

RUBIN

WISSENSCHAFTSMAGAZIN

A Newton's cradle with five balls. The balls are blue, green, yellow, orange, and pink. The background is black, and the balls are illuminated from below, creating a glow. The text is overlaid on the left side of the image.

IN BEWEGUNG

Ball spielen gegen den Weltuntergang

Ultraschallbilder verbessern mit
beweglichen Bläschen

Die Wahrscheinlichkeit von
Extremwettern berechnen

RUB



RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

EIN STÜCK RUB BEI MIR

Unishop auf dem Campus im Foyer des HZO (Ebene 0)

Mo. – Fr. 11.00 – 15.00 Uhr

→ unishop.rub.de

AUS DER REDAKTION

Hoffentlich haben Sie es sich mit Rubin auf dem Sofa so richtig gemütlich gemacht! Ausnahmsweise müssen Sie sich beim Lesen mal nicht bewegen – das tut auch mal gut. Ansonsten liefern die Beiträge im Heft Belege dafür, wie gut und notwendig Bewegung ist. Parkinsonpatient*innen zum Beispiel laufen ihren Symptomen davon, und körperliche Bewegung kann auch bei Gesunden die Stimmung heben oder die Folgen von Einsamkeit ausgleichen. Gemeinsame Bewegung hat das Potenzial, politisch Zeichen zu setzen für Vielfalt und Demokratie. Auch innerlich müssen wir uns in Bewegung setzen, um Gewohnheiten aufzugeben und umweltbewusster handeln und entscheiden zu können. Forschende ergründen, wie das gelingen kann. Apropos umweltbewusst: Im Maschinenbau geht es darum, Bewegung möglichst klimafreundlich zu bewerkstelligen, durch Triebwerke, die Kraftstoffe aus nicht-fossilen Quellen effizient verbrennen können. Und apropos Maschinen: Wenn sie sich und uns demnächst autonom von A nach B bewegen – können wir dann getrost sitzen bleiben?

Wir wünschen Ihnen beim Lesen bewegende Momente!

Meike Drießen für das Redaktionsteam

AUF DIE PLÄTZE,
FERTIG, LOS!

Aus der Redaktion



RUBIN IM NETZ

Alle Rubin-Artikel im Newsportal der RUB:

→ news.rub.de/rubin

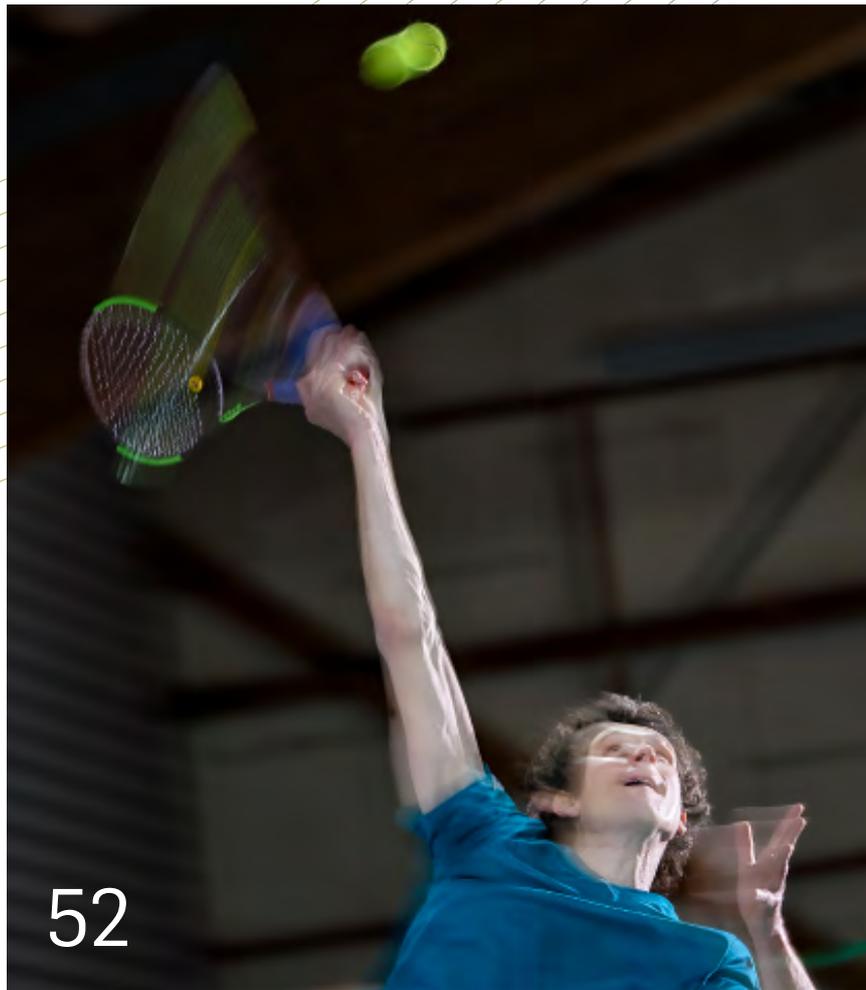
RUBIN 1/24

3

INHALT

- 03 **Aus der Redaktion**
- 06 **Forschung in Bildern**
- 12 **Wissenshäppchen**
- 14 *Sportgeschichte · Im Gespräch*
Ein Spiel auf Leben und Tod
- 18 *Mathe*
Mit Extremen rechnen
- 22 *Serie*
In Bewegung
- 24 *Neurologie*
Parkinson trotzen
- 28 *Mikrosystemtechnik*
Tropfenballett im Miniaturwunderland
- 34 *Serie*
In Bewegung
- 36 *Psychologie · Im Gespräch*
Wie man die Gesellschaft in Bewegung bringt
- 40 *Medienwissenschaft*
Die Welt, wie ein Roboter sie sieht
- 43 *Serie*
In Bewegung





52



28



36

- 44 *Maschinenbau*
Fliegen mit besserem Gewissen
- 48 *Sozialwissenschaft*
Wenn die Grenze mitwandert
- 52 *Sportwissenschaft*
Stählerne Nerven oder eiserner Arm
- 57 *Serie*
In Bewegung
- 58 *Medizintechnik*
Bläschen im Ultraschall eröffnen den Blick auf winzige Gefäße
- 62 *Sozialwissenschaft*
Von der Chip-Fabrik ins Nagelstudio
- 66 **Redaktionsschluss · Impressum**



BLAUE FÜSSE

Wer etwas zu essen finden will, muss sich in der Regel in Bewegung setzen. So auch diese Gruppe Blaufußtöpel, die bei den Galapagosinseln auf der Jagd nach Fischen ist. Für die Männchen ist die Nahrung nicht nur wichtig, um satt zu werden, sondern auch für ihren besonderen Style: Wie der Name schon sagt, haben sie blaue Füße – und diese strahlen umso prächtiger, je mehr Fisch sie gegessen haben. Nur wer die schönsten Schlappen vorzuweisen hat, kann die Damen zur Paarung überreden. Denn das leuchtende Blau verrät, ob der Partner gesund und wohlernährt ist. Den zweiten Teil des Namens – Töpel – haben die Vögel übrigens ihrem leicht trottelig aussehenden Gang zu verdanken. Davon sollte man sich jedoch nicht täuschen lassen. Die Tiere sind geschickte Jäger, die, um Fische zu erbeuten, wie Pfeile ins Wasser tauchen. Das Foto von ihnen ist auf der Galapagos-Exkursion des Lehrstuhls für Evolutionsökologie und Biodiversität der Tiere entstanden. (Foto: Ralph Tollrian)









GELBE WELT

Im Gebäude ID auf dem Campus der Ruhr-Universität Bochum ist ein besonderer Ort versteckt: der Reinraum des „ForLab Bochum“. Wie der Name schon sagt, ist es hier besonders rein. Luftfilter, Schutzkleidung und bestimmte Verhaltensregeln sorgen dafür, dass Staub auf ein Minimum reduziert wird. Eine gelbe Beleuchtung schützt zudem lichtempfindliche Substanzen, die hier zum Einsatz kommen. Das Team vom Lehrstuhl für Mikrosystemtechnik entwickelt im Reinraum Miniatur-Antriebe mit Methoden aus der Mikrochip-Produktion. Sie sind so klein, dass jedes Staubkorn stören würde. Mehr dazu ab Seite 28. (Foto: RUB, Kramer)



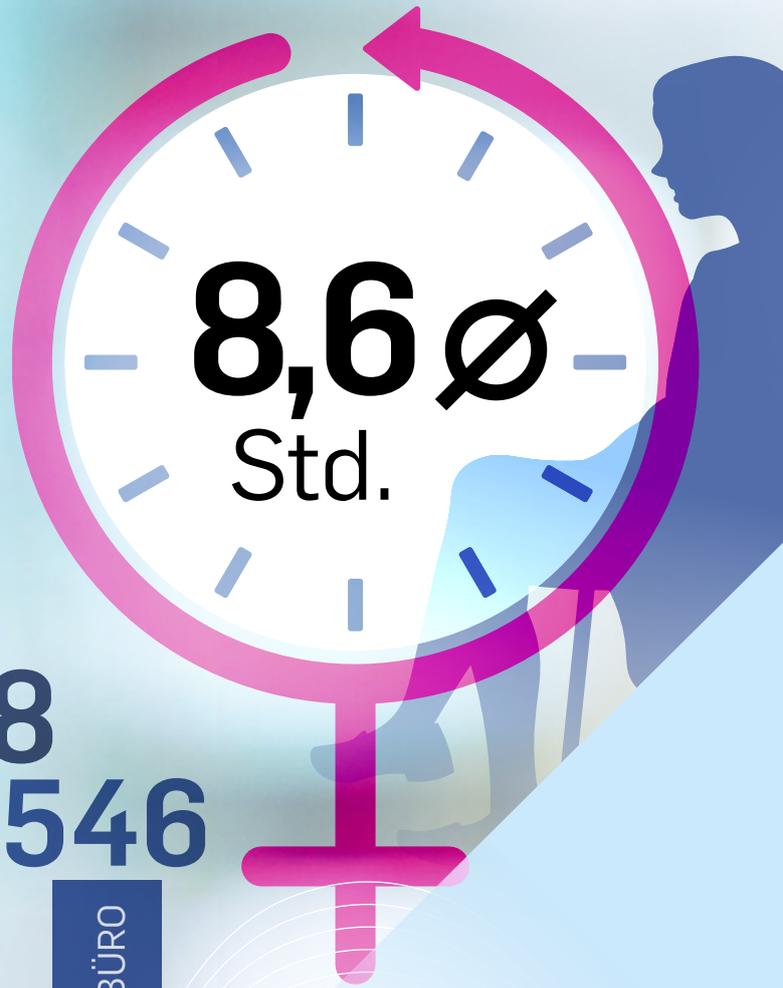


GROSSE WANDERUNG

In der Savanne Afrikas spielt sich Jahr für Jahr eine der größten Tierwanderungen der Welt ab. Wenn in der südlichen Serengeti die Nahrung knapp wird, macht sich rund eine Million Gnus – zusammen mit anderen Wildtieren – auf den Weg in die nördliche Masai Mara in Kenia, wo dieses Foto entstanden ist. Aufgenommen wurde es bei einer Exkursion des Lehrstuhls für Evolutionsökologie und Biodiversität der Tiere. Die Studierenden und Forschenden reisen zu verschiedenen Orten der Welt, um hautnah die Zusammenhänge in unserem Ökosystem zu erfahren. Die Wanderung führt die Gnus hunderte Kilometer durch die Savanne. Reißende Flüsse, Löwen und Krokodile stellen sich ihnen dabei in den Weg. Viele schaffen es nicht ans Ziel. Aber in Summe zahlt sich die große Wanderung für die Herde aus. Denn am Ende des Trips wartet saftige Nahrung auf die Überlebenden. (Foto: Ralph Tollrian)



Deutsche saßen 2023 durchschnittlich 9,2 Stunden pro Werktag. Zwischen 2021 und 2023 steigerte sich die tägliche Sitzdauer um eine halbe Stunde.



Durchschnittliche Sitzdauer in Minuten:

HOMEOFFICE

HOMEOFFICE & BÜRO

BÜRO

IST SITZEN DAS NEUE RAUCHEN?

Am Schreibtisch, im Auto, auf dem Sofa: Viele Menschen verbringen einen Großteil ihres Tages sitzend. Doch das kann gefährliche Folgen für die Gesundheit haben.



Um es gleich vorwegzunehmen: Rauchen bleibt einer der einflussreichsten Risikofaktoren für Herz-Kreislauferkrankungen, Krebs und wahrscheinlich auch für Demenzerkrankungen.

In den vergangenen Jahrzehnten hat die Forschung aber gezeigt, dass auch ständiges langes Sitzen einen Einfluss auf die Gesundheit hat. Die Arbeit am Schreibtisch, lange Autofahrten und Freizeitaktivitäten vor dem Fernseher oder Computer führen dazu, dass wir einen Großteil des Tages sitzend verbringen. Doch diese Bequemlichkeit hat einen hohen Preis.

Prof. Dr. Horst Christian Vollmar leitet die Abteilung für Allgemeinmedizin der Ruhr-Universität Bochum und weiß, welche Folgen dieser Lebenswandel haben kann: „Zahlreiche Studien belegen, dass langes Sitzen und Bewegungsmangel das Risiko für verschiedene Krankheiten erhöhen. Sitzen fördert zum Beispiel die Bildung von Blutgerinnseln und erhöht den Blutdruck, was wiederum das Risiko für Herzinfarkte und Schlaganfälle steigert.“

Langes Sitzen könne aber auch zu einer Insulinresistenz führen, die wiederum die Entstehung von Diabetes Typ 2 begünstigt, so Vollmar. Darmkrebs, Brustkrebs und andere Krebsarten sind weitere schwere Krankheiten, bei denen das Risiko zu erkranken steigt, wenn man sich wenig bewegt.

Und Demenz? „Die Verbindung zwischen Sitzen und Demenz ist noch nicht vollständig geklärt. Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass Bewegungsmangel und langes Sitzen die Durchblutung des Gehirns beeinträchtigen und die Bildung von Plaque im Gehirn fördern können“, sagt der Mediziner.

Er erklärt, warum Sitzen so schädlich ist: „Unser Körper ist für Bewegung ausgelegt. Wenn wir sitzen, werden die Muskeln nicht aktiv und der Stoffwechsel verlangsamt sich – mit negativen Folgen: Wir verbrennen deutlich weniger Kalorien als im Stehen oder Gehen. Das kann zu einer Gewichtszunahme führen, die wiederum das Risiko für verschiedene Krankheiten erhöht. Langes Sitzen kann den Stoffwechsel negativ beeinflussen und einen erhöhten Blutzucker- und Cholesterinspiegel bedingen. Zudem werden die Muskeln beim Sitzen kaum beansprucht, was einen Abbau von Muskelmasse bewirken kann. Dies hat wiederum Rückenprobleme und andere gesundheitliche Probleme zur Folge“, so Vollmar.

Die gute Nachricht ist, dass man die negativen Folgen von zu viel Sitzen durch einfache Maßnahmen im Alltag reduzieren kann. Treppe steigen statt Aufzug fahren, kurze Strecken zu Fuß oder mit dem Fahrrad bewältigen, Pausen für kurze Bewegungseinheiten nutzen, all das kommt der Gesundheit zugute. „Auch ein höhenverstellbarer Schreibtisch kann helfen, die Zeit, die Sie im Sitzen verbringen, zu reduzieren“, empfiehlt der Allgemeinmediziner.



0,5 Std.

2021 – 2023





Im Gespräch

EIN SPIEL AUF LEBEN UND TOD

Ein Ballspiel stand in der steinzeitlichen Hochkultur der Maya im Zentrum des Lebens. Es bestimmte über Kriege, Landwirtschaft und mutmaßlich sogar den Fortbestand der Welt. Nicht selten endete es blutig.

Höher, schneller, weiter – darum geht es im modernen Leistungssport. Aber Leistung war nicht immer so definiert, weiß Sporthistoriker Prof. Dr. Andreas Luh von der Ruhr-Universität Bochum. Er erforscht die Bewegungspraktiken von vormodernen Kulturen wie den Maya oder alten Ägyptern und meint, dass sich über die Definition des Leistungsbegriffs die Identität einer Kultur erfassen lässt. Was das für die Maya heißt, schildert er im Interview.

Herr Professor Luh, seit wann betreiben Menschen eigentlich Leistungssport?

Der moderne Sportgedanke, in dem es darum geht, schneller zu laufen oder mehr Tore zu erzielen als andere, ist mit der Industrialisierung massenwirksam geworden. Er kam aus England und verdrängte das deutsche Turnen, das eher gemeinschaftsorientiert war. Die Anfänge liegen im 18., teilweise sogar 17. Jahrhundert.

Allerdings wollte man bereits in der griechischen Antike Konkurrenten besiegen und schneller sein als sie. Es ist eine

zutiefst menschliche Eigenschaft, andere übertreffen zu wollen – das sieht man schon beim Überholen auf der Autobahn. Früher gab es aber auch andere Definitionen des Leistungsbegriffs als heute.

Wo zum Beispiel?

Zum Beispiel im Alten Ägypten oder bei den Maya, wo körperliche Leistungsfähigkeit nicht dazu diente, als Individuum herauszustecken, sondern für das Gemeinwohl entscheidend war.

Welchen Sport haben die Maya betrieben?

Ich würde das nicht als Sport, sondern als Bewegungskultur bezeichnen, die in das religiöse Weltbild der Maya integriert war. Es gab ein Ballspiel, in dem der Ball die lebensspendende Sonne repräsentierte und in Bewegung gehalten werden musste, um Schaden von der Erde abzuwenden.

