und körperlicher Fitness und individueller Unterschiede bei Kindern und älteren Erwachsenen in diesen Prozessen ist ein aktueller Forschungsschwerpunkt.

✉ kliegl@uni-potsdam.de

Fotos: Kaczynski, Ernst (o. re.); Fritze, Karla (2)



geringerem Einsatz von Energie, Wasser und Pflanzenschutzmitteln zu erzeugen.

Kliegl: Die erwähnten Beispiele zeigen, dass unser Leben bereits auf vielfältige Weise von KI durchdrungen ist und dass dies nur der Anfang ist. Eine Herausforderung für die Zukunft wird sein, dass KI-basierte Entscheidungen fair und transparent sind und ethisch verantwortungsvolle Handlungsoptionen anbieten. Es gibt koordinierte Anstrengungen, KI-Techniken für sehr viele und sehr unterschiedliche aktuelle Probleme der Menschheit fruchtbar zu machen. Einen Überblick gab z.B. das Programm des Workshops „AI for the Social Good“ auf der Konferenz NeurIPS 2018.³

Wie verändert KI Ihr Leben? Und Ihre Forschung?

Scheffer: Maschinelles Lernen hat von Anfang an den Schwerpunkt meiner Forschung gebildet.

Lazarides: In meiner Forschung befasste ich mich mit der Frage, wie eine pädagogisch sinnvolle und zielgerichtete Implementierung von KI in unterrichtlichen Lehr-Lernsettings stattfinden kann. Dabei verändert sich durch die Beschäftigung mit der Rolle von KI-Systemen für Unterrichts- und Lernprozesse auch meine eigene Forschung und wird interdisziplinärer. Im Exzellenzcluster arbeite ich beispielsweise eng mit

Forschern aus Informatik und Robotik zusammen. Generell geht es nach wie vor darum, Schülerinnen und Schüler in ihren Lernprozessen effektiv entsprechend ihrer individuellen Bedarfe zu fördern und damit verbundene Fragen theoriegeleitet empirisch zu untersuchen. Allerdings spielt die Frage, welchen expliziten Nutzen KI-Systeme hierfür haben, eine größere Rolle.

Kliegl: Künstliche Intelligenz liefert Methoden, die für meine Forschung sehr wichtig sind. Ich sehe kaum Möglichkeiten, dass wir Theorien über die Dynamik komplexer kognitiver Prozesse und dem Verhalten, das sie steuern bzw. durch das sie gesteuert werden, ohne die Modellierung experimenteller und Beobachtungsdaten prüfen können. Nehmen Sie die Blicksteuerung beim Lesen oder beim Betrachten von Bildern als ein Beispiel für das Zusammenspiel von Wahrnehmung, Wissen, Erinnerung, Sprechen sowie Programmierung und Ausführung der Augenbewegungen. Methoden der KI sind nahezu unentbehrlich für ein Verständnis dafür, wie diese Prozesse orchestriert werden. Es ist aber wichtig, dass wir die Methoden der KI, mit denen wir unsere Theorien prüfen, nicht mit den Theorien selbst verwechseln.

- 1 Goldstein, D. Princiotta, and J. A. Naglieri (2015). Handbook of Intelligence—Evolutionary Theory, Historical Perspective, and Current Concepts. New York: Springer.
- 2 <http://science.sciencemag.org/node/719496.full>.
- 3 <https://aiforsocialgood.github.io/2018/schedule.htm>.

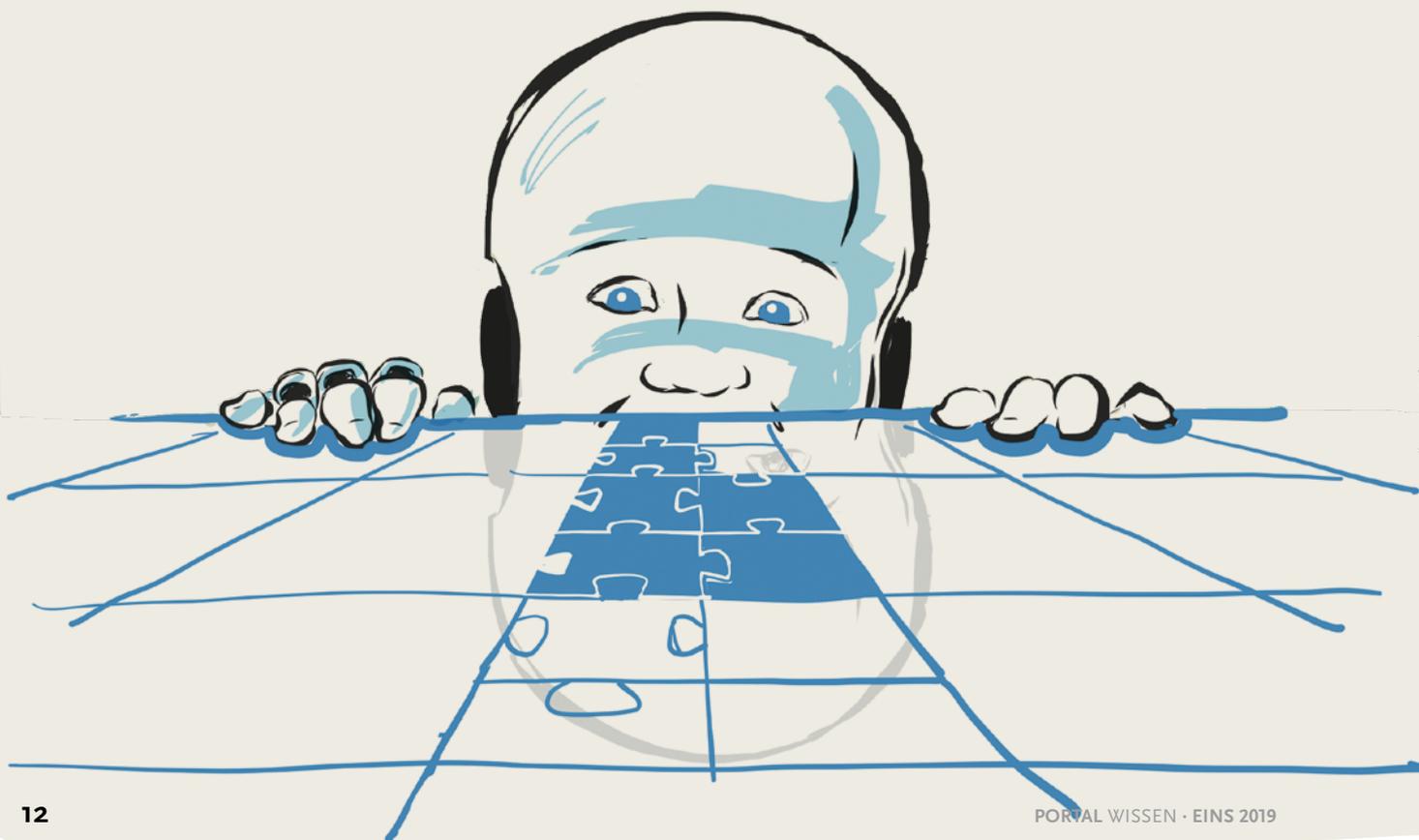
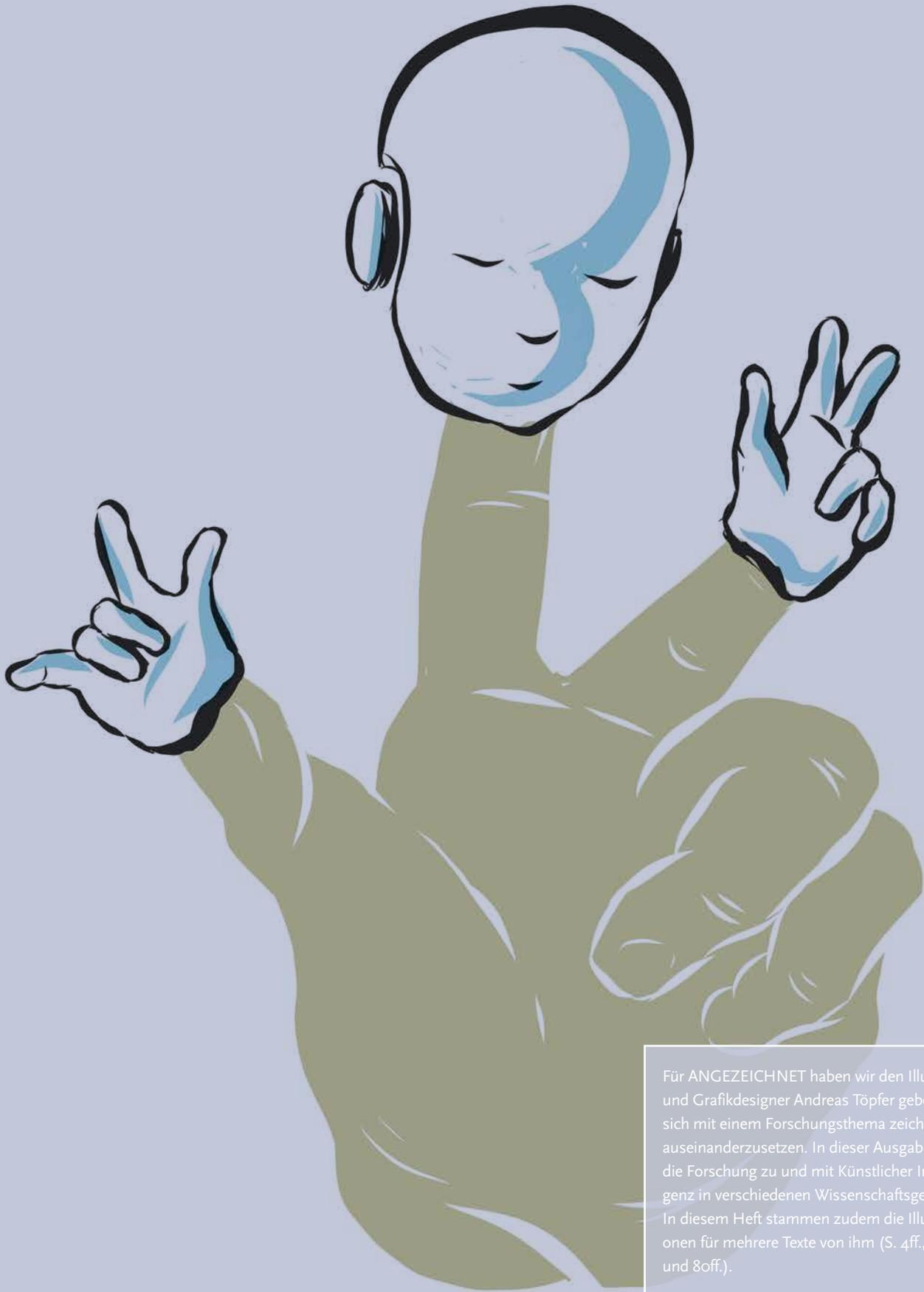
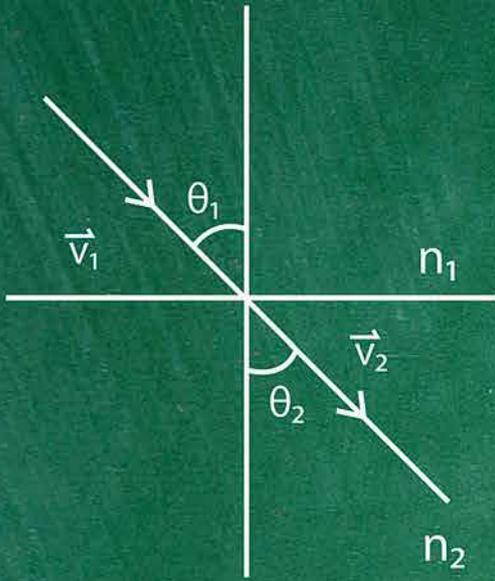


Illustration: Topfer, Andreas



Für ANGEZEICHNET haben wir den Illustrator und Grafikdesigner Andreas Töpfer gebeten, sich mit einem Forschungsthema zeichnerisch auseinanderzusetzen. In dieser Ausgabe ist es die Forschung zu und mit Künstlicher Intelligenz in verschiedenen Wissenschaftsgebieten. In diesem Heft stammen zudem die Illustrationen für mehrere Texte von ihm (S. 4ff., 20ff. und 80ff.).

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$



$$\bar{x}_1 = \frac{1+3+3+6+8+9}{6} = 5$$

$$\bar{x}_2 = 2+4+4+8+12 = 30$$

$$\bar{x}_3 = 4+7+1+6 = 18$$

$$\log_b b^x = x$$

$$\log_a x = \frac{\log_b x}{\log_b a}$$

$$\log_b (x^r) = r \log_b x$$

$$\log_b (xy) = \log_b x + \log_b y$$

$$\log_b \left(\frac{x}{y} \right) = \log_b x - \log_b y$$

$$ab+ac = a(b+c)$$

$$a \left(\frac{b}{c} \right) = \frac{ab}{c}$$

$$\left(\frac{a}{b} \right) \frac{c}{d} = \frac{ac}{bd}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{ac}{bc}$$

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{ad+bc}{bd}$$

$$f(x) = x^2 - 4x + 5$$

$$x^2 - 4x + 5 \leq 0$$

$$n(B \cap C) = 22$$

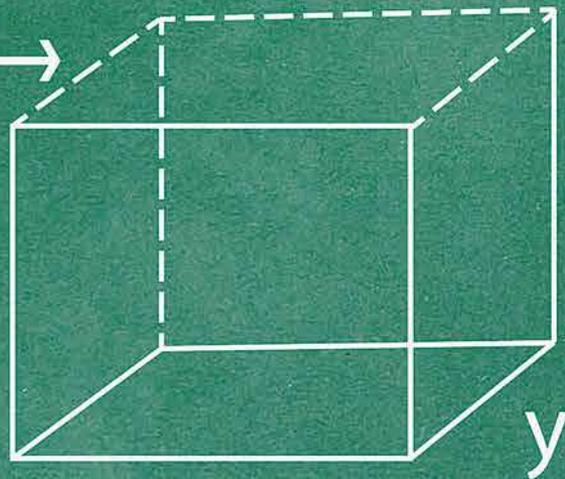
$$n(B) = 68$$

$$n(C) = 84$$

$$n(B \cup C) = n(B) + n(C) - n(B \cap C)$$

20 →

6 →

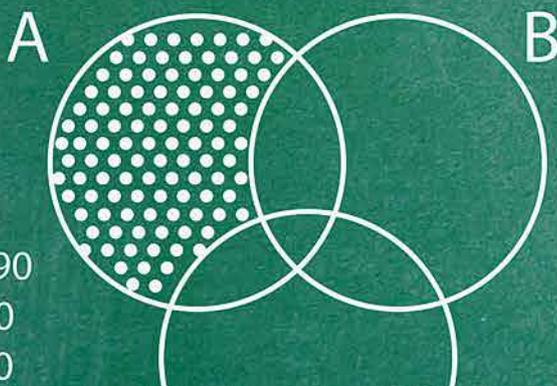


x

$$a(bc) = (ab)c$$

$$a+b = b+a$$

$$a(b+c) = ab+ac$$



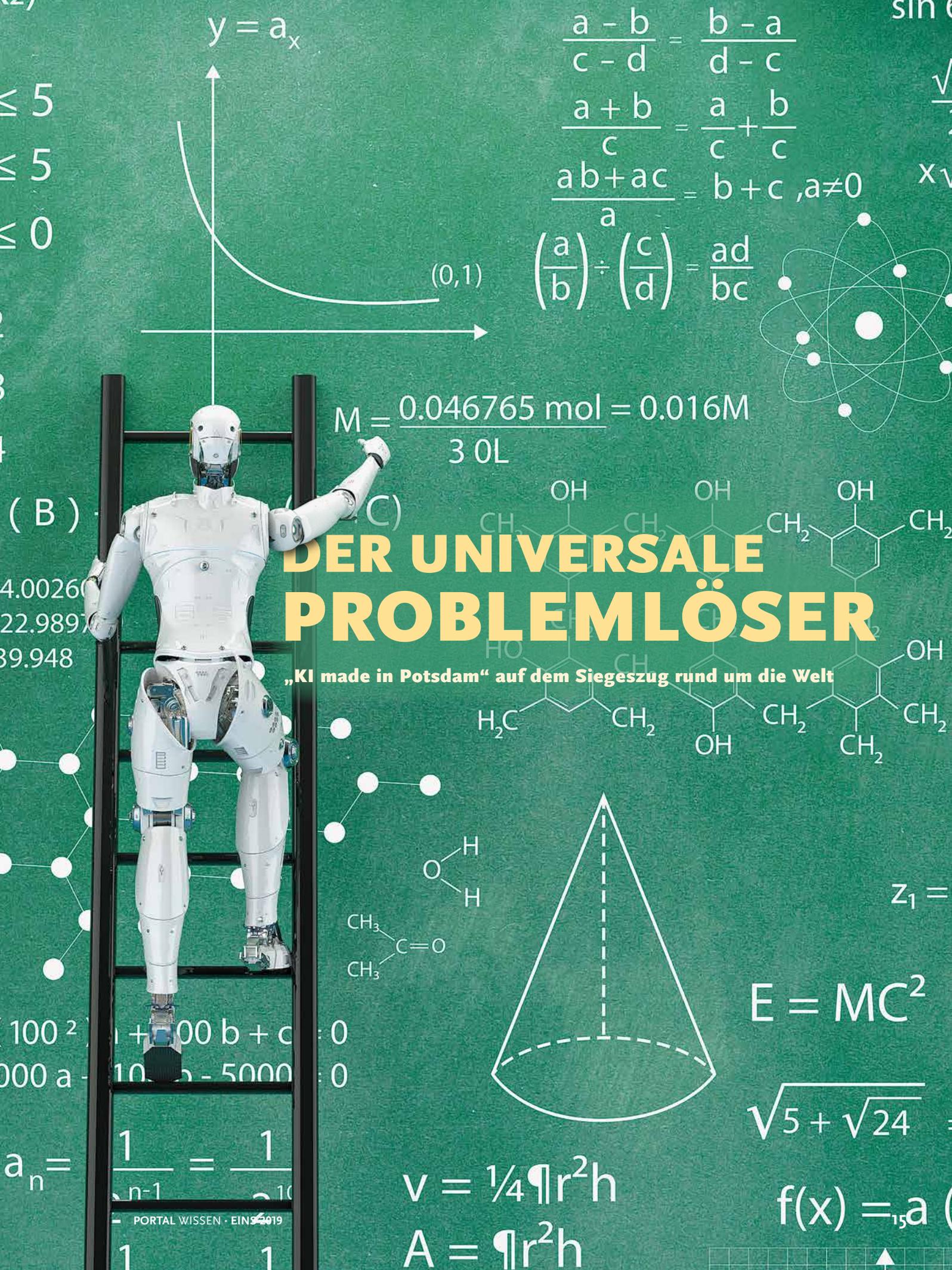
$$(x) (2x+3) = 90$$

$$2x^2 + 3x - 90 = 0$$

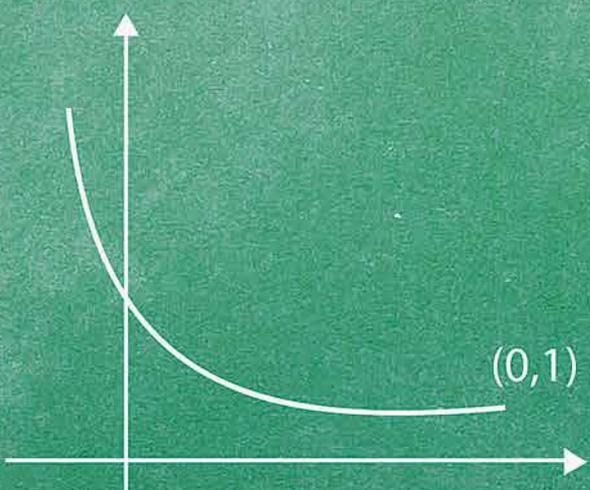
$$(2x+15)(x-6) = 0$$

$$126 = 6xy$$

$$2x + 2y = 20$$



$$y = a_x$$



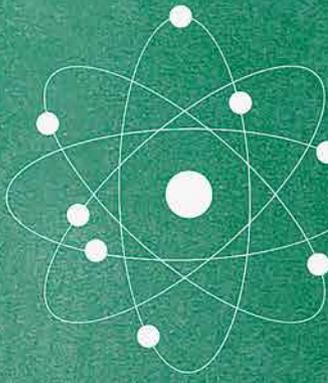
(0,1)

$$\frac{a-b}{c-d} = \frac{b-a}{d-c}$$

$$\frac{a+b}{c} = \frac{a}{c} + \frac{b}{c}$$

$$\frac{ab+ac}{a} = b+c, a \neq 0$$

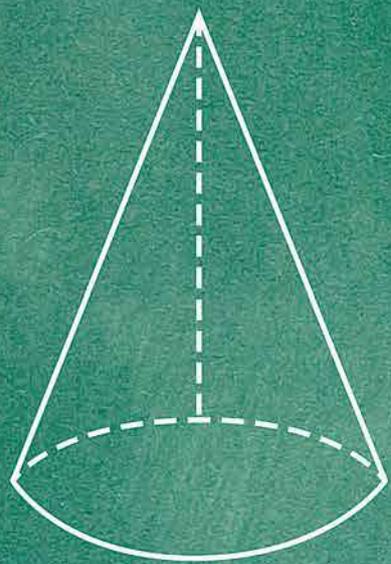
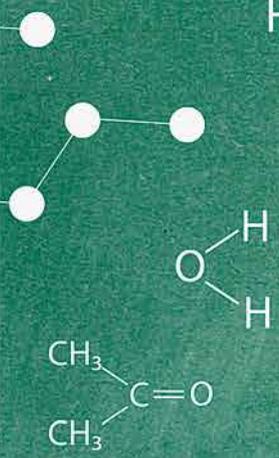
$$\left(\frac{a}{b}\right) \div \left(\frac{c}{d}\right) = \frac{ad}{bc}$$



$$M = \frac{0.046765 \text{ mol}}{3 \text{ l}} = 0.016 \text{ M}$$

DER UNIVERSALE PROBLEMLÖSER

„KI made in Potsdam“ auf dem Siegeszug rund um die Welt



$$E = MC^2$$

$$\sqrt{5 + \sqrt{24}}$$

$$v = \frac{1}{4} \pi r^2 h$$

$$A = \pi r^2 h$$

$$f(x) = a$$

Schwierige Probleme beschäftigen die Menschen schon immer. Doch spätestens seitdem wir unaufhörlich mehr und mehr Daten sammeln, kommen neue hinzu, denen wir allein oft nicht mehr gewachsen sind. Diese Herausforderung kommt Clasp gerade recht. Dem Computerprogramm, das ein Team um den Potsdamer Informatiker Torsten Schaub entwickelt hat, können Probleme kaum schwer genug sein. Vom bestmöglichen Stundenplan für eine ganze Uni über die optimale Struktur eines riesigen Warenlagers bis zur autonomen Komposition musikalischer Werke – es gibt wenig, was Clasp nicht kann. Es muss nur knifflig genug sein.

Vom bislang größten Erfolg seines Programms hat Torsten Schaub, der an der Universität Potsdam die Professur für Wissensverarbeitung und Informationssysteme innehat, eher zufällig erfahren. Auf der Jahrestagung zur Erforschung Künstlicher Intelligenz im Sommer 2016 in New York stellten Forscher der kanadischen Universität von British Columbia ein hochkomplexes Problem vor – und auch das Werkzeug, mit dem sie es lösen wollten: Clasp. Die Wissenschaftler hatten von der Federal Communications Commission (FCC) der USA den Auftrag erhalten, die Neuaufteilung und Versteigerung der dortigen Rundfunklizenzen zu organisieren. Was einfach klingt, war eine gewaltige Herausforderung.



DER WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr. Torsten Schaub studierte Informatik an der TU Darmstadt, wo er auch promovierte. Seit 1997 ist er Professor für Wissensverarbeitung und Informationssysteme an der

Universität Potsdam.

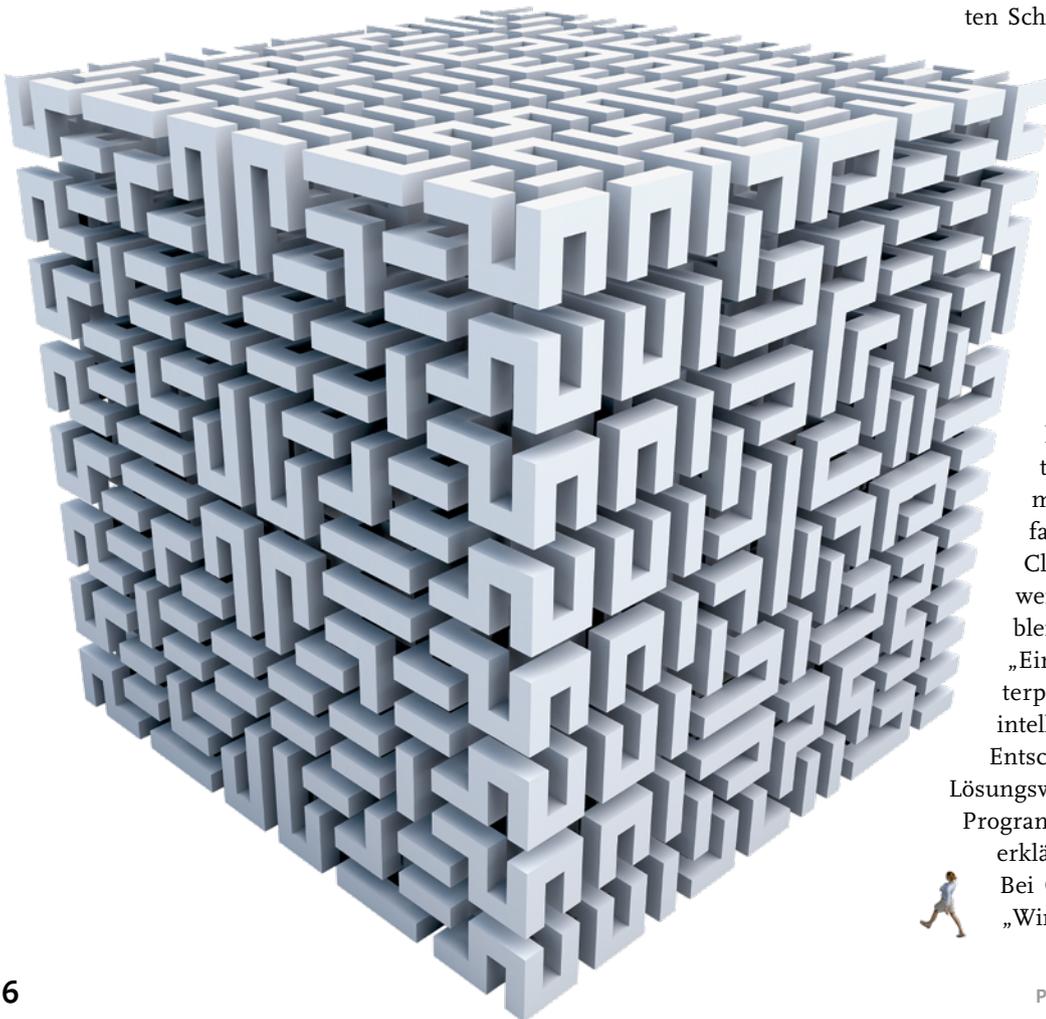
✉ torsten@uni-potsdam.de

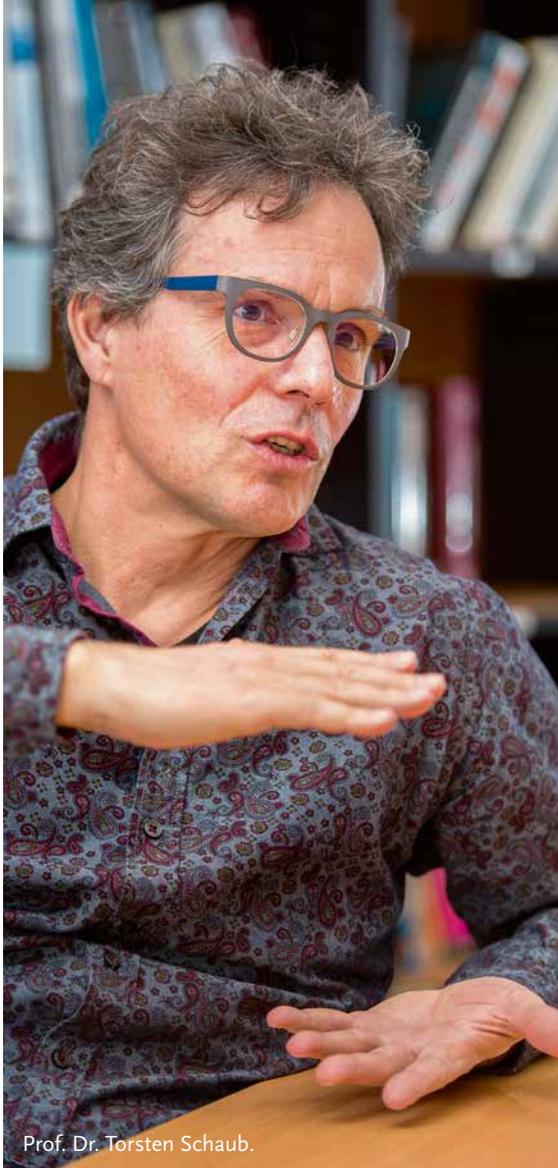
So sollten einerseits die bestehenden Frequenzen in neue aufgesplittet, andererseits Interferenzen vermieden werden. Zudem galt es sicherzustellen, dass die vielen Frequenzen nahezu zeitgleich zur Verfügung standen und versteigert werden konnten. Daraus ergab sich eine mathematische Aufgabe, die Millionen von Variablen enthielt. Genau das Richtige für Clasp, wie sich herausstellte.

Die KI sucht den Konflikt

Denn das Programm ist ein Conflict-Driven Answer Set Solver. „Ein universaler Problemlöser“, sagt Torsten Schaub. „Er löst verschiedene kombinatorische Optimierungsprobleme, solche, die besonders wissensintensiv sind und viele Variablen enthalten.“ Und genau das macht Clasp zur Künstlichen Intelligenz. Denn während eine Software lange nur genau das tat, wozu sie programmiert worden war, entfalten KI-Systeme wie Clasp ihr Potenzial erst, wenn sie mit einem Problem „gefüttert“ werden. „Ein normales Computerprogramm ist nicht intelligent, es trifft keine Entscheidungen, denn der Lösungsweg ist durch seinen Programmcode vorgegeben“, erklärt der Informatiker. Bei Clasp sei dies anders. „Wir geben nur das Prob-

lem an.“ Und genau das macht Clasp zur Künstlichen Intelligenz. Denn während eine Software lange nur genau das tat, wozu sie programmiert worden war, entfalten KI-Systeme wie Clasp ihr Potenzial erst, wenn sie mit einem Problem „gefüttert“ werden. „Ein normales Computerprogramm ist nicht intelligent, es trifft keine Entscheidungen, denn der Lösungsweg ist durch seinen Programmcode vorgegeben“, erklärt der Informatiker. Bei Clasp sei dies anders. „Wir geben nur das Prob-





Prof. Dr. Torsten Schaub.

es sofort zurück an dessen Ursprung, reichert das Problem mit der neuen Information an und rechnet weiter“, erklärt der Wissenschaftler.

„Ganz am Anfang haben wir stark mit klassischen kombinatorischen Aufgaben gearbeitet, etwa dem Problem des Handlungsreisenden (siehe Kasten).“ Zu den frühen Übungsaufgaben zählte auch das Lösen von Sudokupuzzles. Heute werden mit diesem Beispiel Studierende an das Thema herangeführt. „Es stellt sehr einfach die Verbindung zu ihnen her, denn irgendwie ist doch jeder ein Sudoku-Experte“, sagt Schaub schmunzelnd. Doch schon bald kamen erste echte Anwendungsprobleme hinzu. So kooperierten die Informatiker mit Biologen an der Universität Potsdam bei der Analyse von biologischen Netzwerken. Die Wissenschaftler erstellten mit Clasp Stundenpläne für ganze Universitäten, die Räume, Zeiten und Dozierende für mehrere Tausend Kurse unter einen Hut bringen. Und das derart gut, dass es bis heute kein Programm besser kann. Studierende, Doktoranden und Mitarbeiter des Lehrstuhls wendeten Clasp im Laufe der Jahre auf immer mehr Gebiete und Probleme an: Die Steuerung von Roboterschwärmen, die optimale Bestückung von Lagerregalen oder die Streckenplanung von Logistikunternehmen waren ebenso darunter wie das Design von eingebetteten Systemen in Autos oder die autonome Komposition von Musikstücken. Nach einigen Jahren der Entwicklung machten Schaub und sein Team sich daran, dem System Stabilität zu verleihen. Es war reif für die Praxis.

lem vor, den Lösungsweg findet es allein.“ Möglich sei dies, weil das System aus mathematischen Algorithmen besteht, die aus Fehlern lernen. Clasp könne diese nicht nur bewältigen, es brauche sie sogar. „Das System versucht, bei einer Aufgabe frühzeitig in Konflikte zu gehen – und aus ihnen Schlussfolgerungen zu ziehen. Tritt ein Konflikt auf, springt

Clasp ist inzwischen weltweit im Einsatz

Entwickelt innerhalb eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projektes, waren Clasp und einige andere „verwandte“ Solver-Systeme von Beginn an Open Source und frei verfügbar. Im Laufe der Jahre seien sie weit über 160.000

Das **Problem des Handlungsreisenden** ist eines der bekanntesten kombinatorischen Orientierungsprobleme. Es besteht aus der Aufgabe, die Reihenfolge für den Besuch von mehreren Orten nacheinander so festzulegen, dass sich die kürzeste mögliche Strecke ergibt, kein Ort zweimal besucht wird und der Ausgangsort zugleich Ziel ist. Wenn man die Begriffe „Ort“ und „Strecke“ nicht wörtlich, sondern mathematisch begreift, beschreibt es ein mathematisches Problem, das weit verbreitet ist und in vielen Zusammenhängen eine Rolle spielt, bei der Tourenplanung ebenso wie im Design von Mikrochips und der Genomsequenzierung. Je mehr Zusatzbedingungen zur „Route“ hinzukommen, desto komplexer wird das Problem. Übrigens gibt es beispielsweise für die Fahrt eines Handlungsreisenden durch die 15 größten Städte Deutschlands insgesamt 43.589.145.600 Möglichkeiten, von denen nur eine das Problem löst.



Mal heruntergeladen worden. „Mittlerweile ist unsere Software so weit verbreitet, dass ich gar nicht mehr weiß, wer sie alles nutzt“, sagt der Forscher. Bekannt ist sie auf jeden Fall für ihren Einsatz bei der Konfiguration des offenen Betriebssystems Linux. Welche Bestandteile in welchen Versionen auf welchen Computern aufgespielt werden können, damit der Rechner stabil läuft, bestimmt Clasp. Doch es dauerte nicht lange, bis auch die Wirtschaft das Potenzial des Systems für sich entdeckte. Bei der Neuverteilung der Netzfrequenzen in den USA im Sommer 2016 hat es seine Sache gut gemacht und am Ende mehrere Milliarden Dollar gespart.