Die Maya lebten unter schwierigen geografisch-klimatischen Bedingungen, litten unter Überschwemmungen, Trockenzeiten, Erdbeben oder Vulkanausbrüchen. Sie glaubten, ►



Das Ballspiel hatte bei den Maya und anderen mittelamerikanischen Kulturen eine zentrale Bedeutung, wie sich in vielen Reliefs und Fresken zeigt. Wurde eine neue Stadt gegründet, wurde als erstes ein Ballspielplatz errichtet. 1.500 solcher Plätze wurden mittlerweile entdeckt.

Foto: Toyotsu, CC BY-SA 4.0 DEED, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en>



Die „Imitatio christi“, die Nachahmung des leidenden und schmerz erfüllten Jesu, ermöglicht der Seele die Auferstehung. Diese Ansicht prägte im christlichen Denken des frühen Mittelalters die Definition von Leistung. Um den Weg zu Gott zu finden, opferten sich manche selbst, wie der Märtyrer Bartholomäus in diesem Bild. (Bild: Gemeinfrei)

DAS CHRISTLICHE DENKEN IM FRÜHEN MITTELALTER

„Gott hat keine Freude an der Kraft des Pferdes, kein Gefallen am schnellen Lauf des Mannes. Gefallen hat der Herr an denen, die ihn fürchten und ehren.“ Dieser Psalm aus dem Alten Testament fasst den Leistungsbegriff zusammen, der im frühen Mittelalter vorherrschte. Leistung bestand im Christentum darin, durch Glaube und Demut einen Weg zu Gott zu finden. Auch unsportliche oder körperlich gebrechliche Menschen konnten somit Höchstleistungen erbringen.

Diese Erlösungsreligion entstand nach dem Zusammenbruch der antiken Kultur, als die Lebenserwartung sank, sich die urbane Zivilisation zurückbildete und die Schriftlichkeit zurückging. „Religion versprach in dieser furchtbaren realen Welt ein Leitbild, wie man zum unendlichen Leben gelangt“, fasst Andreas Luh zusammen. Das Leben und Leiden Jesu zeigte den Weg dorthin auf. Körperliche Leistungsfähigkeit wurde abgewertet. Es galt, die Bürde Gottes aufzunehmen und damit zurechtzukommen.

Trotz dieser Denkweise wurden die mittelalterlichen Dichtungen von typischen Heldenfiguren wie Artus, Lancelot und Richard Löwenherz bestimmt – und von deren Stärke, Kampfkraft und Wagemut. Ein Gegenpol zum religiösen Weltbild, wie auch die mittelalterlichen Ritterturniere, in denen es um körperlich-kämpferische Fitness ging.



dass ihre Welt zyklisch zerstört wird und neu entsteht. Ihre Umwelt wurde von hunderten von Göttern bestimmt. Es herrschte eine regelrechte Opfermanie, um das Neuerstehen der Welt zu gewährleisten. Auch die Bewegungskultur war darauf ausgerichtet.

Das Ballspiel war mit Opfern verbunden?

Ja. In dem Spiel traten zwei Mannschaften gegeneinander an. In Notzeiten wurde am Ende des Spiels die siegende oder verlierende Mannschaft geopfert. Es gibt zahlreiche Fresken und Reliefs, die zeigen, wie dem Kapitän der Mannschaft das Herz herausgeschnitten oder der Kopf abgetrennt wird, aus dessen Blut dann Pflanzen entspringen und neues Leben sprießt. Man stelle sich vor, Manuel Neuer würde nach einem 8:1 des FC Bayern München über Mainz das Herz herausgeschnitten! Das klingt für uns natürlich verstörend.

Besonders irritierend klingt, dass manchmal die Sieger geopfert wurden.

Ob Sieger oder Verlierer geopfert wurden, geht aus den Quellen nicht klar hervor. Man findet Hinweise auf beides. Für die Sieger würde sprechen, dass sie eine größere Kraft in sich trugen.

Gab es auch Schiedsrichter? Schließlich hing vom Ausgang des Spiels einiges ab.

Das ist ebenso wie die genaue Punktwertung unbekannt. Man weiß zumindest, dass es bei den Maya selten Zuschauer gab, es war ein religiöses Ritual. Aber es muss ein reglementiertes Spiel gewesen sein.

Welche Regeln gab es?

Ziel war es, einen zwei bis vier Kilogramm schweren Vollgummiball möglichst selten auf den Boden aufkommen oder ruhen zu lassen. Werfen und schießen waren verboten. Man durfte den Ball mit zwei Körperteilen spielen, zum Beispiel mit der rechten Schulter und der linken Hüfte. Gespielt wurde auf einem Feld mit farbigen Flächen und Linien.

Über 1.500 mesoamerikanische Ballspielplätze wurden ausgegraben, das Spielfeld, das in Chichen Itza bis heute zu besichtigen ist, war etwa 135 mal 90 Meter groß. An der Wand gab es zwei Ringe; ging der Ball hindurch, war das Spiel sofort beendet. Es war akrobatisch und körperlich sehr anstrengend, die Spieler trugen eine lederne Schutzausrüstung.



Pharaonen mussten körperlich fit sein, wie diese Wandmalerei zeigt. (Bild: Gemeinfrei)



Andreas Luh ist fasziniert davon, wie vormoderne Kulturen Leistung definierten und Bewegungskultur praktizierten. Aber auch dem modernen Sport kann er etwas abgewinnen. „Da schlagen zwei Herzen in meiner Brust, ich bin auch regelmäßig im Fußballstadion“, sagt er. (Foto: dg)

” ES IST EINE ZUTIEFST MENSCHLICHE EIGENSCHAFT, ANDERE ÜBERTREFFEN ZU WOLLEN – DAS SIEHT MAN SCHON BEIM ÜBERHOLEN AUF DER AUTOBAHN. “

Andreas Luh

Ähnlich wie bei den Maya war auch bei den Alten Ägyptern die körperliche Leistung gemeinwohlorientiert. Oberstes Ziel war es, die Weltordnung „Ma'at“ gegen die chaotischen Kräfte – etwa wilde Tiere oder fremde Völker – zu verteidigen. „Es gab so etwas wie Internate, in denen die adlige Oberschicht ausgebildet wurde, zum Beispiel in Religion und Geschichte. Dort wurde sie auch systematisch körperlich trainiert, um Ma'at aufrechterhalten zu können, nicht um sich mit anderen zu messen“, erklärt Sporthistoriker Andreas Luh.

Pharaonen werden auf Wandmalereien mit starken Armen, breiten Schultern und ebenmäßigen Gesichtszügen dargestellt. „Ob das wirklich immer so war, ist natürlich nicht zu sagen“, schränkt Luh ein. „Es gab beispielsweise mal einen Pharaon mit Klumpfuß, gegen den eine Revolte angezettelt wurde. Ob das allerdings daran lag, dass er dem Leitbild der körperlichen Fitness nicht entsprochen hat, lässt sich aus den Quellen nicht rekonstruieren.“

Körperlich fit mussten aber nicht nur Pharaonen sein, sondern auch andere, etwa die Bauern, um ihre Aufgabe in der Weltordnung zu erfüllen. Stets ging es darum, sich in die Gemeinschaft einzufügen, nicht aus ihr herauszuragen.

Und wie groß war eine Mannschaft?

Eine Mannschaft bestand aus zwei bis sieben Spielern. Es waren Kriegsgefangene, häufig aber auch Mitglieder der Priesterschaft, die bereit war, sich in Notzeiten für das Gemeinwohl zu opfern. Das Spiel war ein göttliches Ritual, das dem Fortbestehen der Erde diente. Manchmal wurde auch gespielt, um den Zeitpunkt für die Aussaat zu bestimmen oder wann ein Krieg beginnen sollte.

Die Maya werden häufig als friedliebende Kultur dargestellt. Passen diese Erkenntnisse eigentlich dazu?

Die neuere Forschung hat die Meinung von der friedliebenden Natur der Maya relativiert. Die Maya waren bereit, alles zu opfern, was sie besaßen, auch ihre Kinder. Sie opferten jedes Jahr Hunderte von Menschen. In anderen mittelamerikanischen Kulturen, zum Beispiel bei den Azteken, waren es sogar Zehntausende pro Jahr. Letztlich war es bei den Maya sozusagen die höchste sportliche Leistung, den Körper bis zur Selbstaufgabe zu schädigen, um solidarisch die Gemeinschaft aufrechtzuerhalten.

Vieles an der Kultur der Maya finde ich faszinierend, etwa dass sie nicht individuell nach Ruhm gestrebt haben. Natürlich können wir uns die Maya nicht zum Vorbild nehmen. Aber wir sollten uns überlegen, was für uns Leistung ist und was vielleicht auch problematisch an unserem heutigen Leistungsbegriff ist.

jwe



MIT EXTREMEN RECHNEN

Das Klima ist in Bewegung. Weil es sich im Lauf der Jahre ständig verändert, ist schwer zu berechnen, was früher der Normalzustand war – und wie die Gegenwart davon abweicht. Hier helfen besondere statistische Kniffe.

Der Winter 2023/24 war ausgesprochen regenreich. In manchen Regionen Deutschlands kam die Sonne gefühlt wochenlang nicht zum Vorschein. Landstriche, die eigentlich Wiesen und Felder sind, verwandelten sich in Seen. Was vielen Probleme bereitete, hatte auch etwas Positives: Die Grundwasserpegel erholten sich, was eine gute Basis für den kommenden Sommer legte. Denn wer weiß, ob dieser wieder neue Rekordtemperaturen bringt?

Diese Frage kann Prof. Dr. Axel Bücher nicht beantworten. Aber er kann berechnen, wie viel wahrscheinlicher bestimmte Extremwetter heute im Vergleich zu vor 100 Jahren sind. Bücher ist Mathematiker an der Ruhr-Universität Bochum und Mitglied im Projekt „ClimXtreme“, in das er während seiner Tätigkeit an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf einstieg und das er nun in Bochum fortführt. Der interdisziplinäre Forschungsverbund hat zum Ziel, das Auftreten von Extremwettern zu verstehen, damit sich die Gesellschaft besser darauf vorbereiten kann. Und das hat viel mit Mathematik zu tun, genauer gesagt mit Statistik.

Axel Bücher ist Experte für Extremwertstatistik. Er optimiert Methoden, mit denen sich die Wahrscheinlichkeit von extremen Ereignissen zu verschiedenen Zeitpunkten vergleichen lässt. Beispielsweise von maximalen Temperaturen, Windgeschwindigkeiten oder Niederschlagsmengen. Seine Arbeit basiert auf der sogenannten generalisierten Extremwertverteilung. „Man muss sie sich ähnlich wie die Gauß-Verteilung vorstellen“, erklärt Bücher. „So wie die Summe vieler kleiner Zufälle die Gauß-Glockenkurve ergibt, folgen auch Extremwerte einer bestimmten Verteilung.“

Wenn es um Klimadaten geht, ergibt sich aber ein Problem. „Satelliten- und Radardaten gibt es erst seit 40 bis 50 Jahren, Beobachtungsstationen seit etwa 100 Jahren“, sagt Axel Bücher. „In dieser Zeit war das Klima immer in Bewegung.“ Weil es sich ständig verändert hat, haben die Forschenden keine konstanten Daten über einen langen Zeitraum vorliegen, mit denen sie die heutigen Daten vergleichen könnten. Oder anders ausgedrückt: Es ist nicht so leicht zu bestimmen, welche Wetterereignisse früher normal waren. ▶



Land unter: Überschwemmungen haben in einigen Teilen Deutschlands in den vergangenen Jahren für Ausnahmezustände gesorgt.



TEMPERATURANSTIEG IN DEN VERGANGENEN 70 JAHREN:



Durch diese Umstände kommt Unsicherheit in die statistischen Berechnungen. Genau hier setzt Axel Büchers Forschung an. Er optimiert die bestehenden Verfahren so, dass die Unsicherheit kleiner wird. Eine im Projekt ClimXtreme entwickelte Methode beispielsweise verbessert die statistische Aussagekraft um 10 bis 15 Prozent. „Das klingt vielleicht nicht viel“, gibt Axel Bücher zu. „Aber letztendlich bedeutet es, dass wir entweder heute ein um zehn Prozent effizienteres Verfahren nutzen können oder zehn Jahre länger Daten sammeln müssen, um ein Ergebnis von ähnlicher Qualität zu bekommen.“

Wie wahrscheinlich Starkregen an Ahr und Erft ist

Bevor sein Verfahren auf Klimadaten angewendet wurde, hat Büchers Team – damals noch in Düsseldorf – es nach den Gepflogenheiten der Statistik-Forschung auf Herz und Nieren getestet. „Wir beweisen zum einen mathematisch, dass unsere Verfahren funktionieren, aber überprüfen sie auch in Simulationsstudien“, erklärt er. In solchen Untersuchungen lassen die Forschenden ihre Algorithmen eine Aufgabe lösen, deren Ergebnis bekannt ist. „So können wir schauen, ob wir mit unseren Verfahren richtig liegen“, verdeutlicht der Bochumer Forscher.

Nachdem Büchers neuer Algorithmus die Tests bestanden hat, wollen die ClimXtreme-Kooperationspartner ihn künftig auf Extremwetterereignisse anwenden. „Damit ließe sich beispielsweise die Wahrscheinlichkeit von Niederschlägen in der Ahr-Erft-Region berechnen, in der es 2021 das verheerende Hochwasser gegeben hatte“, gibt Axel Bücher ein Beispiel.



Der Bochumer Mathematiker optimiert statistische Modelle so, dass die Ergebnisse mit weniger Unsicherheit behaftet sind.



DURCHSCHNITTSTEMPERATUR: 1,2 °C

MAXIMALTEMPERATUR: 4 °C

Eine Analyse zur Ahr-Erft-Region ist im Projekt ClimXtreme bereits mit anderen mathematischen Verfahren entstanden. Die Berechnungen – basierend auf Daten des Deutschen Wetterdienstes – ergaben, dass Extremniederschläge in der Region heute 1,2- bis 9-mal wahrscheinlicher sind als früher. Wenn das Klima so bleiben würde wie heute, müsste sich die Region etwa alle 400 Jahre auf solch extreme Niederschläge einstellen, wie sie 2021 zum Hochwasser führten. Diese Zahl gibt allerdings nur den geschätzten Mittelwert wieder. Die Unsicherheit wird durch das 95-Prozent-Konfidenzintervall ausgedrückt. Sein unteres und oberes Ende markiert den Bereich, in dem der wahre Wert mit 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit liegt. Im Fall der Ahr-Erft-Studie betrug es 170 bis 2.500 Jahre. Mit Büchers Methode könnte sich das Konfidenzintervall künftig verkleinern lassen.

Um die Datenbasis für solche Berechnungen zu verbessern, werden oft Daten von Beobachtungsstationen aus umliegenden Regionen einbezogen, die sich in den extremen Bereichen statistisch ähnlich verhalten. „Üblicherweise werden diese Regionen durch Meteorologie-Expertinnen und -Experten ausgesucht“, weiß Axel Bücher. Im Projekt ClimXtreme untersuchte er mit Partnern aus Düsseldorf, Oslo und vom Deutschen Wetterdienst, ob die so ausgewählten Regionen tatsächlich statistisch gesehen ähnlich zur Ahr-Erft-Region waren. 16 Regionen bezog das Team in die Analyse ein. „Beim Großteil kamen wir zum selben Ergebnis wie die Expertinnen und Experten. Wir hätten nur eine Region mehr in die Analyse aufgenommen, die die Expert*innen wegen fehlender Gleichheit aussortiert hatten“, beschreibt Bücher.

Die Verfahren des Bochumer Mathematikers funktionieren aber nicht nur für Niederschläge. Sie lassen sich prinzipiell auf alle möglichen Parameter übertragen. So berechnete er gemeinsam mit Leandra Zanger an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, wie sich die Maximaltemperaturen in verschiedenen deutschen Regionen in den vergangenen Jahrzehnten entwickelten, beispielsweise in der Ruhrgebietsstadt Essen.

Um die Klimaerwärmung in Zahlen zu fassen, wird häufig die globale Durchschnittstemperatur bemüht. In ihre Berechnung gehen die Temperaturen von 365 Tagen pro Jahr ein. Bücher und Zanger wählten einen anderen Ansatz: Sie suchten für jedes Jahr die maximale Tageshöchsttemperatur aus den Daten und verglichen die heutigen Werte mit denen vor rund 70 Jahren. So konnten sie zeigen, wie sich die Extreme wandeln.

Rasanter Anstieg der Maximaltemperaturen

„Während die globale Durchschnittstemperatur in dem beobachteten Zeitraum um 1,2 Grad Celsius gestiegen ist, sind die Maximaltemperaturen bereits um rund 4 Grad Celsius geklettert“, sagt Bücher.

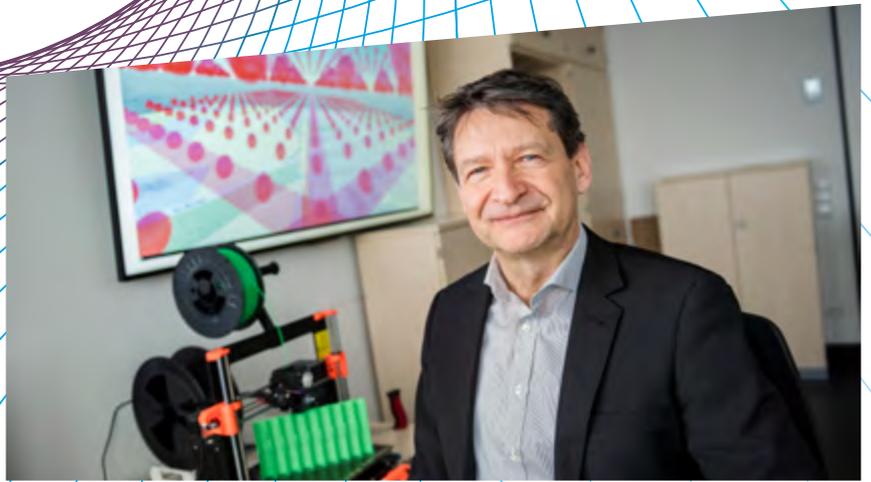
Künftig will sein Team im Rahmen von ClimXtreme daran arbeiten, die statistischen Verfahren als Software nutzbar zu machen, sodass auch Anwenderinnen und Anwender ohne mathematische Expertise sie für Berechnungen heranziehen können. Schließlich werden sie in Zukunft sicher noch häufiger gebraucht, wenn der nächste Hitzesommer vor der Tür steht oder sich wieder Felder in Seen verwandelt haben.

Text: jwe, Fotos: rs



Serie

IN BEWEGUNG ...



Geografie

BEWEGUNG HILFT ORIENTIEREN

In Bewegung bleiben oder sich doch zumindest vorstellen, in Bewegung zu bleiben, hilft dem Gehirn beim Orientieren. Dieser Zusammenhang steht im Fokus der Forschungsarbeiten eines Advanced Grant des Europäischen Forschungsrats ERC in der Fakultät für Geowissenschaften, Arbeitsgruppe Geomatik/Kartographie. Ziel ist es, die Orientierungsfähigkeit von Menschen durch geeignete Navigationssysteme zu verbessern. Dazu wird auf neurowissenschaftliche Erkenntnisse über grid cells im Gehirn zurückgegriffen. Deren markantes geometrisches, das heißt hexagonales Aktivitätsmuster spielt eine entscheidende Rolle beim Navigieren. Die Stabilität des hexagonalen Musters hängt von Umweltreizen wie Wänden oder Grenzen einer Umgebung ab, innerhalb der sich ein Mensch bewegt.

Werden in Karten geeignete Zeichen als Ersatz für solche Umweltreize eingetragen, könnte sich eine deutliche Verbesserung der Orientierungsleistung erzielen lassen. Zwar werden grid cells grundsätzlich erst bei Bewegung durch den Raum aktiviert, doch feuern sie auch dann, wenn man sich die Bewegung durch den Raum lediglich vorstellt – wie es beim Kartenlesen geschieht. Daher könnte auch die Planung von Routen mithilfe von Karten eine unterstützende Wirkung auf die Grid-Cell-Aktivität hervorrufen.

Prof. Dr. Frank Dickmann



Windingenieurwesen IM WINDKANAL

In Bewegung ist die Luft in unserer Atmosphäre, was jeder von uns als Wind kennt. Er entsteht durch Ausgleich von Druckunterschieden, gehört zu unserem globalen und lokalen Wettergeschehen. Im Windingenieurwesen untersuchen wir die Interaktion von Wind mit unserer Umwelt, also bodennah in den unteren hundert Metern unserer Atmosphäre. Dabei spielen zum einen die Bewegung und Ausbreitung von Stoffen in der Luft und zum anderen die Einwirkung von Wind auf Strukturen eine Rolle. So geraten Bauwerke oder Bauteile durch Wind in Bewegung, wie zum Beispiel Brücken, Hochhäuser, Schornsteine oder auch Windenergieanlagen. Physikalisch beschreiben wir Wind als eine komplexe, turbulente Grenzschichtströmung. Diese Strömung für Fragestellungen des Bau- und Umweltingenieurwesens korrekt zu modellieren, ist eine unserer Aufgaben. In numerischen Simulationsmodellen und auch im Grenzschichtwindkanal untersuchen wir die Wirkung von Wind auf Bauwerke und auf die Ausbreitung von Stoffen.

Dr. Cornelia Kalender



Theaterwissenschaft WAS INFRASTRUKTUR ÜBER UNS VERRÄT

In Bewegung sind Rohstoffe, Güter, Wasser und Elektrizität; Arbeitskräfte, Migrant*innen; Pflanzen und Tiere; Wissen und Ideen. Sie bewegen sich via Infrastrukturen, die in ihrem alltäglichen Funktionieren kaum wahrgenommen werden. Infrastruktur bezeichnete 1875 zunächst den für Eisenbahnschienen terrassierten Boden, ab den 1950er-Jahren gelangt der Begriff durch die NATO in die Alltagssprache. Der Einrichtung und Aufrechterhaltung von Infrastrukturen liegen gesellschaftliche Annahmen darüber zugrunde, was für das Leben nötig ist oder sein wird: Sie generieren Bedürfnisse, die sie dann befriedigen, sie bestimmen, was wie zur Wahrnehmung kommen kann und ermöglichen oder verunmöglichen Teilhabe am gemeinsamen Leben. Weil Infrastrukturen daher nicht allein funktionalistisch verstanden werden können, untersuchen wir sie aus geisteswissenschaftlicher Perspektive: Zusammen mit Kolleg*innen arbeite ich an einem Vollantrag auf eine Forschungsgruppe „Infrastruktur. Ästhetik und Versorgung“.

Prof. Dr. Jörn Eitzold



Neurologie

PARKINSON TROTZEN

Wie man die Bewegungseinschränkungen, die mit Parkinson einhergehen, abmildern oder sogar aufhalten kann, untersucht eine großangelegte Studie des St. Josef-Hospitals.

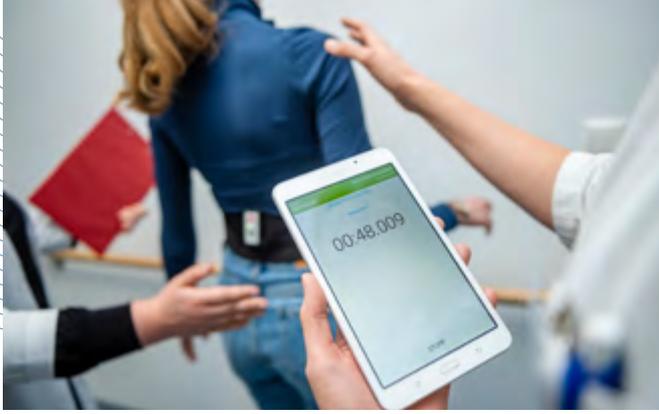
Ein Zittern der Hände, kleine Schritte, ein gebeugter Gang: Daran erkennt man meist Parkinson im fortgeschrittenen Stadium. Aber auch bereits ein unruhiger Schlaf, der Verlust des Riechorgans oder ein Gefühl der Niedergeschlagenheit können frühe Anzeichen dieser neurodegenerativen Erkrankung sein. Das Risiko, an Parkinson zu erkranken, nimmt mit zunehmendem Alter zu. In Deutschland sind etwa 400.000 Menschen davon betroffen – Tendenz steigend. „Das liegt an der demographischen Entwicklung unserer Bevölkerung mit Zunahme des Anteils älterer Menschen, aber auch an der immer präziseren Diagnostik“, erklärt Prof. Dr. Lars Tönges, Leiter der Sektion Parkinsonerkrankungen und Bewegungsstörungen der Neurologischen Klinik der Ruhr-Universität Bochum. Im St. Josef-Hospital arbeitet Lars Tönges daran, die Früherkennung, aber auch die Behandlung der Krankheit zu verbessern. Mit einer sogenannten Parkinson-Komplextherapie möchte der stellvertretende Klinikdirektor Parkinson-Patient*innen helfen, den Verlauf abzumildern. In der breit angelegten ProACT-Studie untersucht er aktuell, wie sich die Parkinson-Komplextherapie auf den Verlauf der Erkrankung auswirkt.

„Parkinson ist die häufigste Bewegungsstörung in der Neurologie. Sie ist primär auf eine Schädigung der Dopamin-haltigen Nervenzellen zurückzuführen“, erklärt Lars Tönges. Diese Nervenzellen unterliegen aus bisher nicht eindeutig geklärter Ursache einer vorschnellen Alterung und funktionieren damit nicht mehr vollständig. Beim Patienten führt das zu Bewegungsstörungen. Das Risiko an Parkinson zu erkranken, steigt mit dem Alter.

„Insbesondere in Europa ändert sich gerade die Altersstruktur der Bevölkerung deutlich. Daher nimmt auch die Zahl der Menschen mit Parkinson zu. Außerdem sind die Verfahren zur Diagnostik besser und genauer geworden“, erklärt der Neurologe. Neben der altersassoziierten Parkinson-Erkrankung gebe es zudem einige seltenere Parkinson-►

Eine Studie am St. Josef-Hospital untersucht, wie sich die Parkinson-Komplextherapie auf die Mobilität von Parkinson-Patientinnen und -Patienten auswirkt.





Während des 14-tägigen Klinikaufenthalts müssen die Teilnehmenden eine Reihe von Aufgaben absolvieren. Dazu zählen auch Balance-Übungen.

Formen, die auf Erbgutveränderungen zurückzuführen seien. Auch immunologische Veränderungen, etwa Entzündungen im Körper, sowie einige internistische Erkrankungen können sich auf das Nervensystem auswirken und das Risiko für Parkinson erhöhen. Zudem stehen spezielle Pestizide und andere Umwelttoxine im Verdacht, Parkinson auslösen zu können.

In der neurologischen Klinik des St. Josef-Hospitals möchte man mithilfe von digitalen Bewegungsanalysen und neurobiologischen Untersuchungen von Blut und Nervengewebe noch früher die Erkrankung erkennen, deren Verlauf voraussagen und Diagnosen bestätigen können. Hierzu kommen Sensoren zum Einsatz, mit denen man schon vor dem manifesten Ausbruch der Krankheit Bewegungsänderungen, die auf Parkinson schließen lassen, erfassen kann. „Diese digitalen Messmethoden möchten wir gerade für die Frühdiagnostik optimieren“, so Tönges.

Verbesserung der Mobilität

Vor allem forscht man in Bochum auf Hochtouren zu neuen Therapieformen. „Eine Tablette zur Heilung von Parkinson gibt es noch nicht, aber wir arbeiten daran, die Behandlung von Parkinson in jeder Erkrankungsphase zu verbessern“, betont Tönges. Dabei geht es auch um die Frage, wie man Medikamente noch besser in der Therapie einsetzen kann. „Als eines der führenden Zentren in Deutschland nehmen wir an weltweit laufenden pharmakologischen Studien teil, die sich auch auf die Heilung genetisch-assoziiierter Parkinsonerkrankungen fokussieren“, so der Neurologe. Ein weiteres Hauptaugenmerk in Bochum liegt auf den nicht-medikamentösen Behandlungsformen wie der Parkinson-Komplextherapie.

In einer explorativen Pilotstudie mit 25 Patient*innen hat das Team um Lars Tönges bereits die Machbarkeit des Studiendesigns und die grundsätzliche Wirksamkeit der Behandlung bestätigt. „Unsere Studie kam zu dem Ergebnis, dass sich nach der 14-tägigen Behandlung sowohl die Schrittgeschwindigkeit als auch die Schrittlänge unserer Patient*innen verbessert hatte. Letztere verlängerte sich von anfänglichen 80 Zentimetern auf 85 bis 90 Zentimeter, was als sehr wichtige Verbesserung der allgemeinen Mobilität gewertet werden kann“, fasst Tönges zusammen. Das Team hat mit der Studie außerdem zeigen können, dass die gewählten Parameter und die Analyse mithilfe von Bewegungssensoren bestens geeignet sind, um Verbesserungen in der Parkinson-Komplextherapie



Sensoren an den Füßen der Teilnehmenden halten bei den Tests jede Bewegung fest.

rapie abzubilden und nachzuweisen. „Schrittlänge und Geschwindigkeit scheinen triviale Faktoren zu sein. Aber sie sind letzten Endes auch ein indirekter Indikator für die Lebensqualität, die so bedeutend für den Menschen ist. Unser Alltag verbessert sich entscheidend, wenn wir schneller und sicherer laufen können“, betont Tönges.

Das initiale Studiendesign wird nun in der ProACT-Studie auf 100 Patient*innen in einer kontrollierten Studie ausgeweitet. „Wir wollen noch genauer verstehen, was durch diese Form der Spezialbehandlung alles verbessert wird“, so Tönges. Wie genau profitieren die Patient*innen von der Therapie? Wie verändert sich dadurch ihr Alltag? Welchen Unterschied macht es, wenn man mit der Behandlung frühzeitig anfängt? Was bedeutet das im Umkehrschluss für Patient*innen, die länger auf eine solche Therapie warten müssen?

Auf dem Stundenplan stehen 14 Tage lang Übungen für die Motorik, etwa im Rahmen von Physiotherapie, Ergotherapie und Logopädie. „Wir organisieren auch Tischtennisturniere oder lassen die Teilnehmenden motorisch anspruchsvolle Videospiele durchführen, die sich als besonders therapieeffizient gezeigt haben“, erzählt Tönges. Auch medikamentös werden die Patient*innen neu eingestellt. Das Team der Neurologie arbeitet dabei mit Fachpersonal aus der Inneren Medizin, Orthopädie, Augenmedizin, Dermatologie und Psychiatrie zusammen. Diese Zusammenarbeit sei wichtig, denn die Bewegungseinschränkungen von Parkinson-Patient*innen gingen mit unterschiedlichen Begleitsymptomen einher.

„Bewegung ist ein zentrales Element des Mensch-Seins. Wenn das nicht mehr funktioniert, hat das gravierende Folgen. Einige Menschen reduzieren aus verschiedenen Gründen ihre Bewegungsaktivität und geraten in eine Abwärts Spirale. Es ist wichtig, spätestens dann mit der Behandlung anzusetzen und wieder nach vorne zu schauen“, weiß Tönges.

Vor und nach dem Intensivprogramm sowie sechs Monate später werden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie klinisch untersucht. Zudem müssen sie mehrere praktische Übungen absolvieren. Eine besteht darin, eine 20 Meter lange Strecke möglichst schnell hinter sich zu legen; bei einer anderen sollen sie während des Gehens eine Rechenaufgabe lösen oder Kreuze setzen. Auch die Balance wird getestet. So sollen die Teilnehmenden 30 Sekunden lang auf einem Balancepad ihr Gleichgewicht halten – mit offenen und geschlossenen Augen. Bei all diesen Übungen tragen die Patient*innen oberhalb des Hüftknochens und an



Das Doktorandinnen-Team um Erika Hinrichs, Jennifer Schmidt-Fleischer und Annika Horstmann (von links) führt die Studie mit Parkinson-Patientinnen und -Patienten durch.

”
**BEWEGUNG
 IST EIN
 ZENTRALES
 ELEMENT DES
 MENSCH-SEINS.**
 “

Lars Tönges

den Fußgelenken Sensoren, die ihre Schrittgeschwindigkeit, Schrittlänge, die Flugphase des Fußes oder die Asymmetrien der Füße festhalten. „Uns ist wichtig, dass wir in unserer Testumgebung die Realität so nah wie möglich abbilden. Ablenkungen zum Beispiel gehören einfach zum Alltag dazu“, betont Tönges.

Eine Auszeit vom Alltag

Die ProACT-Studie ist bereits im vollen Gange. Schon jetzt zeichnen sich bei den ersten Studienteilnehmer*innen Erfolge ab. „Bei unseren Patient*innen spricht die Therapie gut an. Für viele sind die 14 Tage eine Auszeit vom Alltag“, berichtet Assistenzärztin Jennifer Schmidt-Fleischer. „Man merkt, wie sie den Aufenthalt genießen und sich voll auf ihre Therapien konzentrieren können“, ergänzt ihre Kollegin Annika Horstmann. „Viele schließen direkt an die Behandlung einen Urlaub an, weil sie sich danach so viel beweglicher und besser fühlen. Sie können viel intensiver an Aktivitäten teilnehmen. Sie fühlen sich gefestigter – mental und körperlich.“ Dafür sorgen insbesondere die optimierte Medikation und die enge Taktung der Anwendungen.

Mit den Ergebnissen der ProACT-Studie rechnet das Team bis Ende 2025. „Wir hoffen natürlich, dass die Betroffenen möglichst lange davon profitieren, dass die Behandlung nachhaltig wirkt und sie dazu motiviert, sich bewusst mehr zu bewegen“, fasst Tönges zusammen. Dem Neurologen geht es dabei um mehr als nur die Einnahme von Tabletten und regelmäßige Krankengymnastik. „Wenn wir sie dazu bewegen, ihren Lebensstil zu überdenken, Veränderungen im Alltag vorzunehmen, körperlich aktiver zu werden, dann haben wir es geschafft. Das ist dann das eigentliche Erfolgsgeheimnis.“

Es mag vielleicht noch nicht die Pille gegen Parkinson geben, aber eines steht fest: Wir haben es in der Hand, das Risiko an Parkinson zu erkranken zu reduzieren beziehungsweise den Erkrankungseintritt zu verzögern. „Selbst bei einer erhöhten Risikokonstellation, kann man mit dem eigenen Verhalten dagegen steuern und dafür sorgen, dass die Krankheit gar nicht oder erst später ausbricht oder milder verläuft“, so Tönges. Das Rezept? „Ein gesunder und aktiver Lebensstil: gute Ernährung und körperliche Aktivität mit Ausdauersport, Kraft- und Koordinationstraining. Wenn man sich gut um sich kümmert, werden es einem Körper und Gehirn sicher danken.“



Lars Tönges ist stellvertretender Direktor der Klinik für Neurologie des St. Josef-Hospitals in Bochum und leitet die ProACT-Studie zur Behandlung von Parkinson.