Der Erfolg von Clasp beruht auf zwei wichtigen Eigenschaften: Zum einen sei das System eines der effizientesten weltweit, sagt Schaub. Inzwischen könne es Probleme mit mehreren Millionen Bedingungen und Variablen lösen. Zum anderen verfüge es über eine Modellierungssprache, die dem eigentlichen Programm vorgeschaltet sei. Sie ermögliche dem Anwender, die Aufgabe für die KI relativ kurz und verständlich zu formulieren. Die Aufgabenstellung, mit deren Hilfe Clasp Sudokus lösen kann, ist nur sieben Zeilen lang. „Erst wenn das Problem, auf welches das System angewendet werden soll, gut formuliert ist, wird aus diesem ein mächtiges Werkzeug“, erklärt der Forscher. „Clasp ist dafür besonders gut geeignet,

weil es die Repräsentation und die Verarbeitung von Wissen miteinander verbindet.“

Ein intelligenter Taschenrechner

Was die KI intelligent macht? Für Torsten Schaub eine Frage der Perspektive. „Als ich vier oder fünf Jahre alt war, brachte mein Vater einen Taschenrechner mit. Der war für mich hochintelligent“, sagt der Informatiker und lacht. „Letztlich funktioniert die Künstliche Intelligenz, die wir machen, wie ein Taschenrechner. Nur eben ein sehr guter.“

Dem, was heute unter dem Schlagwort Künstliche Intelligenz Furore macht, begegnete Schaub im ersten Semester seines Informatikstudiums in den 1980er Jahren an der TU Darmstadt. Ein Ferienkurs in Logischer Programmierung habe ihn angefixt, sagt er. Dass er dabei geblieben ist, zahlt sich heute aus. „Für mich ist es höchst befriedigend, dass wir von elementaren Ideen bis zur Industriefertigung gekommen sind. Als ich 1997 in Potsdam anfang, diskutierten wir noch über Grundlagen, etwa die Frage, wie man mit unvollständigen Informationen umgehen kann. Heute arbeiten wir an Systemen, die praktisch eingesetzt werden“, sagt Schaub nicht ohne Stolz. „In 20 Jahren von purer Theorie zur Praxis. Das ist ein gewaltiger Sprung.“ Dennoch befinde sich die Forschung zu Künstlicher Intelligenz erst am Anfang. So seien KI-Systeme in der Industrie noch gar nicht richtig angekommen. Daher stünden Entwickler immer wieder vor großen Herausforderungen, wenn es darum geht, die in der Theorie entwickelten Systeme für die Praxis fit zu machen. Aus diesem Grund ist für das Team um Schaub der Kontakt zu jenen, die Clasp in der Wirtschaft bereits einsetzen, so wichtig. „Unsere Forschung wird durch die Anwendung gesteuert, weil dort immer neue Grundlagenfragen entstehen“, so der Informatiker. „Und schließlich ist es unsere Aufgabe, diese Technologie für den breiten Markt tauglich zu machen – vom Großkonzern bis zum Kleinunternehmen.“

Eine eigene Firma für den Sprung in die Praxis

Im Frühjahr 2018 ist deshalb aus der Arbeitsgruppe von Torsten Schaub heraus mit „Potassco Solutions“ ein eigenes Unternehmen entstanden, das genau daran arbeitet. „Als wir gesehen haben, dass Clasp von immer mehr Unternehmen eingesetzt wird, haben wir uns gesagt, wir sollten – als Entwickler des Systems – daran mitwirken“, sagt der Wissenschaftler. Für ihn sei das Vorhaben aus zwei Gründen eine Herzensangelegenheit: Zum einen biete die Firma für ehemalige Studierende, Doktoranden und Mitar-

DAS PROJEKT

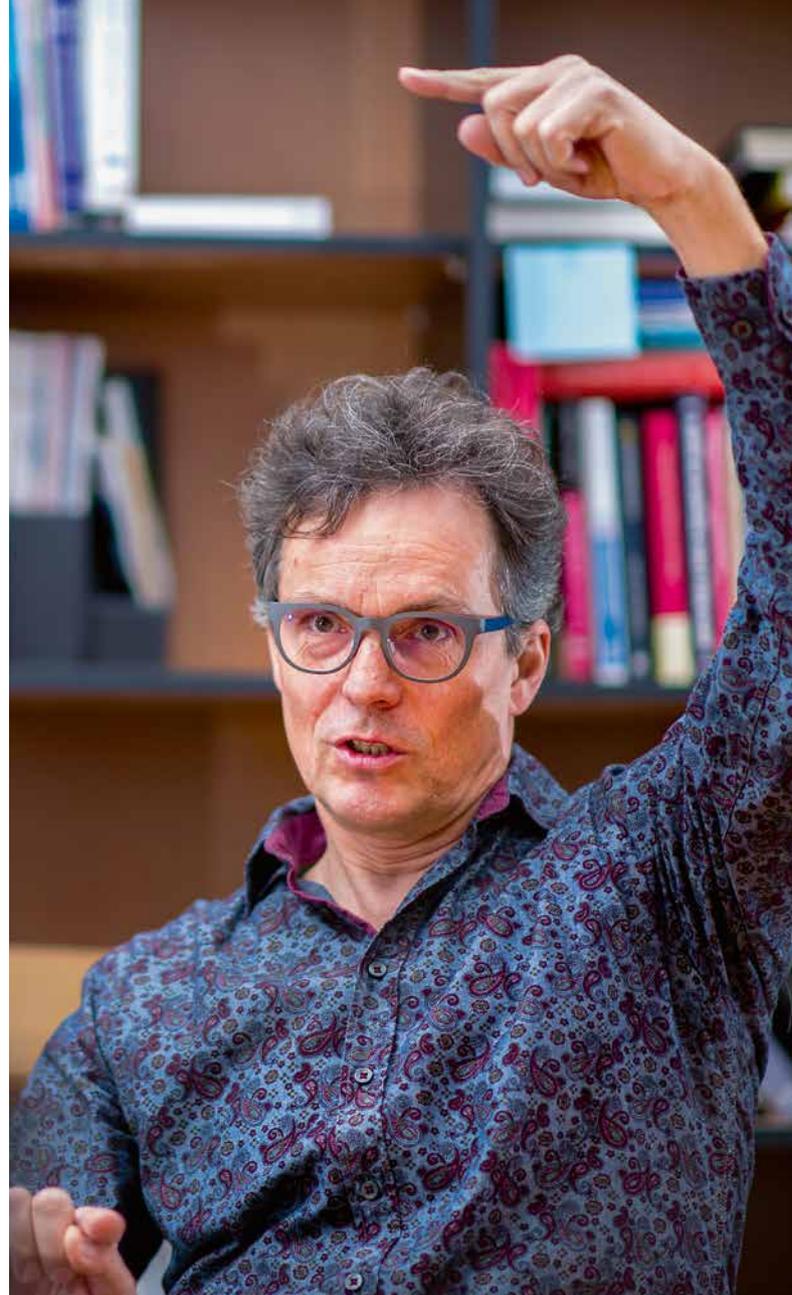
Clasp wird seit 2007 im Rahmen zweier DFG-Projekte als Solver für die Antwortmengenprogrammierung ASP (engl. Answer Set Programming) entwickelt. ASP ist ein Paradigma zum beschreiben der Problemlösen, bei dem das Hauptaugenmerk auf der kompakten Repräsentation von Wissen liegt. Über Jahre hinweg wurde es zum universalen Problemlöser entwickelt. Für eine der zentralen Veröffentlichungen über Clasp in der Fachzeitschrift „Artificial Intelligence“ im Jahr 2012 erhielten Torsten Schaub und seine zwei Co-Autoren Martin Gebser und Benjamin Kaufmann den „Prominent Paper Award 2018“. Damit zeichnet die Zeitschrift Veröffentlichungen aus, die in den vergangenen sieben Jahren eine herausragende Wirkung entfaltet haben.

Entwicklung hocheffizienter sequentieller und paralleler Systeme zum modellbasierten Problemlösen mittels Antwortmengenprogrammierung (2008–2012)

Advanced Solving Technology for Dynamic and Reactive Applications (2012–2018)

Die Systeme sind frei zugänglich unter:

 <https://potassco.org>



beiter der Professur eine berufliche Perspektive. Vor allem aber gebe es auf diesem Weg die Chance, Clasp weiterzuentwickeln und die dazugehörige Grundlagenforschung fortzusetzen – auch nach dem Ende des DFG-Projektes. „Die Synergie mit der Forschungsgruppe beflügelt die Arbeit bei ‚Potassco Solutions‘ und umgekehrt.“

In einem der ersten Projekte ging es darum, für ein großes Bahnunternehmen einen Schichtplan zu erstellen – für 6.000 Beschäftigte, in Früh-, Mittel- und Spätschicht. Dabei hatte Clasp zahlreiche Parameter zu berücksichtigen: Vollzeit, Teilzeit, Urlaub, Auslastung zu verschiedenen Tageszeiten und vieles mehr. Nach rund einem Monat waren alle Bedingungen zusammengetragen und das Problem formuliert. Dann war Clasp am Zug. Woran bislang ein Mitarbeiter eine Woche gearbeitet hatte, bewältigte das System in einer

halben Stunde. „Der fertige Plan war vollkommen korrekt, bis zur Beachtung der Arbeitsrichtlinien“, sagt Schaub. Aber die Möglichkeiten gingen darüber weit hinaus. So konnte es Vorschläge entwickeln, wie sich das Schichtsystem noch verbessern lässt, um etwa Überstunden abzubauen.

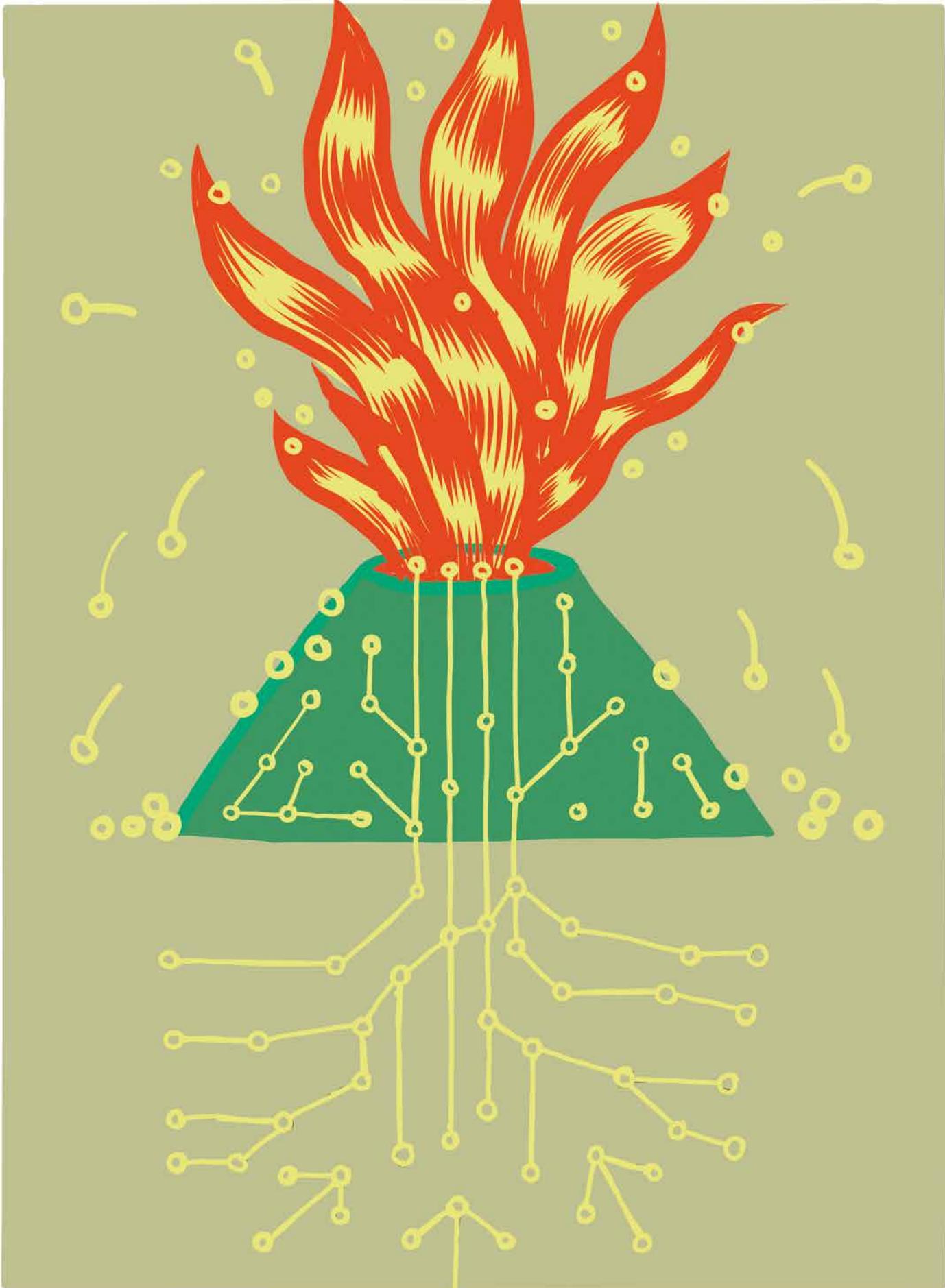
Von Beginn an wurde „Potassco Solutions“ als weltweit agierende Firma konzipiert und hat gegenwärtig acht Niederlassungen auf drei Kontinenten. „Wir wollen unser Wissen ja nach außen tragen – so wie wir Clasp immer schon in die Welt hinaus geschickt haben“, sagt der Forscher. Früher oder später sollen aber auch regionale Kooperationen folgen, betont der Informatiker. Immerhin ist Potassco, die Plattform, auf der KI-Systeme wie Clasp bereitgestellt werden und die der Firma den Namen gegeben hat, die Abkürzung für „Potsdam Answer Set Solving Collection“.

DIE FIRMA

Im Frühjahr 2018 gründete Torsten Schaub gemeinsam mit Kollegen und ehemaligen Mitarbeitern das Unternehmen „Potassco Solutions“. Dessen Aufgabe ist einerseits die Vermarktung von Clasp, andererseits aber auch die Weiterentwicklung des KI-Systems an konkreten Anwendungsproblemen.

<https://potassco.com>

MATTHIAS ZIMMERMANN





MUSTERHAFT

Wie künstliche neuronale Netzwerke die Geoforschung revolutionieren können

Geoforscher haben ein Problem: Die Phänomene, die sie untersuchen, sind derart komplex, dass ihnen nur schwer auf die Spur zu kommen ist. Mit neuen Sensortechnologien, Satellitenüberwachung und Computermodellen der Prozesse im Erdinneren kommen sie ihnen zwar näher. Aber dabei baut sich eine andere Hürde auf: Selbst modernste Hochleistungscomputer brauchen sehr lange, die vielschichtigen Modelle zu berechnen. Abhilfe könnte der Einsatz Künstlicher Intelligenz (KI) schaffen. Dr. Hannes Vasyura-Bathke entwickelt ein System, das Modellierungen, die bislang einen Rechner wochenlang beschäftigen, in wenigen Sekunden bewältigt – und das auch noch genauer.

Hannes Vasyura-Bathke ist Geowissenschaftler, seine Schwerpunkte sind Erdbeben- und Vulkanphysik. Ein Forschungsfeld, das in den vergangenen Jahren stark von den technischen Entwicklungen profitiert hat. Mit Computerprogrammen lassen sich Prozesse und Phänomene modellieren, die mit Messinstrumenten nur indirekt erfassbar sind, weil sie teilweise mehrere Kilometer tief in der Erdkruste ablaufen. Inzwischen sind sie in der Lage, erste Aussagen darüber zu treffen, was im Erdinneren passiert, wenn es an der Oberfläche bebzt. Wo brechen Gesteinsmassen? Wohin verschieben sie sich und wie weit? Ausdehnung, Verschiebung und Magnitude von seismischen Vorgängen lassen sich auf der Grundlage

von Messdaten simulieren. Doch obwohl ihnen Big Data und Computermodelle größere Möglichkeiten eröffnet haben, stoßen Geoforscher bereits an neue Grenzen. Und wieder sind sie technischer Natur: Die mathematische Modellierung am Computer, d.h. die Suche nach den Erdbebenquellparametern und ihren Ungenauigkeiten, die die Messdaten ähnlich gut erklären, ist komplex und dauert mitunter wochenlang. Denn dabei müssen Millionen Modelle mit leicht veränderten Parametern immer und immer wieder gerechnet werden. „Das ist ein Flaschenhals, der uns am Fortkommen hindert“, ärgert sich Vasyura-Bathke. „Eigentlich möchte man dieselbe Rechnung nicht immer und immer wieder machen, sondern gleich zur Lösung kommen.“



DER WISSENSCHAFTLER

Dr. Hannes Vasyura-Bathke studierte Geophysik und promovierte 2013 an der Universität Potsdam über Geophysik. Seit 2017 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Erd- und Umweltwissenschaften.

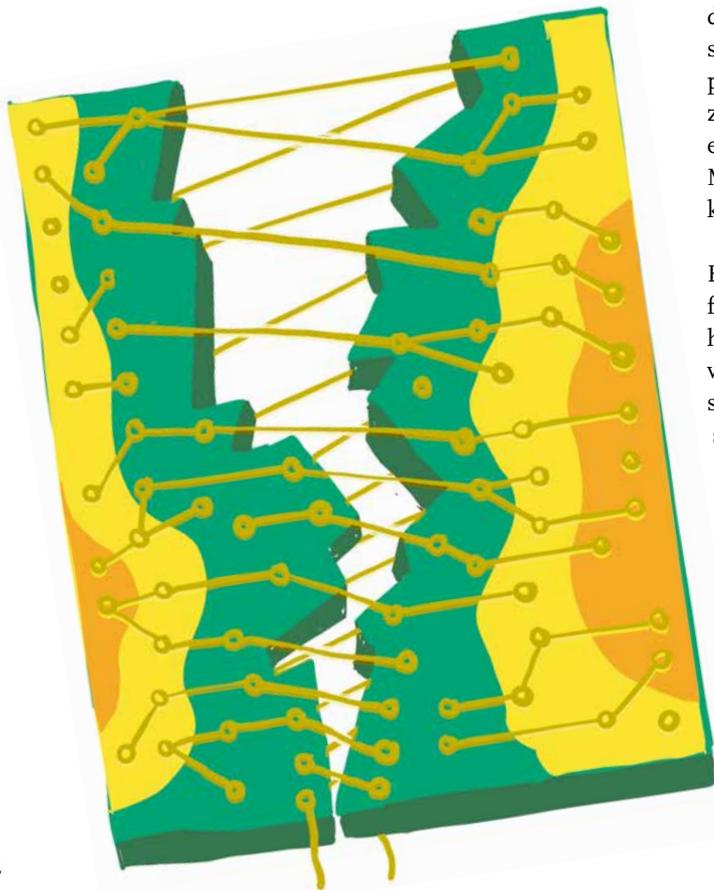
✉ hvasbath@uni-potsdam.de



Dr. Hannes Vasyura-Bathke.

Die KI lernt, Muster wiederzuerkennen

Ein Wunsch, den sich der Geophysiker mittlerweile in einem eigenen Forschungsprojekt zu erfüllen versucht: Er entwickelt ein KI-System, das die Modellierung übernimmt – und mit jedem Durchlauf schlauer wird. „Wir errechnen damit keine anderen Lösungen. Wir modellieren die gleiche Physik, nur schneller“, so der Forscher. Wenn die Methode funktioniert, könnten bald ein paar Sekunden reichen, um aus neuen Daten ein Modell zu erstellen. Das „System“ ist ein künstliches neuronales Netzwerk. „Man könnte es sich wie ein kleines Gehirn vorstellen“, erklärt Vasyura-Bathke. Das Besondere: Die KI spei-



chert nicht die millionenfach ausgeführten Rechnungen, um sie bei Bedarf schnell abrufen zu können. Sie lernt vielmehr, Muster in den Daten zu erkennen. „Um eine Banane zu identifizieren, brauchen wir ja auch nicht 30 Bilder einer Banane, sondern die charakteristischen Merkmale, die eine Banane ausmachen.“ Genau diese Kriterien sind es, die das Netzwerk identifizieren und sich merken soll – und die es lernen muss.

Technisch gesehen besteht die KI aus mathematischen Algorithmen, Filtern, die auf Messdaten angewendet werden. Erst viele hintereinandergeschichtete Filter bilden zusammen das neuronale Netzwerk. Damit funktioniert es ähnlich wie etwa das Tool zur Gesichtserkennung bei Facebook oder zur Entsperrung von Smartphones – nur eben mit Satellitenbildern und seismischen Wellenaufzeichnungen. Um die Muster zu lernen, muss das KI-System trainiert werden. „Bei bisherigen Methoden werden die Messdaten in ein Programm eingegeben und dann geschaut, ob das errechnete Modell zu den Messungen passt. Für das Training der KI drehen wir diesen Prozess um“, erklärt der Forscher. Zum Anfang „füttert“ er das System mit validierten Daten, also Paaren von Messdaten und errechneten Modellen, von denen bekannt ist, dass sie stimmen.

„Davon haben wir aber tatsächlich nur ein paar Hundert.“ Eigentlich brauche man aber viel mehr. Dafür würden die Daten simuliert und ein „Rauschen“ hinzugefügt – Fehlerquellen, Abweichungen, die real vorkommen und stets auch die Messungen beeinflussen. „Anfangs liegt das System oft daneben. Aber dann sagt man ihm, um wie viel – und es korrigiert die Filter.“ Auf der Basis der bekannten Datenpaare rechnet die KI Millionen leicht variierte Modelle durch und verfeinert – angeleitet durch ihre Trainer – die Filter immer weiter. Ein Prozess, der lange dauert, aber letztlich viel Zeit sparen soll. Denn wenn sie erfolgreich trainiert ist, kann die KI die Daten den physikalischen Größen eines Erdbebens zuordnen. Dabei trainiert Hannes Vasyura-Bathke keinen raumfüllenden Supercomputer, sondern letztlich ein Computerprogramm, das kaum mehr als ein paar Megabyte groß ist.

An der Schnittstelle verschiedener Disziplinen

Auf die Idee kam der Wissenschaftler beim Lernen: „Inzwischen muss man ja sowieso alles selbst programmieren. Und wenn man sich in den dazugehörigen Foren herumtreibt, stößt man früher oder später unweigerlich auf ‚Machine Learning‘.“ Erst jetzt sei die technische Entwicklung aber reif für ein solches Vorhaben, erklärt der junge Geowissenschaftler. „Das Machine Learning hat in den vergangenen Jahren entscheidende Fortschritte gemacht, etwa was die Methoden angeht, wie sich die KI die Muster merken kann.“ Das Vorhaben ist Neuland, nicht nur für den Geoforscher. Die Schwierigkeit besteht darin, dass dafür Expertise aus überaus verschiedenen Fachgebieten nötig ist. Am besten ist man Geodät, Geophysiker und Informatiker in einem. Um sich in all diese Felder einzuarbeiten, habe er Jahre gebraucht, sagt Vasyura-Bathke. Zugleich hat er sich kompetente Partner gesucht: an der Uni Potsdam die Machine Learning Group um Prof. Dr. Tobias Scheffer vom Institut für Informatik und Computational Science sowie den Geophysiker Dr. Matthias Ohrnberger vom Institut für Erd- und Umweltwissenschaften. Dazu kommt die Arbeitsgruppe für Seismologie um Prof. Dr. Torsten Dahm am GFZ. Sie alle helfen ihm dabei, sein KI-System weiterzuentwickeln und zu schulen.

Denn wie jeder Schüler hat auch die KI Lernprobleme zu bewältigen. Derzeit „kämpft“ sie mit der Komplexität der Aufgabe. „Das Netzwerk hat Schwierigkeiten damit, Parameter mit unterschiedlichen mathematischen Einheiten gleichzeitig zu lernen“, sagt Hannes Vasyura-Bathke. Während die Orientierung einer Erdbebenfläche im Raum in Grad bestimmt wird, lassen sich Verschiebungen von Gesteinsmassen in Metern beziffern. Sie zu kombinieren, ist eine Herausforderung. Wie viele Modellierungsalgorithmen sich in einem KI-System zusammenführen lassen, wissen die Forscher bislang nicht. „Wir sind die ersten, die so etwas machen – die Verbindung aus Geowissenschaften und Machine Learning steht noch ganz am Anfang. Gut möglich, dass man verschiedene Netzwerke für verschiedene Probleme entwickelt. Es ist aber auch denkbar, dass am Ende ein Netzwerk alles macht.“

Erdbeben schneller und genauer lokalisieren

Bislang hat der Geophysiker gemeinsam mit den beiden studentischen Nachwuchsfor-

DAS PROJEKT

Artificial Intelligence support for rapid analysis of earthquakes and volcanic activity. (Unterstützung von künstlicher Intelligenz für die schnelle Auswertung von Erdbeben und Vulkanaktivitäten)

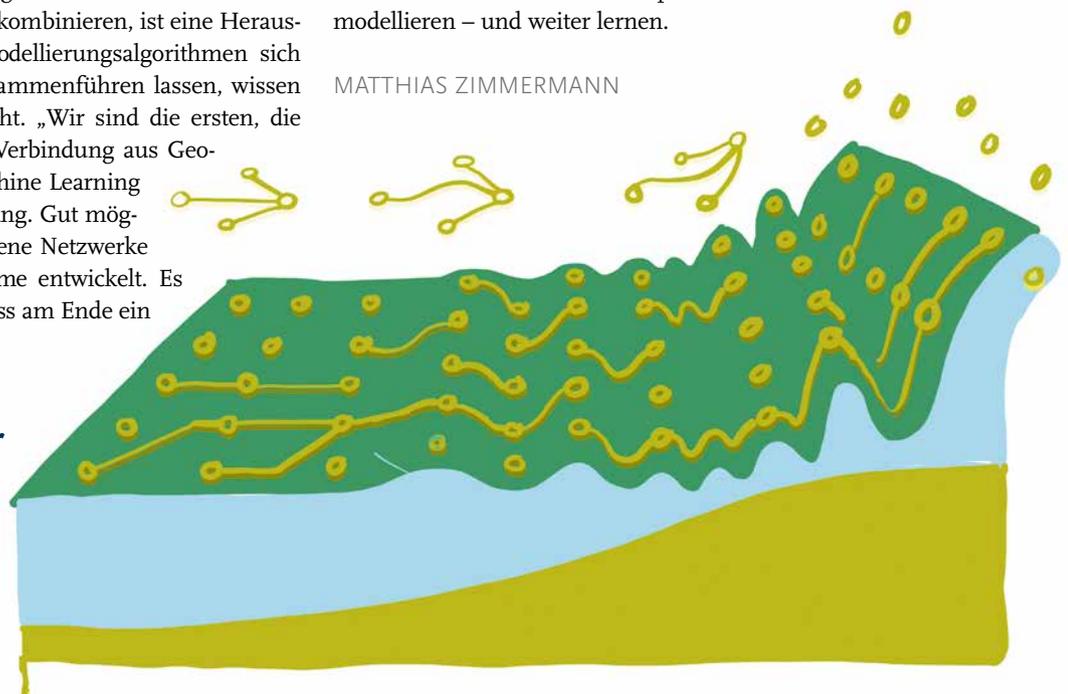
Laufzeit: 2017–2019

Förderung: Geo.X The Research Network for Berlin and Brandenburg

Beteiligt: Universität Potsdam; Helmholtz Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungszentrum GFZ

schenden Marius Kriegerowski und Gesa Petersen seinem KI-System die Lokation anhand der drei Ortskoordinaten im Raum – Latitude, Longitude, Tiefe – beigebracht. Als erste Prüfung sollte es Daten zur Lokalisierung von Erdbeben im Vogtland auswerten. Dort werden über lange Zeiträume hinweg an verschiedenen Messstationen seismische Wellen aufgezeichnet. Deren Analyse lässt Rückschlüsse darauf zu, wo und wann es Erdbeben gab. Bislang erfolgt die Auswertung mit viel Handarbeit und mithilfe von Standardmethoden, die kaum mehr als 60 Prozent „Trefferquote“ haben, so Vasyura-Bathke. „Unser neuronales Netzwerk konnte die Aufgabe nicht nur schneller, sondern auch genauer erledigen, nämlich mit einer Genauigkeit von 95 Prozent!“ Nun schickt der Geoforscher ein weiteres Netzwerk auf die Schulbank, denn es muss für jede Fragestellung ein neues trainiert werden. Bis eines von ihnen wirklich zum automatisierten, operativen Einsatz kommen kann, dürften noch einige Jahre vergehen, schätzt der Wissenschaftler. Aber dann könnten sie wahrscheinlich auch komplexere Phänomene modellieren – und weiter lernen.

MATTHIAS ZIMMERMANN





Fabriken von morgen arbeiten
vernetzt und – großteils –
autonom.

„Es muss nicht alles 100 Prozent autonom sein“

Der Wirtschaftsinformatiker Norbert Gronau findet:
Auf das Miteinander von Mensch und Maschine kommt es an

Allein fahrende Autos, vollautomatisierte Fabriken, selbstlernende Computerprogramme: Verdrängen technische Innovationen den Menschen? Zeigt sich daran, dass Maschinen, spätestens mit dem Vormarsch der Künstlichen Intelligenz, einfach alles besser können als wir? Nein und nein, sagt der Wirtschaftsinformatiker Norbert Gronau. Er beschäftigt sich in seiner Forschung mit automatisierten Systemen – und seit einiger Zeit verstärkt mit der Frage, wie die Kommunikation zwischen Mensch und Cybersystemen so verbessert werden kann, dass alle davon profitieren.

Eine riesige Halle irgendwo im Allgäu, durchzogen von einer durchgehenden Linie, auf der unaufhörlich produziert wird. Am Anfang steht ein einzelner Motorblock, doch mit jedem Meter werden von links und rechts Teile zugeführt und von Roboterarmen zusammengesteckt, verschraubt oder verschweißt. Am Ende fahren fertige Traktoren vom Band. Automatische Systeme wie diese Fabrik sind nicht neu. Roboter tun schon seit Jahrzehnten Dienst in der Industrie, die Verkehrssteuerung von Großstädten wäre ohne komplizierte Computersysteme kaum mehr zu bewältigen. Und die Modellierung von Wetterdaten erfolgt bereits seit langer Zeit nicht mehr mit dem Rechenschieber, sondern mithilfe komplexer mathematischer Algorithmen.

Siegeszug der KI dank großer Datenmengen

„Das Problem von vielen automatisierten Systemen ist, dass man die Regelbasis ständig pflegen und überarbeiten muss, wenn sich die Umstände ändern“, erklärt Norbert Gronau, der an der Universität Potsdam die Professur für Wirtschaftsinformatik, insbesondere Prozesse und Systeme innehat. Veränderungen identifizieren, sie berücksichtigen und das eigene Handeln daran anzupassen – zu lernen eben –, das war lange dem Menschen vorbehalten. Doch inzwischen würden fortgeschrittene Algorithmen eingesetzt, die selbstständig Muster in Daten erkennen können, so

der Wissenschaftler. Künstliche Intelligenz ermögliche selbstlernende Systeme. Sehr beliebt und auch schon weit verbreitet seien spracherkennende Verfahren, die beispielsweise hinter virtuellen Assistenten wie Apples „Siri“ oder Amazons „Alexa“ stecken. Versteht Alexa etwas nicht, fragt es nach und kann sich gleich korrigieren. Daran erkenne man aber auch, dass KI-Systeme vor allem eines brauchen: viele Daten. „Siri profitiert von rund einer Milliarde Nutzern, die täglich mehrere Gigabyte Daten produzieren.“ Insofern passe der Innovationsschub in die Zeit: Erst seitdem an vielen Stellen massenweise Daten erhoben und gesammelt würden, könnten KI-Systeme gezielt entwickelt und sinnvoll eingesetzt werden. Die Entwicklung individueller medizinischer Therapien, die Erforschung alter DNA oder die Analyse umfangreicher seismischer Zusammenhänge profitieren in großem Maße von den neuen Möglichkeiten. Gleichzeitig macht die Abhängigkeit von großen Datenmengen die Grenzen der KI-Systeme deutlich. „Eine Werft baut im Jahr vier Kreuzfahrtschiffe, da hat KI wenig zu lernen.“ Fälle wie diese gebe es viele: Wenn sich Zusammenhänge, Probleme oder Aufgaben nicht in „große Zahlen“ überführen lassen, kann auch KI nicht bei ihrer Bearbeitung helfen.



DER WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau studierte Maschinenbau und Betriebswirtschaftslehre an der Technischen Universität Berlin. Seit April 2004 ist er Lehrstuhlinhaber an der Universität

Potsdam. Seine Forschungsinteressen liegen in den Bereichen Betriebliches Wissensmanagement und Wandlungsfähige Informationssysteme.

✉ norbert.gronau@wi.uni-potsdam.de

Doch schon jetzt zeigt sie vielerorts ihr Potenzial – und auch ihre Überlegenheit: „Maschinen sind immer besser darin, in Standardsituationen bei guter Datengrundlage mit hoher Präzision die richtigen Entscheidungen zu treffen“, sagt der Wirtschaftsinformatiker. Damit machten sie aber den Menschen keineswegs überflüssig. Denn dieser sei überlegen bei schlechter Datengrundlage, wenn Einzelfallentscheidungen zu treffen und Intuition nötig seien oder Kreativität gebraucht werde. Dies habe schon jetzt gravierende Auswirkungen auf die Arbeitswelt. Viele Tätigkeiten werden von Maschinen oder Programmen ausgeführt, weil diese schneller, präziser oder effizienter sind als Menschen. „Roboter sorgen als Zeichen der Digitalisierung nicht überall für Begeisterung“, sagt Gronau. „Viele Menschen befürchten, durch diese ihren Job zu verlieren. Aber ich bin mir sicher: Die Automatisierung schafft Arbeitsplätze. Und wir sollten selbstbewusst bleiben, denn Cybersysteme sind unsere Helfer – und bleiben es auch.“ Für die menschliche Arbeit bringe die Digitalisierung eine Tendenz zur Despezialisierung mit sich, erklärt der Forscher: Tätigkeiten, für die man früher Expertenwissen brauchte, übernehmen jetzt sogenannte Assistenzsysteme. So benötigt eine Tageszeitung keinen Setzer mehr, weil Redakteure die Artikel selbst in das entsprechende Programm einfügen. Dafür werden zunehmend Menschen gebraucht, die diese Systeme planen, kontrollieren oder weiterentwickeln und dafür von vielem etwas verstehen.

Autonome Fabriken von morgen schon heute simulieren

Aber wie lassen sich die technischen Helfer künftig am besten einsetzen? Schon lange forscht Norbert Gronau zu den Möglichkeiten, die autonome Systeme

me bieten. „Lange waren die Maschinen und Werkstücke in einer Fabrikanlage dumm. Die eine verarbeitete Tausende Teile und wusste nichts darüber. Das andere hatte keine Ahnung, was es ist, wo es herkommt und ob es wichtig oder unwichtig ist“, sagt Norbert Gronau. Doch das ändere sich gerade. Immer mehr Maschinen, aber auch Werkstücke würden mit Sensoren, Minicomputern und Kommunikationstechnologien ausgestattet. Damit könnten die vernetzten Teile einer vollautomatisierten Fabrik Daten sammeln und auswerten, miteinander kommunizieren – und den Fertigungsprozess nahezu vollständig allein organisieren, optimieren und auch weiterentwickeln. Eine Idee, der sich Gronau und sein Team bereits seit Jahren in verschiedensten Projekten widmen. Dafür haben sie auf dem Uni-Campus in Griebnitzsee eigens eine Anlage entwickelt. Sie besteht aus einem Förderband, tunnelartigen Boxen mit Touch-Displays und Bildschirmen, einem Roboterarm, etlichen Sensoren, Scannern, Antennen, Kabeln – und einer kleinen Metallkiste, an der ebenfalls rundherum Displays angebracht sind. LUPO – wie das System zu „Leistungsfähigkeitsbe-



Prof. Dr.-Ing.
Norbert Gronau.



urteilung unabhängiger Produktionsobjekte“ anfangs hieß – hatte die Aufgabe, als virtuelle Fabrik beliebig viele Produktionsabläufe zu simulieren. Dadurch konnten die Forscher gemeinsam mit Wirtschaftspartnern Produktionen entwerfen und testen, die es noch gar nicht gab – von der Schokoladen- bis zur Autofabrik.

In einem weiteren Projekt hat das Team für Partner aus der Industrie evaluiert, wie autonom deren Produktionsstätten arbeiten. „Mit LUPO konnten wir stufenlos die Autonomie der Fabrik bestimmen“, erklärt Norbert Gronau. „Die spannende Frage ist: Welcher Grad an Autonomie ist der richtige?“ Untersucht wurde dabei auch die erwähnte Allgäuer Traktorenfabrik. Dabei habe sich gezeigt, dass die Struktur der Fabrik – der Aufbau eines Traktors vom Motor bis zu den Rädern – viel vorgibt, mehr Autonomie sei allenfalls bei der Zuführung des Materials sinnvoll. Bei anderen Fabriken mit weniger stark strukturierten Abläufen, etwa in der Einzelfertigung von Maschinen, habe die Simulation ergeben, dass die Fertigung effizienter wird, wenn die vernetzten Anlagen diese autonom koordinieren.



Ein Betriebssystem für eine Fabrik

Mittlerweile hat sich die raumgroße Minifabrik zum „Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0“ (AZI 4.0) gemausert. Und neben der Frage nach der Autonomie der Systeme ist für Norbert Gronau die nach der Beziehung zwischen Mensch und Maschine getreten. Denn dieses Verhältnis ist für ihn zukunftsweisend – aus verschiedenen Gründen. „Es muss nicht immer alles 100 Prozent autonom sein“,

so der Forscher. „Viel wichtiger ist eine funktionierende Kommunikation zwischen Mensch, Maschine und Werkstück. Das wäre so etwas wie das Betriebssystem für eine Fabrik. Und auch wenn das noch ein bisschen Zukunftsmusik ist, es wird kommen – und davon profitieren dann alle Seiten.“

Denn zum einen sei auch ein lernendes System auf Feedback durch jene angewiesen, die es steuern. Dafür müsse es sich aber auch ausdrücken können, erklären, wie es zu einer bestimmten Entscheidung gelangt ist. Die komplexen Algorithmen, mit denen es arbeitet, müssten hinter einer – auch für Nicht-Programmierer – verständlichen Ein- und Ausgabeoberfläche versteckt werden. Zum anderen stünden auch die Menschen vor der Aufgabe, ihre Rolle innerhalb der neuen cyber-physischen Systeme zu lernen. „Erst wenn sie die Maschinen nicht nur akzeptieren, sondern souverän bedienen, wird daraus eine erfolgreiche Zusammenarbeit“, so der Wissenschaftler. Mit dieser Transformation beschäftigen Gronau und sein Team sich im Projekt „Metamorphose der Fabrik“, kurz „MetamoFAB“. „Es geht darum, Mensch und Maschine der Zukunft in die Lage zu versetzen, Hand in Hand zu arbeiten.“ Für „MetamoFAB“, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird, haben sich mehrere Forschungseinrichtungen – die Universitäten Potsdam und Stuttgart sowie das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK in Berlin – mit Praxispartnern zusammengeschlossen.

Im Fokus des Potsdamer Teilprojekts stehen der Mensch und sein Platz in der Industrie 4.0. In einer Fabrik mit mehr und mehr intelligenten technischen Systemen sind Mitarbeiter nicht mehr Knopfdrücker oder Einleger. „Sie werden zu flexibel agierenden Problemlösern“, so Gronau. Besonders wichtig seien die Interaktions- und die Prozesskompetenz sowie die Fähigkeit zur Selbstorganisation. Diese Kompetenzen zu vermitteln, sei die Herausforderung, vor der Arbeitgeber schon jetzt stünden. Kein leichtes Unterfangen, da die Fabriken der Zukunft vielerorts noch gar nicht stehen und selbst erst noch entwickelt und erprobt werden. An dieser Stelle kommt das AZI 4.0 ins Spiel – als „Lernfabrik“. „Mit der Anlage können die Beschäftigten an ihren Arbeitsplätzen von morgen trainieren, und zwar prozessnah, individuell und mit Blick auf genau das, was sie lernen sollen“, so der Forscher. Pilot-Schulungen in Zusammenarbeit mit der IG Metall hätten gezeigt: Die nötige Kompetenz, um mit den Maschinen auf Augenhöhe zu kommunizieren, kann mensch leicht lernen.

MATTHIAS ZIMMERMANN

A man with glasses and a dark jacket is pointing at a whiteboard. The whiteboard has mathematical formulas written on it, including $\mu = X\beta + \varepsilon$ and $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

Prof. Dr. Christoph Lippert.

DIGITAL HEALTH CENTER

Mit dem Aufbau eines **Digital Health Centers** bündelt das Hasso-Plattner-Institut Forschung und Lehre und bringt Wissenschaftler sowie Akteure aus den Bereichen Medizin und IT zusammen. Gründungsdirektor Prof. Dr. Erwin Böttinger befasst sich mit der personalisierten Medizin. Diese nutzt Ansätze der Genomik und Bioinformatik, um molekulare Krankheitsmechanismen zu bestimmen, dadurch Vorbeugung, Diagnose und Therapie zu verbessern und gleichzeitig das Gesundheitswesen effizienter zu machen. Im Fachgebiet „Machine Learning“ erforschen Prof. Dr. Christoph Lippert und sein Team die Theorie des Maschinellen Lernens und der Künstlichen Intelligenz – und gehen der Frage nach, wie sich diese auf medizinische Daten anwenden lassen. Das Fachgebiet „Connected Healthcare“, das von Prof. Dr. Bert Arnrich geleitet wird, beschäftigt sich mit dem Erfassen und der Analyse von gesundheitsrelevanten Daten aus dem täglichen Leben. Ziel ist es, ein Gesundheitswesen mitzugestalten, in dessen Mittelpunkt die Erhaltung einer gesunden Lebensweise steht.

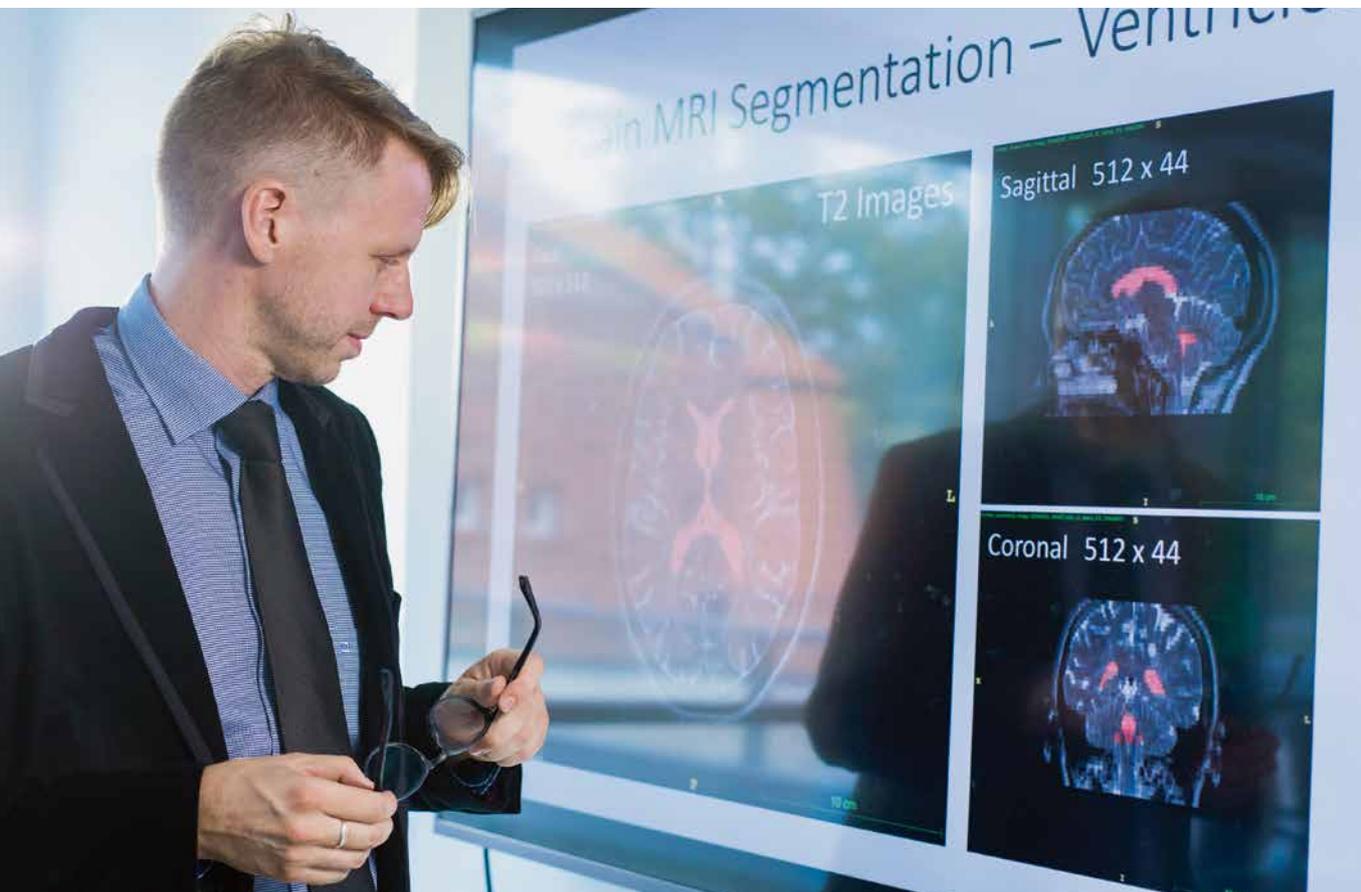
<https://hpi.de/digital-health-center/home.html>

ALLE FÜR EINEN

Christoph Lippert erklärt, wie mit Daten von Millionen dem einzelnen Patienten geholfen werden kann

Die Assistentin schaut besorgt in den Kalender: „Das Meeting verzögert sich“, sagt sie. „Und der nächste Termin beginnt schon in einer Stunde.“ Dazwischen, eng getaktet, Zeit für ein Interview?

Christoph Lippert kommt die Treppe heruntergesprungen, ein kurzer Gruß, der Blick fliehend, den letzten Gedanken noch nicht zu Ende gedacht. Wenn er in diesen Wochen durch die Flure des Hasso-Plattner-Instituts (HPI) eilt, wird er schon mal für einen Doktoranden gehalten. Tatsächlich aber ist er Professor. Einer der jungen Neuberufenen an der gemeinsamen Digital Engineering Fakultät von HPI und Universität. Im September erst war er vom Berliner Max-Delbrück-Centrum nach Potsdam gewechselt, an das von Erwin Böttinger geleitete Digital Health Center.



Christoph Lippert führt in sein Büro, das noch keines ist. Die Umzugskisten stehen unausgepackt am Boden, leere Regale warten auf die schweren Anatomiewälzer, die sich in der Ecke türmen. Forscht hier ein Mediziner? Weit gefehlt. Lippert ist Bioinformatiker, hat in München studiert und in Tübingen über genomassoziierte Studien promoviert. Er gilt als Spezialist für Machine Learning, arbeitete in den USA bei Microsoft Research, später bei Human Longevity, Inc., einem Unternehmen, das sich anschickte, die weltweit umfassendste Datenbank von Geno- und Phänotypen des Menschen aufzubauen und diese dem Maschinellen Lernen zu unterziehen, um auf neue Weise altersbedingte Krankheiten zu bekämpfen. Doch nach drei Jahren ununterbrochener Genomsequenzierung zog es Lippert zurück in die Forschung. Und nach Deutschland. Nur kurz leitete er am Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin die Arbeitsgruppe „Statistical Genomics“, bevor er den Ruf nach Potsdam annahm.

Muster von Krankheitsbildern entdecken

Das Angebot, in die Tiefen des Maschinellen Lernens vorzudringen und das theoretische Wissen auf medizinische Fragen anzuwenden, begreift er als große Chance. „Hier ist so viel im Aufbruch, nicht nur am



HPI, sondern auch an der Universität“, sagt Lippert. Mit der neuen Fakultät für Gesundheitswissenschaften würden sich noch einmal ganz andere Querverbindungen zu Kliniken ergeben, meint der Informatiker, der für seine Arbeit nichts dringender benötigt als große Mengen patientenbezogener Daten. Bislang nutzt er Ergebnisse aus der UK-Biobank-Studie, in der 500.000 Briten medizinisch, genetisch und mit bildgebenden Verfahren untersucht werden. Auch die Nationale Kohorte, die sogenannte NAKO-Studie, mit

bundesweit 200.000 beteiligten Deutschen, liefert ihm wichtige Daten. Sie sind das geistige Futter, mit dem er „seine“ Maschinen zum Lernen bringt. Je mehr Fakten, desto klüger wird das System. Es begreift, wie Krankheiten entstehen, welche Risikofaktoren es gibt, was genetisch bedingt ist und welche Symptome eine Erkrankung frühzeitig erkennen lassen. Das gesammelte Experten- und Erfahrungswissen von Ärzten spielt hier eine ebenso wichtige Rolle wie statistische Erhebungen, MRT-Bilder, Laborwerte, Genanalysen und sensorische Messergebnisse. Lippert entwickelt Algorithmen, um mithilfe all dieser Daten Muster von Krankheitsbildern zu erkennen und auf großen Datenmengen statisch zu beschreiben. Das geht über herkömmliche Expertensysteme hinaus. Hier werden statistische Modelle in neuronale Netze übertragen, die – ähnlich dem menschlichen Gehirn – in der Lage sind, Verknüpfungen herzustellen. Je mehr Informationen sie aufnehmen, desto optimaler können sie diese miteinander verbinden. Ein selbstlernendes System, das unbegrenzt Daten in höchster Geschwindigkeit verarbeiten und selbstständig Schlüsse ziehen kann.

Schneller und präziser diagnostizieren

Wenn Ärzte weltweit darauf zugreifen können, müssen sie künftig nicht mehr nur eigenes Wissen anhäufen und allein Patientendaten sammeln. Sie können den gemeinschaftlichen globalen Daten- und Erfahrungsschatz nutzen, um Krankheiten schnell und präzise zu diagnostizieren. Während der Computer mit Künstlicher Intelligenz Symptome einordnet, Messdaten vergleicht, Querverbindungen herstellt und Wahrscheinlichkeiten berechnet, bieten sich den Ärzten die Freiräume, die sie benötigen, um sich auf die Interpretation der Ergebnisse zu konzentrieren und mehr als bisher auf die Bedürfnisse und Besonderheiten des einzelnen Patienten einzugehen. „Die Maschinen werden die Ärzte nicht ersetzen“, meint Lippert, „aber sie werden ihren Berufsalltag verändern.“ Ärzte müssten lernen, mit großen Datenmengen umzugehen. Und es gehöre in das Curriculum des Medizinstudiums, sich mit Fragen des Datenschutzes und ethischen Problemen der Digitalisierung auseinanderzusetzen, ist der Informatiker überzeugt.

In der neuen Gesundheitswissenschaftlichen Fakultät, die die Universität Potsdam derzeit mit der Medizinischen Hochschule Brandenburg und der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg aufbaut, wird es für ethische Aspekte einer digitalisierten Medizin eine ausgewiesene Professur geben. Christoph Lippert unterstreicht deren Notwendigkeit: „Wir brauchen für die Forschung personenbezogene Daten. Absolute Sicherheit und



DER WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr. Christoph Lippert studierte Bioinformatik in München und promovierte in Tübingen. Seit 2018 ist er Professor für Digital Health – Machine Learning an der gemeinsamen Digital Engineering Fakultät von Hasso-Plattner-Institut und Universität Potsdam.

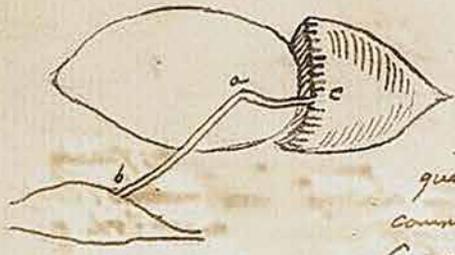
Anonymität aber ist nicht möglich.“ Das werfe Fragen auf, die sorgfältig beantwortet werden müssten. Derzeit überwiege hier eine emotional geführte Diskussion, in der es an faktenbasierten Argumentationen mangle.

Krankheiten früh erkennen und gezielt vorbeugen

Christoph Lippert sieht die großen Möglichkeiten, die der Einsatz Künstlicher Intelligenz in der Medizin eröffnet: Es gehe nicht mehr zuvorderst um das Heilen, sondern um Prävention. Aus Daten generierte Muster würden Krankheiten im frühesten Stadium erkennen lassen. Risiken ließen sich minimieren, genetische Dispositionen berücksichtigen. Rechtzeitig und gezielt vorbeugen oder behandeln zu können, spare natürlich auch die hohen Kosten von Operationen, Intensivmedizin und langwierigen Therapien, so der Wissenschaftler.

Lippert hofft, hier in Potsdam mit seiner Forschung, aber vor allem auch in der Lehre zum gesellschaftlichen Umdenken beitragen zu können. Gerade startete der erste Masterstudiengang „Digital Health“ mit 30 hoch motivierten Studierenden aus aller Welt. „Die eine Hälfte hat einen IT-Hintergrund, die andere kommt aus der Biologie und der Medizin. Eine interessante Mischung“, sagt der junge Professor, der sich auf den internationalen Austausch freut. „Wir haben Tandems mit je zwei Studierenden gebildet, sodass sie voneinander lernen können.“ In den kommenden zwei Jahren werden sich die Studierenden intensiv mit der Analyse, Konzeption und Implementierung komplexer und sicherer IT-Systeme im Gesundheitswesen befassen und dabei auch ethische und rechtliche Probleme diskutieren. Diese Nähe zur Praxis, der unternehmerische Geist am HPI, andererseits wissenschaftlichen Nachwuchs heranzuziehen, mit Doktoranden zu forschen und langfristige Projekte anzugehen – das alles reizt Christoph Lippert sehr. In dieser einzigartigen Konstellation scheint Potsdam deshalb für ihn genau der richtige Ort zur richtigen Zeit zu sein.

ANTJE HORN-CONRAD



Deux vessies natatoires, la première
0,7 po. de long ovale, la seconde
de conique plus petite, antice tran.
cata subconcauo, pour recevoir la
première. Le bord de la vessie con.
que légèrement creusée. Les 2 vessies ne
communiquent avec rien qu'avec un
Canal, qui s. a. très adroitement de con.
vest, qui sort de l'estomac b, j'en.
fonce près de a dans la première vessie
mais continue jusqu'à c à la seconde
de vessie. Près de b il y a vraisembl.

blent un sphincter, car, l'air ne se perdit
lorsqu'on ouvre la première vessie et alors il se perdit
dans tous les 2 vessies à la fois. Voilà donc la vessie na.
tatoire propre, etc en combinaison avec l'estomac. Fiches
l'avait vu d'ouvrir dans l'oesophage. C'est de l'os
qui provient de la digestion, c'est un organe qui sert
à la nutrition! *Prophias 2 Indes (Valenc)*

Pascaro Nacca / *Indes* / *rostrum 5, 3 pollicaris ex cuneo nigro*
cens basi flavo, maxilla superiore interiori glandulosa longiori, sub
ambabus suborato. *flavo* / *caput* et *collum*
pennis laeis supra ex fusco et nigro transversim variegatis
testum. *Guttur* et *collis* pers interior glumis longitudinaliter
medio albis nigris *tubis* pictis tecta. *Interoculares*, *dorsum*, *testrices*
et reniges *ultra* *trilineis* nigris et flavo *trilineis* tra
versaliter notati. *Reniges* 26. *Pauc* exceptis *ultra* 3
et *tacticum* *gemma* / *6 anteriores* ex nigro cinerascens
apice albo - *margine* ex cinereo / *pubes*
Pectus et *abdomen* ex cinereo / *pubes*
nigrascentes, *lineis* albis transversalibus pictas. *Pedes*
cinereae 4 *dactylae* *ungue* *inter* *medio* *interne* serrato.
Long. a rostrum ad pedes 2 po 11 po. a rostrum ad caudam
2 po 4 po. *Cauda* *brevis* *aneata*. *Differt* ab *Indes*
lineata, cui affinis sed pedes haud flavis. *Il* *crie* *comme*
un *boeuf* et se defend beaucoup de bec. *Dum* *gibbiter*
in *actu* *impugnato* *liber* *littera*. *In* *Prophias* *nova* *Spec.* *propter* *rostrum* *et*
orbitas.

Handwritten characters: H u m b o l d t d i g i t a l e d i t i o n

Vom handgeschriebenen Tagebuch zur digitalen Edition
und zurück auf bedrucktes Papier

Longitudo
Orbitae nu.
dae rubescentes
lingua cartil.
ginea acuta.
Il crie dans les
bois comme un
boeuf.

Handwritten notes in German, partially illegible due to bleed-through and handwriting.
für die...
Vogel...
Unterwelt...
im...
in der...
nach...

2019 jährt sich der Geburtstag Alexander von Humboldts zum 250. Mal. Anlass, auf das große Akademievorhaben der Edition seiner Reisetagebücher zu blicken. Der Potsdamer Romanist Ottmar Ette, wissenschaftlicher Leiter des Projekts, und Tobias Kraft, der die Arbeit koordiniert, sprechen über die neuen Perspektiven, die die Digitalisierung der Schriften in der Humboldt-Forschung eröffnen. Und sie erklären, warum am gedruckten Buch dennoch kein Weg vorbeiführt.

„Caribe. Drei Arten dieses fürchterlichen Geschlechts. Große Mittlere u. ganz kleine, etwa 4 Zoll lang. Diese Mittelgattung u. der kleine am grausamsten“, notierte Alexander von Humboldt im Jahr 1800 in sein Tagebuch (siehe S. 32f.). Mit Tinte ergänzte er ein Abbild des „Caribe Fisch“ genannten Piranha, nahm den Bleistift zu Hilfe, um dem Tier die spitzen Zähne einzusetzen. Ein bei Prestel erschienener Prachtband versammelt jetzt erstmals alle Zeichnungen und Skizzen, die der Forschungsreisende auf seiner großen Amerikaexpedition anfertigte. Die Romanisten Ottmar Ette und Julia Meier haben die im Originalformat abgebildeten Illustrationen nach Sachgebieten geordnet und kommentiert. Ein zeichnerischer Schatz, gedruckt auf edlem Papier, sorgfältig verstaut im schmückenden Schuber.

Warum aber ein Buch? Sämtliche Blätter der 2014 erworbenen Reisetagebücher Humboldts sind inzwischen digital erfasst und im weltweiten Netz frei

zugänglich. Ottmar Ette erklärt die Motivation: „Es ist eine bibliophile Ausgabe für klassische Leser, die die Haptik des bedruckten Papiers lieben, die sich in die Seiten vertiefen und einer linearen Erzählweise folgen wollen.“ In der von Ette geleiteten Berliner edition humboldt erscheinen alle Schriften und Tagebücher der Reisen nach Südamerika und Sibirien nicht nur online, sondern auch gedruckt. Was das konzentrierte, ausdauernde Lesen betreffe, so sei das Buch der digitalen Rezeption überlegen, meint der Literaturwissenschaftler. Die digitale Version erfülle andere Bedürfnisse. Als frei zugängliche Forschungsplattform diene sie vor allem der Recherche und dem akademischen Austausch über Fächer- und Ländergrenzen hinweg.

Aufbruch in unkartiertes Gelände

2015 startete das auf 18 Jahre angelegte Vorhaben der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Als Pilotprojekt konnte das kubanische Tagebuch „Isle de Cube. Antilles en general“ veröffentlicht werden, auch dank der Biblioteka Jagiellońska in Krakau, wo sich ein Teil von Humboldts Nachlass befindet. Es ist ein erstes Beispiel digitaler Tagebuche-dition, das erahnen lässt, welche Möglichkeiten in dieser Art der Publikation stecken. Wandert die Computermouse über unbekannte Pflanzennamen, Orte oder Maßeinheiten, erscheint neben dem Text eine Erklärung. Auch Humboldts Randvermerke, Berechnungen und aufgeklebte Notizzettel können angeklickt werden. Und für die wissenschaftliche Einordnung sorgt ein Forschungsdossier mit kommentierenden Beiträgen von Spezialisten. Für diese Pionierleistung gab es 2017 den Berliner Digital-Humanities-Preis. „Wir prämiieren den Willen, die Vorbereitung und den Beginn einer Reise in die digitale Welt“, hieß es in der Laudatio des Berliner Philosophen Gerd Graßhoff. „Diese Reise führt aus den heimatlichen Gefilden der klassischen Edition zur hybriden digitalen Edition. Sie führt – um im Bild zu bleiben – über gefährliche Furten in teilweise unkartiertes Neuland.“

Wissenschaft für das digitale Zeitalter

Einer, der die Unwägbarkeiten der Terra incognita nicht scheut, ist Tobias Kraft. In Potsdam promovierte er am Lehrstuhl von Ottmar Ette über „Figuren des Wissens bei Alexander von Humboldt“. Heute leitet er die Arbeitsstelle der edition humboldt digital, die er selbst als „work in progress-Publikation“ bezeichnet. Im Halbjahresrhythmus werden neue Texte und Briefe veröffentlicht und Funktionen entwickelt, die die Bücher, die keine sind, lesbarer machen. „Wir arbeiten akkumulativ, so wird die Edition mit der Zeit immer



DIE WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr. Ottmar Ette leitet das Akademievorhaben „Alexander von Humboldt auf Reisen – Wissenschaft aus der Bewegung“ der Berlin-Brandenburgischen Akademie

der Wissenschaften. An der Universität Potsdam ist er Professor für französisch- und spanischsprachige Literaturen.

✉ ette@uni-potsdam.de



Dr. Tobias Kraft studierte Romanistik, Germanistik und Medienwissenschaft an den Universitäten Bonn und Potsdam, wo er auch promovierte. Seit 2015 ist er Arbeitsstellenleiter im Akademievorhaben „Alexander von Humboldt auf Reisen – Wissenschaft aus der Bewegung“ an der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.

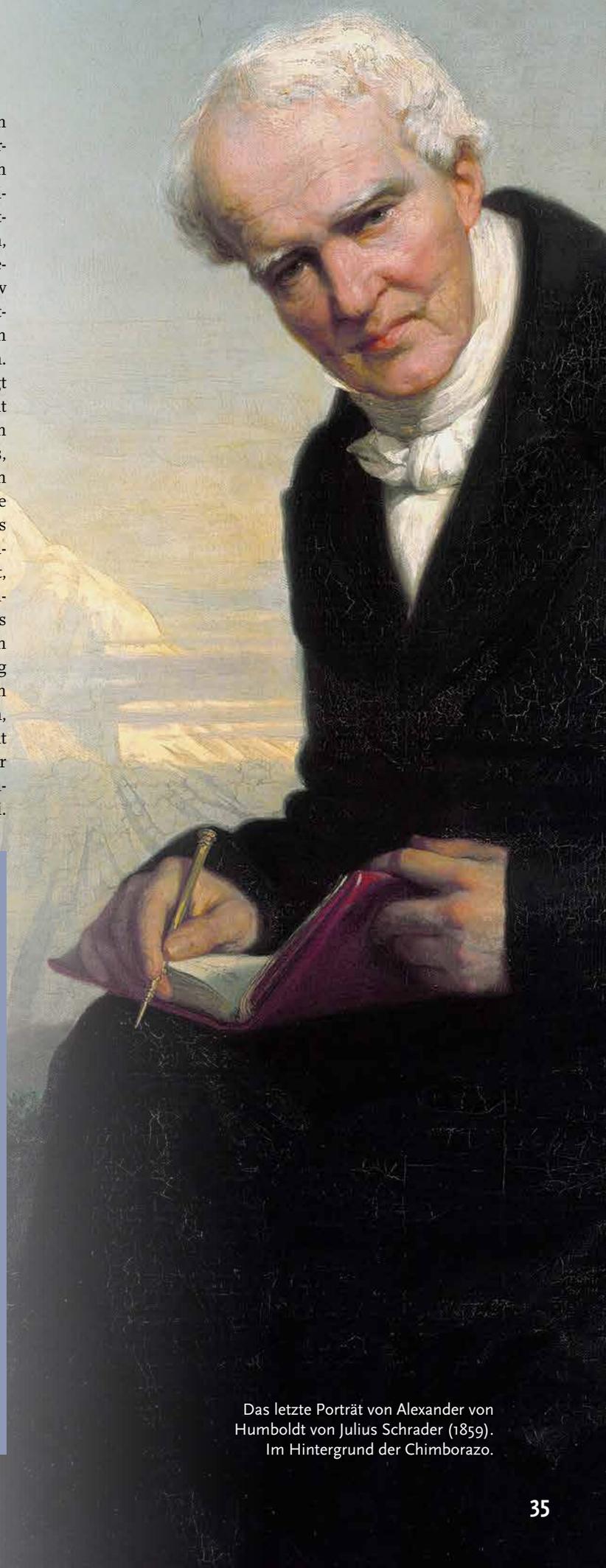
✉ kraft@bbaw.de

größer, breiter und tiefer.“ Kraft und sein Team sehen sich damit in der Tradition Humboldts, dessen Journale keiner strengen Chronologie folgen, sondern ein Konvolut von Naturbeobachtungen, Skizzen, Messreihen von Experimenten, Berechnungen, wissenschaftlichen Essays und literarischen Betrachtungen bilden, die später neu sortiert und mit Randnotizen versehen wurden. „Die Schreibweise Humboldts ist relativ kurz“, sagt Tobias Kraft. Die „Textinseln“, die er miteinander verbunden hat, entsprechen der heutigen Datenstruktur und ließen sich genau so übernehmen. „Eine Wissenschaft für das digitale Zeitalter“, bestätigt Ottmar Ette. Die Komplexität und Vielschichtigkeit der Schriften ließen sich in der Online-Publikation gut abbilden. So könnten die Leser, je nach Bedürfnis, immer tiefer vordringen und neue Querverbindungen herstellen, was der Humboldtforchung völlig neue Perspektiven eröffne. Das vor allem repräsentiere das dynamische und vernetzte Denken Humboldts, der alles miteinander in Beziehung setzte. Ottmar Ette sieht, wie junge Forschende weltweit diesen Netzwerkgedanken aufgreifen und sich dem Wissenschaftler etwa aus dem Blickwinkel der Kunst, der Mathematik oder auch des Klimawandels zuwenden. Mit der Digitalisierung der Tagebücher habe die Humboldt-Forschung noch einmal einen Schub erhalten, sagt Ette und freut sich, dass nachkommende Generationen Humboldt nicht als „Wissenschaftler von gestern“, sondern in seiner globalen Sichtweise als einen Zeitgenossen wahrnehmen. Dazu trage sicher auch seine Vielsprachigkeit bei.

„ALEXANDER VON HUMBOLDT AUF REISEN – WISSENSCHAFT AUS DER BEWEGUNG“

Das Projekt der Berlin Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften umfasst die vollständige Edition der Manuskripte Alexander von Humboldts zum Themenkomplex Reisen. Im Zentrum stehen die Manuskripte der Amerikanischen und der Russisch-Sibirischen Reisetagebücher. Ihre Edition wird elf Bände umfassen, die im Sinne eines Hybrid-Projektes sowohl als Printausgaben als auch als digitale Edition veröffentlicht werden. Darüber hinaus werden umfangreiche Materialien aus dem Humboldt-Nachlass an der Staatsbibliothek zu Berlin – PK und der Biblioteka Jagiellońska in Krakau inhaltlich erschlossen und nach Themenschwerpunkten ediert. Das Forschungs- und Editionsprojekt erfüllt seine Aufgaben in Kooperation mit der Universität Potsdam, der Staatsbibliothek zu Berlin – PK, der Technischen Universität Berlin und anderen Forschungseinrichtungen in der Region Berlin-Brandenburg.

Beginn: Januar 2015 (geplante Laufzeit: 18 Jahre)



Das letzte Porträt von Alexander von Humboldt von Julius Schrader (1859). Im Hintergrund der Chimborazo.

Die wiederum ist für die digitale Edition eine Herausforderung. Neben Deutsch, Französisch und Latein finden sich in Humboldts Manuskripten spanische, portugiesische, italienische, griechische und englische Eintragungen. Auch gibt es Notizen auf Chinesisch, Persisch und in verschiedenen amerikanischen Sprachen. „Ein komplexes System von Textsegmenten. Das wird lange dauern“, sagt Tobias Kraft, der hier ein Betätigungsfeld für Künstliche Intelligenz sieht. Jede Übersetzung falle qualitativ ab und könne sich immer nur dem Original annähern. Eine radikale Mehrsprachigkeit aber würde ein anderes Textverständnis produzieren. „Künstliche Intelligenz ist ein Versprechen. Damit öffnen wir weitere Türen.“

Open Science in Humboldtscher Tradition

Das Bild vom Haus, in das viele Türen hineinführen, nutzt Tobias Kraft immer dann, wenn es darum geht, Wissensbestände öffentlich und frei zugänglich zu machen. Der Open Science-Gedanke sei bei Humboldt schon stark ausgeprägt gewesen, sagt Kraft und erinnert an dessen überfüllte Vorlesungen in der Berliner Singakademie. Wissen sollte nicht in Archiven verschlossen, sondern für jeden verfügbar sein. „In dieser Humboldtschen Tradition fühlen wir uns sehr wohl“, erklären Ette und Kraft unisono. Weil sie mit der digitalen Edition nicht nur ein Fachpublikum erreichen wollen, ermöglichen sie Zugänge auf unterschiedlichem Niveau. Am einfachsten sei es, der Chronologie der Reisen zu folgen. „Wir können heute für fast jeden Tag rekonstruieren, wo Humboldt gewesen ist.“ In einem Seminar zu digitaler Informationsverarbeitung habe Jürgen Hermes, ein Kollege an der Universität zu Köln, mit Studierenden einen Twitter-Roboter (@AvH-Chrono) entwickelt, der täglich meldete, wo sich Humboldt vor über 200 Jahren aufhielt, was er erlebt und geschrieben hat, erzählt Tobias Kraft. So weit hergeholt scheint das nicht. Ginge Humboldt heute auf Expedition, würde er sicher ein Online-Tagebuch führen.

Die Chronologie der Reisen, die in den erst später gebundenen Tagebüchern immer wieder durch Vor- und Rückgriffe, eingefügte Essays und seitenlange Exkurse durchbrochen ist, versucht die gedruckte Version der edition humboldt jetzt zu rekonstruieren. Auch wegen der besseren Lesbarkeit. Was dabei inhaltlich verloren geht, wird markiert und kann im Internet nachgelesen werden. So greifen Print- und Online-Ausgabe sinnvoll ineinander.

Humboldts
Reisetagebücher.

Die Aura der Artefakte

Was aber weder Druck- noch Digitalversion verströmen könnten, sei die Aura, die die Artefakte umgeben. „Die originalen Handschriften und Zeichnungen zu sehen, ist faszinierend. Als die Kiste aufgeschraubt wurde und die in Leder gebundenen Tagebücher zum Vorschein kamen – das war schon sehr besonders“, erinnert sich Ottmar Ette. Der Romanist, der das Denken und Schreiben Humboldts als „Wissenschaft aus der Bewegung heraus“ begreift, wünscht sich, dass die Amerikanischen Reisetagebücher selbst einmal auf Reisen gehen, zurück an den Ursprung ihrer Entstehung, zum Beispiel nach Mexiko. Derzeit liegen sie hochsicher verschlossen in der Berliner Staatsbibliothek und ein kleinerer, nicht gebundener Teil in Krakau. Aber vielleicht finden sie ja schon bald eine Heimstatt im neuen Humboldt Forum in Berlins Mitte, zu dessen „kommunikativem Zentrum“ sie der Präsident der Stiftung Preußischer Kulturbesitz, Hermann Parzinger, bereits erklärte. Glücklicherweise seien sie inzwischen vollständig digitalisiert, was den Druck vom Original nehme, so Ette. Als digitale Faksimiles stehen sie der weltweiten Forschergemeinde auf den Seiten der Staatsbibliothek zur freien Verfügung.

Seit fast 20 Jahren „Humboldt im Netz“

Wie kaum ein anderer nutzte der Potsdamer Romanist schon lange zuvor die uneingeschränkten Möglichkeiten des

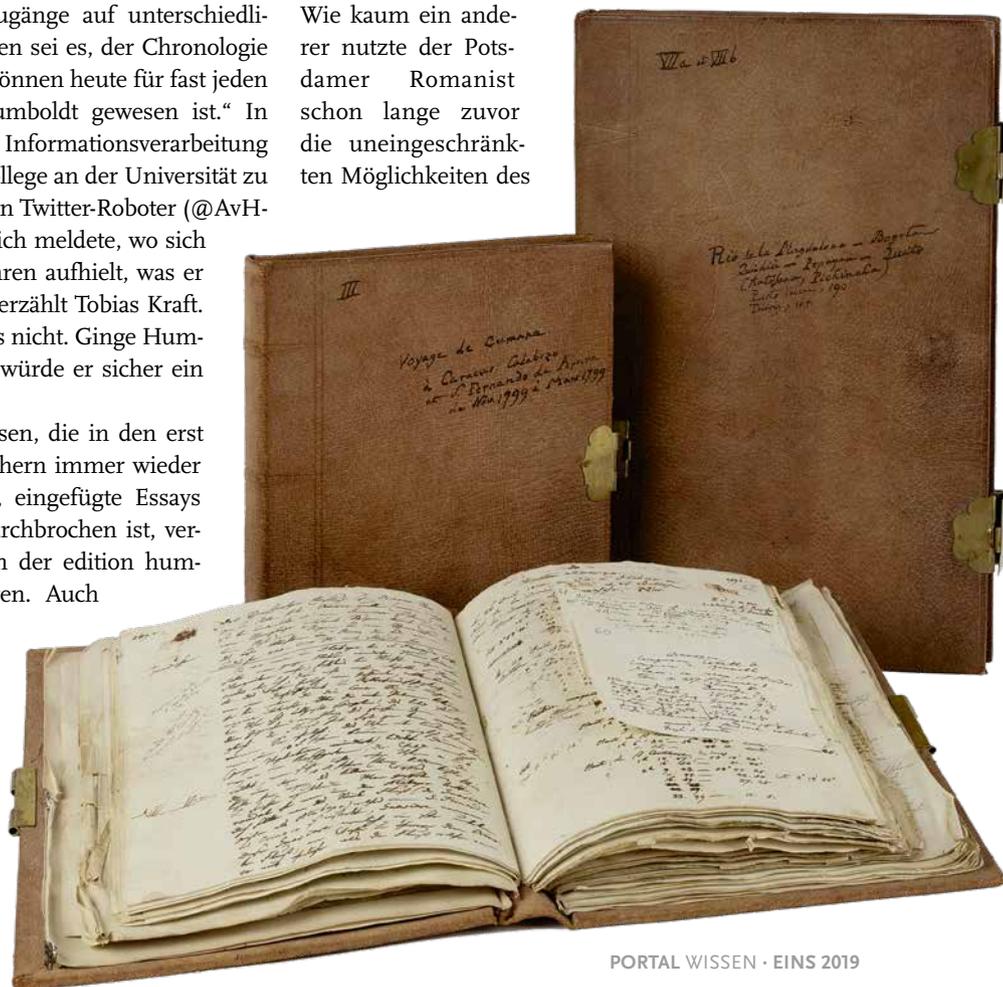
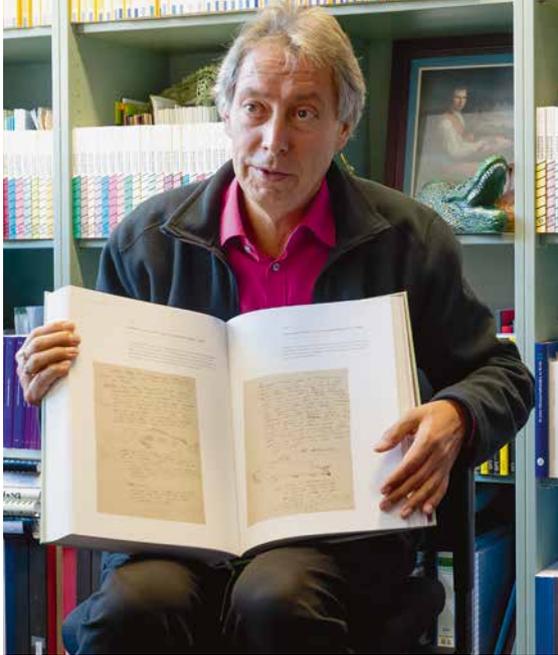


Foto: Staatsbibliothek zu Berlin – PK, Carola Seifert



Prof. Dr. Ottmar Ette (links) und Dr. Tobias Kraft.

akademischen Diskurses im Internet. 2000 begründete Ottmar Ette die digitale Fachzeitschrift „HiN – Alexander von Humboldt im Netz“ und bewies damit viel Mut zum Risiko. Als Low-Budget-Projekt gestartet, erschien sie zunächst in Kooperation mit dem Haus der Kulturen der Welt, später mit der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Viersprachig – in Englisch, Deutsch, Französisch und Spanisch – publiziert sie zweimal jährlich neueste Erkenntnisse aus der Humboldt-Forschung. „Ein Vorteil insbesondere für unsere Kollegen in Lateinamerika, die auf diese Weise jederzeit kostenlos auf aktuelles Material zugreifen können“, erklärt Ette. Bislang zählt die Redaktion mehr als 20.000 bis 30.000 Downloads pro Nummer. Stück für Stück modernisiert, wurde die Zeitschrift immer aufwendiger und professioneller. „Sie spiegelt nicht nur die Entwicklung der Humboldt-Forschung wider, sondern auch die Geschichte der Digitalisierung“, sagt Tobias Kraft, der mit der Arbeit an der Zeitschrift in das Thema „hineingewachsen“ ist und über die Jahre etliche Neuerungen durchgesetzt hat. Das genutzte Open Journal Systems ermöglicht nicht nur die gewünschte Mehrsprachigkeit und die Einspeisung von Metadaten, sondern auch ein webbasiertes Redaktionssystem. Jeder Artikel durchläuft

einen dreistufigen Reviewprozess, erklärt Tobias Kraft. Und auch das Layout habe sich verändert, sei lesefreundlicher und übersichtlicher geworden.