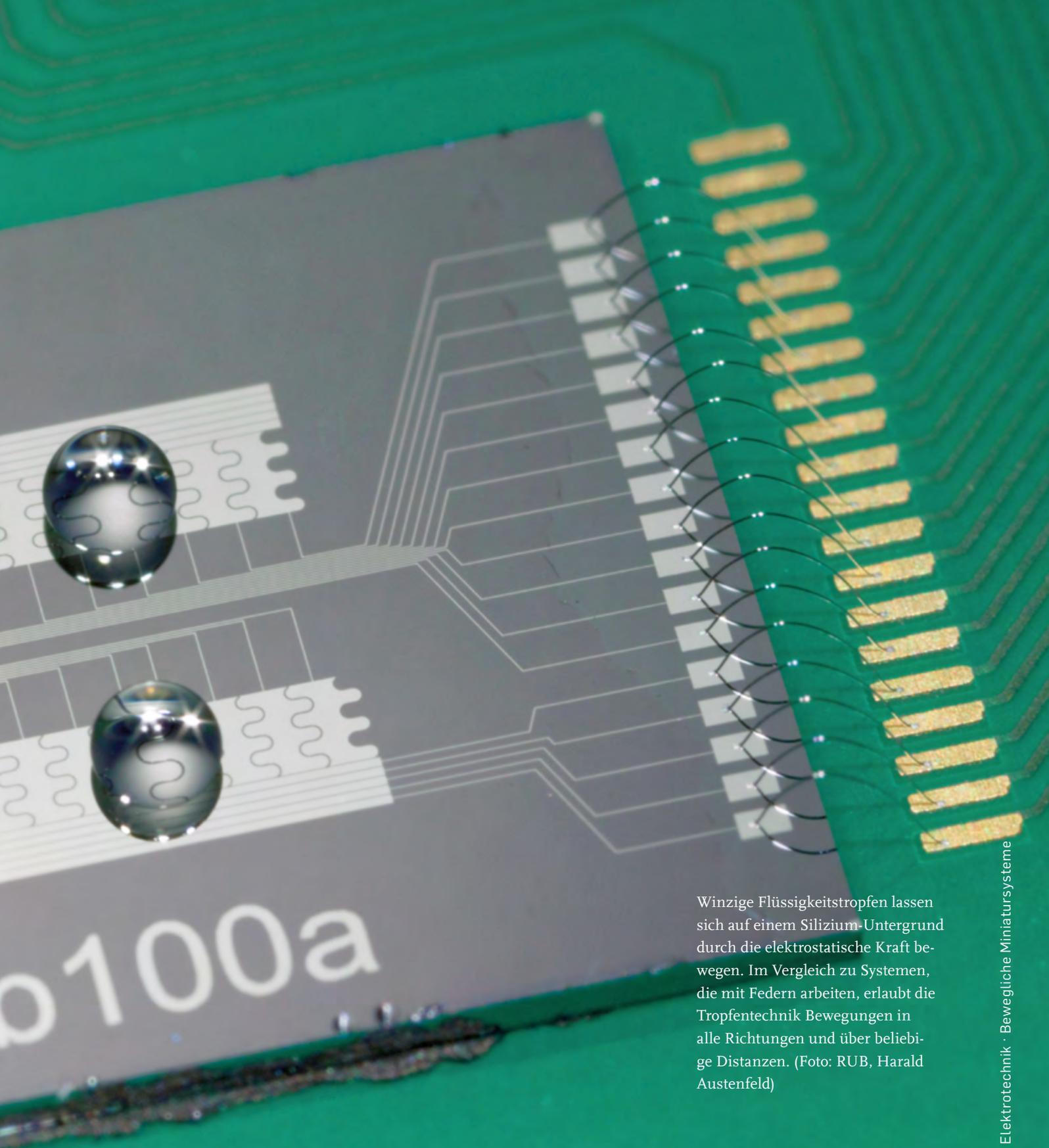
Text: lb, Fotos dg



Mikrosystemtechnik

TROPFENBALLETT IM MINIATURWUNDERLAND

Mit Techniken aus der Mikrochip-Produktion lassen sich winzige Bauteile erzeugen. Forschende aus Bochum lassen sich besondere Tricks einfallen, um sie in Bewegung zu bringen.



o100a

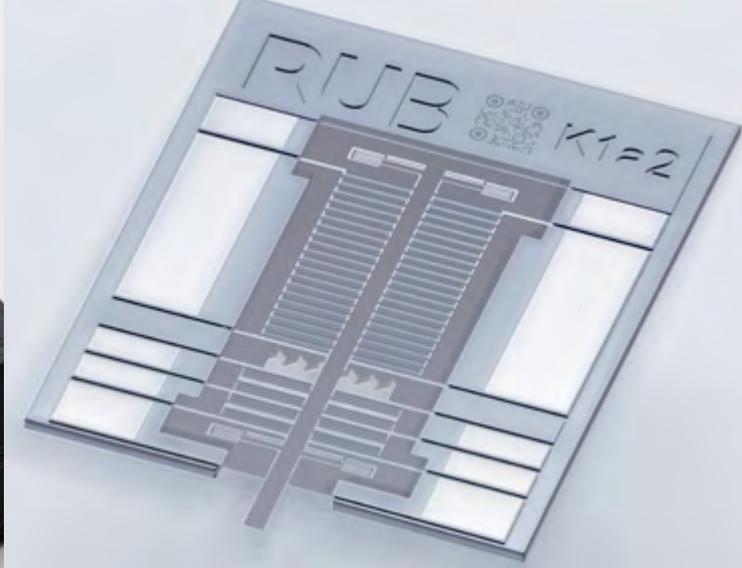
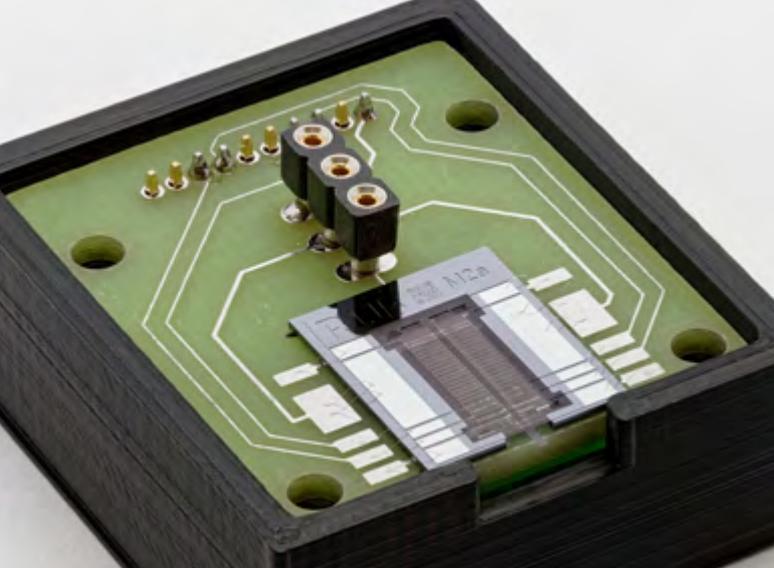
Winzige Flüssigkeitstropfen lassen sich auf einem Silizium-Untergrund durch die elektrostatische Kraft bewegen. Im Vergleich zu Systemen, die mit Federn arbeiten, erlaubt die Tropfentechnik Bewegungen in alle Richtungen und über beliebige Distanzen. (Foto: RUB, Harald Austenfeld)

Vier glitzernde Kugeln rollen zielgerichtet auf einer silbrigen Oberfläche hin und her. Angetrieben von einer unsichtbaren Kraft vollführen sie unermüdlich synchrone Bewegungen, als würden sie einen gut einstudierten Tanz aufführen. Die Kugeln bestehen aus Wasser oder ähnlichen Flüssigkeiten. Jede von ihnen ist gerade einmal 0,4 Millimeter groß, und damit so winzig, dass man sie mit bloßem Auge kaum ausmachen kann. Forschende vom Lehrstuhl für Mikrosystemtechnik der Ruhr-Universität Bochum haben sie auf einer Miniaturlandschaft aus Silizium deponiert, um ein

bewegliches System im Kleinstformat zu erschaffen. Der Antrieb hinter dem Tropfenballett ist die elektrostatische Kraft, mit der wir auch Papierschnipsel oder unsere Haare an einem Luftballon haften lassen können.

Elektromagnetische Antriebe funktionieren in diesem Format nicht mehr. „Die kleinsten Elektromotoren, die es je gab, waren zwei Millimeter groß“, weiß Prof. Dr. Martin Hoffmann, Leiter des Lehrstuhls für Mikrosystemtechnik. Zu groß also für das, was seine Gruppe benötigt, und zugleich ineffizient, um etwas zu bewegen.





Zellen sind zwischen 1 und 100 Mikrometer groß. Dieses Bochumer System, das Druck auf Zellen ausüben kann, kann sich über Strecken von bis zu 100 Mikrometern bewegen. (Foto: RUB, Harald Austenfeld)

Der Stempel, der unten aus der Aussparung ragt, ist beweglich und kann definiert Druck auf Zellen oder andere flexible Oberflächen ausüben. Aufgehängt ist er an den zickzackförmigen Federn, und kann mit elektrostatischen Aktoren herausgedrückt werden. Unterhalb der Aktoren befinden sich Sensoren, die die Reaktion der Zelle erfassen. Damit das System nicht zu schwer wird und sich Strukturen unter ihrer eigenen Last nicht durchbiegen, sind viele Bereiche wabenförmig gestaltet. Das hier gezeigte Bauteil ist etwa einen Quadratzentimeter groß. (Foto: RUB, Harald Austenfeld)

Mit Standardmethoden aus der Mikrochip-Produktion fertigt Hoffmanns Team an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik seine eigenen Antriebe bestehend aus einem Silizium-Untergrund und Wasserkugeln. Daran legen die Forschenden eine Spannung an. So erzeugen sie die elektrostatische Kraft, die die Tropfen zum Kullern bringt.

wäre, die sich sowohl verformen als auch in unterschiedliche Positionen bewegen ließe. „Ob das klappen wird, wissen wir aber noch nicht“, gibt Hoffmann zu.

Rollender Mini-Tisch und Zoom-Objektiv

„Nur die Wasserkugeln zu bewegen ist aber nichts Besonderes“, meint Martin Hoffmann. „Das kann man schon lange. Wir wollen die Tropfen als Rollen verwenden, um damit winzige Objekte zu transportieren oder präzise auszurichten.“ Dass das prinzipiell geht, haben die Bochumer Ingenieurinnen und Ingenieure schon gezeigt. Sie befestigten eine quadratische Platte auf vier Wassertropfen und konnten damit einen rollenden Mini-Tisch erzeugen. „Die Unterseite der Platte müssen wir dazu mit einer wasserabweisenden Schicht versehen, die das Benetzen verhindert“, erklärt Martin Hoffmann. „Nur an den vier Eckpunkten gibt es Stellen, an denen das Wasser an der Platte haftet.“ So werden die Rollen an der Platte gelagert.

In anderen Projekten haben seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bereits erfolgreich bewegliche Kleinstsysteme realisiert – sogar ganz ohne Wassertropfen. Denn Bewegungen lassen sich auch mit speziell geformten Siliziumstrukturen erzeugen, die unter elektrische Spannung gesetzt und von der elektrostatischen Kraft angetrieben werden. Damit das funktioniert, kommt es auf jedes Detail im Bauplan an.

Gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft will Hoffmanns Gruppe dieses Konzept nun weiter ausbauen. Die Forschenden erhalten dazu Mittel aus der zweiten Förderphase des Schwerpunktprogramms „Cooperative Multistage Multistable Microactuator Systems“. Unter anderem wollen sie ein dreidimensionales System erzeugen, in dem die Tropfen durch eine Art Hochregallager fahren. So könnte man ein winziges Zoom-Objektiv bauen, in dem der Tropfen die Linse

Die Forschenden nutzen dünne Silizium-Strukturen, die als ideal-elastische Federn wirken. Ihr System müssen sie mechanisch sorgfältig austarieren, damit die feinen Strukturen unter allen Bedingungen stabil bleiben. Im Vergleich zu anderen Materialien wie Metallen hat Silizium einen großen Vorteil: „Es altert nicht“, sagt Martin Hoffmann. „Wenn man ein Metallblech verformt, kann es verbogen bleiben. Mit Silizium passiert das nicht. Es kehrt immer wieder in die Ausgangsform zurück, solange man es nicht über eine kritische Grenze belastet, dann bricht es – diese Grenze überschreiten wir natürlich nicht.“

Die elektrostatisch angetriebenen Silizium-Federn hat die Bochumer Mikrosystemtechnikerin Dr. Lisa Schmitt für ein System perfektioniert, das einen winzigen Spiegel in definierte Positionen verschieben kann. Genau genommen besteht es aus mehreren Schichten und somit auch aus mehreren Spiegeln, die digital angesteuert und bewegt werden können. Sie lenken Strahlung im Terahertz-Bereich um die Ecke. Je nach Ausrichtung der Spiegel können unterschied-

ID

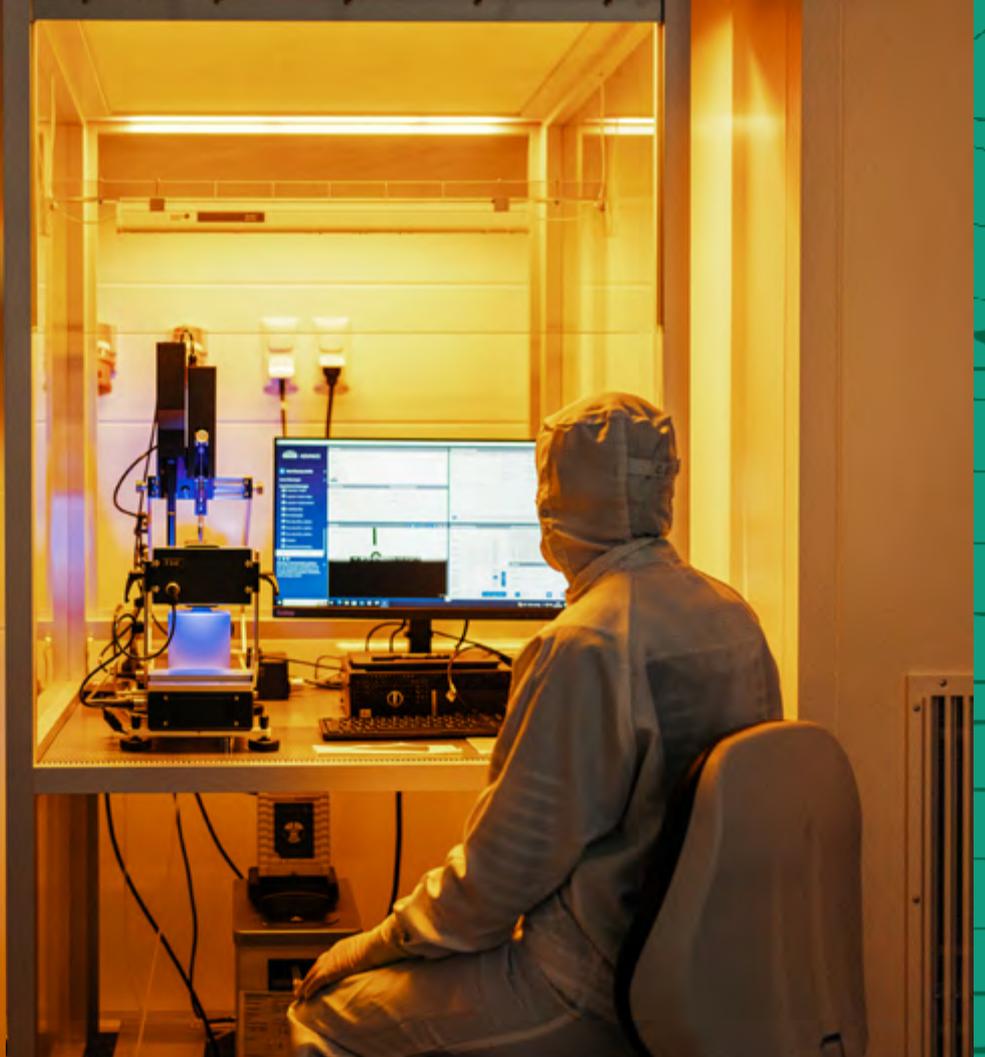
Martin Hoffmann
und Lisa Schmitt vom
Lehrstuhl für Mikrosys-
temtechnik (Foto: RUB,
Kramer)





Mit dieser Anlage können die Forschenden winzige Flüssigkeitstropfen auf den Silizium-Strukturen platzieren. Sie dienen als Rollen, um weitere Komponenten bewegen zu können. (Foto: RUB, Kramer)

Manche Bereiche des Reinraums sind mit gelbem Licht beleuchtet. Die Blauanteile, die in normalem weißem Deckenlicht enthalten sind, würden fotoempfindliche Substanzen unkontrolliert verändern, mit denen die Forschenden die Silizium-Strukturen bearbeiten. (Foto: RUB, Kramer)





„WIR MÜSSEN NICHTS ZUSAMMENBAUEN.“

Martin Hoffmann

liche Strahlungsmuster erzeugt werden. Nützlich könnte das zum Beispiel für ein kompaktes, energieeffizientes Radarsystem sein, das ohne große Parabolantenne auskommt. Solche Ortungstechniken sind eines der Forschungsthemen im Sonderforschungsbereich „Mobile Material-Charakterisierung und -Ortung durch Elektromagnetische Abtastung“ – kurz MARIE –, in den das Projekt eingebettet ist.