Digitale Zeitschrift geht in den Druck

Wenn Ottmar Ette sich im Spiegel der Publikation betrachtet, versetzt ihn das noch immer in Staunen: Wie es ihnen gelang, Beiträge aus aller Welt zu sammeln und ein internationales Autorenteam aufzubauen mit einer „unendlich kleinen“ Redaktion, die bisweilen nur aus zwei Personen bestand. Aktuell erscheint die 37. Ausgabe. Diesmal aber nicht nur digital, sondern auch als gedrucktes Heft. 100 Seiten zum Anfassen, Blättern, Studieren, Betrachten. Fast 20 Jahre nach ihrer Gründung geht die Online-Zeitschrift jetzt den umgekehrten Weg: aus dem Netz in den Druck. Ein Geschenk zum Humboldtjahr 2019. Dank einer Förderung des Präsidenten der Universität konnten die digitalen Daten in Print-Versionen übersetzt werden – eine Sammlung von 35 Bänden, herausgegeben vom Potsdamer Universitätsverlag. „Die Leute sind überrascht und freuen sich, das aus dem Internet Bekannte plötzlich in den Händen zu halten“, beschreibt Ottmar Ette die Reaktionen und präsentiert stolz den umfangreichen Schubser. So sehr er die Vorzüge des digitalen Periodikums auch schätze, die konzentrierte Lektüre eines Buches, die Versenkung in den gedruckten Text sei durch nichts zu ersetzen.

ANTJE HORN-CONRAD

HiN – INTERNATIONALE ZEITSCHRIFT FÜR HUMBOLDT-STUDIEN

HiN ist eine internationale Open-Access-Zeitschrift und veröffentlicht seit 2000 kontinuierlich aktuelle Forschung zu Alexander von Humboldt in Deutsch, Englisch, Spanisch und Französisch. Das halbjährlich erscheinende, digitale Periodikum ist eine Publikation der Universität Potsdam und der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Seit 2018 erscheint die Zeitschrift sowohl online als auch gedruckt (ISSN online 1617-5239, print 2568-3543).



Künstlerische Darstellung des aktiven Galaxiekerns. Das supermassive Schwarze Loch im Zentrum der Akkretionsscheibe schickt einen energiereichen, scharf gebündelten Teilchenstrahl senkrecht ins All.

DAS PROJEKT

Entwicklung eines Alarmsystems für CTA
Dauer: 2017–2020
Finanzierung: Bundesministerium für Bildung und
Forschung (BMBF)



SIGNALE IM SEKUNDENTAKT

Astrophysiker entwickeln ein Teleskop-Alarmsystem für ein ganz neues Gammastrahlenobservatorium – das CTA

Es ist ein Schritt in eine neue Dimension. Die Suche nach zeitlich veränderlichen Phänomenen im Weltall ist in vollem Gange. Mit ihr die Suche nach kosmischen Quellen energiereicher Gammastrahlung. Wissenschaftler haben hierfür bereits explodierende Sterne, Schwarze Löcher und Pulsare ausgemacht. Doch sie sind sich sicher: Es gibt weit mehr. Das Universum ist voll von extremen Teilchenbeschleunigern, die Gammastrahlen – und weitere Phänomene – erzeugen. Bislang weiß die Wissenschaft allerdings nur wenig darüber, wie genau diese Prozesse, in denen geladene Teilchen auf höchste Energien kommen, funktionieren und in welchem Zeitraum dies erfolgt. Abhilfe soll ein neues Observatorium schaffen, das Cherenkov Teleskope Array, kurz CTA. Es wird von zahlreichen Universitäten und Forschungseinrichtungen vorbereitet, darunter der Universität Potsdam.

Mit bloßem Auge sieht man sie nicht, die energiereichen Teilchen, die auf unsere Erde herniederprasseln. Doch es gibt sie, millionenfach, überall, in unserer Milchstraße und darüber hinaus. Sie machen sich unter anderem durch Gammastrahlen bemerkbar. Diese lassen sich sogar mit Teleskopen messen, wenn auch nur indirekt. Denn Gammastrahlen können die Luft- hülle unseres Planeten nicht durchdringen. Wenn sie aber auf die Erdatmosphäre treffen und mit Atomen und Molekülen kollidieren, produzieren sie Teilchen-

schauer, die mit bestimmten Detektoren untersucht werden können. CTA wird künftig dazu gehören. „Das Observatorium wird uns den Kosmos mit nie dagewesener Präzision erschließen“, sagt Dr. Kathrin Egberts, Leiterin der Arbeitsgruppe „Experimentelle Astroteilchenphysik“ an der Universität Potsdam. Ihr Team ist an dem Großprojekt, an dem rund 1.400 Wissenschaftler und Ingenieure in 30 Ländern arbeiten, beteiligt. Mehr als 100 Teleskope dreier unterschiedlicher Typen sollen in den nächsten Jahren am Cerro Paranal (Chile) und auf der Kanareninsel La Palma errichtet und mindestens zwei Jahrzehnte betrieben werden. „Ein erstes steht inzwischen auf der Nordhalbkugel“, berichtet Egberts. Mit ihrer Arbeitsgruppe hat sie sich lange auf den wissenschaftlichen Betrieb des H.E.S.S.-Experiments (siehe Kasten S. 43) konzentriert. „Wir haben hier Technologien entwickelt, die wir nun auch für CTA nutzen können“, erklärt die Physikerin. Ihre besondere Expertise, automatische Warnsysteme für Teleskope zu entwickeln, sollen sie nun auch beim CTA einbringen. Im Mittelpunkt stehen Kriterien, nach denen die Teleskope von allein umschalten können, um in andere Bereiche des Kosmos zu schauen, in denen gerade für die Wissenschaft interessante Ereignisse passieren.

Eine erprobte Technologie wird flexibler

„Unser Alarmsystem, das wir für H.E.S.S. ‚gebaut‘ haben, bildet eine gute Grundlage für das, was wir jetzt vorhaben“, sagt Kathrin Egberts Kollege Clemens Hoischen. „Eins zu eins übertragen können wir es aber nicht.“ Das Problem: CTA ist ein Observatorium, nicht rein experimentell ausgerichtet wie H.E.S.S. Ein System für CTA unterliegt daher höheren Professionalitätsstandards. Dazu gehören eine leichtere Konfigurierbarkeit und eine erweiterte Flexibilität. Auch Aspekte wie die Überwachung des stabilen Betriebs des autonom agierenden Systems sowie eine Umgebung, in der die Reaktionen auf Alarme simuliert werden können, müssen ausgebaut werden. Eine große Herausforderung. „Wir durchlaufen gegenwärtig eine sehr kritisch gehandhabte Design-Phase. Es geht viel um Architekturen“, konstatiert Hoischen.

Das neue System kann künftig – wie sein Vorgänger – Alarme empfangen, verarbeiten und senden. Bei den ankommenden Parametern handelt es sich zum Beispiel um Positionsangaben eines aktuellen Ereignisses, aber auch um Informationen über die Messgrößen der liefernden Teleskope. Letztere bilden die Grundlage für die Entscheidung, ob auf das jeweilige Phänomen umgeschaltet werden soll oder nicht. Dass das überhaupt möglich ist, soll eine Prozessierungs-Pipeline sichern. Ihr kommt eine zentrale Rolle in der gesamten Technologie zu. In der Pipeline werden sehr komplexe Prozessschritte

CTA ist die Abkürzung für **Cherenkov Telescope Array**, ein Observatorium der Gammastrahlenastronomie. Die Methodik dieses Observatoriums beruht auf dem Umstand, dass Gammastrahlen, wenn sie auf die Erdatmosphäre treffen, Teilchenschauer produzieren. Diese Teilchenschauer wiederum emittieren Cherenkov-Strahlung, kurze Licht-Blitze, die mit den Teleskopen gemessen werden. Aus den Daten können die Energie, aber auch die Richtung der ankommenden Gammateilchen bestimmt werden. Weil keine kosmischen Magnetfelder die elektrisch neutralen Himmelsboten ablenken, führt ihre Ankunftsrichtung direkt zu den Quellen.

Das CTA-Observatorium wird in den kommenden zwei Jahrzehnten das wichtigste Beobachtungsinstrument der Gammaastronomie bei sehr hohen Energien sein. Für die Projektierung und den Bau ist ein großes internationales Konsortium verantwortlich. Eine zentrale Rolle beim geplanten Observatorium wird auch das DESY (Deutsches Elektronen-Synchrotron) in Zeuthen spielen, mit dem die Universität Potsdam kooperiert und durch mehrere gemeinsame Berufungen verbunden ist. Hier soll ein Teil des Vorhabens zukünftig im Science Data Management Centre koordiniert werden.

durchgeführt: Alarme priorisiert, Himmelskarten verglichen, optimale Beobachtungspositionen berechnet. Im Ergebnis gelangt der Alarm an das zentrale Datennahmesystem, das schließlich die Beobachtung organisiert.

Das ist viel Theorie. Bevor diese in der Praxis umgesetzt werden kann, haben die Wissenschaftler des gesamten Projekts noch viel Detailarbeit vor sich. Denn sie müssen die CTA-Schlüsselsysteme kombinieren und die grundlegenden Kriterien für das Wissenschaftsprogramm definieren. „An dem Punkt befinden wir uns derzeit“, beschreibt Hoischen die Situation. Mit welchen anderen Komponenten muss das Alarmsystem verbunden sein? Auf welche Alarme will man unter welchen Voraussetzungen reagieren? Und was passiert, wenn mehrere davon zugleich eintreffen? Fragen über Fragen, die es noch zu klären gilt.

Die **Gammastrahlenastronomie** konzentriert sich auf hochenergetische Prozesse, die in der Natur ablaufen. Die Maßeinheit ist Elektronenvolt. Die Quellen im Weltall, die wir mit der Gammastrahlung sehen, können Teilchen weit stärker beschleunigen, als dies etwa im größten Teilchenbeschleuniger der Erde, dem Large Hadron Collider am europäischen Beschleunigungszentrum CERN bei Genf, der Fall ist. Die Protonen hier kommen höchstens auf 6,5 Teraelektronenvolt. Wissenschaftler messen aktuell jedoch mit ihren Instrumenten Teilchen von 100 Teraelektronenvolt und mehr, die die Erdatmosphäre erreichen. Die zentrale Frage der Forschung ist es deshalb, wie die Natur das macht. Antworten soll die Gammastrahlenastronomie finden.

Ziemlich klar ist dagegen, was das CTA-Alarmsystem an die mit ihm verbundenen Experimente weitergeben kann: das, was die eigenen Teleskope entdecken. Die Systeme, die in anderen Wellenlängenbereichen suchen, können sich dann darauf fokussieren. „Möglich ist auch, ‚Befunde‘ mitzuteilen. Man zitiert den originalen Alarm und das Ergebnis“, erläutert Hoischen. „Das wird in der Community schon gemacht und ist sinnvoll, um Partnern die Entscheidung zu erleichtern, ob nochmals auf das Ereignis gelenkt werden soll oder nicht.“

Hoischen mahnt derzeit zur Eile. „Wir müssen endlich aus der Planungsphase herauskommen und ein Prototypsystem erarbeiten“, sagt er. „Es sollte zeigen, dass es all das kann, was CTA verlangt.“ Doch noch sind wichtige Schnittstellen nicht ausreichend festgelegt, Zuständigkeiten ungeklärt. Am Ende entscheidet ein Übergabeprozess darüber, ob das Potsdamer System übernommen wird oder nicht.

Alarmsysteme nehmen in der Astrophysik zu

Alarmsysteme sind in der Welt der beobachtenden Astronomie nicht neu. Allerdings verzeichnen Experten einen steigenden Bedarf in der astrophysikalischen Forschung. Die Systeme können im engen Rhythmus Tausende Signale pro Nacht erhalten bzw. senden, was eine effiziente Auswahl und Verarbeitung erforderlich macht. Schon früher wurde gefiltert, nun jedoch auf höherem Niveau. Die neuen technologischen Möglichkeiten bieten hierfür differenzierte Lösungen.

Weltweit existiert schon jetzt eine große Community, die mithilfe von Warnsystemen in kürzester Zeit Phänomene nachverfolgt. Dass Alarmsysteme überhaupt existieren, geht übrigens auf eine einfache Tatsache zurück: H.E.S.S., aber auch die geplanten CTA-Teleskope besitzen begrenzte Gesichtsfelder, im Durchmesser ungefähr in der Größe von zehn vollen Monden. Die Systeme sind deshalb darauf angewiesen, Informationen von Weitwinkelinstrumenten zu



DIE WISSENSCHAFTLER

Dr. Kathrin Egberts studierte Physik an der Universität Heidelberg, wo sie 2009 auch promovierte. Sie ist seit 2013 Leiterin der Arbeitsgruppe „Experimentelle Astroteilchenphysik“ an der Universität Potsdam.

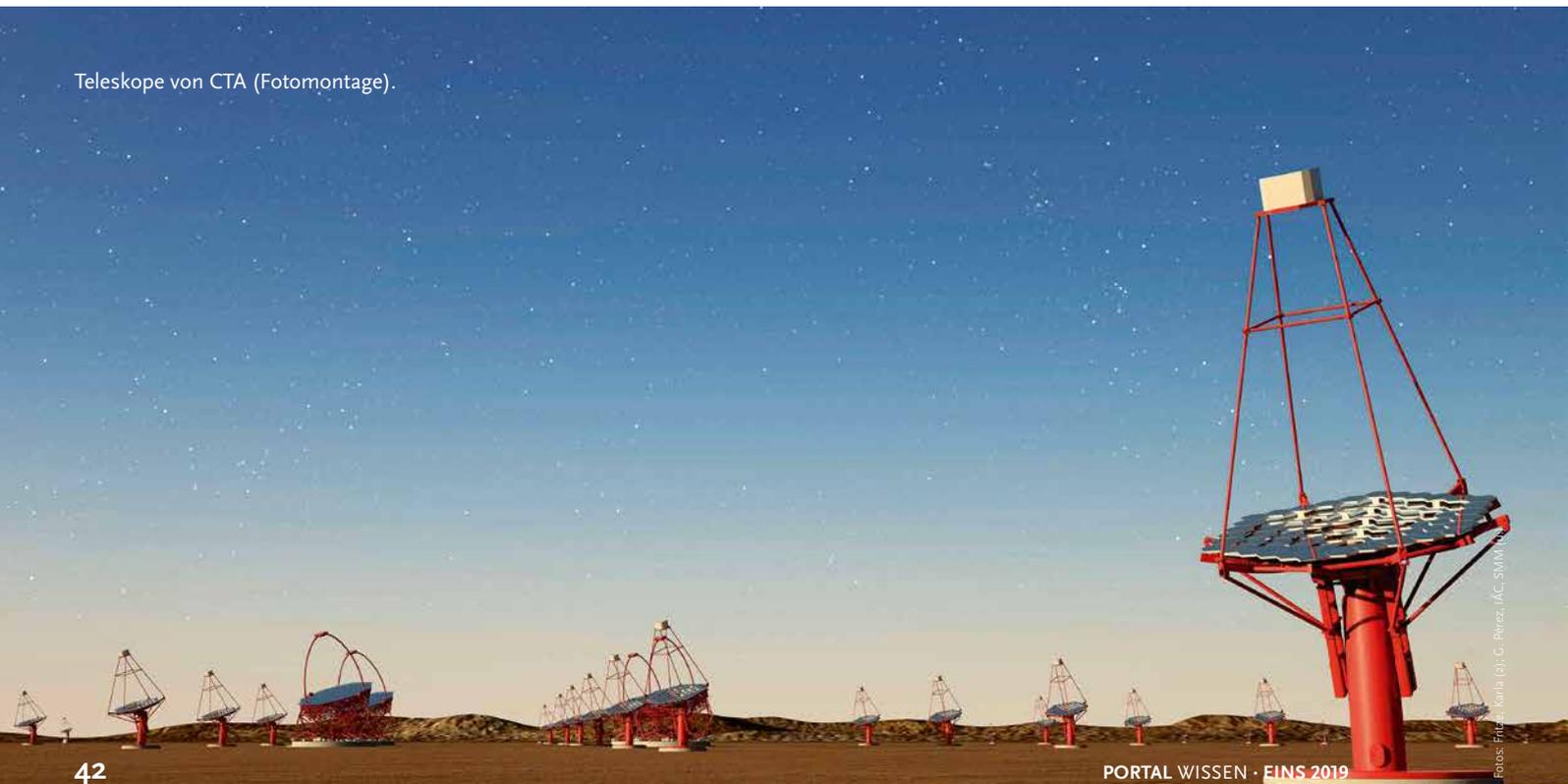
✉ kathrin.egberts@uni-potsdam.de



Dr. Clemens Hoischen studierte Physik an der RWTH Aachen und promovierte 2018 an der Universität Potsdam. Hoischen ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe „Experimentelle Astroteilchenphysik“.

✉ clemens.hoischen@uni-potsdam.de

Teleskope von CTA (Fotomontage).



Dr. Kathrin Egberts und
Dr. Clemens Hoischen.



erhalten, die einen größeren Bereich am Himmel erfassen. So können sie Ereignisse in den Blick nehmen, die ihnen sonst verborgen blieben.

H.E.S.S. lässt die Erwartungen an CTA steigen

Auf den Cherenkov-Teleskopen von CTA ruhen große Hoffnungen. Weit zahlreicher als jene fünf bei

H.E.S.S. eingesetzten und überdies auf beiden Seiten der Erdkugel verteilt, könnten sie tatsächlich bahnbrechend in der Weltraumforschung sein. Immerhin hatte bereits das vergleichsweise kleine H.E.S.S. mit seinem integrierten Alarmsystem unter Beweis gestellt, zu welchen Beobachtungen moderne Systeme heute in der Lage sind. So reagierten dessen Gamma-Teleskope schnell, als sie 2017 alarmiert wurden, dass zwei Neutronensterne verschmelzen. Sie hatten sogar die entscheidende Stelle am Himmel als erstes bodengebundenes Instrument im Sichtfeld, allerdings ohne eine Gammaquelle zu entdecken. Dennoch war dies ein wichtiger Baustein in der wohl größten Beobachtungskampagne der modernen Astronomie. Für ähnlich viel Aufmerksamkeit in der Community sorgte kurz darauf die Messung eines Neutrinos aus der Richtung einer bekannten Gamma-Quelle. Wieder erhielt auch H.E.S.S. einen Alarm – und überwachte, wie alle anderen Cherenkov-Teleskope, das Objekt wochenlang, um sein Verhalten genauer zu studieren.

„Die Ergebnisse der weltweiten Untersuchungen fanden in zahlreichen Publikationen und Veranstaltungen ihren Niederschlag, was nicht zuletzt das wachsende Interesse an Beobachtungen in der Zeitdomäne widerspiegelt“, betont Hoischen. „Systeme wie das, was wir hier in Potsdam erarbeiten wollen, machen diese Beobachtungen erst möglich.“

Das High Energy Stereoscopic System (H.E.S.S.) ist eines der drei wichtigsten Projekte der Gammastrahlen-Astronomie der Gegenwart, neben MAGIC und VERITAS. Es wurde 2002 in Betrieb genommen und befindet sich in Namibia. H.E.S.S. besteht aus insgesamt fünf Cherenkov-Teleskopen, mit denen kosmische Gammastrahlung im Energiebereich von 30 GeV bis 100 TeV gemessen wird. Die große Leistung der drei Experimente besteht darin, gezeigt zu haben, dass es eine Vielzahl von verschiedenen Gammastrahlen-Quellen gibt. Insgesamt sind bereits mehr als 200 detektiert, doch die Forscher sind überzeugt, dass dies nur die Spitze des Eisberges ist. Um auch deutlich schwächere Quellen entdecken und im Detail studieren zu können, brauchen sie CTA, für das sich Experten aus allen drei Experimenten zusammengeschlossen haben.

PETRA GÖRLICH

Stress lass nach!

Eine psychologische Studie erforscht, wie
Selbstmitgefühl und Achtsamkeit bei der
Stressbewältigung helfen können



Wieder nicht alles geschafft, was ich mir vorgenommen hatte. Anderen gelingt es, alles unter einen Hut zu bekommen, nur mir nicht. – Solche bedrückenden Gedanken kennen viele. Mit diesen besser umzugehen, dabei helfen Selbstmitgefühl und Achtsamkeit. Wissenschaftlerinnen der Universität Potsdam und der Universität Greifswald erforschen, welchen Einfluss sie – im Zusammenspiel mit anderen Faktoren – auf die Bewältigung von Stress haben können. In der Studie „MindOn“ berichten Teilnehmende eine Woche lang mithilfe einer App über ihr Stresserleben im Alltag. Carolin Krafzik hat einen Selbstversuch gewagt und sich mit Psychologin Christina Ewert getroffen, die die Studie in Potsdam betreut.

Angestrengt schaue ich auf den PC. Es fällt mir nicht leicht, mein Verhalten spontan einzuschätzen. Akzeptiere ich meine Fehler und Schwächen? Gehe ich freundlich mit mir um, wenn ich Kummer habe und Leid erfahre? Die Fragen lassen mich grübeln. Was bedeutet es eigentlich, freundlich mit sich umzugehen? Drei Plätze weiter arbeitet eine andere Probandin ebenfalls konzentriert die Fragen ab. Wir sitzen weit auseinander, damit wir nicht die Angaben der anderen sehen und vielleicht dazu verleitet werden, anders zu antworten, als wir es allein tun würden.

„MindOn“ ist ein Projekt der Psychologinnen Christina Ewert von der Universität Potsdam und Cosma Hoffmann, die an der Universität Greifswald forscht. Rund 200 Probandinnen und Probanden haben an beiden Standorten an der Studie teilgenommen. Während in Greifswald der Schwerpunkt auf der Achtsamkeit liegt, konzentriert sich Christina Ewert in Potsdam auf das Selbstmitgefühl. Aber was genau ist mit Achtsamkeit und Selbstmitgefühl gemeint? Erstere definiert die Psychologie meist als „die absichtsvolle Lenkung der Aufmerksamkeit auf das Hier und Jetzt sowie einer akzeptierenden Haltung gegenüber den Empfindungen, die wir dabei haben“, erklärt Cosma Hoffmann. Achtsam zu sein, könne sich z.B. dadurch äußern, dass man bewusst wahrnimmt, wie etwas schmeckt, ohne sich etwa vom Smartphone ablenken zu lassen, oder in schwierigen Situationen nicht impulsiv zu reagieren, sondern innezuhalten und zu beobachten, was man gerade fühlt. Selbstmitgefühl dagegen heiße, „sich selbst speziell in leidvollen Momenten Mitgefühl entgegenzubringen“, betont Christina Ewert. „So wie man es anderen gegenüber, die Leid erfahren, auch tun würde.“ Dazu gehöre auch Achtsamkeit, Selbstfürsorge und das Bewusstsein, dass Leiden für jeden Menschen ein natürlicher Teil des Lebens ist. Darüber

hinaus könne es sich auch in aktivem Handeln ausdrücken, indem man sich etwas Gutes tut, einen Tee kocht oder sich selbst liebevoll über den Kopf streicht und sich Zeit für sich nimmt.

Der Fragebogen, den ich am Computer ausfülle, sammelt Informationen zu meinen persönlichen Eigenschaften. Bin ich eher ein ängstlicher Typ?

Gehe ich aus mir heraus? Erledige ich Aufgaben gründlich? Auch wie ich meine Umgebung wahrnehme, wird beleuchtet. Wie häufig achte ich auf Geräusche wie das Ticken von Uhren, Vogelgezwitscher oder vorbeifahrende Autos? Aus meiner Selbsteinschätzung können sich die Psychologinnen später ein Bild machen, wie mein Wesen meinen Umgang mit Stress beeinflusst.

Nach dem ersten Fragebogen scanne ich mit meinem Handy einen QR-Code, der in einer App, die ich mir zuvor herunterladen sollte, eine weitere Befragung startet. Eine Woche lang summt nun dreimal am Tag mein Telefon und fordert mich dazu auf, mein aktuelles Stresserleben und meine Stimmungslage zu protokollieren. Die Alarmer kommen jeden Tag zu anderen Zeiten, zwischen 10 Uhr morgens und 10 Uhr abends. Am Ende werden meine Angaben aus dem ersten Fragebogen mit denen zu meinem situativen Stresserleben aus der App verknüpft.

Grundlage von Christina Ewerts Arbeit ist das Stressmodell von Richard Lazarus und Kristin Neffs Theorie zu self-compassion, zu Deutsch „Selbstmitgefühl“. Danach hängt es von der individuellen Persönlichkeit ab, ob eine Situation als stressvoll empfunden wird oder nicht. Subjektiver Stress trete auf, wenn etwas als bedrohlich wahrgenommen werde und die eigenen Bewältigungsmöglichkeiten als nicht ausreichend eingeschätzt würden. Hier kommen Selbstmitgefühl und Achtsamkeit ins Spiel. Cosma Hoffmann vermutet: „Je achtsamer eine Person ist, desto weniger bedrohlich nimmt sie eine stressige Situation wahr.“ Ewerts Hypothese zum Selbstmitgefühl ist

DAS PROJEKT

„MindOn“

Förderung: Senatskommission für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchs (FNK) an der Universität Potsdam und die Potsdam Graduate School

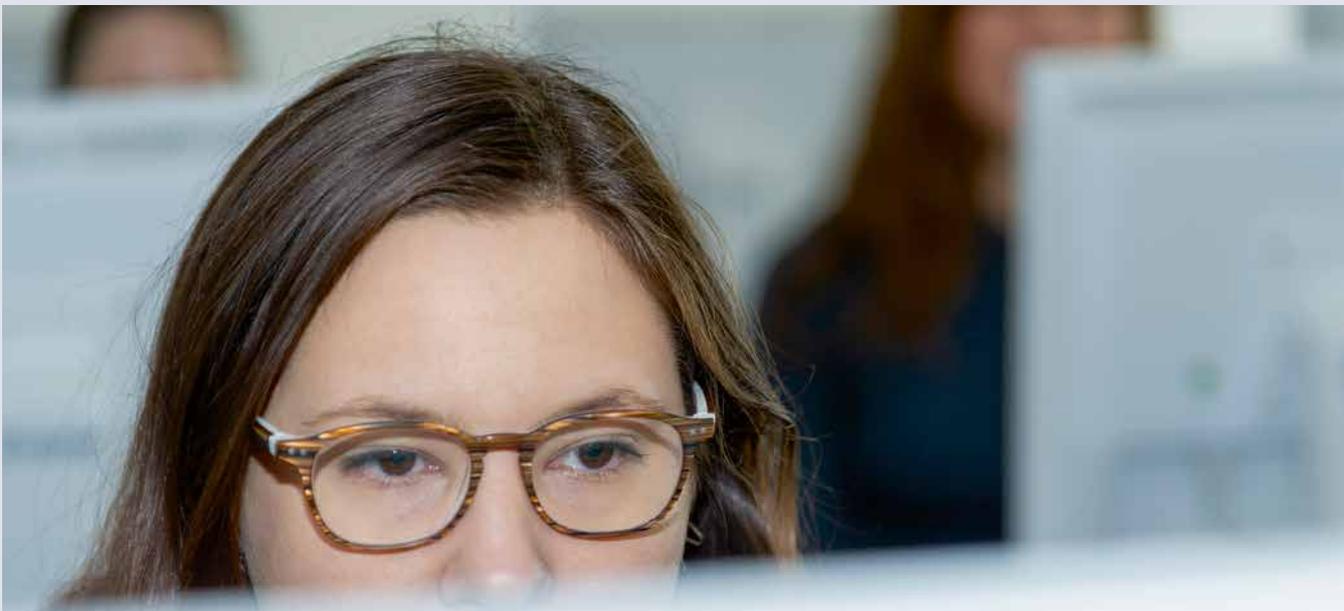
Laufzeit: seit 2017

Beteiligt: Christina Ewert (Universität Potsdam) und Cosma Hoffmann (Universität Greifswald)

ähnlich, bezieht aber zusätzlich verschiedene Persönlichkeitsfacetten mit ein: „Ist beispielsweise jemand, der eigentlich stark neurotisch ist, in einer leidvollen Situation selbstmitfühlender mit sich, kann er eine schmerzhaft Situation als weniger stressreich erleben.“

Die Wissenschaftlerinnen interessieren sich besonders für den Stress im Alltag: „Deshalb haben wir uns für eine App-Studie entschieden, weil wir hier Effekte beobachten können, wie unterschiedlich stark ausgeprägte selbstmitfühlende oder achtsame Zustände das aktuelle Stresserleben beeinflussen.“

Meine Teilnahme an der Studie fällt in eine für mich anstrengende Zeit, denn ich bin vor Kurzem umgezogen. Gerade stehe ich auf der Leiter und schraube an meinem neuen Schrank, da summt weit unter mir das Smartphone. Genervt steige ich herunter und beantworte zum dritten Mal an diesem Tag und neunten Mal in dieser Woche den Fragebogen. Ich soll angeben, was ich in stressigen Situationen seit der letzten Befragung gedacht und wie ich gehandelt habe. Die App gibt mir Antworten vor, ich muss einschätzen, wie stark sie auf mich zutreffen: „Ich habe mich darauf konzentriert, etwas an meiner Situation zu ändern.“ Oder: „Ich habe mir eingeredet, dass das alles nicht wahr ist.“ Auch mein Gefühlszustand wird erfasst. War ich in den letzten Stunden freudig, bekümmert, nervös, entspannt?





Christina Ewert.

Mit ihrer Studie wollen die Wissenschaftlerinnen auch untersuchen, ob Achtsamkeit und Selbstmitgefühl eigenständige Eigenschaften sind, die Stresswahrnehmung und -bewältigung beeinflussen, oder nur eine Zusammenstellung anderer bereits in der Psychologie etablierter Persönlichkeitsfacetten. Wenn

ihre Ergebnisse Achtsamkeit und Selbstmitgefühl als unabhängige Facetten bestätigen, wollen Ewert und Hoffmann darauf hinwirken, dass sie als solche fest in der Stressforschung verankert werden. Bei „MindOn“ geht es also um eine vertiefende Grundlagenforschung. Diese könnte in der Praxis ein gezielteres therapeutisches Vorgehen ermöglichen. „Es ist wichtig, Selbstmitgefühl und Achtsamkeit in den therapeutischen Alltag zu integrieren. Unser Ziel ist es, besser zu verstehen, wie genau und bei wem Selbstmitgefühl und Achtsamkeit in der Stressregulation wirkt, um daraus effektivere therapeutische Interventionen für bestimmte Gruppen oder Erkrankungen zu entwickeln“, so Christina Ewert.



DIE WISSENSCHAFTLERINNEN

Christina Ewert studierte Psychologie an der Universität Greifswald. Seit Mai 2017 ist sie Doktorandin am Lehrstuhl für Differentielle Psychologie und Diagnostik. Die Studie „MindOn“ ist Teil ihrer Promotion an der Universität Potsdam und wird von Prof. Dr. Michela Schröder-Abé begleitet.

✉ cewart@uni-potsdam.de



Cosma Hoffmann studierte Psychologie an der der Universität Greifswald. Dort ist sie seit Februar 2017 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Differentielle und Persönlichkeitspsychologie und Psychologische Diagnostik.

✉ cosma.hoffmann@uni-greifswald.de

Die Befragung ist zu Ende. Zunächst bin ich froh, nicht mehr dreimal am Tag über mein Befinden Auskunft geben zu müssen. Aber mit der Zeit fehlen die kurzen Momente, in denen ich in mich hineinhorche. Die App hat mich dazu angehalten, regelmäßig meine Gefühle und mein Verhalten zu reflektieren. Ein kleiner therapeutischer Effekt, der mir gutgetan hat. Hin und wieder stelle ich mir nun immer noch die Fragen und überlege, wie es mir geht und wie ich mit stressigen Erlebnissen umgehe. Ich bin dankbar, etwas über Selbstmitgefühl und Achtsamkeit gelernt zu haben, und entschlossen, es in meinen Alltag mitzunehmen.

CAROLIN KRAFZIK

Wenn die Nacht zum Tag wird

In einem interdisziplinären Kooperationsprojekt wird das Restless-Legs-Syndrom bei Kindern und Jugendlichen erforscht

DAS PROJEKT

Restless-Legs-Syndrom (RLS) – eine diagnostische und therapeutische Herausforderung im Kindesalter

Förderung: Eigenmittel und Deutsche Restless Legs Vereinigung

Laufzeit: 2017–2019

Beteiligt: Prof. Dr. Thomas Erler, Reena von Barby, Anne Schomöller, Anna Gychka, Prof. Dr. Frank Mayer



Erwachsene haben es, Kinder auch. Doch wie häufig das Restless-Legs-Syndrom (RLS) bei Minderjährigen tatsächlich auftritt, darüber weiß die Wissenschaft nur wenig. Mehr Klarheit soll jetzt eine Studie der Universität Potsdam schaffen. Honorarprofessor Prof. Dr. Thomas Erler vom Klinikum Westbrandenburg und Anne Schomöller von der Hochschulambulanz der Uni untersuchen in einem groß angelegten Projekt, inwieweit 6- bis 18-Jährige von der Erkrankung betroffen sind.

Es kribbelt und zuckt in den Beinen, sie wollen keine Ruhe geben. Die Beschwerden kommen meist in der Nacht. Dann, wenn die Betroffenen sich eigentlich ausruhen wollen. Doch durchschlafen können sie selten. Denn sie müssen wieder aufstehen und sich bewegen, erst dann lassen die für RLS typischen Missempfindungen nach. Die Folge: Wer unter dem Syndrom leidet, leidet auch unter einem doppelt anstrengenden Tag. Denn Frische und Konzentration fehlen, um alle anstehenden Aufgaben gut zu bewältigen. Ein Teufelskreis. Das Phänomen ist bei Erwachsenen seit Langem bekannt, sowohl hinsichtlich seiner Häufigkeit als auch seiner Ausprägung. Gegenwärtig gehen Experten davon aus, dass in Deutschland rund zwei Millionen Menschen jenseits des Jugendalters RLS haben. Und genau hier liegt der Knackpunkt. Neuere Forschungen halten die Erkrankung für möglicherweise angeboren. „Wenn das so wäre, gäbe es sie auch verbreitet im Kindesalter“, sagt Thomas Erler. „Nicht nur vereinzelt.“ Der Mediziner will das genauer wissen. Bisher sind eher wenige Fälle unter Kindern und Jugendlichen nachgewiesen.

Verläuft die Erkrankung in diesem Alter womöglich anders und wird deshalb kaum diagnostiziert? Das ist die Frage, die ihn und Anne Schomöller genauso umtreibt wie die Mitglieder der Deutschen Restless Legs Vereinigung, die den Anstoß zur Forschung des Teams gegeben haben. Selbst vom Syndrom geplagt, haben einige von ihnen auch bei ihren Kindern und Enkeln Verhaltensweisen entdeckt, die sie veranlassten, sich an Ärzte und Wissenschaftler zu wenden.

Die RLS-Diagnostik bei Kindern ist schwierig

Während RLS bei Erwachsenen leicht feststellbar ist, ist das bei Kindern deutlich schwieriger. Gerade die ganz kleinen unter ihnen schlafen ohnehin selten durch, krabbeln mitunter nachts aus dem Bett und laufen herum. Am Tage quengeln sie dann um so mehr. Aber liegt deshalb gleich ein RLS vor? Erler ist sich sicher: Die für Erwachsenen typischen Symptome der Erkrankung lassen sich nicht automatisch auf Kinder und Jugendliche übertragen. Besonders wichtig erscheint ihm in diesem Zusammenhang noch ein anderes Problem: die Abgrenzung zum Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätssyndrom, kurz ADHS. Auch die davon betroffenen Kinder können sich am Tag nur schlecht konzentrieren, sitzen selten still, verfolgen den schulischen Unterricht nur bedingt. „Es könnte sein, dass ein Teil davon nicht an ADHS, sondern an einem RLS leidet, das übersehen wurde“, befürchtet Erler. „Dem wollen wir in unserer Studie unter anderem nachgehen.“



Das Restless-Legs-Syndrom (RLS) verursacht eine quälende Unruhe in den Beinen, mitunter ein Kribbeln, Ziehen oder Stechen. Manchmal sind auch die Arme betroffen. Die Beschwerden treten fast immer in Ruhe auf, insbesondere nachts. Betroffene haben deshalb einen gestörten Schlaf. Wenn sie aufstehen und sich bewegen, lassen die Schmerzen meist nach. RLS ist bei Erwachsenen gut erforscht, bei Kindern jedoch kaum.



Prof. Dr. Thomas Erler.



Anne Schomöller.

Bestätigt sich der Verdacht, wäre das schlimm. Denn es würde bedeuten, dass die Kinder bisher falsch therapiert worden sind. Auch deshalb drängen Thomas Erler und Anne Schomöller zum Handeln. „Wir müssen herausfinden, was tatsächlich für RLS spricht und wie häufig es überhaupt vorhanden ist“, sind sie sich einig.

Fragebögen sollen weiterhelfen

Erler und Schomöller setzen ihre Hoffnungen auf zwei Fragebögen, die die Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin vor Jahren entwickelt, aber nie eingesetzt hat. Sie wollen diese noch bis Mitte 2019 an Schulen in Brandenburg, Sachsen-Anhalt und der Ukraine, wo Erler studiert hat, verteilen. Die Bögen richten sich zum einen an 6- bis 12-Jährige, zum anderen an 13- bis 18-Jährige. 2018 wurde ein Pretest durchgeführt, bei dem Antworten von elf an RLS erkrankten Schülerinnen und Schülern denen einer gesunden Kontrollgruppe gegenübergestellt wurden. Der Testbogen hat gezeigt, dass sich beide Versionen gut dafür eignen, um Aussagen über Symptommhäufigkeiten der Befragten zu erlangen.