Ein System zum Ärgern von Zellen

Wie unterschiedlich die Anwendungen für die beweglichen Minisysteme sein können, zeigt ein weiteres Vorhaben, das das Bochumer Team zusammen mit Medizinerinnen und Medizinern angehen möchte. „Wir haben für die Kolleg*innen ein System entwickelt, mit dem man Zellen ärgern kann“, veranschaulicht Hoffmann. Etwas formeller ausgedrückt: Das System kann lebende Zellen mit konstanter Kraft belasten und gleichzeitig messen, ob die Zelle ausweicht oder sich dagegenstemmt.

Damit möchte eine medizinische Gruppe Knorpelzellen untersuchen, die sich durch Belastung im Körper unterschiedlich ausdifferenzieren – ein Vorgang, der noch nicht gut verstanden ist. So wie die verschiebbaren Spiegel für Radarsysteme besteht auch der Zellen-Ärgerer aus feinen Silizium-Strukturen, die von der elektrostatischen Kraft bewegt werden. Das Herzstück sind neuartige Zickzack-Strukturen, die als Federn wirken, aber eine konstante Kraft ausüben, auch wenn die Zelle dagegen drückt.

Die Entwicklung einer solchen Spezialkomponente kann eine Herausforderung sein. Zum einen muss die Mechanik genau ausgetüftelt werden, zum anderen müssen sich die

winzigsten Strukturen präzise produzieren lassen. Sie entstehen aus großen Silizium-Rohlingen, den sogenannten Wafern, von denen Material mithilfe spezieller Plasmaprozesse abgetragen wird. Durch das Ätzen fallen die nicht benötigten Teile aus dem Wafer einfach heraus; zurück bleiben die gewünschten Strukturen. „Natürlich darf dabei nicht das Falsche herausfallen“, unterstreicht Martin Hoffmann. Ein Tanz auf der Rasierklinge. Denn teils sind die produzierten Strukturen gerade mal zwei Mikrometer dünn, also zwei Tausendstel Millimeter.

Trotz aller Herausforderungen hat die Produktion der Mikrosysteme im Vergleich zur makroskopischen Welt auch Vorteile: „Wir müssen nichts zusammenbauen“, sagt Hoffmann. Das System kommt fertig mit allen notwendigen Verbindungen aus dem Ätzprozess. „Und wenn wir eine Struktur einmal designt haben, können wir sie leicht millionenfach reproduzieren“, so der Bochumer Lehrstuhlleiter.

Hinzu kommt, dass die fertig ausgetüftelten Komponenten wie die oben beschriebenen Spezialfedern auch für andere Anwendungen nützlich sein können. Was sich einmal bewährt hat, wird also auch in anderen Systemen genutzt, sodass die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nicht jedes Mal bei null anfangen müssen. Ideen für neue Anwendungen und Systeme gibt es in Hoffmanns Team noch reichlich. So werden in den Bochumer Laboren auch in Zukunft viele Wassertropfen wie von Geisterhand über Oberflächen tanzen und Miniaturfedern ihre Arbeit verrichten.

Auf einer dünnen Scheibe aus Silizium, einem sogenannten Wafer, werden die beweglichen Antriebe mit Methoden der Mikrochip-Produktion im „ForLab Bochum“ gefertigt. Auf einem Wafer können parallel viele Systeme erzeugt werden, manchmal sind es mehr als 1.000. (Foto: RUB, Kramer)



Serie

IN BEWEGUNG ...



Sportwissenschaft

BEWEGUNG STÄRKT DIE PSYCHE

In Bewegung zu sein stärkt nicht nur unsere körperliche Gesundheit, sondern auch unsere Psyche. Mit meinem Team interessieren wir uns vor allem dafür, wie körperliche Aktivität im Alltag mit Wohlbefinden und psychischer Gesundheit zusammenhängt. Wir untersuchen zugrunde liegende Mechanismen, zum Beispiel von Sitzunterbrechungen, Treppensteigen und Joggen in Zusammenhang mit der Stimmung, durch Kombination von Methoden aus der Sportwissenschaft, den Neurowissenschaften, dem Ambulanten Assessment, der Geoinformatik und der Epidemiologie.

So statten wir Proband*innen in ihrem Alltag mit elektronischen Tagebüchern auf Smartphones, mit mobilen Bewegungssensoren in Wearables und mit Geolokalisationstracking aus; zudem führen wir Hirnbildgebung via Magnetresonanztomografie im Labor durch. Damit untersuchen wir, in welchen Situationen, zu welchen Zeiten, und an welchen Orten Menschen am meisten von welcher Art der körperlichen Aktivität profitieren, um ihr Wohlbefinden zu steigern und psychische Gesundheit zu erhalten.

Prof. Dr. Markus Reichert



Verkehrswegebau

NACHHALTIG STRASSEN BAUEN

In Bewegung ist die Asphaltbranche, denn verschiedene bewährte Vorgehensweisen verändern sich. Bisher wurde Asphalt zum Beispiel fast ausschließlich heiß eingebaut. Künftig soll er mit reduzierter Temperatur eingebaut werden, weil das zum Beispiel den Ausstoß von schwer verdunstenden Aerosolen und Dämpfen verringert. Zudem wird der Ersatz des erdöl-basierten Bitumens als Bindemittel im Asphalt durch biobasierte, nachhaltige Alternativmaterialien geprüft. Diese Themen bearbeiten wir am Lehrstuhl für Verkehrswegebau in verschiedenen Forschungsprojekten. In dem DFG-Projekt „Postcarbone Straße – Der endlose Wiederverwendungskreislauf von Asphalt“ analysiere ich mit Projektpartner*innen der TU Berlin und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung die mehrfache Alterung und Verjüngung von Bitumen, Mastix und Asphalt, um abschließend ein Prognosemodell für die Performanceeigenschaften des Asphaltes abzuleiten.

Dr. Nina Nytus



Biologie

RASTLOSE PROTEINE

In Bewegung sind die fundamentalen Bausteine einer Zelle – die Proteine –, welche das zelluläre Leben orchestrieren, von grundlegenden Stoffwechselprozessen bis hin zu komplexen Signalübertragungswegen. In unserer Arbeitsgruppe befassen wir uns zum Beispiel mit Proteinen, die für die Fotosynthese in Pflanzen wichtig sind. Uns interessieren die ständigen Veränderungen in ihrer Struktur und ihrer zellulären Lokalisation. Diese Flexibilität ermöglicht es den Proteinen, dynamisch mit anderen Proteinen zu interagieren, Moleküle zu transportieren oder bestimmte Reaktionen zu katalysieren. So unterliegt beispielsweise ein fotosynthetischer Proteinkomplex in den Chloroplasten einem ständigen Reparaturprozess, bei dem ein geschädigtes Protein entfernt und durch ein neu angeliefertes Protein ersetzt wird. Dieser biologische Prozess erfordert präzise regulierte Molekülbewegungen, angefangen vom Transport des Proteins zu seinem Zielort bis hin zum vollständigen Aufbau des kompliziert zusammengesetzten Proteinkomplexes. Störungen in der Dynamik dieser Prozesse können drastische Auswirkungen auf das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen haben.

Prof. Dr. Danja Schünemann



Im Gespräch

WIE MAN DIE **GESELLSCHAFT** IN BEWEGUNG BRINGT

Sich mehr bewegen, gesünder essen, weniger CO₂ produzieren – oft fällt uns das schwer. Lange glaubte man, daran sei nur mangelnde Selbstdisziplin schuld. Sozialpsychologe Wilhelm Hofmann sieht die Politik in der Pflicht.



Ob ich mich genug bewege, ist eigentlich meine Sache. Wenn sich allerdings ein Großteil der Bevölkerung zu wenig bewegt und aufgrund dessen viele Menschen krank werden, die Krankenkassen hohe Kosten stemmen müssen und die Wirtschaft unter dem Ausfall der Produktivität leidet, dann sind das gesamtgesellschaftliche Konsequenzen. Und denen entgegenzusteuern ist Aufgabe der Politik. Was die tun muss, damit ich öfters aufs Fahrrad steige, statt mit dem Auto zur Arbeit zu fahren, und warum es zu kurz gegriffen ist, auf die Selbstdisziplin des Einzelnen zu setzen, erklärt Prof. Dr. Wilhelm Hofmann im Interview. Der Sozialpsychologe erforscht, wie stark physische und soziale Umwelt das Verhalten des Einzelnen beeinflussen.

Herr Professor Hofmann, wie sind Sie heute zur Arbeit gekommen – mit dem Auto oder mit dem Fahrrad?

Mit dem Fahrrad. Obwohl das nicht ganz einfach ist, denn auf meiner Strecke gibt es kaum Fahrradwege, und wenn ich dann vom Botanischen Garten aus den Campus erreiche, ist es etwas umständlich, die verschiedenen Ebenen zu überwinden, um zu meinem Büro zu kommen.

Ist das nicht ein gutes Beispiel für Ihre Argumentation, dass es dem Einzelnen oft zu schwer gemacht wird, seine guten Vorsätze einzuhalten?

Ich denke schon. Man weiß aus interdisziplinärer Forschung, dass die Entscheidung, mit dem Fahrrad, statt mit dem Auto ▶



Fehlende Radwege, Baustellen und dichter Autoverkehr beeinflussen die Entscheidung, mit dem Rad zu fahren, maßgeblich.



zu fahren, ganz stark davon abhängt, wie die Fahrrad-Infrastruktur in der eigenen Umgebung aussieht. Sind dort sichere, durchgängige Fahrradwege? Fühle ich mich da insgesamt wohl und zum Fahrradfahren ermutigt? Das ist mindestens so entscheidend wie die individuellen Faktoren. Deswegen ist es so wichtig, das zusammenzubringen. Man sollte nicht voreilige Schlüsse über Selbstdisziplin ziehen, ohne die Strukturen mit einzubeziehen, die Menschen umgeben. Wir denken ja auch nicht, dass etwa die Oldenburger oder Münsteraner über mehr Willensstärke verfügen als wir Bochumer, nur weil dort mehr Leute mit dem Fahrrad unterwegs sind.

Doch auch die beste Fahrrad-Infrastruktur würde sicherlich nicht jeden aufs Rad steigen lassen. Warum schaffen manche es besser als andere, ihre Ziele zu verfolgen?

In der Tat gibt es große individuelle Unterschiede in der Fähigkeit, sich selbst zu kontrollieren. Eine Studie aus dem Jahr 2012 zeigt: Menschen mit hoher Selbstkontrolle können Versuchungen besser aus dem Weg gehen. Sie können ihre Umwelt umsichtiger navigieren oder mitgestalten, sodass sie nicht ständig Versuchungen ausgesetzt sind. Jemand, der zum Beispiel weniger Süßigkeiten essen will, würde gar nicht erst welche einkaufen.

Wie können äußere Strukturen hierbei unterstützen?

Oft sind die Optionen, die schädlich für Gesundheit und Umwelt sind, billiger, sichtbarer oder leichter verfügbar als gesündere oder nachhaltigere Alternativen. Die dahinter liegenden Strukturen haben häufig auch eine politische Dimension und sorgen dafür, dass bestimmte Handlungsoptionen wahr-

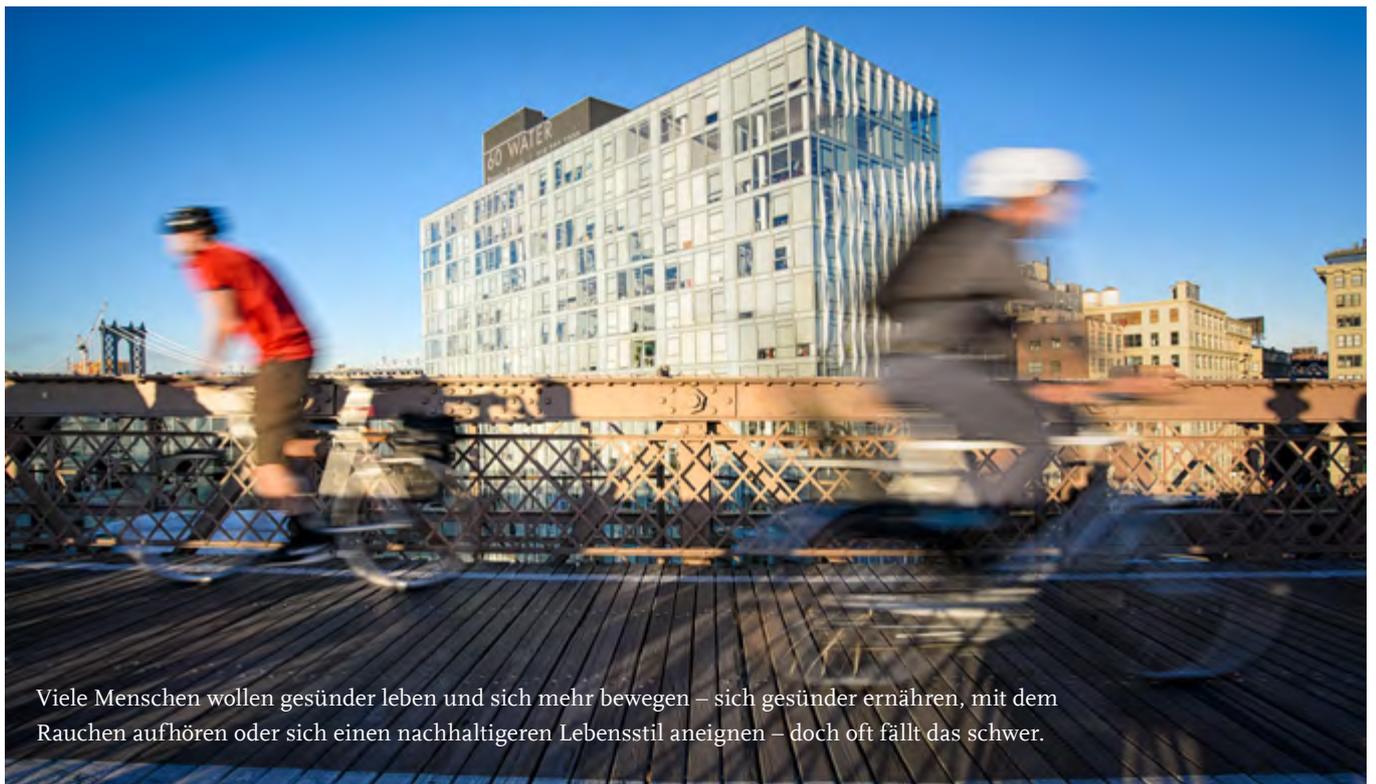
scheinlicher werden und uns näher liegen als andere. Und dadurch, dass so viele Menschen in diese Richtung gehen, werden sie auch normativer. So führt ein schlechtes Angebot an Fahrradwegen oder beim ÖPNV in einer Nachbarschaft oder Region dazu, dass sich mehr Menschen ein Auto zulegen und die Gewohnheit entwickeln, selbst kurze Distanzen mit dem Auto zu fahren. Autofahren wird damit zur sozialen Norm in dieser Gegend. Das wiederum schafft sogenannte Pfadabhängigkeiten: Wenn dann über Flächen entschieden wird, gewinnt vielleicht der Vorschlag für mehr Parkplätze über den Vorschlag nach einem durchgängigen Fahrradweg. Dann heißt es schnell: „Hier fährt doch sowieso niemand mit dem Rad, wozu dann Fahrradwege bauen?“ Umgekehrt wird aber ein Schuh daraus.

Also braucht es eine Kombination aus eigener Willensstärke und politischer Weichenstellung?

Genau. Wir haben ja einige große gesellschaftlich Ziele, zum Beispiel Klimaschutz. Man kann nicht darauf hoffen, dass sich das alles ergibt, wenn Individuen merken: „Hier haben wir ein Problem, hier müssen wir uns umstellen.“ Sondern man muss das unterstützen durch geeignete Strukturen. Da ist dann die Politik gefragt. Die Selbstkontrollforschung ist also eng verbunden mit einer politischen Ebene, und das haben wir vorher vielleicht zu wenig gesehen.

An welche politischen Ebenen appellieren Sie dabei?

Es gibt verschiedene Handlungsebenen: Zum einen ist da die große, nationale, aber auch internationale Bühne der Politik, wo wir Eckpfeiler setzen können. Aber auch eine Ebene dar-



Viele Menschen wollen gesünder leben und sich mehr bewegen – sich gesünder ernähren, mit dem Rauchen aufhören oder sich einen nachhaltigeren Lebensstil aneignen – doch oft fällt das schwer.



Wilhelm Hofmann
hat an der Ruhr-Universität Bochum die
Professur für Sozialpsychologie inne.

unter werden wichtige Weichen gestellt. Stadtplanung ist ein großer Faktor, und Städte können hinhören: Was wollen denn die Bürger? Wo haben wir einen unmittelbaren Mehrwert, wenn wir relativ schnell bestimmte Bereiche umgestalten und zum Beispiel bestimmte Einkaufsstraßen zu Fußgängerzonen machen? Aber auch im beruflichen Kontext haben wir viele Gestaltungsmöglichkeiten: Ich kann als Führungsperson eines Unternehmens Angebote machen, die es den Mitarbeitenden erleichtern, Bewegungsentscheidungen zu treffen. Ich kann betriebliches Gesundheitsmanagement anstoßen, ich kann Bewegungskurse anbieten, ich kann ÖPNV-Tickets unterstützen.