Insgesamt bezieht die Studie 6.000 Kinder und Jugendliche ein. Erste Rückläufe von zwei Grundschulen im Spree-Neiße-Kreis liegen bereits vor. Ob unter den 50 ausgefüllten Formularen solche sind, die aus medizinischer Sicht weiter abgeklärt werden müssen, steht allerdings zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht fest.

Die Fragebögen sind altersgerecht gestaltet. Den für die Jüngeren sollen die Eltern ausfüllen, wenn sie mit ihren Töchtern oder Söhnen sprechen. 19 Fragen sind es im Ganzen. „Hast Du oft ein eigenartiges und

wehtuendes Gefühl in Deinen Beinen, wenn Du sitzt oder liegst?“ oder „Kannst Du bitte zeigen, wo Du dieses eigenartige und wehtuende Gefühl genau hast?“ lauten zwei davon. Zeichnungen erleichtern den Teilnehmenden die Antworten.

Ziel der Fragebögen ist es nicht, Ferndiagnosen zu stellen. Vielmehr will das Team aus der großen Masse des gewählten Bevölkerungsausschnitts potenziell Betroffene herausfiltern. Also solche Personen, die ein deutliches RLS-Risiko besitzen. „Bei Zweifelsfällen“, erklärt Erler, „wollen wir zusätzliche Interviews führen, gezielt den medizinischen Hintergrund erfahren.“ Am Ende soll eine Gruppe mit Probanden entstehen, bei denen RLS sehr wahrscheinlich ist. Um das endgültig zu verifizieren, werden die Jungen und Mädchen noch ins Schlaflabor geschickt. „Wir wenden damit eine objektive Untersuchungsmethode an, mit der wir sicher feststellen können, ob der- oder diejenige betroffen ist oder nicht“, so Erler.

Das Schlaflabor soll letzte Gewissheit bringen

Während des Schlafs im Labor werden wichtige Parameter der Probanden kontinuierlich und simultan aufgezeichnet: Herzfrequenz, Atmung, Sauerstoffgehalt im Blut, Verhalten, Gehirnströme, Augenbewegungen. Jede Untersuchung dauert so lange, bis die Person



DIE WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr. Thomas Erler hat an der Staatlichen Medizinischen Universität Lviv (Ukraine) Humanmedizin studiert. Er promovierte 1988 an der Akademie für ärztliche Fortbildung in Berlin und habilitierte sich 2003 an der Charité Berlin. Thomas Erler ist Facharzt für Kinderheilkunde und seit 2015 Ärztlicher Direktor der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin am Klinikum Westbrandenburg. Seit 2014 ist er Honorarprofessor an der Humanwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam.

✉ Thomas.Erler@klinikumwb.de



Anne Schomöller hat Sportwissenschaften (BA) und Clinical Exercise Science (M.Sc.) studiert. Gegenwärtig arbeitet sie an ihrer Promotionsschrift. Betreuer ist Prof. Dr. Frank Mayer, Ärztlicher Direktor der Hochschulambulanz der Universität Potsdam.

✉ schomoel@uni-potsdam.de

von allein aufwacht. Es wird nichts künstlich evoziert, der Schlaf ist ein natürlicher. Die Daten tragen dazu bei, am Ende ein aussagekräftiges Gesamtbild zu erhalten – und Auffälligkeiten zu identifizieren. „Es ist beispielsweise möglich, dass RLS die Schlaftiefe oder die Bewegung der Beine krankhaft verändert“, sagt Erler. „Wenn wir das zusammen mit weiteren Anhaltspunkten im Labor sehen und dazu einen hoch auffälligen Fragebogen haben, können wir sicher die Diagnose stellen.“

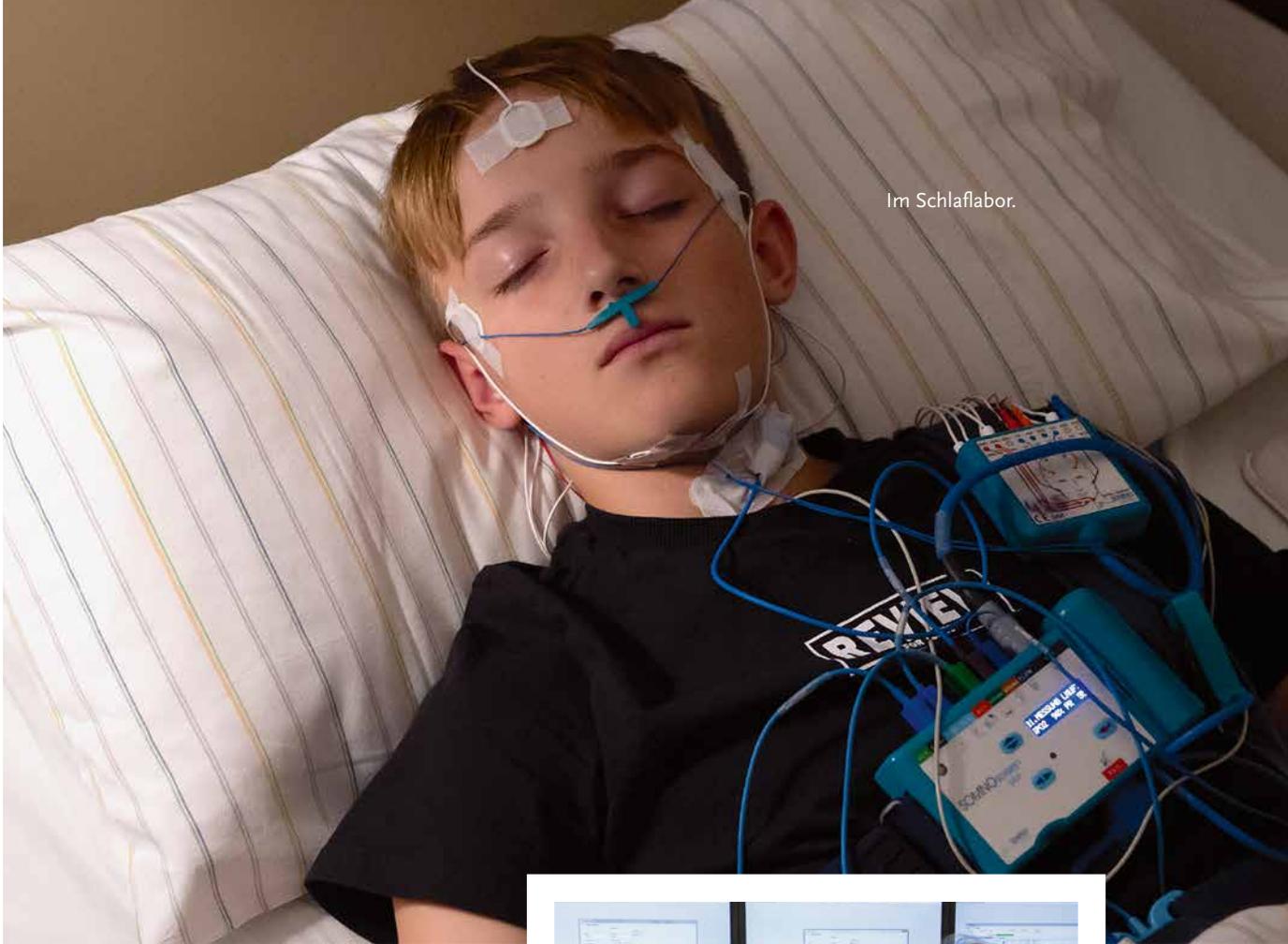
Aber was passiert eigentlich im Körper betroffener Menschen? Schuld an den Beschwerden sind Botenstoffe, die die Nervenaktivität nur unzureichend regulieren. Dadurch kommt es zur Fehlfunktion des Muskelverhaltens, das von Nerven gesteuert wird. Damit verbunden sind Schmerzen, Kribbeln, Zuckungen, meist in den Beinen, seltener in den Armen.

Auch Kinder können erfolgreich therapiert werden

Ziel von Schomöller und Erler ist es, die Beschwerdebilder bei Verdachtsfällen genau zu analysieren, um am Ende aufgrund einer zweifelsfreien RLS-Diagnose die richtige Therapie einzuleiten. Besonders am Herzen liegt ihnen, bisher falsch diagnostizierte ADHS-Kinder und Jugendliche endlich wirksam be-



Vorbereitungen für das Schlaflabor.



Im Schlaflabor.

handeln zu können. Denn die Therapieansätze für die beiden neurologischen Erkrankungen unterscheiden sich grundsätzlich. Während ADHS-Betroffene im Alltag mehr zur Ruhe finden müssen, werden die durch einen gestörten Schlaf zermürbten Menschen mit RLS wieder für ihre Aufgaben in Schule, Beruf oder Familie fit gemacht. Mediziner nutzen dabei drei Behandlungsstufen: eine verstärkte Bewegungstherapie im Wachzustand, physiotherapeutische Massagen und letztlich eine medikamentöse Behandlung mit L-Dopa (Dopaminagonist), das den Regulationsmechanismus zwischen Muskulatur und Nervensystem beeinflusst.

Schomöller und Erler schätzen die Kooperation im Projekt. Klinische und wissenschaftliche Expertise kommen hier optimal zusammen, finden die beiden. Schomöller hat insbesondere die Organisation des Gesamtvorhabens und den Kontakt zu den Schulen übernommen, aber auch die statistische Auswertung der rücklaufenden Fragebögen. „Vielleicht bekommen wir 30 bis 35 Prozent der Bögen zurück“, hofft sie. „Das hängt davon ab, wie gut es uns gelingt, die Schulen von unserem Anliegen zu überzeugen.“ Das Thema RLS interessiert die junge Forscherin nicht nur rein wissenschaftlich, sondern auch ganz praktisch. Denn an der Hochschulambulanz der Universität Potsdam werden auch Einstellungsuntersuchungen für Potsdams Sportschule „Friedrich Ludwig Jahn“



Auswertung der Messdaten.

durchgeführt. „Und hier ist das eine oder andere ADHS-Kind dabei“, sagt sie. „Es lohnt sich, mit dem Wissen von heute genauer hinzuschauen.“ Das sieht Thomas Erler genauso. Der Kliniker freut sich, mit der Universität und den anderen Beteiligten über Partner zu verfügen, die den Inhalt der Untersuchung exzellent abbilden, wie er betont. „In einer so großen Feldstudie benötigt man Spezialisten, die etwas von Medizin-Statistik verstehen. Das gibt es an der Universität Potsdam – und Wissenschaftler, die sich viel mit Bewegungsphysiologie beschäftigen. Eine perfekte Symbiose.“

PETRA GÖRLICH



Erwachsen werden

Das Heranwachsen im Fokus der Forschung

Kindheit und Jugend sind Zeiten des Umbruchs und der Suche, Phasen voller Spannungen, Risiken und Chancen. Im Institut für angewandte Familien-, Kindheits- und Jugendforschung an der Universität Potsdam untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler alle Facetten dieser Lebensabschnitte – vom Kindergartencheck über Schulfrust bis zur Fahrprüfung.

Es ist ein geschichtsträchtiges Haus: „Zum Alten Dorfkrug“ steht in großen Lettern auf der Vorderfront. Für Postkutscher auf dem Weg von Berlin nach Hamburg war das mehr als 300 Jahre alte Haus in Staffelde eine wichtige Station. Hier tauschten sie ihre müden Pferde gegen ausgeruhte, bekamen ein warmes Essen und – wenn nötig – ein Dach über dem Kopf für die Nacht. In der alten Schwarzküche wurde über dem offenen Feuer gekocht, im Rauch hing der Schinken. Doch die alten Zeiten sind vorbei. Sechs schwarze Friesen mit einer langen Wallemähne stehen im Stall und recken neugierig die Häuse über das Gatter. Heute müssen sie keine Briefe mehr transportieren. Seit 2013 dienen die restaurierten Räume der Station vor allem einem Zweck: der Wissenschaft. Das Institut für angewandte Familien-, Kindheits- und Jugendforschung an der Universität Potsdam e.V. (IFK) hat hier seinen Sitz.

„Ich habe ein gewisses Faible für alte Häuser und Pferde“, sagt der Direktor des Hauses, Prof. Dr. Dietmar Sturzbecher, mit einem Schmunzeln. „Mein Vater war Landwirt.“ Schon als Kind kümmerte er sich um die Tiere des Hofes in Vehlefan, auf dem er aufwuchs. Doch statt in die Fußstapfen seines Vaters zu treten, wurde Sturzbecher Mathe-Lehrer und schließlich Wissenschaftler auf dem Gebiet der Pädagogischen Psychologie. Nun hat er hier im Dachgeschoss der alten Postkutschenrelaisstation sein Reich. Die Traditionen aufgreifend bietet er neben der wissenschaftlichen Arbeit auch wieder (Post-)Kutschenfahrten an.

Die wilden 90er

Seit 1991 leitet Dietmar Sturzbecher das IFK, das sich nach der Wende als unabhängige Forschungseinrichtung gründete und seit 1994 als An-Institut mit der Universität Potsdam kooperiert. Damals veränderte

sich die Situation von Familien in der ehemaligen DDR dramatisch. „Keiner wusste, in welche Richtung es geht“, beschreibt Sturzbecher die unsichere Zeit. Das IFK sollte ein Institut sein, das diesen Wandel reflektiert und wissenschaftlich begleitet. Und das die Lehrerbildung an der Uni Potsdam mitgestaltet.

Von Anfang an hatte das IFK aber vor allem ein Forschungsthema im Blick: die Jugend. Nicht ganz freiwillig, wie Dietmar Sturzbecher zugibt. Doch Anfang der 90er Jahre schwappte eine Welle der Jugendgewalt durchs Land, es gab vermehrt extremistische Tendenzen. Die Jugendkrawalle schreckten Politik und Gesellschaft auf – und gaben den Anstoß zur IFK-Jugendstudie, die erstmals 1991 durchgeführt wurde. „Es war eine unserer ersten Aktivitäten“, erinnert sich Sturzbecher. Die Forscher befragten mehr als 3.500 Jugendliche aus Brandenburg im Alter von zwölf bis 22 Jahren, um deren Lebenssituation zu erfassen und Gründe für die Gewalt zu finden. Dabei wurden Fragen zur Freizeitgestaltung, finanziellen Zufriedenheit und der schulischen Situation ebenso gestellt wie zu Gewaltbereitschaft und extremistischen Einstellungen.

Nach der ersten Studie folgten weitere, im Jahr 2018 veröffentlichte das IFK schließlich die achte Jugendstudie. Damit steht den Forschern ein wahrer Datenschatz zur Verfügung, der Einblicke in Sorgen, Nöte, Stärken und Wünsche von jungen Brandenburgern ermöglicht – über eine Zeitspanne von nun 27 Jahren.



DER WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr. Dietmar Sturzbecher studierte Pädagogische Psychologie sowie Mathematik und Physik auf Lehramt an der Humboldt-Universität zu Berlin. Seit 1991 leitet er das

Institut für angewandte Familien-, Kindheits- und Jugendforschung an der Universität Potsdam e.V. und ist apl. Professor für Familien-, Jugend- und Bildungssoziologie an der Universität Potsdam.

✉ dietmar@sturzbecher.de



Prof. Dr.
Dietmar
Sturzbecher.



Zeiten des Umbruchs

In den ersten Jahren nach Beginn der Studie waren die Tendenz zum Extremismus und die Bereitschaft zur Gewalt unter den Heranwachsenden besonders hoch. 1996 erreichten sie ihren Höhepunkt. „In dieser Zeit gab es den größten sozialen Umbruch. Dreiviertel der Jugendlichen hatten mindestens ein Elternteil, das sich in dieser Zeit eine neue Arbeitsstelle suchen und dabei oft auch einen neuen Beruf erlernen musste“, beschreibt Sturzbecher die Gründe. Viele kostenlose Freizeitangebote für Jugendliche brachen weg, die Familien waren verunsichert.

Die Folgen einer solchen Situation sind auch aus anderen Teilen der Welt bekannt und relativ gut erforscht. Neben der steigenden Gewaltbereitschaft zeigte sich ein weiteres Phänomen: „Wenn es der Wirtschaft schlecht geht, fahren die Jungen ihre Bildungsambitionen zurück“, erklärt der IFK-Direktor. Denn wenn die Eltern trotz guter Ausbildung wirtschaftliche Probleme haben, fehlt der Jugend die Motivation für gute Schulnoten oder ein Studium. „Genau das haben wir auch in Brandenburg gefunden“, so Sturzbecher. „Zwischen 1993 und 1996 hat sich der Anteil schulisch hoch motivierter Jugendlicher deutlich verringert.“ Soziologen beobachten zudem, dass gerade Eltern aus der Mittelschicht die Unterstützung für ihre heranwachsenden Kinder reduzieren, wenn sie selbst eine Krise durchleben. „Wenn die Eltern mit sich selbst zu tun haben, erklären sie ihre jugendlichen Kinder für erwachsen.“

Motiviert, weltoffen, europäisch

Ab 1999 war die größte Krise überstanden. Das Selbstvertrauen der brandenburgischen Jugendlichen wuchs wieder, Extremismus und Gewalt gingen zurück. „Wir hatten eine neue Jugend“, sagt Dietmar Sturzbecher. Im Rückblick auf fast 30 Jahre Jugendstudie kann der Wissenschaftler aus seinen Daten herauslesen, dass sich auch in der Schule viel getan hat: Die Lehrkräfte gehen heute mehr auf die Fragen der

Jugendlichen ein, werden als gerechter empfunden, gestalten ihren Unterricht offener und vergeben ihre Noten transparenter. Bildungsforscher beschreiben all diese Faktoren als „soziale Lehrqualität“. Ist sie hoch, sind die Schüler motivierter – und schwänzen außerdem weniger den Unterricht. Und das, obwohl der Schulstress insgesamt zugenommen hat.

Die Daten der aktuellen Studie zeigen auch: Die meisten brandenburgischen Jugendlichen blicken optimistisch in die Zukunft, wachsen in Vielfalt und Freiheit auf und sind überzeugte Europäer. „Dieser starke EU-Bezug hat viele Forscher – auch mich – überrascht“, sagt Sturzbecher. Es gibt aber einen kleinen Wermutstropfen: Die Jugend ist wieder anfälliger für rechtsextreme Einstellungen. Das gilt vor allem für die jüngeren Heranwachsenden von zwölf bis 14 Jahren. Der Anteil jener, die sich aktiv gegen Gewalt und Extremismus aussprechen, sinkt erstmals wieder. Auch in den kommenden Jahren wird das IFK einen wissenschaftlichen Blick auf die Jugend werfen. Dann werden neue Themen hinzukommen, die im Alltag bereits heute aktuell sind. Wie etwa der zunehmende Medienkonsum und Cybermobbing als neue Form von Gewalt.

Jugend und Autofahren

„Es gibt immer noch wahnsinnig viel zu tun“, sagt Sturzbecher. Und zwar auch auf anderen Gebieten: Seit 1998 wenden sich die Forscher vom IFK verstärkt dem Thema Verkehr zu – aus traurigem Anlass: Lange Zeit hatte Brandenburg deutschlandweit die meisten jugendlichen Verkehrstoten zu beklagen. Gleichzeitig schnitten die Brandenburger besonders schlecht in den Fahrprüfungen ab. Das Verkehrsministerium des Landes schaltete das IFK ein – und bat um Expertise.

Einer der ersten Vorschläge des IFK war die Entwicklung eines neuen Kapitels „Alleinbaustein“ für die Unterrichtsmaterialien der Fahrschulen. Denn die Bäume, die an vielen brandenburgischen Landstraßen stehen, bringen etliche Gefahren für Autofahrer mit sich: Sie befinden sich nicht nur dicht am Straßenrand, sondern sorgen auch für schwierige Lichtverhältnisse oder gebogene Fahrdecken. Außerdem schauten sich die Forscher besonders schwere Unfälle genauer an und

interviewten Opfer oder Hinterbliebene. Aus diesen Interviews entwickelten sie weitere Lehrmaterialien.

„Fahranfänger besitzen ein sechsfach höheres Todesrisiko als erfahrene Fahrer“, erklärt Dietmar Sturzbecher. „Die schweren Unfälle entstehen jedoch nicht vorrangig aus Leichtsinn. Heute weiß man: Fahranfänger beobachten den Verkehr anders als erfahrene Fahrer. Sie müssen erst lernen, wichtige Informationen richtig zu erkennen und zu verarbeiten.“ Dieses Wissen nutzen die Forscher, um die Lehrmethoden in den Fahrschulen anzupassen.

Inzwischen ist dieses Thema am IFK so erfolgreich, dass es zu einem Schwerpunkt geworden ist. Die Expertise des Instituts wird auch international nachgefragt. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten eng mit Fahrlehrern und Sachverständigen für die Fahrschulüberwachung zusammen und haben ein Evaluationssystem für die Fahrprüfung geschaffen. Alle Daten der Prüfung laufen hier am IFK zusammen, um das Gesamtsystem der „Fahranfängervorbereitung“ zu optimieren. Dies ist auch aus einem weiteren Grund erforderlich: „Es gibt einen substanziellen Anteil von Jugendlichen, die unzureichend lesen und schreiben können“, erklärt Sturzbecher. Diese haben deshalb Schwierigkeiten, die schriftliche Fahrprüfung zu bestehen. „Erklären Sie mal jemandem das Reißverschlussverfahren in leichter Sprache“, verdeutlicht Sturzbecher das Problem. Inzwischen arbeiten die Fahrerschullehrer mit Filmen, um den Lehrstoff auch jenen 15 Prozent der Jugendlichen zu vermitteln, die schlecht lesen können.

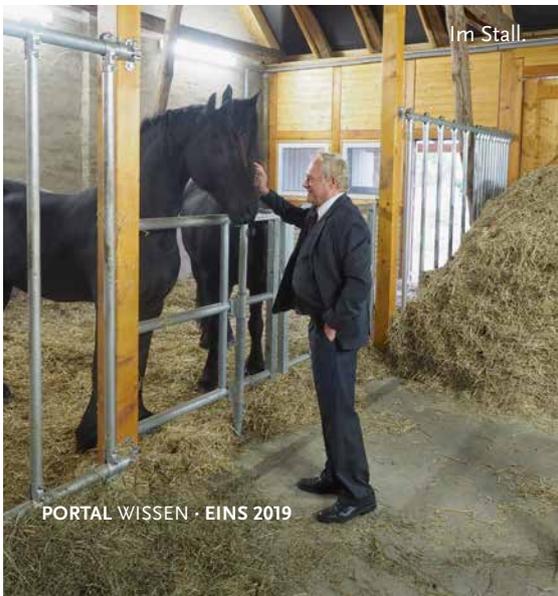
Postkutscher ehrenhalber

Dietmar Sturzbecher ist Wissenschaftler mit Leidenschaft, doch sein Faible für Geschichte ist auch in seinem Büro nicht zu übersehen. In der Ecke steht eine originalgetreu geschneiderte Postkutscher-Uniform aus dem 18. Jahrhundert. Die dazu passende schwarz-gelbe Kutsche befindet sich im Erdgeschoss des Instituts. Sie kam sogar schon bei einem Film-

Das Institut für angewandte Familien-, Kindheits- und Jugendforschung an der Universität Potsdam e.V. (IFK) wurde 1990 gegründet und ist seit 1994 An-Institut der Universität Potsdam. Neben der Jugendstudie widmet sich die unabhängige Forschungseinrichtung unter anderem auch der Verkehrsbildung, der Erarbeitung von Qualitätschecks für Kindergärten sowie der Fortbildung von Fahrlehrern, Sachverständigen und Erziehern. Der Alte Dorfkrug in Staffelde beherbergt neben dem IFK auch zwei Ausgründungen des Instituts: Das Institut für Prävention und Verkehrssicherheit GmbH (IPV) entwickelt einen Verkehrswahrnehmungstest für Fahranfänger, evaluiert die Fahrschulbildung und passt diese an. Auch Verkehrssicherheitsprojekte für Kinder führt das Institut durch. Das Forschungs- und Innovationszentrum Mensch-Technik-Straßenverkehr GmbH (FIZ-MTS) erarbeitet E-Learning-Programme für die Weiterbildung von Technischen Sachverständigen.

dreh mit Schauspielerin Katharina Thalbach zum Einsatz. Ab und an spannt Sturzbecher die schwarzen Friesen auch selbst vor die Kutsche, schlüpft in seine Uniform und fährt beispielsweise mit Tagungs- oder Fortbildungsgästen eine Runde durch das Rhinluch. „Damit die Menschen sehen können, wie man vor 300 Jahren gereist ist“, sagt der IFK-Direktor. „Es ist erstaunlich entschleunigend, die Gäste bemerken Dinge, die ihnen beim Autofahren nie auffallen würden.“

HEIKE KAMPE





Dem Islam auf der Spur

Wie leben Muslime in Brandenburg?

Jährlich kommen Tausende Migranten und Geflüchtete nach Deutschland. Dadurch ist die Glaubensvielfalt in Deutschland größer denn je und dennoch weiß man wenig über die Religionszugehörigkeit dieser Menschen. Besonders über die Anzahl und Verteilung der Muslime in Deutschland gibt es kaum Daten. Um dies zu ändern, gab das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur (MWFK) des Landes Brandenburg eine Erhebung zur Zahl der „Muslime in Brandenburg“ in Auftrag. Unter der Leitung des Religionswissenschaftlers Prof. Dr. Johann Ev. Hafner ging ein Team von Wissenschaftlern und Studierenden der Universität Potsdam unter die Leute.

Den Auftakt des Vorhabens bildete eine Lehrveranstaltung, die Johann Ev. Hafner gemeinsam mit dem Politikwissenschaftler Seyit Arslan und Kadir Sancı vom Institut für Jüdische Studien und Religionswissenschaft im Wintersemester 2017/18 durchführte. Einer der sechs Studierenden, die sich für das Kartierungsprojekt anmeldeten, war Marco Gehendges. „Obwohl ich seit meiner Jugendzeit – meist im schulischen Umfeld – mit Muslimen zu tun hatte, habe ich noch nie an deren religiösem Leben partizipiert“, sagt er. „In diesem Projekt habe ich nun die Chance, es ‚live‘ mitzerleben.“

Das jedoch ist leichter gesagt als getan. Zunächst einmal mussten die Muslime gefunden werden. Die Forschenden machten sich auf die Suche – in insgesamt zwölf Städten überall im Land: Cottbus, Potsdam, Frankfurt/Oder, Brandenburg an der Havel, Rathenow, Neuruppin, Luckenwalde, Wittenberge, Senftenberg, Forst, Guben und Spremberg. Schnell zeigte sich, dass die Muslime sehr zurückhaltend wa-

ren und ihre Bereitschaft, sich in der Öffentlichkeit zu artikulieren, eher gering ausfiel. „Dies bedeutet nicht, dass sie sich verstecken“, erklärt Johann Hafner. „Sie sind meist mit anderen Dingen beschäftigt: Anträge stellen oder Wohnung und Arbeit suchen. Außerdem fehlt ihnen schlicht das entsprechende Sprachrohr.“

DAS PROJEKT

Muslime in Brandenburg

Förderung: Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg (MWFK)

Laufzeit: 2017/18

Beteiligt: Prof. Dr. Johann Ev. Hafner (Leitung), Seyit Arslan, Burak Gülerüz, Kadir Sancı sowie sechs Studierende, darunter Marco Gehendges

Muslimische Gemeinden stehen nicht in der Öffentlichkeit

Wer aber ist überhaupt Muslim? Sind der kulturelle Hintergrund, die Teilnahme an jahreszyklischen und wochenzyklischen Riten wie Ramadan und Freitagsgebet oder das Engagement in einer Gemeinde ausschlaggebend hierfür? Schätzungen zur Anzahl der Gläubigen fallen sehr unterschiedlich aus. Johann Hafner vermutet, dass die Angaben in der Öffentlichkeit weit überschätzt werden. Es werde nicht angemessen berücksichtigt, dass sich viele Geflüchtete von ihrer eigenen Religion distanzieren, wendet er ein. Auch im Christentum bezeichneten sich Menschen als Christen, gingen aber nur selten oder nie in die Kirche, würden sogar aus ihr austreten. Daher sei es

Menschen islamischen Glaubens leben nicht erst seit den Migrationsbewegungen des 21. Jahrhunderts in Deutschland. Schon vor rund 250 Jahren gab es **Muslime in der Region des heutigen Landes Brandenburg**. Zunächst verfügten sie nur über einfache Gebetsräume. 1915 wurde die erste Moschee auf deutschem Boden in Wünsdorf bei Zossen gebaut. Seit Herbst 2015 steigt die Zahl der Menschen mit muslimischem Glauben in der Bundesrepublik stetig an. Das derzeitige Aufnahmeverfahren sieht vor, dass bei der Registrierung lediglich das Heimatland angegeben werden muss, über die Religionszugehörigkeit erfährt das Bundesamt für Migration und Flüchtlinge (BAMF) nur selten etwas. Wenn überhaupt, durch freiwillige Selbstangaben.

notwendig, nicht nur Einzelne zu befragen, sondern zu untersuchen, wie sich muslimische Gemeinden entwickeln und wie viele Personen in ihnen aktiv sind.

Im Vorfeld wurde die Datenerhebung gemeinsam mit einem Sozialgeografen besprochen und überlegt, wie der Kontakt zu den Gemeinden am besten hergestellt werden könne. Letztlich stellten die Forscher mithilfe von Integrationsbeauftragten, über NGOs, Zeitungsberichte und soziale Medien den Kontakt zu den Gemeinden her. War diese erste Hürde geschafft, verlief die Kommunikation reibungslos. Die Angefragten waren offen für Gespräche und auch die Sprachbarrieren hielten sich in Grenzen. Anhand der durchschnittlichen Teilnehmerzahlen bei den Freitagsgebeten zeigte sich, dass sich in Potsdam mit 400 bis 500 wöchentlichen Teilnehmern die größte Gemeinde im Land befindet, dicht gefolgt von Cottbus mit 300 bis 500. Für die Erhebung detaillierterer Daten sprachen die Wissenschaftler direkt vor Ort mit den in den verschiedenen Gemeinden lebenden Muslimen und nahmen an Freitagsgebeten teil.

Die Wissenschaftler erlebten Aufgeschlossenheit, vereinzelt aber auch Misstrauen

Nicht alle Gemeinschaften verfügen über eigene Räumlichkeiten, manche teilen sich lokale Multifunktionsräume mit anderen Initiativen und Gruppen. „Eine Gemeinschaft nutzte eine Turnhalle“, erinnert sich Marco Gehndges. „Das ist nicht ganz einfach, da es dort je nach Jahreszeit mal zu heiß oder zu kalt ist.“ Doch die Muslime seien meist froh über jeden

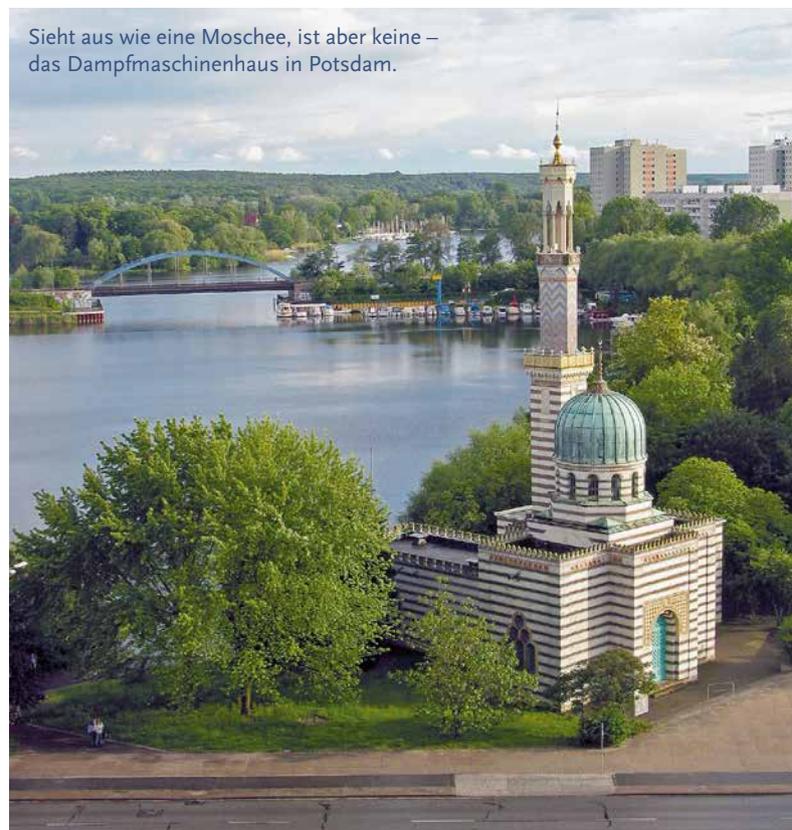
Was fehlt, sind Räume für die Gemeinden.

verfügbaren Raum, im Zweifelsfall genüge auch ein Teppich. „Während meiner Besuche waren die Interviewpartner durchweg freundlich und offen“, so Gehendges. „Etliche waren sogar interessiert an unserer Studie und neugierig auf die Ergebnisse.“ Lediglich in einer Gemeinde habe er größeres Misstrauen gegen Außenstehende erlebt und die ersten beiden Gespräche seien in eher angespannter Atmosphäre verlaufen.

Um vergleichbare Angaben zu erhalten, nutzte das Team drei unterschiedliche Fragebögen, die dabei helfen sollten, aus der anfänglichen Distanz eine gewisse Nähe zu entwickeln. Gefragt wurde unter anderem nach den Angeboten der Gemeinschaften, der Anzahl der Besucher und Kooperationen mit anderen lokalen Akteuren. „Die Fragebögen sollen uns helfen zu erkennen, wie viele Personen die Gemeinschaft aufsuchen, wie sich die sozialen Strukturen innerhalb der Gemeinde entwickeln und wie sie extern vernetzt ist“, so Gehendges.

„Entscheidend sind die Räumlichkeiten“

Für die Integration der hier lebenden Muslime sieht Johann Hafner zwei große Probleme: Vor allem fehlten den muslimischen Gemeinden in Brandenburg geeignete Räumlichkeiten. Diese würden nicht nur für das Gebet, sondern auch für gemeinsame soziale Aktivitäten benötigt. Nur wenige haben – wie die Potsdamer Muslime, deren Moschee sich in einem Apartmentblock befindet – einen eigenen festen Gebets- und Versammlungsraum. Bereits jetzt zeige sich, dass in denjenigen Städten, wo Räume klein sind, weniger Teilnehmer zu den Gebeten kommen. Um das zu ändern, seien die Gemeinden vielerorts auf Spenden angewiesen. Dies gestalte sich jedoch meist schwierig,



Sieht aus wie eine Moschee, ist aber keine – das Dampfmaschinenhaus in Potsdam.

weil eine Vielzahl der Mitglieder Geflüchtete seien und Leistungen aus dem Asylbewerberleistungsgesetz oder ALG II erhielten.

Es fehlten aber auch geeignete Personen, die die Leitung einer Gemeinde dauerhaft übernehmen, so der Religionswissenschaftler. Die Zukunft von muslimischen Gemeinden hängt demnach entscheidend davon ab, ob es genügend Imame gibt, die der Moscheegemeinde vorstehen und die Kontakte zur Mehrheitsgesellschaft pflegen. Bisher erfüllen diese Funktionen vielerorts Einzelpersonen, die sich auf zu wenig Engagement aus der Gemeindemitte stützen können.

Mit ihrer Untersuchung wollen Hafner und sein Team übrigens nicht nur mehr über die Muslime in Brandenburg erfahren, sondern diesen auch helfen, wie Gehendges betont: „Meine Hoffnung ist, dass wir mit unserem Projekt die Vernetzung zwischen den Akteuren verbessern können, indem wir aufzeigen, wo sich Gemeinschaften befinden, sodass sie erreichbar werden. Uns ist es auch wichtig zu zeigen, welche Bedürfnisse die Menschen in diesen Gemeinschaften haben.“

Die Ergebnisse der Befragung sollen noch 2019 in einer Broschüre veröffentlicht werden. Erklärtes Ziel des Projekts ist es, die Erkenntnisse in die Gesellschaft hineinzutragen, damit das Interesse an der Förderung muslimischer Gemeinden bestehen bleibt.



DIE WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr. Johann Ev. Hafner ist Professor für Religionswissenschaft / Schwerpunkt Christentum am Institut für Jüdische Studien und Religionswissenschaft der Universität Potsdam.

✉ hafner@uni-potsdam.de



Marco Gehendges ist Student im Zwei-Fach-Bachelor (B.A.) Religionswissenschaft und Jüdische Studien an der Universität Potsdam.

✉ gehendges@uni-potsdam.de



DAS PROJEKT

Das Vorhaben zur Erforschung der **Effekte der Schafbeweidung im Park Sanssouci auf Botanik und Besucher** ist eine Kooperation der Universität Potsdam und der Stiftung Preußische Schlösser und Gärten (SPSG) und soll bis Ende 2019 abgeschlossen sein. Die Planung und der methodische Aufbau der Vegetationsuntersuchungen lagen maßgeblich in den Händen von Dr. Michael Burkart, dem Kustos des Botanischen Gartens, und Dr. Johannes Metz, der inzwischen als Juniorprofessor an die Universität Hildesheim wechselte. Die Besucherbefragung wird von der Arbeitsgruppe Landschaftsmanagement unter Leitung von PD Dr. Ariane Walz und Dr. Torsten Lipp durchgeführt.

Schafe



im Park Sanssouci

Biologen begleiten Beweidungsprojekt

Schafe sind in historischen Grünanlagen ein eher seltener Anblick. Im Park Sanssouci haben einige von ihnen vorübergehend Quartier bezogen. Etwa 50 Wiederkäuer setzte die Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg (SPSG) zunächst von Juli bis November 2018 zur Pflege der Wiesen ein. Das damit verbundene fünfjährige Beweidungsprojekt begleiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Arbeitsgruppen Biodiversitätsforschung beziehungsweise Landschaftsmanagement sowie des Botanischen Gartens der Universität Potsdam.

Bereits zur Zeit von König Friedrich II. sollen Schafe im Park Sanssouci geweidet haben. Eine Tradition, die unlängst wieder aufgenommen wurde. Bentheimer und Rauwollige Pommersche Landschaftsgrasten bis November 2018 gegenüber vom Ehrenhof des Schlosses Sanssouci, in der Nähe des Neuen Palais und der Römischen Bäder. Nach der Winterpause kommen sie im Frühjahr 2019 wieder. Ein Schäfer betreut die Herde. Das Projekt ist sowohl als Beitrag zur Gärten- und Denkmalpflege als auch zum Naturschutz gedacht.

Park Sanssouci ist Heimat vieler bedrohter Pflanzen

Die Wissenschaftler beobachten die Weideflächen, „um herauszufinden, ob und wie sich die Vegetation, beispielsweise durch Nährstoffzufuhr oder Ver-

biss, mit dieser Art der Beweidung verändert“, sagt Dr. Michael Burkart, Wissenschaftlicher Leiter des Botanischen Gartens. Wäre der Park Sanssouci nicht Teil des UNESCO-Welterbes, würde das Gebiet zu den herausragenden Naturschutzgebieten für Wiesen und Trockenrasen im Land Brandenburg zählen. Hier gibt es eine außergewöhnlich reichhaltige Natur mit vielen gefährdeten und seltenen Pflanzenarten, wie z.B. die Pechnelke oder die Tauben-Skabiose.

Jakob Schulz erfasst für seine Masterarbeit den derzeitigen Pflanzenbestand auf den Flächen, die für die Schafe ausgesucht wurden. Dabei konnte er über 100 Arten identifizieren, darunter etliche gefährdete. 2019 sollen weitere Aufnahmen folgen. Um die Bestände später vergleichen zu können, bleibt jeweils ein Teil des abgezaunten Geländes von den Schafen ungenutzt. Die Untersuchungen werden alljährlich vor der Beweidung geplant. Die Wissenschaftler analysieren die Ausgangslage sowie die Entwicklungen mit und ohne Beweidung. Sie gehen auch der Frage nach, wie sich die Flächen witterungsbedingt verändern. Michael Burkart erwartet mit der Beweidung eine Zunahme der Artenvielfalt. „Durch den Tritt und Verbiss der Schafe wird die geschlossene Grasnarbe aufgelockert. Dadurch erhalten verschiedene Samen die Möglichkeit zum Keimen. Darunter können sogar gefährdete Arten sein.“ Damit leisten die Tiere einen wichtigen Beitrag zum Landschafts- und Naturschutz. Sie taugen übrigens nicht als Ersatz für den Rasenmäher. Denn sie nehmen nur das zu sich, was ihnen schmeckt.



Parkbesucher befürworten das Projekt

Die Forscher untersuchen neben den Auswirkungen der Beweidung auf die biologische Vielfalt der Flora auch die Reaktion der Besucher auf die Schafe. „Dabei interessiert uns insbesondere, wie Potsdamer, die den Park regelmäßig besuchen, aber ebenso Touristen die Anwesenheit der Schafe, das veränderte Landschaftsbild und die ökologischen Auswirkungen auf die Wiesen im Park wahrnehmen und schätzen“, erläutert Ariane Walz, Leiterin der Arbeitsgruppe Landschaftsmanagement. Die Studentin Melissa Oppenberger hat für ihre im Oktober 2018 abgegebene Geografie-Bachelorarbeit im Juli zehn Tage lang im Park Sanssouci rund 150 deutschsprachige Parkbe-

sucher befragt. Etwa 60 Prozent von ihnen waren Berliner und Brandenburger. Die Studentin fragte beispielsweise danach, ob die Gäste den Park als Kulturschatz, Freizeitanlage oder eher „Naturschutzfläche“ wahrnehmen. Sie erkundigte sich danach, ob das Beweidungsprojekt bekannt ist, ob die Schafe eine Bereicherung darstellen – in visueller, aber auch in ökologischer Hinsicht.

Rund ein Drittel der Befragten hatte von dem Projekt gehört, 64 Prozent der Parkbesucher sahen die Schafe als Bereicherung an. Ariane Walz findet es erstaunlich, dass 92 Prozent der Interviewten die regulierende Funktion des Parks für das Stadtklima hervorhoben. Gleichzeitig betrachteten nur 42 Prozent den Park als ein Refugium für seltene und bedrohte Pflanzen. Lobend hoben die Besucherinnen und Besucher hervor, dass ein Schäfer die Tiere betreut und der Klimaschutz durch das Vorhaben vorangetrieben wird. Um die Ergebnisse zu vervollständigen und zu erweitern, führt Melissa Oppenberger 2019 eine zweite Befragung durch.



Foto: Fritze, Karla (2)

Schafe könnten Umweltschutz betreiben

Sollte sich bestätigen, dass die beweideten Flächen eine größere Pflanzenvielfalt als die unbeweideten aufweisen, hätte das nicht zu unterschätzende Folgen. Flora und Fauna würden vielfältiger: Eine größere Pflanzenvielfalt würde beispielsweise ermöglichen, dass sich mehr Insekten und Pilze ansiedeln. Der Gartendirektor der SPSP, Prof. Dr. Michael Rohde, begrüßt die enge, „nachbarschaftliche“ Zusammenarbeit mit der Universität Potsdam beim Monitoring der Beweidung. Er und die verantwortlichen Revierleiter der Stiftung haben die ersten Ergebnisse der botanischen Aufnahmen und der Besucherbefragung mit großem Interesse gelesen. Gegenwärtig diskutieren sie, was sich daraus für den Park Sanssouci und andere historische Gartenanlagen der SPSP ableiten lässt.

DR. BARBARA ECKARDT



DIE WISSENSCHAFTLERIN

PD Dr. Ariane Walz studierte Geografie an der Universität Würzburg und der University of Wales, Swansea. Von 2012 bis 2018 war sie Juniorprofessorin für Landschaftsmanagement im Institut für Erd- und Umweltwissenschaften der Universität Potsdam, jetzt ist sie Privatdozentin.

✉ ariane.walz@uni-potsdam.de



IMMER EINEN SCHRIFFT VORAUSS

Warum proaktiv zu arbeiten besser
und zufriedener macht

THE BEST WAY TO KILL AN IDEA IS TO TAKE IT TO A MEETING. Dieser Spruch – nicht in Stein gemeißelt, aber in Metall geprägt – steht auf dem Beratungstisch, an dem auch die Redaktion dieses Forschungsmagazins ihre Themen plant, Texte diskutiert und an Überschriften feilt. Der Blick auf den unscheinbaren Metallblock mahnt alle, die Kreativität des anderen zu schätzen und neue Ideen nicht im Keim zu ersticken, denn sie haben ihren Ursprung in Köpfen, die mitdenken und sich einbringen wollen. Eigeninitiative nennt das die Redaktion, Proaktivität die Fachfrau. Arbeitspsychologin Doris Fay hat sich näher damit beschäftigt.





Doris Fay interessiert, was Menschen dazu bewegt, sich über das geforderte Maß hinaus am Arbeitsplatz zu engagieren und Neues vorzuschlagen für Dinge, die sie eigentlich gar nicht verantworten müssen. Die Professorin für Arbeitspsychologie erforscht, in welchem Klima solches Verhalten besonders gut gedeiht und welchen Nutzen es bringt – dem Einzelnen wie dem ganzen Team und nicht zuletzt dem Unternehmen. Die Vorstellung, dass Eigeninitiative generell zuträglich sei, hält sie für naiv. „Mitarbeiter, die eingefahrene Gleise verlassen und etwas ändern wollen, verursachen oftmals Stress“, weiß die Psychologin. Überkommene Strukturen aufzubrechen und die Kollegen von den eigenen Ideen zu überzeugen, könne sehr anstrengend sein. Normale Abläufe würden durcheinandergebracht, Zuständigkeiten verändert – das schaffe Unruhe. Und dennoch: „Die Forschung zeigt, dass Eigeninitiative letztlich einen positiven Effekt auf die Arbeitsleistung hat“, so die Professorin, die sich seit ihrem Studium in Gießen immer wieder mit dem Thema auseinandersetzt.

Die eigene Arbeit als bedeutsam erleben

In einer jüngeren Studie hat sie die Proaktivität von 70 Beschäftigten in der Altenpflege untersucht, einem Berufsfeld, das ohnehin schon durch ein hohes Maß an persönlichem Engagement, aber auch durch

körperliche wie psychische Überlast gekennzeichnet ist. Die befragten Personen mussten an mehreren Tagen hintereinander via Mini-Computer – vergleichbar einem Smartphone – darüber Auskunft geben, ob sie heute Neues ausprobiert oder versucht haben, etwas voranzutreiben. Zusätzlich wurden mehrmals täglich Speichelproben entnommen, in denen sich besonders gut das Stresshormon Cortisol messen lässt. Das Ergebnis war eindeutig: An Tagen, an denen die Probanden Eigeninitiative zeigten, stiegen die Cortisolwerte an. „Dinge zu ändern, bedeutet also Stress“, sagt Doris Fay. Sie beschreibt den Widerspruch, dass proaktive Menschen dennoch nicht davon ablassen. Deren Eigeninitiative sei trotz des Stresses nicht zu bremsen. „Warum machen die das? Sind sie unfähig, daraus zu lernen?“, fragt die Psychologin provokant und antwortet: „Natürlich nicht! Sie machen das, weil sie ihre Arbeit als bedeutsam erleben. Weil sie nicht nur Bauer auf dem Schachbrett des Lebens sein, sondern spüren wollen, dass sie etwas bewegen können. In den Befragungen sagen sie häufig, wie gut ihnen das tut.“

Ist das vielleicht typisch deutsch? Wie stark ist eine solche Einstellung kulturell überformt? Doris Fay stellte den Vergleich an. Dank einer deutsch-französischen Forschungskoooperation konnten 400 Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer in beiden Ländern befragt werden. „Frankreich hat zwar ähnliche ökonomische Verhältnisse, unterscheidet sich aber kulturell von Deutschland“, sagt die Wissenschaftlerin. Ein Bei-

DAS PROJEKT

What hurts today may pay off tomorrow: An integrative perspective on the well-being consequences of proactive behavior at work

Laufzeit: 2017–2020

Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und Agence Nationale de la Recherche (ANR)

Leitung: Prof. Dr. Doris Fay und Prof. Dr. Karoline Strauss (ESSEC Business School Paris)



spiel sei die Zukunftsorientierung. „Unsere Nachbarn leben mehr im Hier und Jetzt, während wir Deutschen immer nach vorn schauen.“ Proaktiv zu sein, heiÙe et was vorwegzunehmen, was kommen wird. Die Erfahrung, in die Zukunft hinein bedeutsame Veränderungen bewirken zu können, löse deshalb in Deutschland eher Eigeninitiative aus als in Frankreich.

Handlungsspielräume gewähren

Hier wie da spielten aber das Arbeitsklima und der Führungsstil eine entscheidende Rolle: Werden proaktive Kollegen als Störer empfunden, weil sie Routinen durchbrechen? Unterstellt man ihnen egoistische Motive? Finden Vorgesetzte solches Verhalten aufmüpfig, weil es doch deren Sache ist, Dinge zu ändern? Doris Fay nennt nur einige Widerstände, denen veränderungswillige Menschen in ihrem Arbeitsumfeld begegnen. Entscheidend sei oft die Machtdistanz, also der Abstand zwischen Führungsperson und Geführten. „Bei hoher Distanz weiß ich nicht, wie der Chef das findet, was ich vorhabe. Ich kann auch falsch liegen“, so die Psychologin. Natürlich gebe es Arbeitsbereiche etwa in Behörden oder auf Baustellen, wo klare Hierarchien unerlässlich sind. Dort sei es wichtig, dass sich alle an die vorgeschriebenen Abläufe halten.

In Start-ups sehe es schon anders aus. „Eigeninitiative entsteht immer dort, wo Handlungsspielräume ‚gewährt‘ und die Menschen ermutigt werden, etwas auszuprobieren und Verantwortung zu übernehmen“, erklärt die Wissenschaftlerin. Voraussetzung sei natürlich eine hohe Qualifikation. „Ich muss meinen Beruf gut können und daraus das Selbstvertrauen ziehen, dass ich etwas ändern kann.“ Führungskräfte seien deshalb gut beraten, das Selbstwirksamkeitserleben ihrer Mitarbeiter zu fördern, etwa indem sie ihnen anspruchsvolle Aufgaben übertragen und genügend Gestaltungsfreiräume lassen.

Proaktive Menschen schaffen mehr

Führt zu viel Proaktivität aber nicht auch zu Selbstausbeutung und Überlastung? Wer eine gute Idee einbringt, hat die dazugehörige Arbeit dann oft selbst auf dem Tisch. „In der Tat“, sagt Doris Fay, „Menschen, die über längere Zeit Eigeninitiative zeigen, haben auf Dauer mehr zu tun. Andererseits lernen sie viel dazu, knüpfen neue Kontakte, die Arbeit geht ihnen besser von der Hand. Ihr Netzwerk vergrößert sich, ihre Expertise wächst. Sie schaffen auch mehr.“ Um sich dennoch nicht zu überfordern und gesund zu bleiben, müssen andere Mechanismen greifen, die in der Arbeitspsychologie der Universität Potsdam einen zweiten Schwerpunkt bilden: Stressabbau und Erholung von den Belastungen im Beruf. Wie gelingt es abzuschalten, sich von der Arbeit zu lösen, in der Freizeit einen Ausgleich zu finden mit Sport, Musik oder Freunden? „Die Kanne Kaffee, die am Morgen voll war, ist am Abend leer und muss wieder aufgefüllt werden“, sagt die Psychologin mit dem so berufstypischen Nachdruck, auf sich selbst Acht zu geben. Eine Ermutigung zur Proaktivität. In eigener Sache.



DIE WISSENSCHAFTLERIN

Prof. Dr. Doris Fay studierte Psychologie in Gießen und promovierte in Amsterdam. Seit 2007 ist sie Professorin für Arbeits- und Organisationspsychologie an der Universität Potsdam.

✉ doris.fay@uni-potsdam.de

ANTJE HORN-CONRAD





*„Die wichtigste
Eigenschaft eines
Forschers ist
Neugier“*

Philip Wigge interessiert, wie Pflanzen
Temperatur wahrnehmen

Wenn uns kalt ist, bekommen wir eine Gänsehaut und ziehen uns warm an. Wenn es sehr heiß ist, fangen wir an zu schwitzen. Auch Pflanzen nehmen Temperatur wahr und reagieren darauf. Forscher rätseln, welche Mechanismen dahinterstecken und wie sich Pflanzen an Hitze oder Kälte anpassen. Diese Fragen beschäftigen auch Professor Philip Wigge, der kürzlich einen Ruf nach Potsdam erhielt.

Philip Wigge ist an diesem Tag nur für eine kurze Stippvisite in Deutschland. Nach einem Vortrag über die Temperaturempfindlichkeit von Pflanzen an der Freien Universität in Berlin wird er noch einige Behördengänge erledigen und dann zurück nach Großbritannien fliegen. Doch dieses Mal bleibt er nicht lange in seinem Heimatland. Denn der Biochemiker und Pflanzenforscher ist auf dem Sprung: In wenigen Wochen wechselt er sein Zuhause und verlagert seinen Lebensmittelpunkt von Cambridge nach Großbeeren und Potsdam.

Fortan wird er an der Universität Potsdam als Professor für Plant Nutritional Genomics und am Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) in Großbeeren forschen. Wie fühlen und messen Pflanzen Temperatur und wie passen sie sich an den Klimawandel an? Das ist die große Frage, der sich Wigge widmen wird.

Mit dem Klimawandel sinken die Erträge

„Aus der Landwirtschaft wissen wir seit Jahrhunderten, dass Pflanzen hochempfindlich auf die Temperatur reagieren“, erklärt der Forscher. Ein Farmer weiß genau, dass sein Weizen eine bestimmte Anzahl an warmen Tagen benötigt, um zu blühen und zu reifen. Doch warum das so ist, können die Forscher bis heute nicht sagen. Sie kennen nicht die Sensoren, mit der eine Pflanze die Temperatur misst, und wissen nicht, welche Reaktionen die Messwerte im pflanzlichen Organismus auslösen. „Es gibt viele Stoffwechselwege in der Pflanze, bei denen die zugrundeliegenden molekularen Mechanismen noch unbekannt sind“, sagt Wigge.



Seit Jahren ist der Wissenschaftler diesen Mechanismen auf der Spur. Seine Arbeit ist von drängender Aktualität, denn mit dem Klimawandel wird deutlich, wie weitreichend die Temperatur die Vegetation beeinflusst. Um etwa ein Grad Celsius hat sich die Erdatmosphäre in den vergangenen Jahren erwärmt. „Am Ende des Jahrhunderts wird die Temperatur wahrscheinlich um etwa vier Grad Celsius angestiegen sein“, prognostiziert Wigge.

Die Folgen dieser Erwärmung sind schon jetzt deutlich sichtbar: Viele Pflanzen beginnen eher zu knospen und zu blühen, wachsen auf neuen Standorten, die bisher zu kühl waren, oder werden in ihren angestammten Lebensräumen von anderen Arten verdrängt. „Die Veränderungen sind dramatisch“, betont Wigge. Und zwar nicht nur für Wildpflanzen, sondern auch für die Landwirtschaft.

Mit jedem Grad mehr sinken die weltweiten Erträge um etwa zehn Prozent, schätzen Agrarforscher. Ob Reis, Weizen oder Mais – dort, wo die Kornkammern dieser Erde liegen, wachsen diese und andere Nutzpflanzen bereits heute an ihrem Temperaturlimit. Zudem nimmt die Gefahr zu, dass sich Pflanzen und ihre Bestäuber desynchronisieren. Blühen die Pflanzen wegen steigender Temperaturen zu früh, sind die sie bestäubenden Insekten noch in der Winterruhe. Frühblühende Pflanzen bilden dann weniger Früchte und Samen aus. Für Philip Wigge sind dies alles gute Gründe, um die Forschungen auf diesem Gebiet voranzutreiben und aufzudecken, was auf der molekularen Ebene geschieht.

Neue Gentechnik bringt neue Züchtungsmethoden

Nicht zuletzt ist das Ziel der Forschungen, neue Nutzpflanzen zu züchten, die besser an höhere Temperaturen angepasst sind. Dabei setzt Wigge vor allem auf Züchtungsmethoden der neuen Gentechnik, wie etwa CRISPR. Mit dieser sogenannten Genschere kann das pflanzliche Erbgut sehr gezielt und präzise verändert werden. „Die klassische Züchtung allein ist sehr zeitaufwendig und folgt dem Konzept von Versuch und Irrtum“, erklärt der Biowissenschaftler. „Wenn wir Precision Farming, Molekularbiologie und Gen-Bearbeitung mit den eher konventionellen Züchtungsmethoden verbinden können, haben wir großartige Möglichkeiten. Im Angesicht des Klimawandels ist das besonders wichtig, denn in den kommenden Jahrzehnten werden wir weitere Temperaturanstiege und extreme Hitzeereignisse erleben.“

Gerade ist Philip Wigge dabei, seinen zukünftigen Arbeitsplatz im IGZ in Großbeeren auszustatten. „Die Pflanzenwissenschaften entwickeln sich weg von einer beschreibenden hin zu einer eher vorhersagenden Wissenschaft“, erklärt Wigge. Mit dem Next-

Philipp Wigges
zweite Heimat:
sein Labor.



Arabidopsis thaliana kann leicht
gezüchtet und untersucht werden.

Generation Sequencing können die Forscher zügig das gesamte Erbgut einer Pflanze analysieren und zudem untersuchen, wie die einzelnen Gene reguliert werden. Das erlaubt Vorhersagen darüber, wie die Pflanzen auf molekularer Ebene auf bestimmte Reize antworten – zum Beispiel auf Temperatur. Außerdem verknüpfen die Wissenschaftler die Methoden der Molekularbiologie und Genetik mit der Bioinformatik. So lassen sich Unmengen von Daten analysieren und Vorhersagemodelle erstellen.

Viele Forscher, ein Ziel

Im Moment suchen Wigge und sein Team buchstäblich nach der Nadel im Heuhaufen: Rund 30.000 Proteine kommen in einer Pflanzenzelle vor. Die Forscher vermuten, dass einige davon eine Rolle in der Temperaturwahrnehmung spielen. Dabei haben sie eine spezielle Proteinklasse im Verdacht: „Es gibt Proteine, die eine Phasenumwandlung durchlaufen, die also nach einem bestimmtem Stimulus von einem inaktiven in einen aktiven Zustand wechseln“, erklärt Wigge. Nun wollen die Wissenschaftler genau jene Proteine in der Pflanzenzelle identifizieren, bei denen die Temperatur der Trigger für diese Phasenumwandlung ist. Außer-



DER WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr. Philip A. Wigge studierte Biochemie an der University of Oxford (GB) und promovierte in Cambridge. Seit 2019 ist er vom Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau und der Universität Potsdam gemeinsam berufener Professor für Plant Nutritional Genomics.

✉ wigge@igzev.de

dem interessieren sich die Forscher dafür, wie sich DNA und Proteine gegenseitig regulieren.

Für diese Art der Forschung benötigt man ein interdisziplinäres Team: Pflanzenphysiologen, Genetiker, Biophysiker, Biochemiker und Bioinformatiker werden sich gemeinsam der Aufgabe widmen. Viele der Forscher haben nie zuvor mit Pflanzen gearbeitet. Für den Teamleiter ist diese Mischung eine große Chance, aber auch eine Herausforderung. „Alle diese Menschen müssen miteinander arbeiten, einander verstehen und ein gemeinsames Ziel haben.“ Und noch etwas hält er bei seinen Mitarbeitern für unverzichtbar: „Die wichtigste Eigenschaft eines Forschers ist Neugier.“

Bei Wigge ist es vor allem die Neugier, Pflanzen als Lebewesen zu begreifen, die aktiv auf ihre Umwelt reagieren und keinesfalls nur „passiv irgendwo rumstehen und darauf warten, dass es warm wird“. Pflanzen seien in der Lage, ihre Umgebung äußerst genau zu erfassen und sich daran sehr kontrolliert anzupassen. Was den Wissenschaftler darüber hinaus an seinem Forschungsobjekt fasziniert, ist, dass sich „viele unserer Feste und Feiertage am Lebenszyklus der Pflanzen orientieren“. Denn unsere gesamte gesellschaftliche Entwicklung beruht auf ihrer Kultivierung. Nur weil ein kleiner Teil der Menschheit in der Lage war, genug Nahrung für alle anzubauen, konnten sich andere der Kunst, der Medizin oder der Wissenschaft zuwenden.“

HEIKE KAMPE

Städte als Börsenersatz?

Gentrifizierung zwischen Aufwertung und Finanzialisierung



Noch vor wenigen Jahren schien die Stadtwelt in Ordnung zu sein. Wohnungen erfüllten ihren Zweck als Behausungen, die an die Einkommen der Bevölkerung mehr oder weniger angepasst waren. Bauliche und soziale Aufwertungsprozesse einzelner Wohnquartiere – als Gentrifizierung oder Gentrification bezeichnet – fanden vereinzelt und in moderatem Tempo statt. Damit scheint es vorerst vorbei zu sein. Seit der globalen Finanzmarktkrise 2007/08 sind Wohnungen hierzulande nicht mehr nur zum Wohnen da – sie sollen vielmehr möglichst schnell hohe Profite erwirtschaften. Aufwertungsprozesse beschränken sich daher nicht mehr auf einzelne Quartiere mit ökonomischen „Verwertungslücken“, sondern erfassen mittlerweile weite städtische Areale.

Die Finanzialisierung erfasst die Wohnungsmärkte

Was unterscheidet die aktuelle Situation von früheren Perioden der Wohnungsmarktentwicklung? Die Antwort ist erstaunlich einfach: Wohnimmobilien wurden nach 2007/08 von den Finanzmarktakteuren als relativ profitable und risikoarme Kapitalanlage entdeckt – im Vergleich zu niedrig verzinsten oder hoch riskanten Finanzprodukten. Große Anleger zogen ihr Geld teilweise von den Börsen und neuen Finanzprodukten ab und investierten vermehrt in Immobilien. Dies führte weltweit zu massenhaften Aufkäufen von Wohnungsbeständen, schwerpunktmäßig in Ländern mit relativ niedrigem Preisniveau, so auch Deutschland. Hinzu kamen vermehrte Aktivitäten institutioneller Anleger im Wohnungsneubau. Die ersten Jahre des Immobilien-Runs waren noch von dem Motiv getragen, überwiegend durch Kauf und Wiederverkauf hohe Profite zu erzielen und die Preise in die Höhe zu treiben. Doch bald stellte sich heraus, dass auch im Mietwohnsektor, der zuvor eher moderate Preissteigerungsraten aufgewiesen hatte, hohe Gewinnmargen möglich waren. Nicht nur hochwertige Wohnungsbestände wechselten ihre Eigentümer, son-

dern auch große, niedrigpreisige Bestände in Unterschichtwohnquartieren. Es stellte sich schnell heraus, dass funktionierende Wohlfahrtssysteme durch stabile staatliche Einkommenstransfers an die Haushalte den neuen Besitzern ebenso stabile Mieteinnahmen garantierten. Zugleich wurden in höherpreisigen Segmenten im großen Stil staatlich geförderte Modernisierungen und Baumaßnahmen durchgeführt, um eine bessere Energieeffizienz zu erzielen. Im Ergebnis stiegen hier die Preise ebenfalls sprunghaft an und waren auch durch politische Dämpfungsversuche (z.B. die bundesdeutsche „Mietpreisbremse“) nicht zu stoppen.

Die beiden beschriebenen Prozesse im Eigentums- und Mietwohnsektor sind ohne massive Investitionen für Käufe, Umbauten, Modernisierungen und Renovierungen nicht denkbar. Sie werden in der Stadtforschung in jüngerer Zeit vermehrt als Ausdruck von allgemeineren Finanzialisierungsprozessen begriffen. Finanzialisierung bedeutet, dass die Logik und die Praktiken der Finanzmärkte auf andere wirtschaftliche Sektoren übertragen werden. Ziel ist die möglichst rasche Kapitalvermehrung. Im Klartext: Investitionen in Immobilien sollen möglichst schnell hohe Renditen abwerfen. Dabei ist es nebensächlich, wie die Immobilien genutzt werden, etwa von Mietern oder Kleineigentümern. Auch soziale Interessen und Ziele, die sich mit dem Wohnen als einer Grundda-seinsfunktion verbinden, werden dieser Logik zufolge uninteressant. Die Wohnungsmärkte unterliegen einem fundamentalen Wandel.

Die Eigentumsmärkte werden zu Märkten mit extremen Knappheitsrelationen und massivem Preisauftrieb. Hielten sich zuvor Angebot und Nachfrage bei zyklischen Schwankungen in einem Verhältnis, das für Käufer und Verkäufer noch berechenbar war, wächst spätestens seit Mitte dieses Jahrzehnts durch die hohen Kapitaleinsätze globaler Spekulanten und die massenhaften Aufkäufe städtischer Immobilien die Gefahr, dass Immobilienblasen entstehen und der Markt teilweise versagt.

Die Mietwohnungsmärkte sind durch Kapitaltransfers sowie massenhafte Aufkäufe von großen Finanzinstitutionen und neu gegründeten Immobilien trusts zu Gelddruckmaschinen geworden. Sprunghaft steigende Mietpreise bei extremer Verknappung des Angebots und mangelnden Ausweichmöglichkeiten für die Mieter haben die Vermieter in eine relative Machtposition gebracht, aus der heraus die „Druckmaschine“ komfortabel gesteuert werden kann.

Neue Markttypen

Die beschriebenen Entwicklungen verdeutlichen, dass sich innerhalb kurzer Zeit neue Markttypen herausgebildet haben. Aus den Rentenmärkten früherer Jahr-



DER WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr. Hans-Joachim Bürkner ist seit 2011 in gemeinsamer Berufung mit dem Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung als Professor für Wirtschafts- und Sozialgeographie an der Universität Potsdam tätig. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen in der sozialwissenschaftlichen Stadtforschung (Themen: Sozialräumliche Disparitäten, Kreativwirtschaft) und der Grenzraumforschung.

✉ buerkner@uni-potsdam.de

zehnte sind seit 2007/08 Renditemärkte geworden. „Rente“ bedeutet in diesem Zusammenhang den Gewinn, den Grundstücks- und Immobilieneigner aus der Vermietung, Verpachtung und Veräußerung ihrer Immobilien ziehen. Diese Renten garantieren normalerweise stetige, aber zumeist nur mäßig steigende Einnahmen. Sie beruhen auf sozialen Übereinkünften, die für beide Seiten, den Anbieter und den Nachfrager, akzeptable Bedingungen festschreiben. Zudem werden sie öffentlich sanktioniert, indem übermäßige Forderungen und Praktiken als Wucher angeprangert werden. Im Gegensatz dazu verlieren auf den neuen Renditemärkten derartige Übereinkünfte schnell ihre Gültigkeit. Die eher witzelnde Titulierung der neuen Verhaltensmaxime als „Cash as cash can“ (abgeleitet von „Catch as catch can“, zu Deutsch etwa „alle Mittel sind erlaubt“) trifft den Kern der Sache: die unbedingte Profitmaximierung aus unproduktiven Tätigkeiten wie dem Abschöpfen von Gewinnen aus Verkauf und überteuerter Vermietung. Renditemärkte beruhen somit darauf, dass der Gebrauchswert einer Wohnung zugunsten ihres Tauscherts gemindert wird. Sie wird in erster Linie zur Ware.

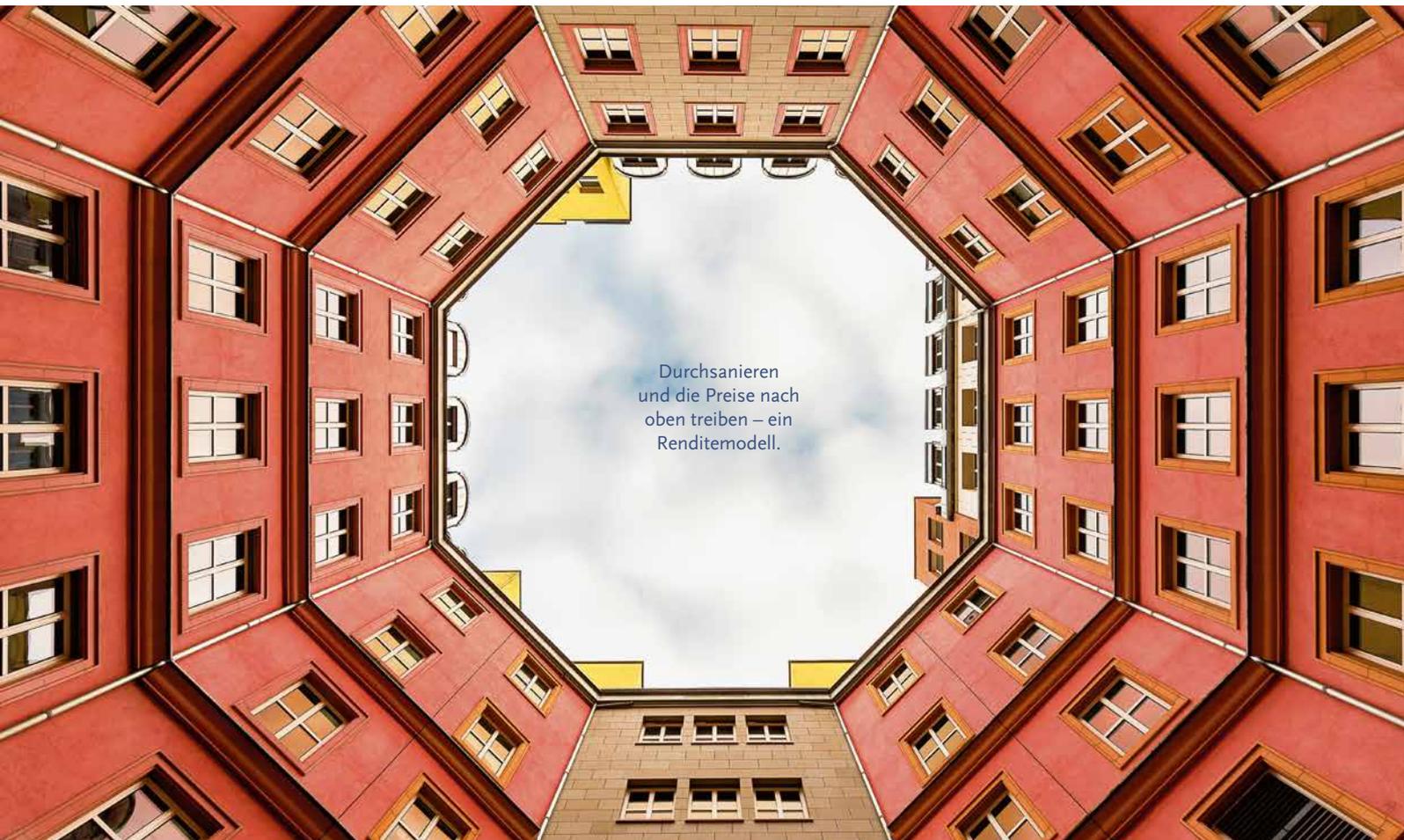
Derart grundlegende Umwälzungen auf dem Immobilienmarkt wurden von Politik und Wissenschaft

allerdings nur teilweise in ihrer hohen Dynamik erkannt und thematisiert. Die gebräuchliche Rede von den Immobilienblasen geht insofern an dem Problem vorbei, als sie suggeriert, dass es sich um eine Überhitzungserscheinung handle, die das ansonsten intakte System der Wohnungswirtschaft quasi als Anomalie bedrohe. Sie übersieht, dass sich die Verwertungslogik, mit der die neuen Akteure kalkulieren, gegenüber älteren Logiken deutlich verändert hat. Dies führt dazu, dass bekannte soziale und bauliche Aufwertungsprozesse, die bislang prägnant als Gentrifizierung beschreibbar waren, substantiell verändert auftreten und von Grund auf neu bewertet werden müssen.

Gentrifizierung nach altem Muster: kleinräumige Aufwertungszykel

Gentrifizierung ist ein Phänomen, das in den 1960er Jahren erstmals sozialwissenschaftlich untersucht wurde und seitdem als ein wichtiger Bestandteil der Stadtentwicklung gilt. Es besteht im allmählichen Einsickern von wohlhabenden Haushalten in statusniedrige Wohnviertel. Diese Quartiere waren

Foto: AdobeStock/Daniel



in der Regel vernachlässigt. Aufgrund mangelnder Investitionen in die Erhaltung der Bausubstanz – oft durch Bodenspekulation verursacht – waren sie sichtbar heruntergekommen. Dennoch hatten die Viertel für die besagten Haushalte, die sogenannten Gentrifizierer, eine besondere Anziehungskraft. Gentrifizierer schätzten die soziale Atmosphäre, die sich in diesen Quartieren herausgebildet hatte – zwischen Unterschichtkultur und alternativen Milieus. Lebensstilpioniere, d.h. Studierende, Künstler und andere Gruppen mit geringem Einkommen, hatten diese Quartiere wegen ihres geringen Mietpreisniveaus zuvor erschlossen und kulturell überformt. Die Gentrifizierer kamen zumeist selbst aus derartigen Milieus und hatten teilweise sogar als Studierende in diesen Quartieren gelebt. Inzwischen aber waren sie sozial aufgestiegen und verfügten über die finanziellen Mittel zum Haus- oder Wohnungskauf. Sie verdrängten allmählich die Pioniere und stellten nun die wichtigsten Träger der sozialen und baulichen Aufwertung des Quartiers dar.

Gentrifizierung, die sich auf diese Weise vollzog, war lange Zeit an Rentenmärkte gebunden. Sie verlief allmählich, d.h. in kleinen Schritten und über längere Zeiträume hinweg. Nur so konnte sich die typische Abfolge der Akteursgruppen entwickeln. Erst in ziemlich späten Phasen kamen größere Investoren von außen hinzu, die durch Luxusmodernisierungen einen Extraprofit erreichen wollten. Dieses Eindringen institutioneller Akteure zog in der Regel nur noch geringe bauliche und sozialstrukturelle Veränderungen nach sich. Jede „Übernahme“ des Quartiers durch neue Gentrifizierer führte dazu, dass die jeweils statusniedrigere Bevölkerung aufgrund steigender Boden- und Mietpreise verdrängt wurde.

Der ältere Rentenmarkt bewirkte eher gemächliche Abwanderungsbewegungen von einem Quartier ins benachbarte. In Berlin wurde diese Bewegung von den lokalen Gentrifizierungsforschern als Aufwertungszirkel bezeichnet. Die statusniedrigen Bewohner – allen voran die Kreativen und mittellose Akademiker – zogen Anfang der 1990er Jahre von Kreuzberg nach Prenzlauer Berg, von dort zu Beginn der 2000er Jahre nach Friedrichshain und dann einige Jahre später nach Neukölln und die östlichen Ränder Kreuzbergs. Alle zehn Jahre ging es also scheinbar im Uhrzeigersinn von Quartier zu Quartier weiter. Die Berliner Gentrifizierungsforsche-

rinnen und -forscher waren begeistert, sie hatten ein prägnantes, in Karten wunderbar wiedergabefähiges Verlaufsmodell.