Nicht zuletzt können sich ja auch Bürgerinnen und Bürger einbringen und Veränderungen anstoßen.

Absolut! Es ist sehr wichtig, diesen Bogen zu sehen: dass mein eigenes Verhalten gefördert werden kann, oder auch verhindert werden kann, durch die Art von Strukturen, mit denen ich vor Ort konfrontiert bin. Dieser Blick fehlt vielen Menschen. Wir haben gelernt, vieles zu internalisieren, das nicht klappt, nach dem Motto: „Ich bin halt ein Bewegungsmuffel“, „Ich bin halt undiszipliniert“. Man meint, vor allem an sich arbeiten zu müssen. Und das geht oft mit Schuldgefühlen einher, wenn es dann wieder scheitert. Sich gemeinsam dafür einzusetzen, dass hinderliche Strukturen erkannt und verändert werden, ist vielleicht der bessere Umgang mit dem Problem. Zumindest eröffnen sich ganz neue Perspektiven.

” OFT SIND DIE
OPTIONEN, DIE
SCHÄDLICH FÜR
GESUNDHEIT
UND UMWELT
SIND, BILLIGER,
SICHTBARER
ODER LEICHTER
VERFÜGBAR
ALS GESÜNDERE
ODER NACHHAL-
TIGERE ALTERNA-
TIVEN. “

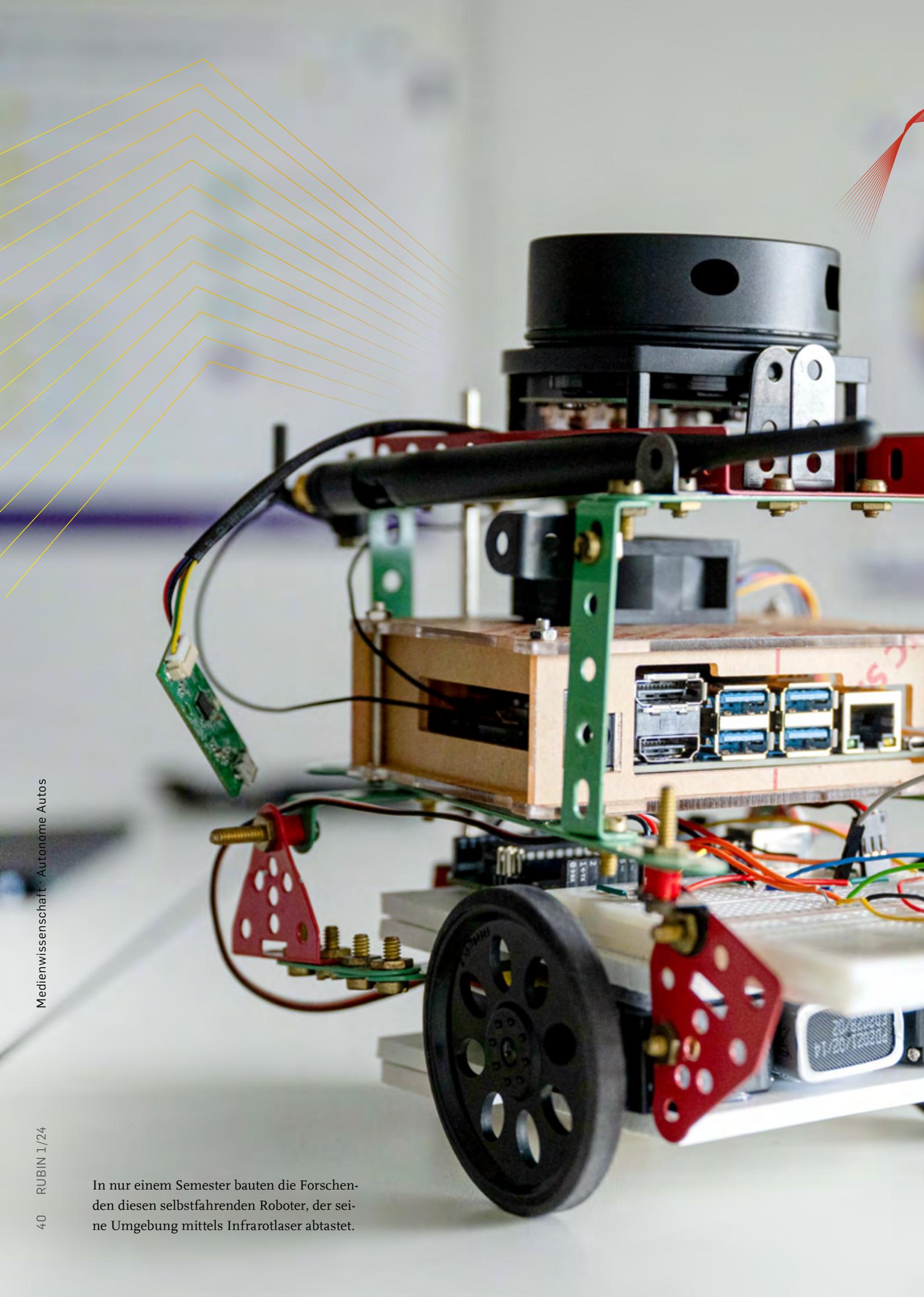
Wilhelm Hofmann

Haben Sie bestimmte Forschungsvorhaben diesbezüglich?

Mich interessiert momentan besonders, wie Menschen ein Gespür für die Rolle von Strukturen entwickeln. Und ganz besonders treibt mich und mein Team die Frage um, von welchen weiteren Faktoren es dann abhängt, ob Menschen sagen: „In diesem Bereich haben wir ein Problem, das wir als Einzelpersonen nicht lösen können, deshalb möchte ich hier mehr politische Maßnahmen sehen.“ Und das könnten wiederum wichtige Informationen für Entscheidungsträger sein und könnte eine ambitioniertere Politik bei der Bekämpfung dieser Probleme ermöglichen.

Text: rr, Fotos: rs





In nur einem Semester bauten die Forschenden diesen selbstfahrenden Roboter, der seine Umgebung mittels Infrarotlaser abtastet.



Medienwissenschaft

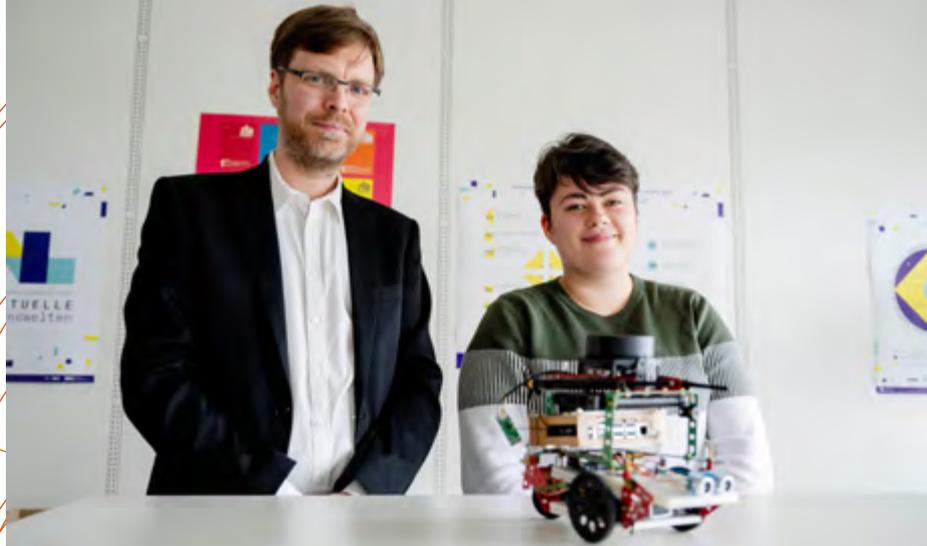
DIE WELT, WIE EIN ROBOTER SIE SIEHT

Um zu verstehen, wie die Welt in einen Roboter kommt, machten sich Forschende der Medienwissenschaft daran, ein selbst-fahrendes Fahrzeug von Grund auf zu konstruieren.

Er mutet ein wenig wie ein Kinderspielzeug an: Mit seinen drei Rädern, farbigen Kabeln und nach Augen aussehenden seitlichen Bauteilen steht jedoch ein selbst-fahrender Roboter auf dem Tisch im Virtual Humanities Lab des Sonderforschungsbereichs Virtuelle Lebenswelten. Er ist versehen mit einem Sensor, der die Umgebung mittels Laser abtastet. Auf diese Weise gelangen Daten über die Welt ins System und erlauben es ihm, sich darin zu bewegen. Und genau dieser Prozess steht im Mittelpunkt des Forschungsprojekts.

„Uns beschäftigt die Frage, wie die Welt in den Roboter gelangt, oder anders: wie sich autonome Fahrzeuge in Umgebungen orientieren“, erklärt Doktorand Alex Schmiedel. Diese Frage ist weniger technisch gemeint als vielmehr darauf bezogen, welche Entscheidungen getroffen werden müssen, damit aus den Daten, die das System generiert, ein Modell der Welt entsteht, mit dem das Fahrzeug interagieren kann. „Wir wollen die Übersetzungsschritte aufschlüsseln und damit die Rolle des Menschen klären, der diese Entscheidungen treffen muss“, erklärt Schmiedel. Beim industriellen Bau autonomer Autos spielen diese Entscheidungen im Einzelnen keine Rolle mehr – vieles ist bereits standardisiert, viele Bauteile und Prozesse liegen vorgefertigt vor und werden nur noch zusammengesetzt. „Aber all diesen Standards wohnen Vorannahmen inne, die jemand eines Tages gemacht hat, darin sind Entscheidungen festgelegt, die einmal getroffen wurden“, ▶





Florian Sprenger (links) und Alex Schmiedel forschen in der Medienwissenschaft im Sonderforschungsbereich Virtuelle Lebenswelten.

„ UNS BESCHÄFTIGT DIE FRAGE, WIE DIE WELT IN DEN ROBOTER GELANGT.“

Alex Schmiedel

erläutert Schmiedel. Und diese möchte er in seiner Dissertation am Institut für Medienwissenschaft herausarbeiten.

Augenfällig werden solche Entscheidungsprozesse vor allem da, wo Fehler passieren. „Es ist mit einem autonom fahrenden Auto zum Beispiel in den USA zu einem tödlichen Unfall gekommen, weil das Fahrzeug eine Frau mit einem Fahrrad nicht korrekt erkannt hatte“, berichtet Prof. Dr. Florian Sprenger, der die Arbeit von Alex Schmiedel betreut. „Das System hätte eine Person allein vermutlich sicher erkennen können, ebenso ein Fahrrad. Aber in der Kombination war das Ganze nicht zu interpretieren.“ Alex Schmiedel hat sich eingehend mit Normen zum Thema beschäftigt und unter anderem Hinweise zu Sicherheitstests der autonomen Orientierungstechnik ausgewertet. „Darin ist zum Beispiel festgehalten, dass Dummies in solchen Tests keine flatternde Kleidung tragen sollten, da solche Kleidungsstücke schlecht für die Systeme zu erkennen sind“, berichtet er. „Solche Entscheidungen haben einige Tragweite, wenn wir zum Beispiel daran denken, dass Clubgänger*innen in genau solcher Kleidung vielleicht nachts und bei für die Sensoren schlechten Sichtverhältnissen nach Hause gehen“, gibt er zu bedenken.

Um den Ketten dieser Entscheidungen auf die Spur zu kommen, zieht das Forschungsprojekt auch historische Dokumente aus der Entwicklungszeit autonom fahrender Systeme heran. Das Hauptaugenmerk liegt aber auf der eigenen Konstruktion eines solchen Systems – bewusst ohne das Vorwissen, das Ingenieurinnen und Ingenieure mitbringen. „Das autonome Fahrzeug von Null an selbst zu konstruieren hat ungefähr ein Semester gedauert, drei Wochen davon sehr intensiv“, sagt Alex Schmiedel. „Das ging nur im Team – und es hat richtig Spaß gemacht.“ Das Scheitern gehörte für die Forschenden zum Prozess dazu.

Sie entschieden sich als Sensor für ein LIDAR-System, kurz für Light Detection and Ranging. Es tastet die Umgebung mit nicht sichtbaren Infrarot-Laserstrahlen ab und funktioniert auch im Dunkeln. „Es ist ein recht neues System und steht nicht so sehr im Fokus wie andere Technologien“, erklärt Alex Schmiedel. Ähnlich wie bei der Radartechnik basiert LIDAR darauf, dass unterschiedliche Materialien das Licht auf verschiedene Weise reflektieren. LIDAR-Sensoren können Daten aus einer 360-Grad-Umgebung gewinnen, weil sich der Sensor in schneller Geschwindigkeit

um sich selbst dreht. Die vom Laser empfangenen Lichtimpulse werden in numerische Werte übersetzt. Das selbst konstruierte Fahrzeug übermittelt die so generierten Daten an einen Rechner.

Dann beginnen die Entscheidungen: Sollen bestimmte Daten als Linie interpretiert werden? Oder entsprechen sie einem Punkt? Wie kommt das System dahinter, ob es sich bei einem reflektierenden Objekt um ein bewegliches Objekt handelt, zum Beispiel einen Menschen, oder nicht? „Wir sprechen von einer Pipeline der Übersetzungsschritte bis hin zu einem Modell der Welt“, sagt Alex Schmiedel. Diese Entscheidungen, einmal festgelegt, müssen selbstfahrende Autos in der realen Welt in Echtzeit durchlaufen, um sicher unterwegs zu sein. Damit das funktioniert, werden Künstliche Intelligenzen eingesetzt, die das leisten, was das Projekt als Mikroentscheidungen erforscht: zahlreiche in extrem kurzen Zeitspannen geleistete Entscheidungen.

„Roboter haben kein Bewusstsein“, bringt es Alex Schmiedel auf den Punkt. „Wir wollen wissen, wie sie durch solche Mikroentscheidungen ein Modell der Welt hervorbringen, mit dem sie interagieren können.“

Text: md, Fotos: RUB, Marquard

Serie

IN BEWEGUNG ...



Erziehungswissenschaft

LERNORTE, DIE BEWEGEN

In Bewegung sind Lernende, wenn sie öffentliche Lernorte erkunden. Das Spektrum solcher Lernorte ist groß und umfasst etwa Museen, Ausstellungen, Science Center, Planetarien, Gedenkstätten, botanische Gärten oder Zoos. Das Lernen an diesen Orten erfolgt oft unbewusst, insbesondere wenn der Besuch nicht in eine organisierte Exkursion eingebettet ist, sondern in der Freizeit erfolgt. Welche Wirkung ein Parlamentsbesuch hat, haben wir jüngst an der Professur für Lebenslanges Lernen im Auftrag des Landtags Nordrhein-Westfalen in einer Längsschnittstudie untersucht. Hierbei haben wir erwachsene Besucherinnen und Besucher des Düsseldorfer Landtags unter anderem vor dem Besuch sowie sechs Monate danach zu ihrem Politikwissen befragt. Unsere Ergebnisse zeigen, dass der Parlamentsbesuch zu einem signifikanten Wissenszuwachs führt, interessanterweise unabhängig vom Politikinteresse, Alter und Bildungsniveau der Befragten. Dieser informelle Erwerb von Politikwissen ist relevant – gerade in einer „bewegten“ Demokratie.

Prof. Dr. Falk Scheidig

Foto: RUB, Marquard



Maschinenbau

FLIEGEN MIT BESSEREM GEWISSEN

*Forschende modellieren ein virtuelles
Flugzeugtriebwerk. Ziel ist es, die Vor-
aussetzungen für mehr Nachhaltigkeit
im Flugverkehr zu schaffen.*

Die Fluggastzahlen sind inzwischen höher als vor der Corona-Pandemie. Umweltfreundlicher zu fliegen, ist das Ziel des Projekts. (Foto: rs)



Die Fluggastzahlen erholen sich spürbar nach der Covid-Pandemie: Die EU-Kommission berichtet in ihren monatlichen Statistiken mit 179 Millionen Passagieren im ersten Quartal 2023 über eine Steigerung der Zahl der Fluggäste um 56 Prozent im Vergleich zum ersten Quartal 2022. Die International Air Transport Association (IATA) geht von einer Zunahme des weltweiten Luftverkehrs um 103 Prozent im Vergleich zu 2019 aus. Viele der Passagiere dürften allerdings mit schlechtem Gewissen ins Flugzeug einsteigen. Denn Fliegen verbraucht fossile Energie und verursacht Treibhausgasemissionen. „Wir müssen in der Forschung weiterkommen, um umweltfreundlicher fliegen zu können“, sagt Prof. Dr. Francesca di Mare.

Die Inhaberin des Lehrstuhls Thermische Turbomaschinen und Flugtriebwerke an der Fakultät für Maschinenbau der Ruhr-Universität Bochum hat Anfang 2023 ein ehrgeiziges EU-Projekt namens MYTHOS gestartet. MYTHOS steht für „Medium-range hybrid low-pollution flexi-fuel/hydrogen sustainable engine“. Beteiligt sind an dem Projekt Forschungsinstitutionen aus drei europäischen Ländern.

Ziel des Projekts ist die Ableitung fundamentaler Erkenntnisse und somit fortgeschrittener Auslegungsmethoden, die die flexible Nutzung unterschiedlicher nachhaltiger Kraftstoffe (kurz SAF genannt, für „Sustainable Aviation Fuels“) bis hin zu reinem Wasserstoff in Triebwerken ermöglichen. Zu diesem Zweck wird das Konsortium unter der Leitung von Francesca di Mare ein detailliertes virtuelles Modell eines kompletten Triebwerks entwerfen, mit dem sich das Verhalten des Triebwerks während sämtlicher Phasen eines Flugs – vom Start über das Abheben des Flugzeugs, den Flug bis hin zur Landung – akkurat berechnen lässt.