Gentrifizierung neuen Typs: expansiv und flächendeckend

Mit dem Umbruch hin zum Renditemarkt begnügen sich externe Akteure nicht mehr damit, die letzte Phase des Gentrifizierungsprozesses zu gestalten. Sie steigen wesentlich früher ein, teilweise bereits in der Pionierphase und der ersten, normalerweise von wohlhabenden Haushalten getragenen Phase. Dies ist in Berlin in solchen Bezirken wie Prenzlauer Berg, Friedrichshain und Kreuzberg (Gräfe-Kiez, Bergmannstraße) deutlich zu beobachten. Die galoppierende Umwandlung ganzer Straßenzüge in Eigentum, das Füllen von Baulücken und der Neubau von Luxusappartements zeigen die Umwälzung des Marktes durch Großinvestoren deutlich an. Aus der ehemals punktuellen Verdrängung finanzschwacher Bevölkerung ist innerhalb weniger Jahre eine massenhafte Verdrängung geworden.

Der Renditemarkt durchbricht nun die bisherige Modellidylle des Aufwertungszirkels auf geradezu brachiale Weise. Finanzialisierung in Form von großflächigem Aufkauf und Umwandlung von Wohnungen findet sich nicht mehr nur in den hochpreisigen Quartieren der Berliner Innenstadt (d.h. innerhalb oder angrenzend an den S-Bahn-Ring), sondern auch in den preisgünstigeren Wohnvierteln sowie am Stadtrand. Der ungebremste Preisanstieg seit 2010 hat alle städtischen Teilräume erfasst und dazu geführt, dass auch vormals von Pionieren und kleinen Gentrifizierern vernachlässigte und wenig begehrte Wohnungsbestände, etwa in den Stadtrandvierteln Lichtenberg, Marzahn oder Hellersdorf, mittlerweile modernisiert und aufgrund des hohen Nachfragegedrucks voll belegt sind. Es kommt zur unvermittelten, flächendeckenden Aufwertung





Wohnungen dienen inzwischen mitunter weniger dem Wohnungs- als dem Finanzmarkt.

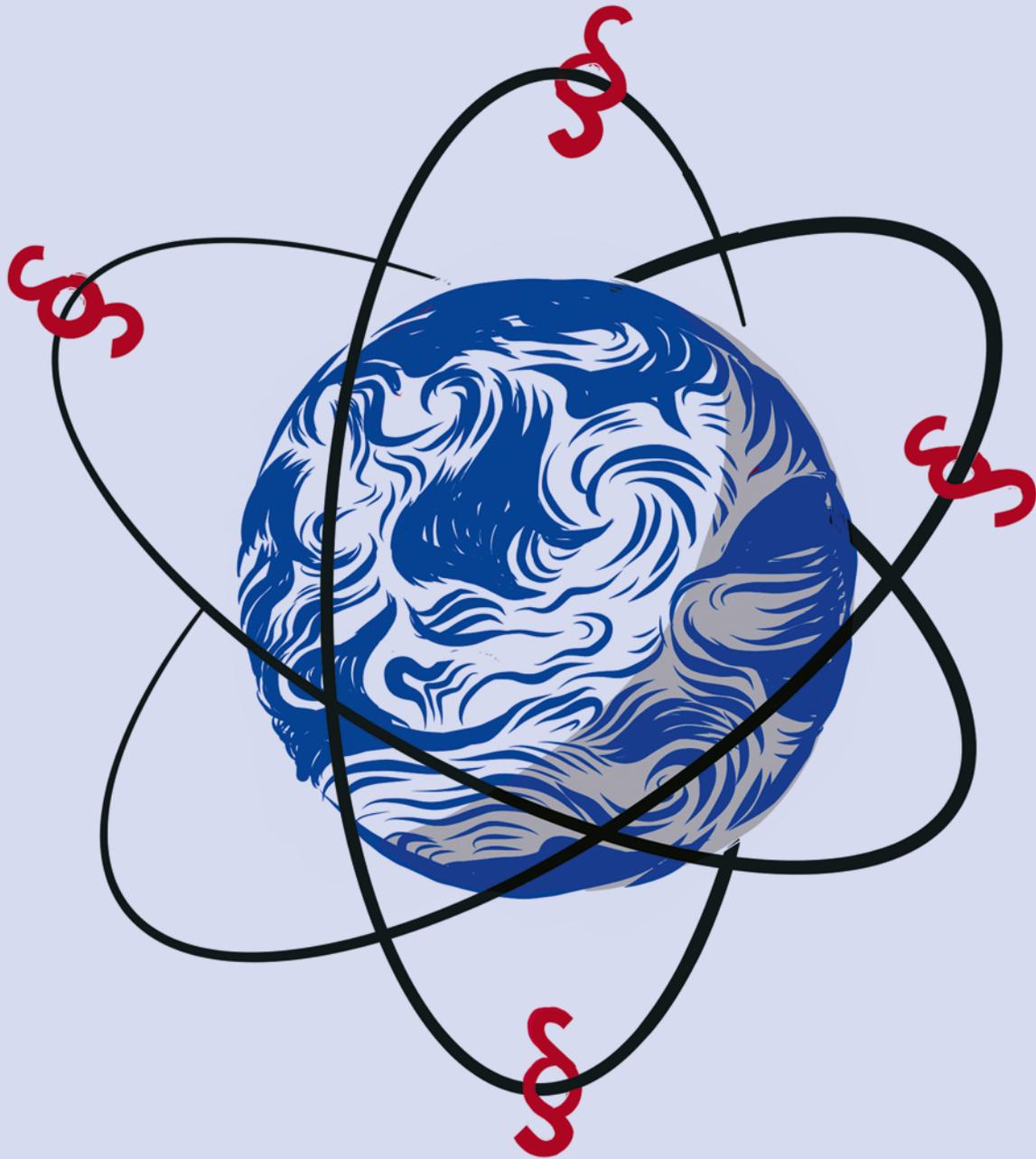
von Quartieren, die dies zuvor kaum hatten vermuten lassen. Dabei treten die typischen Einzelakteure der älteren Gentrifizierungsprozesse kaum noch in Erscheinung. Finanzialisierung und Gentrifizierung sind jetzt plötzlich überall und werden von großen Immobilienunternehmen und Investmentfonds geprägt. Diese bestimmen Tempo und Umfang der baulichen Umgestaltung und auch des Bevölkerungsaustauschs. Die verdrängte Bevölkerung wandert aus den Innenstadtbereichen schneller und in höheren Zahlen ab als zuvor. Da Finanzialisierung und Gentrifizierung auch dort bereits Fuß gefasst haben und zudem der gesamte städtische Wohnungsmarkt extrem angespannt ist, finden die Wohnungssuchenden auch weiter draußen entweder nicht das zu ihnen finanziell passende oder überhaupt kein Wohnungsangebot. Teilweise sind sie zur Abwanderung ins weiter entfernte Umland Berlins gezwungen.

Der neue Fahrstuhleffekt als politische und wissenschaftliche Herausforderung

Um die gegenwärtige Gentrifizierungsdynamik auf den Punkt zu bringen: Berlin und auch viele andere

Städte sind mittlerweile mit einem Fahrstuhleffekt der „Aufwertung durch Finanzialisierung“ konfrontiert. Die frühere, gestufte Abfolge von dominanten Akteursgruppen, die für Gentrifizierungsquartiere charakteristisch war, ist heute kaum noch in ihrer idealtypischen Form zu beobachten. Vielmehr kommt es zu einem frühzeitigen Eindringen institutioneller Anleger sowie zur kurzfristigen Verdrängung einer großen Zahl nicht mehr zahlungsfähiger Quartiersbewohner. Die früher als Hypergentrifizierung bezeichnete Endphase wird somit quasi überall und zu einem sehr frühen Zeitpunkt erreicht. Der Verdrängungseffekt der Finanzialisierung dürfte auf längere Sicht stärker und nachhaltiger sein als derjenige der älteren Gentrifizierungsprozesse. Hinzu kommt, dass ausbleibende staatliche und kommunale Interventionen dieses Geschehen – gewollt oder ungewollt – absichern. Es kommt zu einem Zusammenspiel von Finanzialisierung und politischer Rahmensetzung, das die gegenwärtige Entwicklung zunächst fortschreibt. Auf derartige Beobachtungen muss die Gentrifizierungsforschung nun reagieren, wenn sie in den Stadtentwicklungsdebatten künftig ihre Deutungshoheit behalten will.

HANS-JOACHIM BÜRKNER



Paragrafen auf der Umlaufbahn

Wie ein Vertrag dafür sorgt, dass der Weltraum zum Wohle aller genutzt wird

Er bietet ihnen allen Platz: den bemannten Sojus-Raketen, der ISS, den vielen Satelliten, dem Hubble-Weltraumteleskop und auch den Astronauten, die einen Spaziergang in ihm wagen. Der Weltraum ist längst zu einem riesigen Aktionsfeld geworden. Was hier passiert, regelt seit über 50 Jahren der Weltraumvertrag. Doch was steht eigentlich drin, wie kam es zum Vertrag und wie aktuell ist dieser noch? Petra Görlich sprach über diese und andere Fragen mit dem Juristen Marcus Schladebach.

Herr Prof. Schladebach, woher stammt Ihr Interesse für den Kosmos?

Daran ist mein Vater schuld. Er war Astronomielehrer und zeigte mir früh, wie faszinierend diese Himmelswelt ist.

Was gilt als Geburtsstunde des Weltraumrechts?

Es gibt eigentlich zwei Geburtsstunden. Die eine ist im nationalsozialistischen Kontext angesiedelt. Am 4. Oktober 1942 brachte der damalige Raumfahrtpionier Wernher von Braun in der Heeresversuchsanstalt Peenemünde die V2 Rakete erfolgreich zum Start. Sie flog rund 85 Kilometer hoch und streifte damit sozu-

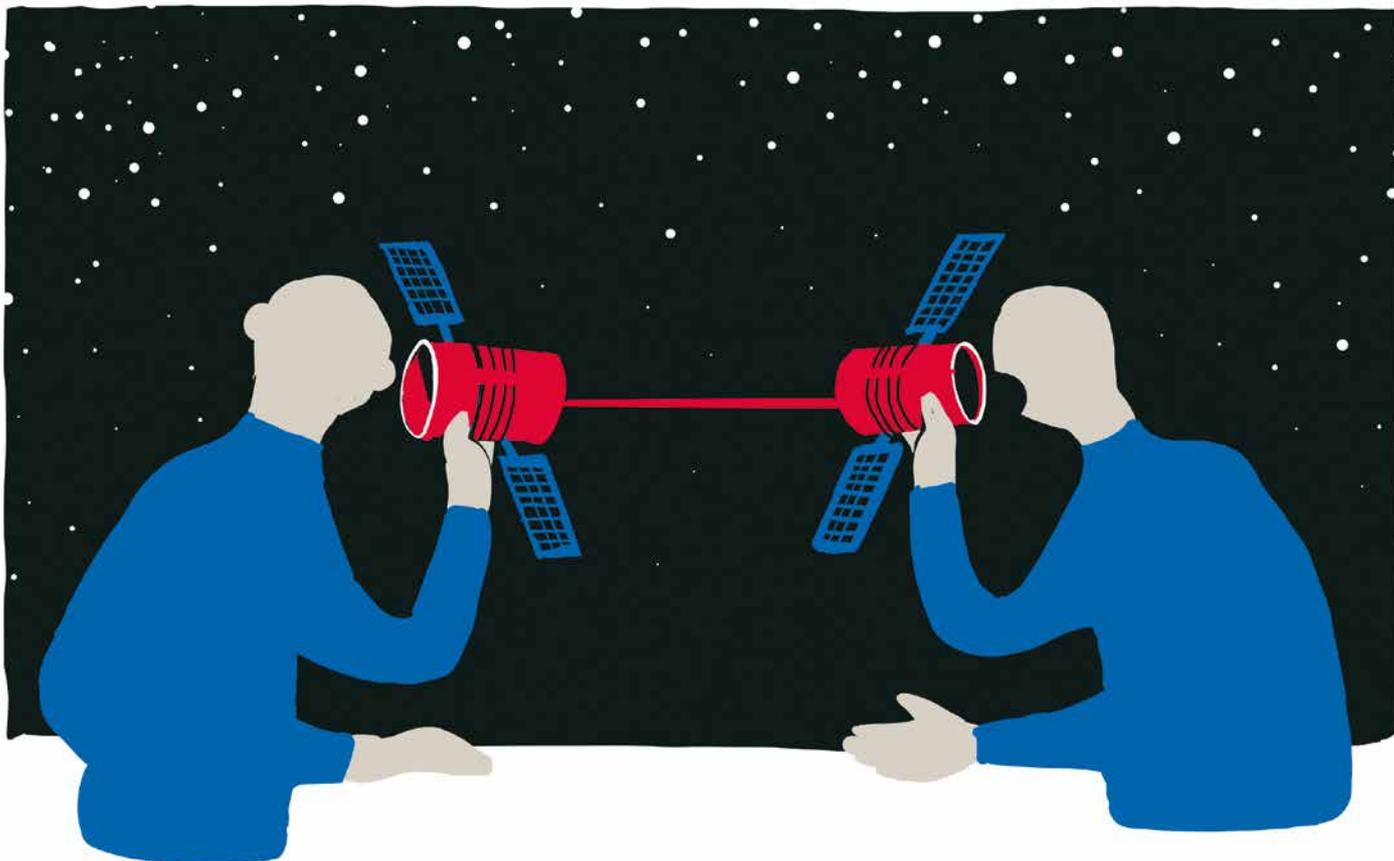
sagen den Vorgarten des Weltraums. Das führte zum ersten Mal zu der Überlegung, staatliche Regelungen dafür zu schaffen. Noch viel stärker geschah dies, als 1957 der erste künstliche Erdsatellit, Sputnik 1, von den Russen im Weltall platziert wurde und die Amerikaner im Februar 1958 mit Explorer 1, ebenfalls ein künstlicher Erdsatellit, reagierten. Dieser beginnende Wettlauf führte 1959 dazu, dass der UN-Weltraumausschuss gegründet wurde. Man wollte sich von nun an nicht mehr nur um technische Fragen kümmern, sondern eben auch um rechtliche.

Jahre später kam der Weltraumvertrag zustande.

Ja, er wurde in London, Moskau und Washington unterzeichnet und ist noch heute die zentrale Rechtsgrundlage im Weltraumrecht. Inzwischen haben ihn 98 Staaten ratifiziert und weitere 27 unterschrieben. In Deutschland ist er übrigens erst 1971 in Kraft getreten.

Welches sind die größten Vorzüge des Vertrages?

Der größte Vorzug ist, dass er hervorragende Grundentscheidungen über die Erforschung und Nutzung



des Weltraums fixiert hat, die sich in den zurückliegenden Jahrzehnten als sehr gut erwiesen haben. Positiv ist aber auch seine zukunftsgerichtete Ausgestaltung. Er regelte schon Sachbereiche, die erst viel später relevant werden sollten. So bezieht Artikel 6 bereits private Raumfahrtunternehmen mit ein.

Was wird eigentlich unter „Weltraum“ verstanden?

Der Begriff „Weltraum“ ist rechtlich nicht definiert. Im Weltraumvertrag findet sich lediglich ein Absatz zu seinem Status. Danach ist er – wie die Hohe See, die Tiefsee und die Antarktis – ein hoheitsfreier Gemeinschaftsraum. Er gehört also allen Staaten gemeinsam, auch denjenigen, die keine Raumfahrt betreiben.

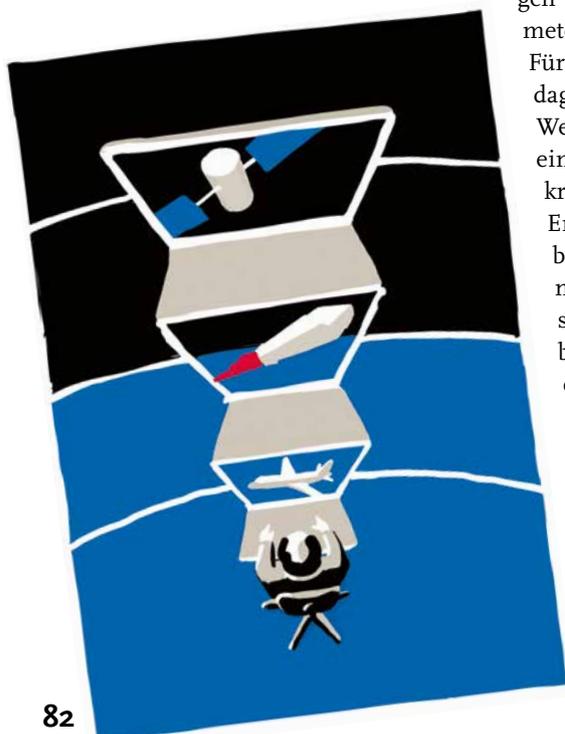
Wo beginnt und endet der Weltraum?

Aus juristischer Sicht hat sich noch niemand dazu geäußert, wo der Weltraum endet. Wo er anfängt, das ist die Streitfrage des Luft- und Weltraumrechts. Die Linie ist deshalb so wichtig, weil hier die Rechtsgrenze wechselt. Hier endet das nationale Recht.

Wo definieren Sie persönlich diese Grenze?

Meine Position ist, dass der Weltraum bei 100 Kilometern beginnt und der Luftraum nach 83 Kilometern endet. Denn auf Grundlage der Aerodynamik, also des Luftauftriebs, kann man mit Luftfahrzeugen nur bis 83 Kilometer hoch fliegen.

Für den Raumflug dagegen benötigen Weltraumfahrzeuge eine Zentrifugalkraft, um sich auf Erdumlaufbahnen bewegen zu können. Naturwissenschaftlich ist belegt, dass dies erst in einer Höhe von 100 Kilometern funktioniert. Flöge ein solcher Gegenstand darunter, würde er noch durch die dann schon



DER WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr. Marcus Schladebach hat Rechtswissenschaft an der Humboldt-Universität zu Berlin studiert, wo er später auch promovierte. Seine Habilitation erfolgte an der Universität Augsburg. Seit Oktober 2017 ist der Wissenschaftler Inhaber des Lehrstuhls Öffentliches Recht, Medienrecht und Didaktik der Rechtswissenschaft an der Universität Potsdam.

✉ marcus.schladebach@uni-potsdam.de

geringere Gravitationskraft der Erde angezogen werden. Ich gehe also von einer 17 Kilometer großen Zwischenschicht aus.

Und welcher Rechtsstatus gilt hier?

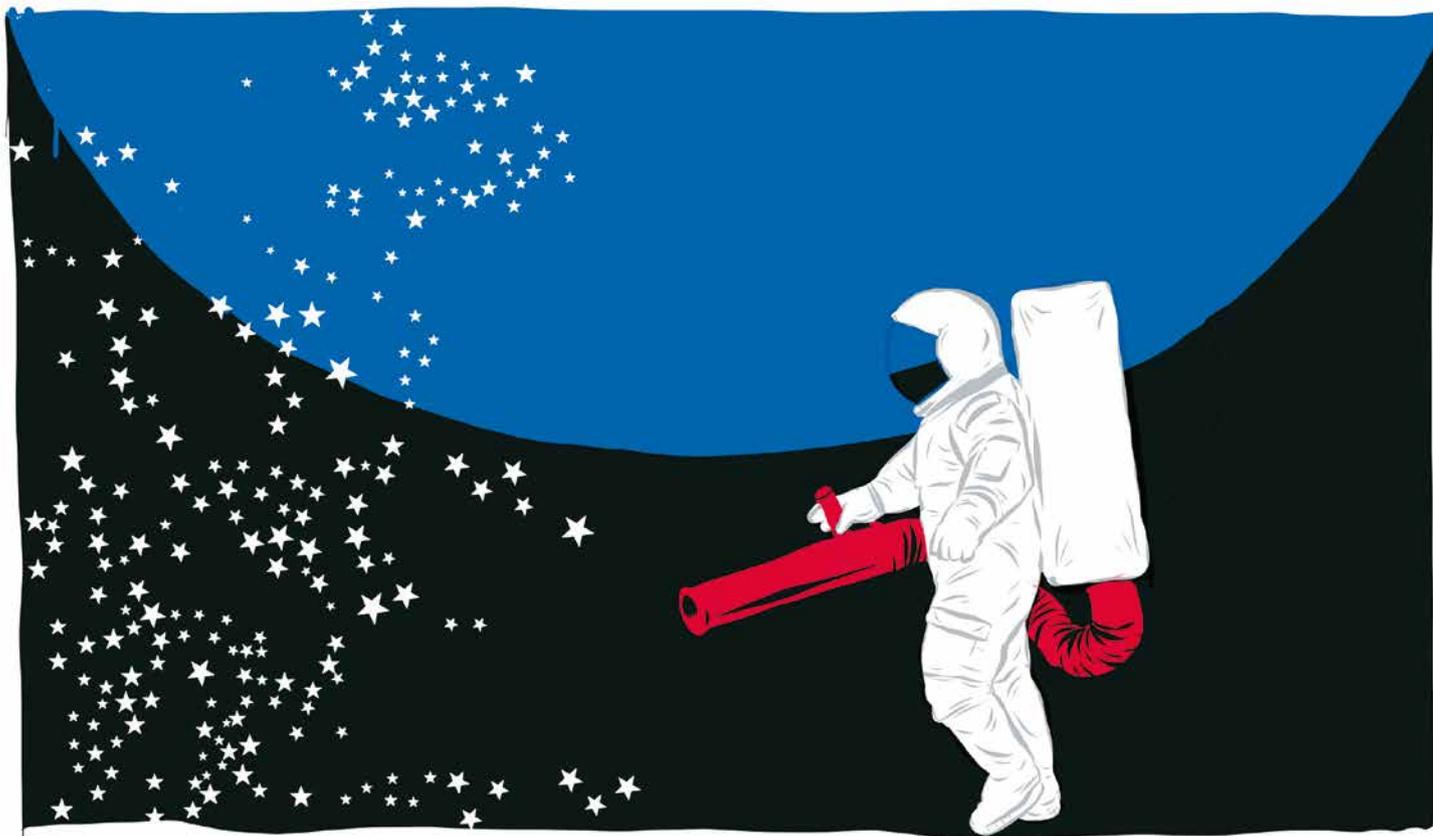
Das hängt davon ab, ob sich das Fahrzeug auf einer vertikalen Bahn befindet und das Weltall ansteuert. Dann würde das nationale Weltraumrecht gelten. Würde es unabhängig vom Luftraum und damit vom Staatsgebiet auf einer horizontalen Ebene fliegen, würde ich das internationale Weltraumrecht anwenden.

Sie stehen mit dieser Auffassung nicht allein ...

Es gibt ähnliche Positionen. Sie schließen an die Grundsätze des wesentlich älteren Seerechts an. Im Seerecht ist es so, dass es eine horizontale Hoheitsgewalt gibt. Je weiter ich von der Küste wegkomme, desto mehr nimmt die Gewalt des Küstenstaates ab. Wenn man das Ganze bildlich hochklappt, hat man eine rechtlich begründbare Zone: Je weiter ich vom eigenen Territorium in den Luft- und Weltraum vorstoße, desto stärker nimmt die Hoheitsgewalt ab. Im Seerecht existiert darüber hinaus ebenfalls eine interessante Zwischenzone: die ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ). Sie ist weder dem Küstenstaat zuzurechnen noch der Hohen See.

Zurück zum Weltraumvertrag. Er enthält sogar schon den Aspekt des Umweltschutzes. Ausreichend genug?

Nein. Dennoch war es zur damaligen Zeit fortschrittlich, ihn in einen derartigen völkerrechtlichen Vertrag einzubringen. Es heißt im Text unter anderem, dass Kontaminationen im All zu vermeiden sind.



Inzwischen befinden sich große Mengen Weltraumschrott im Weltall. Warum gibt es keine gesetzliche Rückholpflicht?

Die großen Raumfahrtationen betonen, dass ja noch nichts passiert sei und deshalb keine Eile zum gesetzlichen Handeln bestehe. Außerdem sind die finanziellen Fragen diffizil. Es gibt Projekte wie den in Lausanne erfundenen Weltraumstaubsauger Clean Space One. Die Schweiz will damit ihren eigenen Schrott herunterholen, stellt das Patent jedoch anderen Ländern nicht zur Verfügung. Aber es gibt noch weitere Ideen: Bei der einen würde der Weltraumschrott zerschossen. Das kann meiner Meinung nach nicht die Lösung sein, denn es entstünde nur kleinerer Müll. Bei der anderen sollen die Teile auf eine höhere Umlaufbahn geschossen werden. Ihr Absinken beträfe erst Menschen, die sehr viel später leben. Ich finde das nicht gerade verantwortungsbewusst.

Der Weltraumvertrag hat bisher gesichert, dass keine militärische Nutzung des Alls erfolgte. Wie sicher können wir sein, dass das auch weiter so bleibt?

Man muss da unterscheiden. Für den Mond und die anderen Himmelskörper gilt ein Militarisierungsverbot, aber Militärpersonal darf dort forschen. Im freien Weltraum ist es untersagt, Kernwaffen oder andere Massenvernichtungswaffen in eine Erdumlaufbahn

zu bringen. Bei anderen Waffenarten greift das Verbot aber nicht. Diese Regelungslücke ist zum Teil durch Rüstungskontrollvereinbarungen mit begrenztem Geltungsanspruch ausgefüllt worden.

Apropos Mond. Experten denken längst darüber nach, ihn zu nutzen, wenn der Erde die Bodenschätze ausgehen. Ist das ein Feld, das juristisch schon bestellt ist?

Als 1969 der erste Mensch den Mond betrat, war klar, dass es eines auf den Mond bezogenen Rechtsregimes bedarf. Der Mondvertrag wurde schließlich 1984 von mehreren Ländern unterzeichnet und später auch von einigen ratifiziert. Derzeit gilt er aber als gescheitert, weil er sehr schwierig umzusetzen ist. Beim Artikel II, der ein Bodenschatzabbau-Regime enthält, wird das sehr gut deutlich. Die Probleme hängen mit dem besonderen Status des Himmelskörpers als „gemeinsames Erbe der Menschheit“ zusammen. Würde ein Staat Bodenschätze abbauen, müsste er diese nach gegenwärtigem Stand über einen Fonds verwalten lassen – damit alle anderen Staaten auch etwas davon haben. Dem verweigern sich die meisten Länder.

Nichtsdestotrotz beobachte ich eine gewisse Renaissance. Denn der Fakt bleibt: Irgendwann müssen die Menschen auf der Erde mit Rohstoffen und Ressourcen von anderen Himmelskörpern versorgt wer-

den. Unsere Vorkommen sind endlich, und der Mond ist eine Alternative.

Im Moment tauschen sich deshalb Forscher innerhalb des Völkerrechts darüber aus, wie man das Mondregime, also den Verteilungsmechanismus, modernisieren und tragfähiger machen kann. Die Tendenz geht dahin, zur Ausgangsformulierung zurückzukehren und diese klug zu modifizieren.

Verlassen wir den Satelliten der Erde und kommen zum Problem möglicher Havarien im All. Was regelt der Weltraumvertrag, was nicht?

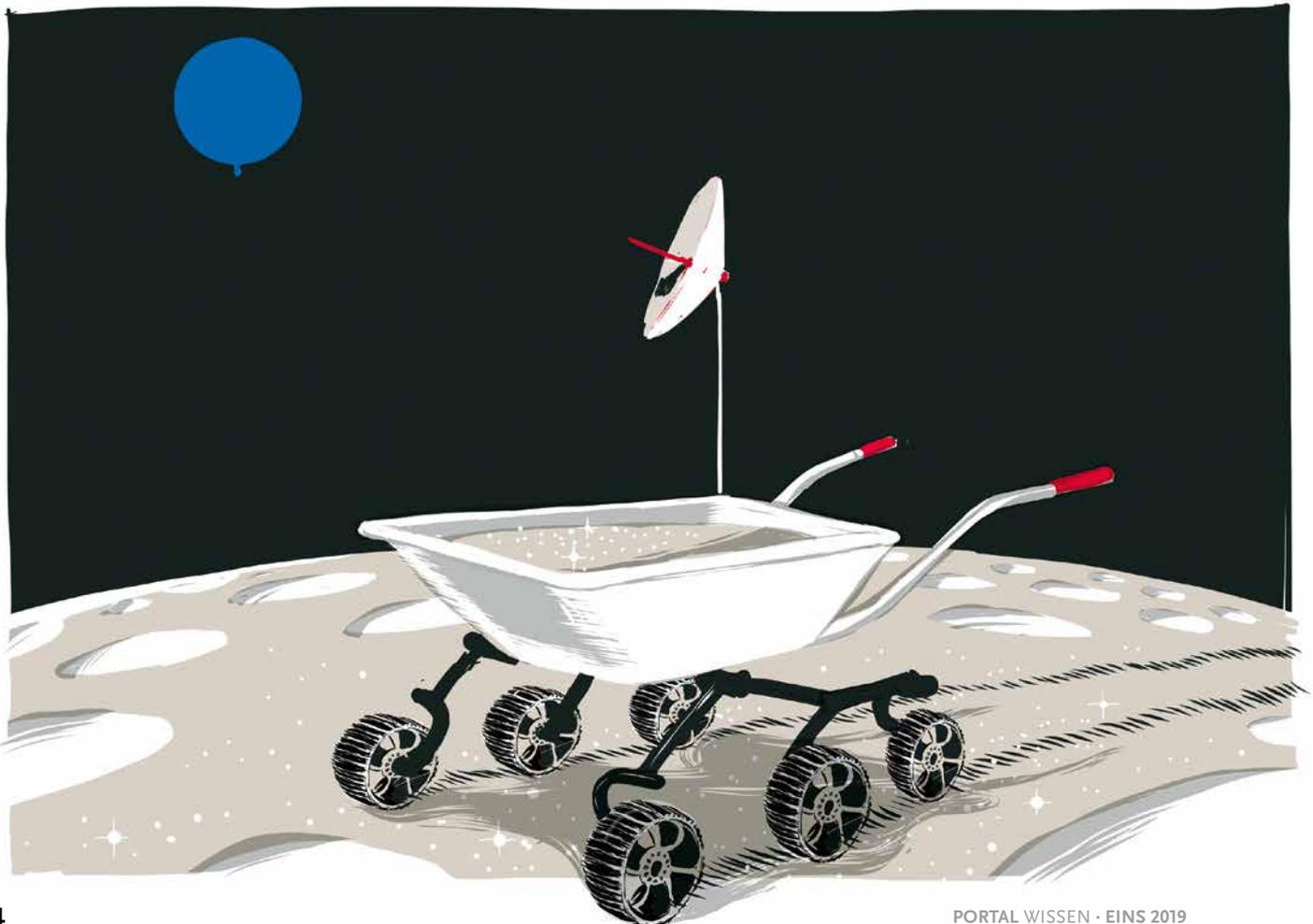
Im Fall einer Havarie an einem Raumfahrzeug und einer Gefahr für die Insassen sieht der Weltraumvertrag eine Pflicht zur Hilfeleistung anderer Staaten vor. Das ist Ausdruck des humanistischen Grundgedankens des Weltraumrechts und aus meiner Sicht eine Selbstverständlichkeit. Raumfahrer werden als „Boten der Menschheit“ verstanden, ihre Rettung soll daher eine Aufgabe der gesamten Weltgemeinschaft sein. Eine aktive Hilfeleistung setzt allerdings voraus, dass sich zur Hilfe bereite Raumfahrzeuge anderer Staaten in der Nähe befinden. Das wird nur höchst selten der Fall sein. Eine rechtliche Pflicht, eine gänzlich neue Missi-

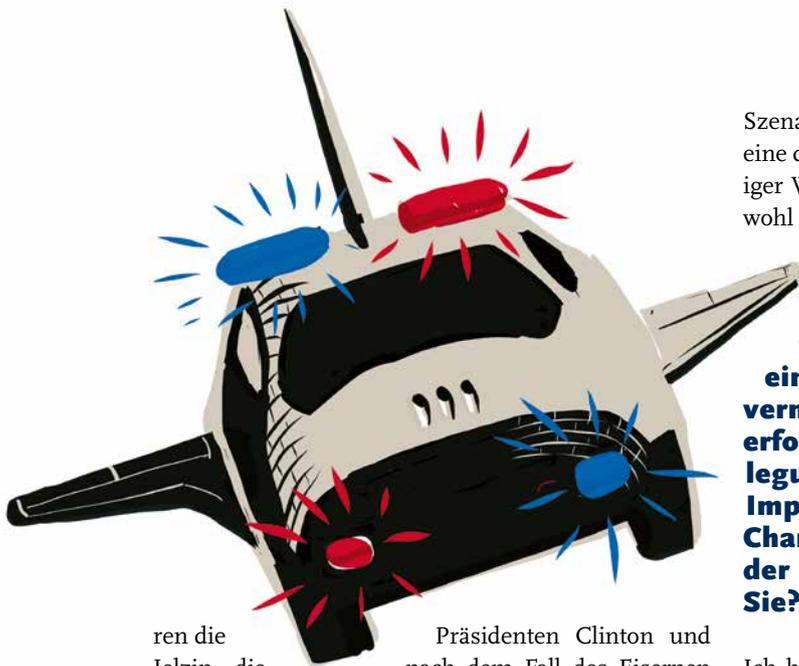
on konkret zur Rettung von Raumfahrern zu starten, ist dem Weltraumvertrag nicht zu entnehmen. Sie dürfte in äußerst kurzer Zeit auch nicht zu realisieren sein.

Als der Vertrag geschlossen wurde, war an die Internationale Raumstation ISS noch nicht zu denken. Inwiefern werden nun seine Grenzen deutlich?

Dass der 1967 geschlossene Weltraumvertrag noch keine Regelung zu gemeinsamen Raumstationen enthält, würde ich nicht als Mangel betrachten. Es wa-

Das Weltraumrecht basiert auf dem Völkerrecht. Aktuell stehen Juristen vor der Herausforderung, es weiterentwickeln zu müssen, nicht zuletzt, weil es Pläne zur privaten Nutzung des Mondes und der Asteoriden gibt. Auch die Vorhaben privater Raumfahrtunternehmen, künftig Menschen ins All zu befördern, machen dies dringend erforderlich. Es gibt bereits eine ganze Reihe von Verträgen und Abkommen, die Regelungen für die Nutzung des Weltalls enthalten. So existieren allein fünf große internationale Verträge und fünf Resolutionen der UN mit wichtigen anzuwendenden Grundsätzen.





ren die Präsidenten Clinton und Jelzin, die nach dem Fall des Eisernen Vorhangs ihre weitreichenden Erfahrungen mit den jeweiligen Raumstationen Skylab und Mir in einer gemeinsamen Raumstation vereinigen wollten. Diese sollte zunächst den Namen „Alpha“ tragen, erhielt dann letztlich aber lediglich die Bezeichnung „International Space Station (ISS)“. Die Zusammenarbeit der ISS-Partner USA, Russland, ESA (European Space Agency, einschließlich Deutschlands), Japan und Kanada ist aus meiner Sicht ein erfreulicher Beweis dafür, wie konstruktiv Staaten, die auf der Erde durchaus sehr unterschiedliche Auffassungen haben, im Weltraum kooperieren können.

Die an der Station beteiligten Staaten haben 1998 ein spezielles Übereinkommen getroffen, das Space Station Intergovernmental Agreement. Es regelt u.a. die rechtlichen Zuständigkeiten der vorhandenen Module, den Schutz geistigen Eigentums und auch das Verfahren bei Straftaten. Können Sie insbesondere Letzteres ein wenig erläutern?

Die Frage zielt auf das Rechtsproblem, welcher Staat in den einzelnen Modulen der ISS die Hoheits- und damit die Strafgewalt besitzt. Das ISS-Übereinkommen sieht vor, dass jeweils derjenige ISS-Partner für das betreffende Modul zuständig ist, der es eingebracht hat und betreibt. Für das von der ESA konstruierte Modul „Columbus“ liegen die Dinge komplizierter. Die ESA ist kein Staat, sondern ein völkerrechtlicher Zusammenschluss mehrerer europäischer Länder. Im Fall einer Straftat soll innerhalb des ESA-Moduls dann das Strafrecht des Heimatstaats des kriminell gewordenen Astronauten gelten. Allerdings möchte ich deutlich betonen, dass die Vorstellung von Straftaten auf der ISS ein mehr als unrealistisches

Szenario ist. Die Astronauten auf der ISS sind durch eine derart harte Ausbildung gegangen, dass ein etwaiger Wille, an Bord der ISS eine Straftat zu begehen, wohl ausgeschlossen sein dürfte.

In keinem Vertrag wurde bisher festgelegt, auf welcher Grundlage eine Begegnung von Astronauten mit vernunftbegabten Wesen im Kosmos erfolgen könnte. Existierende Überlegungen bringen den kategorischen Imperativ von Immanuel Kant, die Charta der UNO oder die zehn Gebote der Bibel ins Spiel. Wofür plädieren Sie?

Ich habe mir in verschiedenen Aufsätzen Gedanken darüber gemacht, welcher Maßstab der richtige sein könnte. Für passend halte ich die grundlegenden Anforderungen aus der UN-Charta. Sie richten sich an den Geboten der Friedlichkeit, des Gewaltverbots und der Zusammenarbeit aus, sind universell konsentiert und bilden meiner Meinung nach die geeignete Handlungsleitlinie für eventuelle Begegnungen mit anderen vernunftbegabten Wesen.

Aber die UN-Charta ist von der Erde aus gedacht. Ein Problem?

Ich denke, man sollte bei der Suche nach solchen Maßstäben tatsächlich im Blick behalten, dass diese Verhaltens- und Moralnormen der UN Regelungen sind, die der Motivation auf der Erde entsprungen sind. Möglicherweise überschauen wir noch nicht ausreichend, ob und welche anderen Handlungsmaximen denkbar und für außerirdische Wesen leitend sind. Das Plädoyer für die Anwendung irdischer Grundsätze wie die der UN könnte sich daher dem Vorwurf ausgesetzt sehen, eine überlegene oder gar etwas arrogante Position einzunehmen.