„Die Vorgänge im Triebwerk sind sehr komplex und verändern sich während des Flugs“, erklärt Francesca di Mare. „Die Auslegung der einzelnen Komponenten hat einen enormen Einfluss auf die Effizienz des Brennvorgangs. Die Brennkammer hat dabei eine besonders große Bedeutung: Hier muss der Kraftstoff so effizient genutzt werden, dass sich in der Turbine die notwendige Leistung entfaltet. Ein Beispiel: „Ein Flugzeug vom Typ A380 erfordert beim Abheben mit Voll- ladung die Leistung von etwa 400 Formel-1-Fahrzeugen – ein ▶



Das virtuelle Triebwerksmodell soll es ermöglichen, das Verhalten des Triebwerks während sämtlicher Phasen eines Flugs – vom Start über das Abheben des Flugzeugs, den Flug bis hin zur Landung – akkurat zu berechnen. (Foto: rs)



solches Fahrzeug hat rund 800 PS. Eine suboptimale Gestaltung der Brennkammer und des gesamten Triebwerks führt zu erhöhtem Kraftstoffverbrauch und dadurch automatisch zu erhöhten Emissionen“, illustriert Francesca di Mare.

Das Funktionsprinzip eines Flugtriebwerks folgt dem Ablauf „suck-squeeze-burn-blow“: Der Energiegehalt der Luft wird durch die Verdichtung und die Freisetzung der im Kraftstoff gebundenen chemischen Energie in der Brennkammer erhöht und schließlich in der Turbine wieder freigegeben, um Schub zu generieren.

Im entstehenden virtuellen Modell soll jede Komponente des Triebwerks abgebildet sein, sodass sich mit hoher Genauigkeit berechnen lässt, wie sich auch kleine Anpassungen auf die Gesamtheit auswirken. Wie breitet sich die Flamme in der Brennkammer aus und stabilisiert sich? Wie strömt die Luft an den einzelnen Turbinenschaufeln vorbei? Wie belastet sind die einzelnen Teile? Wie entwickeln sich Druck und Temperatur an jeder Stelle des Triebwerks?

Maximale Genauigkeit bei vertretbarem Aufwand

„Wir modellieren diese Vorgänge bis ins kleinste Detail und nutzen maschinelles Lernen, um Zusammenhänge zu erkennen“, erklärt die Forscherin. „Später müssen wir das Modell dann wieder reduzieren, damit es handhabbar bleibt und sich auch mit vertretbarem Aufwand anwenden lässt und dennoch maximale Genauigkeit aufweist.“ Das gesamte Triebwerksmodell beabsichtigt das Konsortium der Forschungscommunity zur Verfügung zu stellen.

Parallel will das Team Berechnungen für drei exemplarische Treibstoffe durchführen, die künftig im Flugverkehr zum Einsatz kommen könnten: Dazu gehören zum einen sogenannte SAFs, Sustainable Aviation Fuels, welche aus unterschiedlichen Quellen erzeugt werden können, beispielsweise aus pflanzlichen Erzeugnissen, aus recyklierten verbrauchten Ölen oder aus Synthetisierungsverfahren. „Das Problem mit SAFs, die übrigens heute schon anteilig eingesetzt werden, ist, dass es davon nicht genug gibt“, sagt Francesca di Mare. „Insbesondere Kraftstoffe aus pflanzlichen Rohstoffen besitzen eine sehr niedrige Energiedichte und stellen daher eine kaum wirtschaftlich gangbare Lösung dar. Dazu kommen moralische Bedenken zur Nutzung der Agrarflächen, wie

auch in den CORSIA-Richtlinien und -Definitionen verdeutlicht“. CORSIA steht für Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation.

Das Forschungsteam bezieht deswegen synthetisches Kerosin, recyklierte verbrauchte Öle und Wasserstoff in seine Berechnungen mit ein. „Wasserstoff gibt es leider auch zu wenig“, so di Mare. „Und wir stehen noch vor erheblichen technologischen Problemen, die gelöst werden müssen, um eine großskalige Nutzung in der Luftfahrt zu ermöglichen.“

Wasserstoff ist durch eine hohe Flüchtigkeit (er diffundiert beispielsweise etwa viermal schneller als Methan oder verdampftes Kerosin in Luft) und sehr niedrige Dichte charakterisiert. Um seine massenbezogene hohe Energiedichte auszunutzen – er enthält 142 Megajoule pro Kilogramm versus 43 Megajoule pro Kilogramm bei Kerosin – müsste man Wasserstoff stark komprimieren. „Um 1 Kilogramm Wasserstoff in ein Volumen von 1 Kubikmeter zu zwingen, bräuchte man bei einer Umgebungstemperatur von 25 Grad Celsius einen Druck von etwa 1.000.000 Pascal“, erläutert Francesca di Mare. Oder man müsste ihn sogar verflüssigen – bei einer Temperatur von unter minus 200 Grad Celsius und einem Druck von 7.000 Pascal. „Eine kryogene Verbrennung, die flüssigen Wasserstoff verwendet, ist beispielsweise in Raketenantrieben üblich“, so die Forscherin. Diese Charakteristiken stellen enorme Herausforderungen für die Auslegung von Triebwerken sowie von Flugzeugen dar, allein aufgrund der notwendigen Kühlungsinfrastruktur und des Speicherraums, und genau diese werden die Forscherinnen und Forscher des MYTHOS-Konsortiums adressieren.

„Es wird daher noch einige Jahren dauern, bis kommerzielles Fliegen mit Wasserstoff möglich sein wird, dennoch ist diese epochale Wende in der Luftfahrt eine der tragenden Säulen des Europäischen Klimagesetzes ‚FitFor55‘ sowie der strategischen Agenda der Europäischen Clean Aviation Partnership. Daher ist unser Forschungsbeitrag notwendiger denn je“, so das Fazit von Francesca di Mare. Das Team um di Mare arbeitet daran, die Methodologie zu demonstrieren und somit die Vorarbeit zu leisten, die die weiteren technologischen Entwicklungen erst möglich macht.

Erforderliche Sprach Visumsart ge



Bundesagentur
für Arbeit

Malke


Erklärung zum Beschäftigungsverhältnis

zur Vorlage

Erteilung eines Aufenthaltstitels zum Zweck der Beschäftigung
Erteilung einer Vorabzustimmung der Bundesagentur für Arbeit

Zusatz
zum Aufenthaltstitel
zur Aufrechterhaltung
zur Aufenthaltserlaubnis

Das Ausfüllen von Anträgen und Behördengänge stellen Migrantinnen und Migranten häufig vor Herausforderungen.

chkenntnisse
gemäß Aufent

Einheitliches Antr
Antrag auf Erteilung einer
Dieses Antr

Dies ist * gekennzeichneten
wer / Los miembros de
nd den Anga

Sozialwissenschaft

WENN DIE GRENZE MITWANDERT

Auf welche internen Grenzen Flüchtlinge, EU-Bürgerinnen und EU-Bürger in Europa stoßen, sobald sie die territoriale Grenze passiert haben, zeigt eine Untersuchung in der Main-Metropole Frankfurt.

Die Skyline von Frankfurt am Main hebt sich schon von Weitem sichtbar vom Himmel ab. 700.000 Menschen unterschiedlicher Herkunft leben in der Metropole. Frankfurt zählt damit nicht nur zu den fünf größten deutschen Städten, sondern erfüllt auch als einzige Stadt Deutschlands aufgrund ihrer Vernetzung, insbesondere der Finanzkapitalströme, die Kriterien einer sogenannten Global City. „Global Cities zeichnen sich durch ihre Größe, Heterogenität und Dichte an Migrant*innen und zivilgesellschaftlichen Akteur*innen aus“, erklärt Prof. Dr. Margit Fauser von der Ruhr-Universität Bochum.

Das Verständnis von Städten als Integrationsraum bewog die Soziologin dazu, im von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt „Die Entstehung urbaner Grenzräume in Europa“ die Global City Frankfurt näher unter die Lupe zu nehmen. Mit welchen Grenzen sehen sich EU-Bürger*innen und Flüchtlinge dort konfrontiert? Dazu führte Fauser Interviews mit Vertreter*innen aus Behörden und Wohlfahrtsorganisationen. Ihr Ergebnis offenbart, wie

komplex die Grenzerfahrung von Migrant*innen ist und macht deutlich, dass es an der Zeit ist, den Begriff der Grenze neu zu definieren.

„Städte werden in der Migrationsforschung als Integrationsräume und -motoren wahrgenommen“, erklärt Fauser. „Sie gelten häufig als progressiver und aktiver, weil sie näher an den Problemen dran sind. Sie müssen unmittelbar Lösungen finden, sind für die Inklusion zuständig, aber verhandeln eben auch Exklusionen“, so die Soziologin. Kurz: Was in Städten passiere, sei längst keine rein städtische Angelegenheit mehr. Städtische Akteure würden auch über die Grenzen ihrer Stadt und manchmal auch des Nationalstaates hinaus wirken. „Darum betrachte ich Städte gern als Zugang und Eintrittsperspektive.“

Für ihre Studie hat sich Fauser auf die einzige Global City Deutschlands fokussiert: Frankfurt am Main. „Als Stadt mit dem größten Anteil nicht-deutscher Staatsangehöriger, zählt Frankfurt zu den diversesten Städten Deutschlands“, weiß Fauser. Die Stadt sei zudem bekannt für ihre lange Ge- ▶



schichte der multikulturellen Stadtpolitik. Kommt man als EU-Bürger*in oder Flüchtling nach Frankfurt, sehe man sich dennoch einem wahren Dschungel an Aufenthaltsstatus-relevanten Institutionen gegenüber. „Es gibt ein breites Spektrum an neuen Akteur*innen aus dem städtischen Raum, die die internationale Grenze mit verhandeln“, berichtet Fauser.

Für die Studie haben die Forscherin und ihr Team mit Vertreter*innen von 40 institutionellen Behörden, Vereinen, Wohlfahrtsorganisationen und NGOs aus den Bereichen Gesundheit, Arbeit und Familie gesprochen. Darunter waren die Ausländerbehörde, das Jobcenter, das Sozialamt, das Gesundheitsamt, das Jugendamt, die Caritas, die Diakonie und diverse Vereine. „Wir haben narrative Interviews geführt, also viele offene Fragen gestellt. In der qualitativen Sozialforschung nennt man den Ansatz Grounded Theory“, erklärt Fauser. Die Mitarbeitenden sollten von ihrer Arbeit berichten und von Fällen erzählen: Wie läuft ein typisches Beratungsgespräch ab? Wie sieht ein gelungener Vermittlungsprozess aus? Was sind wiederkehrende Hürden?

Städte als Orte der Integration

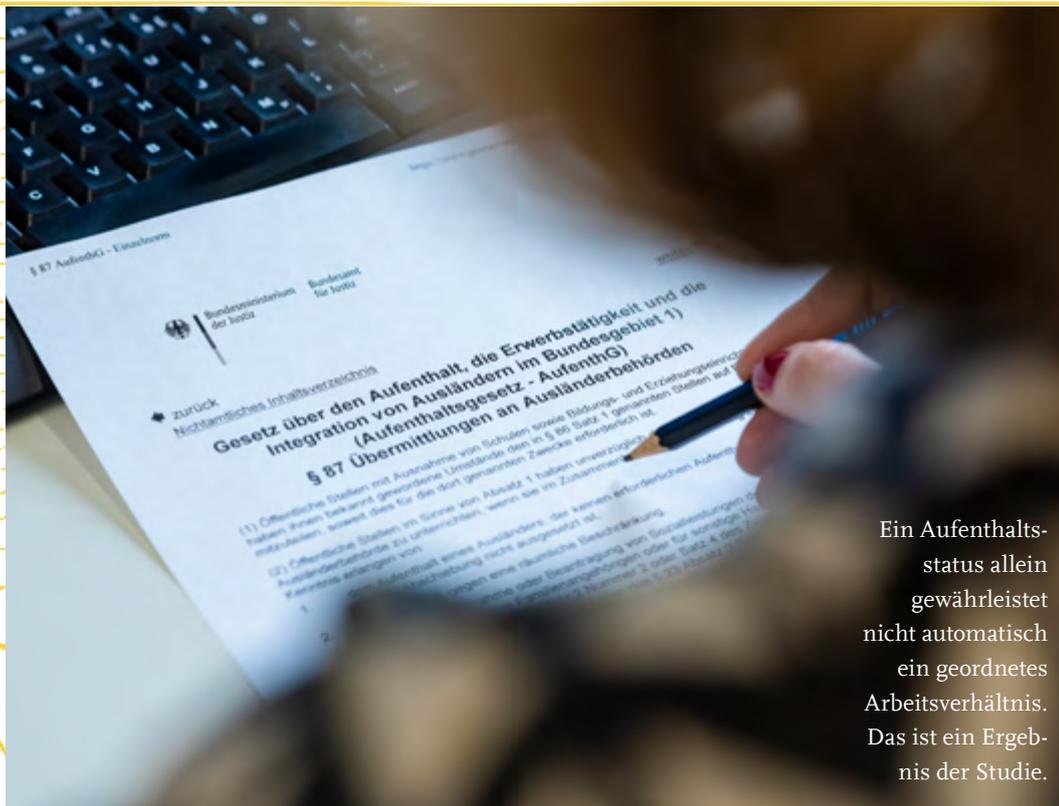
Ihre Antworten? „Die Städte werden zwar von allen als Integrationsräume wahrgenommen. Dennoch berichten die Befragten ebenfalls von Exklusionen und einer starken Fragmentierung, die viel zu wenig in Rechnung gestellt wird“, fasst Fauser zusammen. „Ein Aufenthaltsstatus allein gewährleistet nicht automatisch ein geordnetes Arbeitsverhältnis, den Zugang zur Gesundheitsversorgung oder den Anspruch auf Familienzusammenführung“, so Fauser. Es gebe auch keine lineare aufenthaltsrechtliche Hierarchie. „Aus einer Aufent-

haltskategorie lässt sich nicht automatisch ein Inklusionspfad ableiten“, erklärt die Soziologin. Unterschiedliche Gruppen würden unterschiedlich behandelt. „Es wurde berichtet, dass Zuwander*innen aus Osteuropa und Südosteuropa sich zum Teil größeren Hürden gegenübersehen, keinen Zugang zu Unterstützung hatten und manchmal auch mehr Diskriminierung erfahren als etwa Flüchtlinge aus Syrien.“ In den Interviews sei auch immer wieder deutlich geworden, dass nicht nur der formale Aufenthaltsstatus eine Rolle spiele, sondern auch andere Kategorien wie Geschlecht, Gesundheitszustand, Religion, Herkunftsland oder Bildungsstatus bei der Jobvermittlung mitverhandelt wurden. „Es geht also um zusätzliche symbolische Hierarchien“, resümiert Fauser.

Über 80 verschiedene Aufenthaltskategorien

Insgesamt hätten die Interviews ihr die Komplexität und Dynamik der Grenze vor Augen geführt. „Die Bereiche Arbeit, Gesundheit und Familie greifen stark ineinander. Wenn ich beispielsweise als Zuwanderin aus der EU kein reguläres Beschäftigungsverhältnis habe, dann habe ich in der Regel auch keine Krankenversicherung und kann auch meine Familie nicht nachholen.“ Je nach Status gebe es ganz unterschiedliche Hürden. „Ich kann als anerkannter Flüchtling zum Beispiel in einem Feld inkludiert und integriert sein, aber in einem anderen exkludiert.“ Fauser spricht auch von differenzieller oder partieller Inklusion.

Eine Wurzel des Problems sieht die Wissenschaftlerin in der Vielzahl von Aufenthaltskategorien. „In Deutschland gibt es über 80 verschiedene Abstufungen und Kategorien, die den Zugang zu Arbeit, zu Sozialleistungen oder die Aufent-



Ein Aufenthaltsstatus allein gewährleistet nicht automatisch ein geordnetes Arbeitsverhältnis. Das ist ein Ergebnis der Studie.



Margit Fauser wählt in ihrer Forschung zum europäischen Grenzregime Städte als Eintrittsperspektive.

”
DIE GRENZEN
SELBST
SIND IN
BEWEGUNG
GERATEN.
“

Margit Fauser

haltsperspektive regeln. Diese werden ständig reformiert, es gibt unzählige Ausnahmen und einen großen Ermessungsspielraum.

Die Fälle sind uneindeutig, sodass das Ergebnis von einzelnen Entscheidungen kaum vorhersagbar ist“, berichtet Fauser. So würden in einigen Fällen Integrationsbemühungen – der Erwerb der Sprache, ehrenamtliche Tätigkeiten – prämiert; in anderen nicht. Manchmal gelingt es Beratungsstellen, Personen in Krankenkassenverhältnisse zu bringen und manchmal nicht.

Den Grenzbezug neu denken

Ferner hat Fauser beobachtet, dass die Mitarbeitenden der Behörden und Organisationen selbst aktiv an den Grenzverhandlungen teilhaben. „Sie werden in die Grenzsituation mit reingezogen. Und das ist ja nicht ihre Aufgabe“, so Fauser. Die Forscherin hat verschiedene Rollen identifiziert, die die Mitarbeitenden einnehmen. „Da gibt es zum Beispiel die Broker, die versuchen, die Rechte der Migrant*innen im Rahmen der existierenden Praktiken und Regeln durchzusetzen, oder die Advokaten, die sich energisch für die Migrant*innen und deren Rechte und gegen Diskriminierung einsetzen. Es gibt aber auch solche, die sofort und direkt humanitäre Hilfe leisten und dabei bisweilen die Migrant*innen ins Regelsystem

bringen wollen. Und es gibt die Gatekeeper, die informell tätig werden, sich privat und ehrenamtlich engagieren“, erklärt die Soziologin.