Noch eine letzte Frage: Wie optimistisch sind Sie, dass Deutschland – anderen Staaten folgend – bald ein eigenes Weltraumgesetz bekommt?

Im Koalitionsvertrag ist das Ziel verankert, ein solches Gesetz zu schaffen. Die vielen Unternehmen der Raumfahrt in Deutschland benötigen seit Langem mehr Rechts- und Investitionssicherheit. Ich selbst möchte diesen Prozess gern wissenschaftlich begleiten. Wir brauchen das Gesetz, dringend. Es ist höchste Zeit.

PETRA GÖRLICH

Ausgebrannt und krank, das muss nicht sein.





Damit Arbeit nicht krank macht

Ein Gründer-Team an der Universität Potsdam
entwickelt App gegen Psychostress

DAS START-UP

„Humangold“ ist ein Start-up in der Gründungsphase. Das Team hat ein System entwickelt, mit der psychische Belastungen am Arbeitsplatz effektiv analysiert werden können. Mithilfe der Expertise des Gründungsservice von Potsdam Transfer konnte das Team ein EXIST-Stipendium einwerben und sich intensiv auf den Start der „Humangold UG“ vorbereiten, die 2019 den Geschäftsbetrieb aufnehmen wird.

✉ info@humangold.de

Burnout, Depressionen, Angstzustände: Psychostress treibt immer mehr Berufstätige in die Frührente. Doch was sind eigentlich psychische Belastungen am Arbeitsplatz? Wie können sie festgestellt werden? Und vor allem: Was hilft dagegen? Drei junge Wissenschaftler haben dem Psychostress den Kampf angesagt. An der Universität Potsdam entwickelten sie ein Online-Tool, um psychische Belastungen am Arbeitsplatz schnell und sicher zu ermitteln. Eine innovative Idee, die dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ein EXIST-Gründerstipendium wert war. Noch 2019 soll ihr Start-up „Humangold“ stehen.

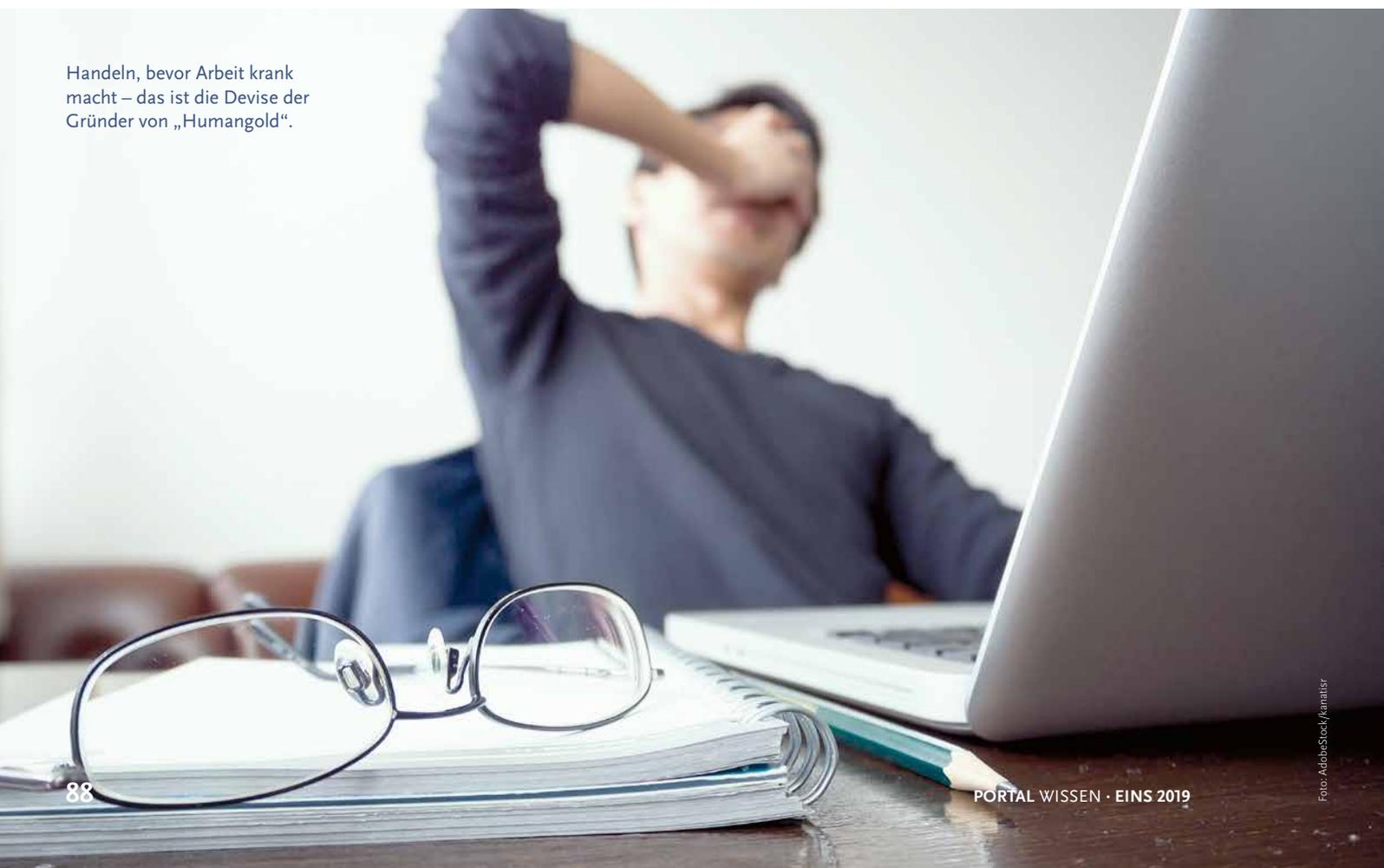
Dr. Robert Brauer bezeichnet sich als „Eigengewächs der Universität Potsdam“: Er hat in Golm Psychologie studiert. Anschließend ging er nach Leipzig, um zu promovieren, ehe es ihn wieder nach Potsdam zog – an den Lehrstuhl der Arbeits- und Organisationspsychologin Prof. Dr. Doris Fay. Bei ihr hatte Brauer schon seine Diplomarbeit geschrieben. „Mitgebracht“ hat er seinen Betreuer, Prof. Dr. Heinz-Jürgen Rothe. Er ist zwar inzwischen emeritiert, doch als Mentor steht er Brauers Forschungsprojekt zur Frage, wie psychische Belastungen am Arbeitsplatz effektiv analysiert werden können, unterstützend zur Seite. Der Zweite im Gründungsteam bringt Expertise als Ökonom ein: Dr. Patrick Bröker hat in Hannover Bio-

chemie studiert und in Pharmakologie promoviert. Seinen Lebensunterhalt verdiente er mit dem Vertrieb von Medizinprodukten, bis er sich von der Start-up-Atmosphäre in Golm begeistern ließ. Seine Leitfrage – „Was muss man mit Personal machen, damit es dauerhaft motiviert bleibt?“ – bildete die Basis für den Antrag, mit dem die Wissenschaftler das EXIST-Gründerstipendium eingeworben haben. Den Dritten im Bunde nennen die beiden ihren „kreativen Kopf“: Luca Camastro ist der Jüngste, er studiert noch Computervisualistik in Magdeburg und hat das Online-Tool programmiert. Zusammen wollen sie mit ihrem Start-up psychische Gefährdungsanalysen anbieten, die vor allem kleine und mittelständische Unternehmen nutzen sollen.

Testlauf der App an der Uni Potsdam

„Wir bieten ein vollautomatisiertes, digitales System, das es den Firmen leicht macht, psychische Gefährdungen an jedem Arbeitsplatz auszumachen“, erläutert Robert Brauer das Geschäftsmodell. „Es läuft über einen Fragebogen, der online ausgefüllt und anschließend schnell und sicher verschickt wird. Sowohl die Eingabe durch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter als auch die Auswertung durch das Gründer-Team läuft vollständig anonym ab.“ So soll Ver-

Handeln, bevor Arbeit krank macht – das ist die Devise der Gründer von „Humangold“.



trauen aufgebaut werden. Zudem liege die App aus Potsdam preislich deutlich unter den Angeboten der Wettbewerber, berichtet Patrick Bröker. Getestet wird die App an der Universität Potsdam. Hier hoffen die Gründer auf eine rege Teilnahme in der Verwaltung. „Wer möchte, kann mitmachen, alles ist freiwillig“, so Bröker. „Am Ende wäre es natürlich toll, mit der Referenz der Universität Potsdam aufwarten zu können.“

Den Markt für das Geschäftsmodell von „Human-gold“ gibt es übrigens noch gar nicht so lange: 2013 wurde das Arbeitsschutzgesetz um einen Passus ergänzt, der klarstellt, dass eine Gefährdung am Arbeitsplatz nicht nur durch falsche Arbeitskleidung oder ein wackliges Regal, sondern auch durch psychische Belastungen entstehen kann. Demnach ist die Arbeit „so zu gestalten, dass eine Gefährdung für das Leben sowie die physische und die psychische Gesundheit möglichst vermieden“ wird. „Seit 2014 ist daher die psychische Gefährdungsbeurteilung verpflichtend im Arbeitsschutzgesetz verankert“, stellt Patrick Bröker klar. Doch gerade einmal 20 Prozent aller Arbeitgeber berücksichtigten diesen Paragraphen im Gesetz. Ihm zufolge muss jeder Arbeitsplatz auch danach beurteilt werden, ob Beschäftigte mit ihren Aufgaben überfordert sind, hoher Zeitdruck herrscht, Nacharbeit verlangt wird, es an Pausen mangelt oder man zu wenige soziale Kontakte während der Arbeit hat.

Aufklären und Barrieren abbauen

Aktuellen Studien der Krankenkassen zufolge stiegen die Arbeitsausfälle durch psychische Erkrankungen in den vergangenen zehn Jahren um fast 80 Prozent. Die Kosten dafür belaufen sich auf 35 Milliarden Euro pro Jahr – Tendenz steigend, rechnet Patrick Bröker vor. „Zum einen müssen die Therapien der ‚ausgebrannten‘ Beschäftigten bezahlt werden, zum anderen kommen auf die Gesellschaft indirekte Kosten beispielsweise durch vermehrte Eintritte in die Frührente zu.“ Trotzdem passiert in Sachen Gefährdungsanalyse bisher nicht genug. „Unser Ansatz ist es, aufzuklären und Barrieren abzubauen, damit möglichst viele Firmen die Gesundheit ihrer Mitarbeiter ernst nehmen“, sagt der Psychologe Robert Brauer. „Derzeit arbeiten wir an Handlungsempfehlungen, die wir den Unternehmen auf Grundlage der Analyse mitgeben können. Es muss allerdings noch geprüft werden, ob der Arbeitgeber diesen Mehrwert versteht und ob er ihn haben will.“

Nach wie vor haben die Gründer mit vielen inhaltlichen Barrieren zu kämpfen. Denn Psychostress wird in der Arbeitswelt oft als Druckmittel für die Karriere eingesetzt. Unter Vorgesetzten heißt es, wenn psychische Belastungen signalisiert werden:



DIE WISSENSCHAFTLER

Dr. Robert Brauer arbeitete als diplomierter Arbeits- und Organisationspsychologe in der Arbeitsgestaltung und promovierte zur Akzeptanz neuartiger Technik in Unternehmen. Als selbstständiger Berater und Coach verantwortet er mit dem psychologischen Know-how die Produktentwicklung.

Dr. Patrick Bröker (MBA) arbeitete in Start-ups. Später begleitete er als Gründungsberater über 35 Start-ups beim Markteintritt. Bei „Humangold“ verantwortet er als Ökonom die Unternehmensbereiche Finanzierung und Vertrieb.

Luca Camastro studiert Computervisualistik und ist im Team zuständig für die Übersetzung des psychologischen Know-hows in die innovative und digitale Plattform.

✉ info@humangold.de

„Hast Du Dein Team etwa nicht unter Kontrolle?“ Bevor er sich rechtfertigen muss, unternimmt so mancher Chef lieber nichts und lässt sein Team mit den Problemen alleine. „Auch hier bietet sich unsere App an“, argumentiert Bröker. „Durch das anonymisierte Verfahren wird nicht auf einzelne Mitarbeiter gezeigt und man kann sich eher darauf konzentrieren, nach Lösungen zu suchen. Auch folgen keine verdeckten Kosten“, wirbt er weiter. Zumal der Fragebogen der Gründer bereits indirekt über den TÜV Rheinland evaluiert wurde. „Das wünschen wir uns als Gütesiegel.“

DR. SILKE ENGEL



Mit dem richtigen Gen gegen Stress

Wie ein europäisches Graduiertenprogramm die Stressresistenz von Kulturpflanzen erforscht und den Weg zu neuen Zuchtmethoden weist

DAS PROJEKT

„CropStrengthen“ ist ein European Industrial Doctorate Network und wird als Marie-Curie-Maßnahme von der Europäischen Union gefördert. Mit neuen pflanzenzüchterischen Methoden und der Identifizierung von verantwortlichen Genen soll die Stresstoleranz von Nutzpflanzen erhöht werden. Beteiligt: Universität Potsdam, Lehrstuhl für Molekularbiologie, BioAtlantis Ltd., Irland, Enza Zaden Beheer B.V., Niederlande.



Dr. Katrin Czempinski (Mitte) mit Doktoranden von „CropStrengthen“ im Gewächshaus.

Fünf Forschende aus fünf Ländern, eine deutsche Universität, eine Firma in den Niederlanden und eine in Irland – so kann heute ein Graduiertenprogramm aussehen, wenn es von der Europäischen Union gefördert wird. „CropStrengthen“ ist ein European Industrial Doctorate Network des Marie-Sklodowska-Curie-Programms. Ein molekularbiologisches Projekt, das sich zum Ziel gesetzt hat, die Stresstoleranz von Nutzpflanzen zu erhöhen.

Was Stress für Pflanzen bedeutet, wurde auf den ausgedörrten Feldern des Sommers 2018 deutlich: Monate ohne Regen ließen Gerste, Mais und Kartoffeln kaum eine Chance. „Die Dringlichkeit unseres Projekts steht außer Frage“, sagt Katrin Czempinski, die das Graduiertenprogramm „CropStrengthen“ koordiniert. „Wir versuchen, jene Gene zu identifizieren, die Getreide und Gemüse resistenter machen gegen Trockenheit, aber auch gegen zu viel Nässe. Die stresstolerantesten Pflanzen, die diese besonderen Gene aufweisen, können dann gezielt weiter gezüchtet werden.“ Was also Gärtner und Bauern durch geduldiges Kreuzen und Probieren über mehrere Pflanzengenerationen hinweg erreichen, soll künftig mit molekularbiologischen Methoden im Schnellverfahren gelingen. Und die Zeit drängt: Das Klima ändert sich, weltweit nehmen Ernteausfälle zu.

Grundlagenforschung mit Blick auf die Anwendung

Sich in diesem Projekt zu engagieren, stand für Katrin Czempinski schnell fest. Die internationale Herangehensweise reizte sie genauso wie die Kooperation mit den Anwendern in der Industrie. Unterschätzt hatte sie allerdings, wie sehr ihre eigene Stresstoleranz dabei gefordert sein würde. Die Doktoranden kamen aus Indien, Pakistan, China und

Kolumbien. Zwei von ihnen waren bei den beteiligten Firmen BioAtlantis Ltd. in Irland sowie Enza Zaden Research and Development B.V. in den Niederlanden angestellt, die anderen drei in Potsdam an der Universität. Während ihrer Promotion mussten alle fünf Nachwuchswissenschaftler für jeweils 18 Monate bei den Industriepartnern forschen. „Das gehörte zu den Bedingungen dieses Programms“, erklärt die Koordinatorin, die beim Projektstart vor drei Jahren nicht ahnte, was es bedeutet, Aufenthalts- und Arbeitserlaubnisse für fünf Nichteuropäer in drei europäischen Ländern zu besorgen, ständige Wohnungsverwechsel zu organisieren und Versicherungsfragen zu klären. Zwischendurch dachte sie manchmal: „Das mache ich nie wieder!“ Fristen, Steuern, Genehmigungsverfahren – nichts passte zueinander. Parallel liefen die Experimente in den Potsdamer Gewächshäusern, die ihre ganz eigenen Gesetze schrieben. „Pflanzenwachstum und Versuchsabläufe lassen sich von aufenthaltsrechtlichen Vorschriften nicht beein-



DIE WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr. Bernd Müller-Röber studierte Biologie und Philosophie in Tübingen und Marburg. Seit 2000 ist er Professor für Molekularbiologie an der Universität Potsdam.

✉ bmr@uni-potsdam.de

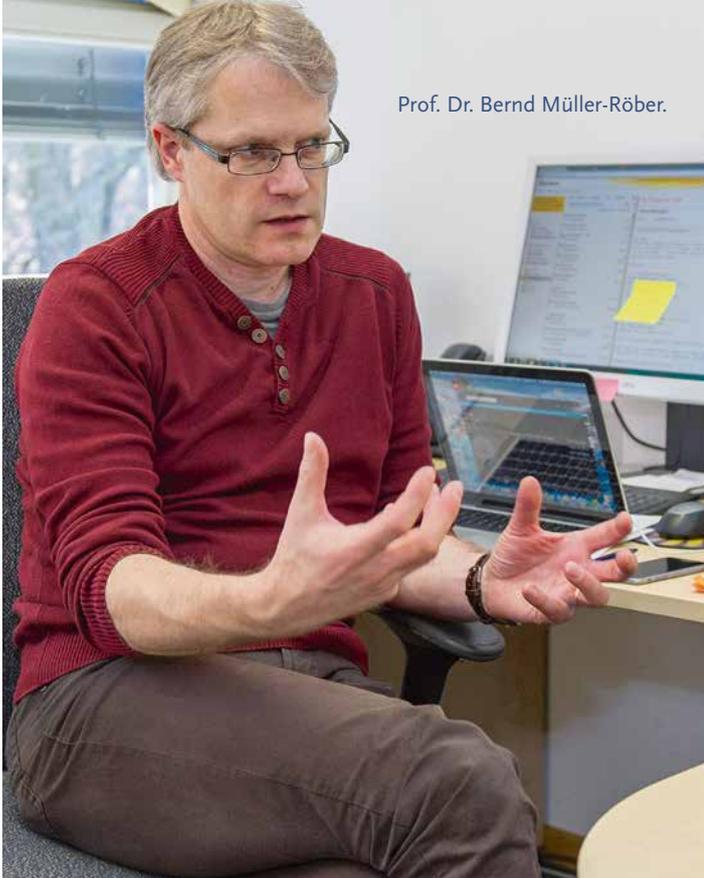


Dr. Katrin Czempinski ist Biotechnologin und Koordinatorin des Europäischen Graduiertenprogramms „CropStrengthen“ am Institut für Biochemie und Biologie.

✉ katrin.czempinski@uni-potsdam.de

Im Labor.





Prof. Dr. Bernd Müller-Röber.



Modellpflanze
Arabidopsis thaliana.

drucken“, sagt die promovierte Biotechnologin, die die Zwänge des wissenschaftlichen Arbeitens aus eigener Erfahrung kennt. Rückblickend staunt sie, wie sich dann doch alles fügte. „Ohne die Hilfe des Welcome Centers und des Personaldezernats hier an der Uni hätte ich das nicht geschafft“, ist sie sich sicher. Mit Geduld und Kreativität seien dort immer wieder neue Antworten auf noch so komplizierte Fragen gefunden worden. Nur so konnten die Doktoranden die besonderen Chancen dieses Programms nutzen und ihre Themen aus der Grundlagenforschung zu denen der Industrie in Beziehung setzen. Eine wichtige Erfahrung, die ihnen hilft, nach der Promotion den für sie passenden Weg in der beruflichen Karriere einzuschlagen.

Biostimulanzien erhöhen die Dürretoleranz

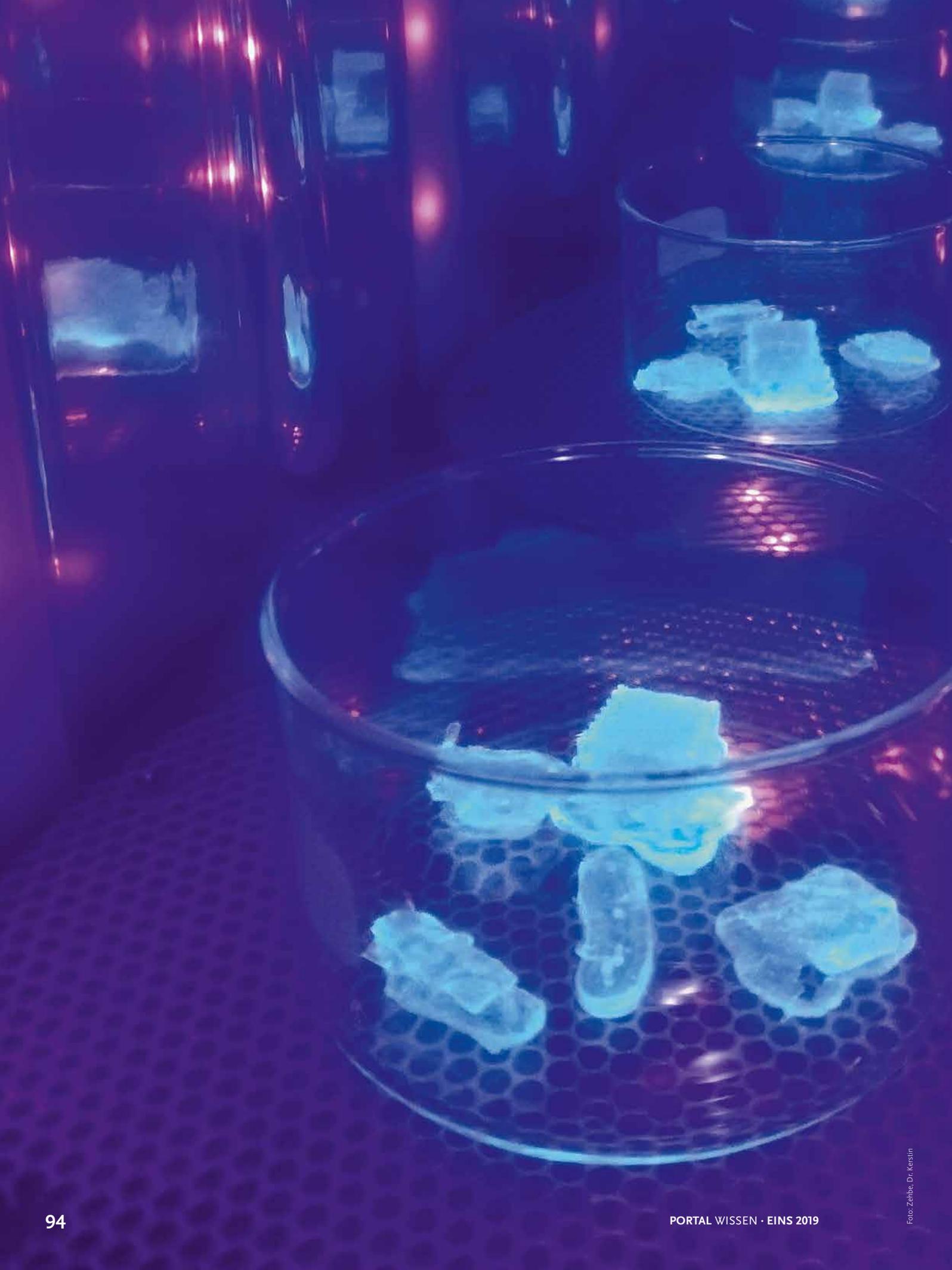
Inzwischen stehen alle fünf Doktoranden kurz vor dem Abschluss. Im November 2018, als der wissenschaftliche Leiter des Projekts, der Molekularbiologe Prof. Dr. Bernd Müller-Röber, zum internationalen Plant Stress Symposium eingeladen hatte, präsentierten sie ihre Ergebnisse in Postern. Doktorandin Lorena Romero Prada wurde vom wissenschaftlichen Komitee des Symposiums für einen Vortrag ausgewählt und berichtete über ihre Analyse einer stress-toleranten Tomaten-Wildart aus den Anden. „Spannende Resultate, die engagiert diskutiert wurden“, berichtet Müller-Röber. Über 50 erfahrene, aber auch viele junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaft-

ler aus 16 Ländern waren nach Potsdam gekommen, um sich hier über den aktuellen Stand der Forschung auszutauschen.

Die Projekte aus dem Graduiertenprogramm lieferten wichtige Daten für ein besseres Verständnis der Reaktion von Modell- und Nutzpflanzen auf Umweltstress und die Anpassung daran. Zu den besonders herausstechenden Ergebnissen gehört die Entdeckung, dass bestimmte, aus Braunalgen hergestellte Biostimulanzien die Widerstandskraft gegenüber Dürrestress deutlich verbessern. „In der Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* und der Kulturpflanze Tomate sind daran jeweils mehrere Gene mit ähnlichen Funktionen beteiligt. Wie genau allerdings die Biostimulanzien die Gene aktivieren, ist derzeit noch unbekannt“, sagt Bernd Müller-Röber.

Dass die eingesetzten Biostimulanzien die Dürretoleranz von Pflanzen erhöhen, sei an sich schon eine wichtige Erkenntnis. In Zukunft werde man entsprechende Produkte vermutlich auch für die Kultur anderer Pflanzen im Schutz gegen Trockenheit einsetzen können. Dies müsse aber noch im Detail erprobt werden, erklärt der Molekularbiologe. „Wichtig ist auch, dass wir durch den Effekt der Biostimulanzien mehr über die Gene erfahren, die einen solchen Schutz bewirken. Dieses Wissen wird man in Zukunft in der Züchtung einsetzen können.“ Zunächst sei hierfür eine vertiefte Analyse der identifizierten Gene, der zellulären Signalereignisse und molekularen Mechanismen erforderlich. Vielversprechende Kandidaten, die bei Beeinflussung und Veränderung der Genaktivitäten zu einer verbesserten Stresstoleranz führen, würden dann als neue Züchtungsmarker dienen, um diese Eigenschaft in neue Sorten einzukreuzen, so Müller-Röber. „Besonders spannend könnte es mittelfristig sein, unsere Kulturpflanzen so weiter zu züchten, dass sie noch besser auf Biostimulanzien reagieren.“

ANTJE HORN-CONRAD



Batterien aus dem Drucker

Chemiker aus Potsdam und Karlsruhe entwickeln neuartige elektrochemische Speichersysteme

Leistungsfähige Batterien sind so gefragt wie nie. Sie sind nicht nur der Schlüssel zur Elektromobilität und Energieversorgung unserer alltäglichen elektronischen Begleiter. Die Erforschung von Energiespeichersystemen boomt auch deshalb, weil sie für die Energiewende essenziell sind. Die Potsdamer Forscherin Kerstin Zehbe entwickelt ein Batteriekonzept, das auf neuartigen Gelen und 3D-Druck basiert.



Gedruckte Batterien mit verschiedenen Formen und Strukturen.



DAS PROJEKT

Universell angepasste Batterien aus druckbaren Ionogelen (UniBat)

Mit einem neuartigen Verfahren stellen Forscher Batterien auf Basis von Ionogelen her. Das innovative Batterien-Konzept soll heutige technische Probleme wie unerwünschte chemische Nebenreaktionen oder thermische Zersetzung lösen.

Beteiligt: Universität Potsdam, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Laufzeit: 2017–2020

Kerstin Zehbe hält zwei kleine, runde Glaskolben mit Flüssigkeiten in ihrer Hand. In dem einen schwenkt sie eine tiefblaue Lösung, in dem anderen eine hellgelbe. Unter dem Abzug des chemischen Labors stehen noch mehr Kolben, die weitere Substanzen enthalten: Einige sind kristallin, andere gallertartig. In der Sammlung befinden sich sogar Verbindungen,

die unter UV-Licht lumineszieren. Obwohl die Stoffe so unterschiedlich erscheinen, haben sie doch eines gemeinsam: Es sind sogenannte ionische Flüssigkeiten. Mit diesen Ausgangsstoffen verfolgt die Chemikerin ein ambitioniertes Ziel: In einem gemeinsamen Forschungsprojekt mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) möchte sie neuartige Batterien entwickeln, die stärker, effizienter und stabiler als alle bisherigen sind. Und dabei trotzdem günstig bleiben.

Alternativen zu Lithium-Batterien

„Das Prinzip einer Batterie ist ganz simpel“, erklärt Zehbe: „Man braucht zwei Elektroden und dazwi-



Dr. Kerstin Zehbe.

schen ein Elektrolyt, um einen Ladungstransport zu ermöglichen.“ Bisher werden dafür hauptsächlich Systeme genutzt, die auf Lithium-Ionen basieren. Doch diese sind nicht ganz unproblematisch: Wird eine Lithium-Batterie beschädigt oder durch Sonneneinstrahlung erhitzt, kann es zu Bränden oder gar Explosionen kommen. „Deshalb ist man auf der Suche nach Alternativen.“

Die Chemikerin setzt auf ionische Flüssigkeiten, die sich ebenfalls für den Einsatz in Batteriesystemen eignen. „Im Prinzip sind es Salze, die bei Raumtemperatur meistens flüssig sind“, erklärt Zehbe. Diese Salze bestehen aus positiv und negativ geladenen Ionen. Durch die Wahl der Ionen kann die Forscherin beeinflussen, wie sich die Substanz verhält. Wie in einem Baukastensystem wählt sie aus, welche negativ und positiv geladenen Teilchen sie miteinander vermischt, und bestimmt so, welche Charakteristika das Endprodukt hat. „So, wie ich es gerade brauche“, sagt sie.



DIE WISSENSCHAFTLERIN

Dr. Kerstin Zehbe studierte Chemie an der Universität Potsdam und promovierte an der Technischen Universität Berlin. Seit 2014 arbeitet sie als Postdoc an der Universität Potsdam und forscht zu ionischen Flüssigkeiten, Ionogelen, Batteriesystemen und Brennstoffzellen.

✉ kerstin.zehbe@uni-potsdam.de

Anpassungsfähig durch 3D-Druck

In ihrem Batteriemodell übernehmen die ionischen Flüssigkeiten die Rolle des ladungsleitenden Elektrolyts. Doch der eigentliche Clou ihres Forschungsansatzes liegt woanders: Kerstin Zehbe entwickelt aus den Flüssigkeiten Gele, um sie mit einer Trägermatrix zu verbinden. Dazu vermischt sie ihre ionischen Flüssigkeiten mit einem Kunstharz oder mit Silikon und druckt die Mischung mit einem 3D-Drucker aus. Während des Druckprozesses härtet das Material durch Laserbestrahlung aus.

Mit diesem Verfahren kann das entstehende Ionogel jede erdenkliche Form annehmen. Die Prototypen von Kerstin Zehbe sind beispielsweise harte, kreisförmige Scheibchen, die feine Löcher enthalten – wie ein Sieb. Ein zweites Modell ist zylinderförmig und weich, es besitzt Poren wie ein Schwamm. Im dritten wiederum durchziehen wabenartige Poren den Rohling geradlinig von einem Ende zum anderen. „Wir versuchen Strukturen zu drucken, die makroskopisch optimiert sind“, erklärt sie. Dabei gilt: Je feiner, desto besser, damit eine gute Verbindung zur Elektrode und ein schneller Ladungstransport möglich sind.

Die gewünschten Eigenschaften der ionischen Flüssigkeiten bleiben durch das Prozedere erhalten. Gleichzeitig mindern die Gele unerwünschte Charakteristika der Flüssigkeiten. Diese sind sehr korrosiv und können das Elektrodenmaterial in einer Batterie angreifen.

Bis zur perfekten Mischung ist es nicht mehr weit

Seit einem Jahr experimentiert die Wissenschaftlerin nun in ihrem Labor mit verschiedensten Flüssigkeiten und Harzen, bestimmt die Leitfähigkeiten und testet zahlreiche Formen des Ionogels. Die Produkte sollen chemisch und thermisch hochstabil, sehr gut leitfähig und so effizient wie möglich sein. Kerstin Zehbe ist auf der Suche nach „der perfekten Mischung“. Die vielversprechendsten Prototypen schickt sie nun ans Karlsruher Institut, wo weitere Tests folgen. Über die Komponenten ihres Systems möchte sie noch nicht allzu viel verraten. „Nur so viel: Unsere Gele basieren auf Fluoriten und Sulfaten.“

Noch steckt Kerstin Zehbe mitten in den Forschungsarbeiten zu ihren Batteriesystemen, die weiter optimiert werden sollen. Trotzdem brütet sie schon das nächste Projekt aus. Dem Thema Energie bleibt sie dabei treu: „Brennstoffzellen sind ein weiteres ganz großes Feld, das wir angehen wollen.“ Und auch dabei werden ionische Flüssigkeiten eine Rolle spielen, kündigt die Chemikerin an.

HEIKE KAMPE

Im **Zahlenwerk** greifen wir aus der großen Menge an Zahlen, mit denen sich die Forschung an der Universität Potsdam beschreiben lässt, eine heraus und werfen damit einen Blick in das „wissenschaftliche Getriebe“ der Hochschule.

4

DFG-FORSCHUNGSGRUPPEN

gibt es derzeit an der Universität Potsdam. An zwölf weiteren sind Forscherinnen und Forscher der Uni beteiligt.

www.uni-potsdam.de/de/forschung/profile-programme-projekte/forschergruppen.html



FOR 2253: Crossing the borders: The interplay of

language, cognition and the brain in early human development

Sprecherin: Prof. Dr. Barbara Höhle

(Strukturbereich Kognitionswissenschaften)

Die Forschungsgruppe untersucht, welche kognitiven und neuronalen Mechanismen der sprachlichen und sozial-kognitiven Entwicklung von Kindern in den ersten Lebensjahren zugrunde liegen. Dazu nutzen die Forschenden neueste Methoden, die speziell für Tests an sehr jungen Probanden weiterentwickelt und angepasst wurden, darunter Blickbewegungsmessungen und Messungen der Hirnaktivität mit bildgebenden Verfahren.



FOR 2537: Grammatische Dynamiken im Sprachkontakt.

Ein komparativer Ansatz

Sprecherin: Professor Dr. Heike Wiese (Institut für Germanistik)

Im Fokus der Forschungsgruppe stehen die besondere Dynamik von Sprachvariation, Sprachwandel und sprachlichen Repertoires in Kontaktsituationen. Dabei gehen die Forschenden Fragen nach wie: Was passiert in Sprachgemeinschaften, in denen neben der Mehrheitssprache noch eine Heritage-Sprache gesprochen wird? Wie entwickeln sie ihre Heritage-Sprache weiter? Und wie verwenden sie die Mehrheitssprache? Welche neuen Möglichkeiten entstehen dann auch in der Mehrheitssprache?



FOR 2558: Interaktionen von essenziellen Spurenelementen in

gesunden und erkrankten älteren Menschen (TraceAge)

Sprecherin: Prof. Dr. Tanja Schwerdtle

(Institut für Ernährungswissenschaft)

Die Forschungsgruppe widmet sich der Frage, wie sich essenzielle Spurenelemente im menschlichen Körper gegenseitig beeinflussen. Ziel ist es, alters- und geschlechtsspezifische Spurenelement-Fingerabdrücke zu bestimmen. Langfristig sollen sie helfen, wirksamer vor altersbedingten Krankheiten zu schützen und gesundes Altern zu ermöglichen.



FOR 2694: Large-Scale and High-Resolution Mapping of Soil

Moisture on Field and Catchment Scales – Boosted by

Cosmic-Ray Neutrons

Sprecher: Prof. Dr. Sascha E. Oswald

(Institut für Umweltwissenschaften und Geographie)

Ziel der Forschungsgruppe ist es, die Bodenfeuchte, also das im Boden momentan gespeicherte Wasser, auch auf größeren Flächen messen zu können. Dabei sollen nicht nur allgemeine Prozesse des Wasserkreislaufs besser verstanden werden, etwa die Bildung neuen Grundwassers. Die Forschenden wollen auch Modelle testen, die grundsätzliche Erkenntnisse zur Verteilung von Wasser zwischen Atmosphäre, Boden, Grundwasser und Flüssen liefern. Damit sollen zuverlässigere Aussagen über die hydrologischen Auswirkungen von zukünftiger Landnutzung und Klimawandel möglich werden.

Die Tageszeitung der Landeshauptstadt als E-Paper!

Einfach schneller informiert

Das PNN E-Paper informiert jederzeit über alles Wichtige aus Potsdam, Berlin, Deutschland und der Welt. Bequem auf dem Weg zur UNI vorinformieren, online oder offline, dank moderner Archivfunktion. Mit der SocialMedia-Funktion können wichtige News sofort weitergegeben werden. Moderner Zeitungslesen geht nicht.

Ihre Vorteile

- ✓ Für 5 Geräte parallel nutzbar
- ✓ Zugriff jederzeit online und offline
- ✓ Schon am Vortag ab 21.00 Uhr die kommende Ausgabe erhalten

30 Tage gratis



Jetzt bestellen

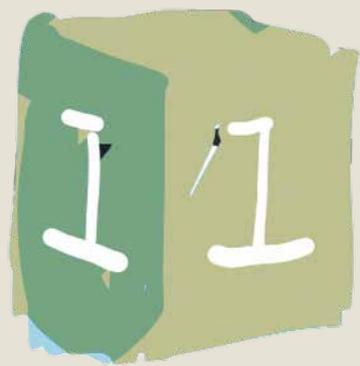
pnn.de/probe

Telefon: (0331) 23 76-100

Weitere Angebote im Paket mit Tablet oder Smartphone: pnn.de/epaper



TAGESSPIEGEL
POTSDAMER
NEUESTE NACHRICHTEN



Wo Wissen wächst

www.uni-potsdam.de