Was bedeuten diese Beobachtungen für den Grenzbezug? „Unsere Studie hat verdeutlicht, dass sich das europäische Grenzregime stark verändert hat und man heute vom bordering, von der Grenze als Praktik, sprechen muss, an der unterschiedliche Personen beteiligt sind“, resümiert Fauser. Das Grenzverständnis ende nicht an der territorialen Grenzlinie. Fauser plädiert daher dafür, den Grenzbezug neu zu denken. „Die Grenzen selbst sind in Bewegung geraten. Die Grenze wandert mit den Menschen mit und wird sie begleiten. Wir beobachten neue Grenzmomente, neue Orte, und neue Akteur*innen, die die Grenzen verhandeln.“

Welche Folge hat das konkret für die Integration im städtischen Raum? „In vielen Bereichen wäre es ein Gewinn, Entscheidungen weniger an rechtlichen Kategorien festzumachen“, findet Fauser. Die Stadt Frankfurt böte bereits eine humanitäre Gesundheitsversorgung unabhängig vom Aufenthaltsstatus an. „Solche Maßnahmen verbessern die Lebensbedingungen vieler Migrant*innen unmittelbar.“

Text: lb, Fotos: dg



Matchball. Nur noch ein Punktgewinn bis zum Sieg. Das Publikum hält gespannt den Atem an. Es ist mucksmäuschenstill, man kann die Asche unter den Schuhen knarzen hören. Der Spieler schließt die Hand fester um den Griff seines Schlägers, tippt ein paar Mal mit dem Ball, der im Sonnenlicht gelb leuchtet. Er holt Schwung, um den Arm zum Aufschlag zu heben. Wie unzählige Male zuvor in diesem Match. Aber irgendwas ist anders. Der Arm wird schwer. Er will die Bewegung, die sich bei den vorherigen Aufschlägen noch so flüssig angefühlt hat, nicht mehr mitmachen. Vom Eisenarm sprechen Tennisspielerinnen und -spieler in solchen Momenten.

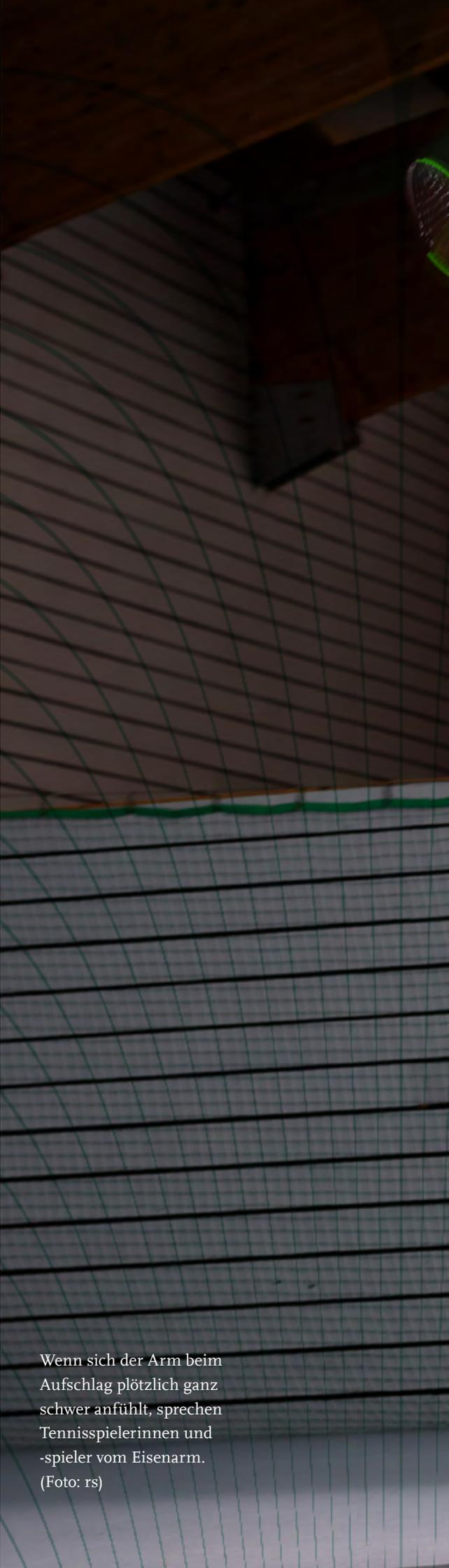
Dieses Phänomen kennt auch Prof. Dr. Christoph Bühren von der Ruhr-Universität Bochum. Er hat fünf Jahre in der Tennis-Bundesliga gespielt und beschäftigt sich in seiner Forschung unter anderem mit Leistungsdruck im Spitzensport. Wenn ein Fußballer den entscheidenden Elfmeter kurz vor Abpfiff in den Himmel schießt, eine Biathletin vor heimischer Kulisse zittrige Arme am Schießstand bekommt oder ein Tennisspieler ausgerechnet den Aufschlag zum Matchgewinn ins Netz schlägt – dann hat die Psyche den Profis ein Schnippchen geschlagen.

„Choking under pressure“ nennt der Fachjargon das Versagen unter Leistungsdruck. Christoph Bühren hat es mit Kolleginnen und Kollegen schon in verschiedenen Sportarten untersucht. Eigentlich ist er Wirtschaftswissenschaftler mit Fokus auf Verhaltensökonomik, aber in Bochum ist seine Professur an der Fakultät für Sportwissenschaft angesiedelt. Denn seit vielen Jahren bedient Bühren sich an Daten aus dem Sport. Weil die Wettkämpfe klaren Regeln folgen und die Teilnehmenden sehr hohe Anreize haben zu gewinnen, bieten Sportevents ideale Rahmenbedingungen, die sich im Labor kaum simulieren lassen.

Heimvorteil oder Heimnachteil?

Was passiert, wenn ein Spiel in die Crunchtime geht – also in die entscheidende Phase –, wollte Christoph Bühren genauer wissen. Ihn interessierte, welche Leistungsparameter unter Druck leiden und welche nicht. „Druck kann auch etwas Positives sein“, sagt der Forscher. „Sportlerinnen und Sportler können über sich hinauswachsen, wenn sie lautstark vom Publikum angefeuert werden.“ Ob die Heimkulisse lähmt oder beflügelt, konnte Christoph Bühren während der Corona-Pandemie untersuchen, als die Vereine zeitweilig zu Geisterspielen gezwungen waren. Damals noch an der Technischen Universität Clausthal angestellt verglich er zusammen mit seinem Kollegen Dominic Jung die Statistiken von Heimmannschaften der ersten Fußball-Bundesliga bei Spielen mit und ohne Publikum.

„Der Heimvorteil bei Spielen mit Fans war unbestritten vorhanden“, so Christoph Bühren. „Die Mannschaften haben vor heimischem Publikum besser abgeschnitten als bei Geisterspielen.“ Die Forschenden schauten aber auch in die einzelnen Performance-Maße. Manche verbesserten sich vor Publikum, etwa die Gesamt-Laufleistung oder die Anzahl der Sprints. Auf der anderen Seite litt beispielsweise die Präzi- ▶



Wenn sich der Arm beim Aufschlag plötzlich ganz schwer anfühlt, sprechen Tennisspielerinnen und -spieler vom Eisenarm. (Foto: rs)



Sportwissenschaft

STÄHLERNE NERVEN ODER EISERNER ARM

*Wenn es drauf ankommt, spielt die Psyche
vielen Sportlerinnen und Sportlern einen
Streich. Aber nicht allen.*



HANDBALL – DIE AUSNAHME

Fußball, Basketball, Tennis, Slalom – in all diesen Sportarten konnte Christoph Bühren den Choking-under-pressure-Effekt, also das Versagen unter Leistungsdruck, nachweisen. „Nur beim Handball haben wir das Phänomen nicht finden können“, erzählt der Bochumer Forscher. „Im Gegenteil, hier scheint es so zu sein, dass die Spielerinnen und Spieler vor allem dann besonders gut sind, wenn es drauf ankommt.“ Zusammen mit Marvin Gabriel von der Universität Kassel, selbst Handballspieler in der dritten Liga, analysierte Bühren die Leistung bei Strafwürfen aus sieben Metern. Daten von 236 Werferinnen und Werfern aus den ersten drei deutschen Handball-Ligen der Saison 2019/20 gingen ein.

Im Gegensatz zu anderen Sportarten waren sowohl Frauen als auch Männer in der Crunchtime treffsicherer. Gerade wenn es unentschieden stand oder das eigene Team zurücklag, verwandelten die Schützinnen und Schützen mit höherer Wahrscheinlichkeit ihre Würfe. Dabei spielte es keine Rolle, in welcher Liga sie spielten. „Man könnte argumentieren, dass die Torhüterinnen und Torhüter unter Druck schlechtere Leistungen zeigen“, wägt Christoph Bühren ab. „Aber eigentlich sind sich alle einig, dass der Druck bei einem Strafwurf auf dem Schützen lastet. Handballspielerinnen und -spieler in unserer Stichprobe haben ganz offensichtlich besonders gut performt, wenn ihr Team sie am meisten gebraucht hat.“

”

HANDBALL-
SPIELERINNEN
UND -SPIELER
SIND VOR
ALLEM DANN
BESONDERS
GUT, WENN
ES DRAUF AN-
KOMMT.

“

Christoph Bühren



Uwe Gensheimer
verwandelte für die
Rhein-Neckar Löwen
zahlreiche Siebenmeter.
(Foto: Rhein-Neckar
Löwen)



Von „choking under pressure“ spricht man, wenn Spitzensportlerinnen und -sportler in entscheidenden Situationen ihre Leistung nicht abrufen können.

(Foto: rs)

sion der Pässe und Torschüsse, wenn Fans in der Arena waren. „Wenn Zuschauerinnen und Zuschauer im Stadion sind, kämpfen die Heimmannschaften mehr, und das scheint entscheidenden Einfluss auf den Ausgang der Spiele zu haben“, resümiert Christoph Bühren. „Aber die Geschicklichkeit leidet unter Druck.“

Sportarten mit und ohne Gegner

Das passt auch zu Beobachtungen aus Tennis-Matches: Spieler verlieren ihre Aufschlagsspiele am Ende des Satzes, also wenn der Druck am höchsten ist, häufiger als zu Beginn eines Satzes. Obwohl es eigentlich von Vorteil sein sollte, Aufschlag zu haben, gewinnen viele Spieler besonders wichtige Punkte bei eigenem Aufschlag mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit als unwichtige Punkte. „Es gibt allerdings Belege, dass das bei den Top 50 der Welt nicht der Fall ist“, weiß Christoph Bühren. „Besonders guten Spielern gelingt es anscheinend, jeden Punkt einzeln zu betrachten und so eine konstante Performance über das gesamte Match hinweg abzurufen.“ Problematisch an Untersuchungen mit Sportarten wie Tennis sei aber, dass nicht ein Spieler allein über den Ausgang entscheide. „Die Tatsache, dass es einen Gegner gibt, kann die Ergebnisse verzerren“, so der Bochumer Forscher. „Vielleicht wirkt es nur so, als ob der eine Sportler unter Druck besonders gut spielt, aber eigentlich versagen dem Gegner in der Crunchtime die Nerven.“

Daher schaute Christoph Bühren sich mit Kollegen aus Norwegen und der Schweiz, Alex Krumer und Martin Gschwend, den Ski-Sport an. Die Forschenden betrachteten Daten aus dem Slalom, Riesenslalom und Super-G von 1.039 Frauen und 1.274 Männern aus 19 Saisons. Dabei analysierten sie die Performance separat für den ersten und den zweiten Lauf im Slalom und Riesenslalom; im Super-G gibt es nur einen Durchgang.

„Bei den drei Disziplinen ist es üblich, dass eine oder einer der Trainerinnen und Trainer den Parcours steckt“, erklärt Christoph Bühren. „Sie können die Tore so setzen, dass es ▶



den Vorlieben ihres Athleten oder ihrer Athletin entspricht, und sie können entsprechende Anweisungen geben.“ Profitieren die Schützlinge davon? Oder steigt durch den vermeintlichen Vorteil der Erwartungsdruck?

Ein Effekt ergab sich nur beim Slalom, aber nicht beim Riesenslalom oder Super-G – und auch nur im zweiten, also entscheidenden Lauf. „Der Slalom ist die technisch anspruchsvollste Disziplin“, erklärt Christoph Bühren. Frauen schneiden im zweiten Lauf beim Slalom signifikant besser ab, wenn ihr eigener Trainer oder ihre Trainerin den Parcours gesteckt hat. Sie nutzen den Vorteil also aus. Männer hingegen versagen unter den gleichen Bedingungen häufiger; sie scheiden im zweiten Slalom-Lauf öfter aus.

” DIE GESCHICKLICHKEIT LEIDET UNTER DRUCK. “

Christoph Bühren

„Dieser Geschlechtereffekt tritt nicht in allen Studien auf“, stellt Christoph Bühren klar. „Aber in unseren Arbeiten haben wir ihn schon dreimal nachweisen können.“ Stets waren es die Männer, die bei Geschicklichkeitsaufgaben in der entscheidenden Phase nicht die Maximalleistung abrufen konnten. „Wir denken, dass es daran liegt, dass Männer sich in Wettkampfsituationen selbst unter Druck setzen“, vermutet Christoph Bühren. „Sie möchten vielleicht zu sehr gewinnen, das Level des Stresshormons Cortisol steigt bei ihnen stark an in kompetitiven Situationen.“ Kommt dann aber noch Druck durch die Rahmbedingungen hinzu, schießen sie über das optimale Level hinaus.

Für den Ski-Sport könnte es laut Christoph Bühren eine Lösung sein, den Kurs von einer neutralen Person stecken zu lassen. Außerdem könnten die Trainerinnen und Trainer ihre Ansprache anpassen. „Gerade Männer muss man in solchen Situationen nicht zusätzlich motivieren und vor allem nicht zu sehr auf technische Details hinweisen“, rät Christoph Bühren. „Wenn sie zu viel über Geschicklichkeitsaufgaben nachdenken, kann es sein, dass sie Automatismen plötzlich nicht mehr abrufen können.“

Der Forscher würde sich freuen, wenn die Erkenntnisse aus seinen Studien in der Praxis ankämen. Vielleicht könnte das den ein oder anderen Sturz beim Slalom vermeiden – und vielleicht auch den einen oder anderen Eisenarm beim Tennis.



Der Slalom ist eine technisch besonders anspruchsvolle Disziplin. (Foto: DSV Alpin)



Christoph Bühren ist Professor für Sportmanagement und Sportconsulting an der Ruhr-Universität Bochum. (Foto: rs)

Serie

IN BEWEGUNG ...



Foto: dg



Foto: privat

Jura

EINE ENTSCHEIDUNG MIT GRAVIERENDEN FOLGEN

In Bewegung sind viele Migrant*innen, die über Drittstaaten in die Europäische Union gelangen. In Bewegung sind jedoch auch Migrant*innen, die aus dem Gebiet der Europäischen Union – etwa auf Grundlage eines Europäischen Rückübernahmeabkommens – in ihren Heimat- oder einen Transitstaat rückgeführt werden. Solche Rückführungsabkommen existieren sowohl bilateral zwischen einzelnen EU-Mitgliedstaaten und ihren jeweiligen Partnerstaaten als auch zwischen der Europäischen Union und Drittstaaten. Ob eine Person in ihren Heimat- oder einen Transitstaat rückgeführt wird, muss zunächst durch nationale Behörden der EU-Mitgliedstaaten entschieden werden. Bei dieser Rückführungsentscheidung müssen auch Menschenrechtsverletzungen, die den Betroffenen nach ihrer Rückkehr drohen, berücksichtigt werden. Der Entscheidungsmaßstab der nationalen Behörden ist jedoch uneinheitlich ausgestaltet. So bestimmt etwa jeder EU-Mitgliedstaat selbst, welche Staaten als sogenannte sichere Herkunfts- oder Transitstaaten gelten. In diese werden Menschen dann rückgeführt, ohne dass hinreichend geprüft wird, ob ihnen Verfolgung, Folter oder andere erniedrigende Behandlungen drohen. Diese uneinheitliche Entscheidungspraxis innerhalb der EU kann gravierende Folgen für die Betroffenen haben.

Sozial-/Kulturwissenschaften

FRAUEN IN BEWEGUNG

In Bewegung begeben sich Frauen weltweit gegen herkömmliche und moderne Unterdrückung und Gewalt. Sie werden vor Ort aktiv, nehmen aber globale Ideen und Impulse auf und verändern sie für ihren Kontext. Michiko Mae und ich haben dazu Frauenbewegungen in Deutschland und Japan untersucht und ihre Quellen veröffentlicht. In Japan forderten Frauen früh politische und soziale Partizipation und kritisierten die moderne Weiblichkeits- und Geschlechternorm grundlegend. Sie betonten ihre autonome kulturelle Kreativität und Erotik. Nach 1945 kritisierten sie früh die (neo-)koloniale und sexuelle Gewalt ihrer Nation. In beiden Ländern haben sie die hegemoniale Gendernorm dekonstruiert und die moderne Geschlechterordnung verändert.

Prof. Dr. Ilse Lenz

André Schmitz



Medizintechnik

BLÄSCHEN IM ULTRASCHALL ERÖFFNEN DEN BLICK AUF WINZIGE GEFÄSSE

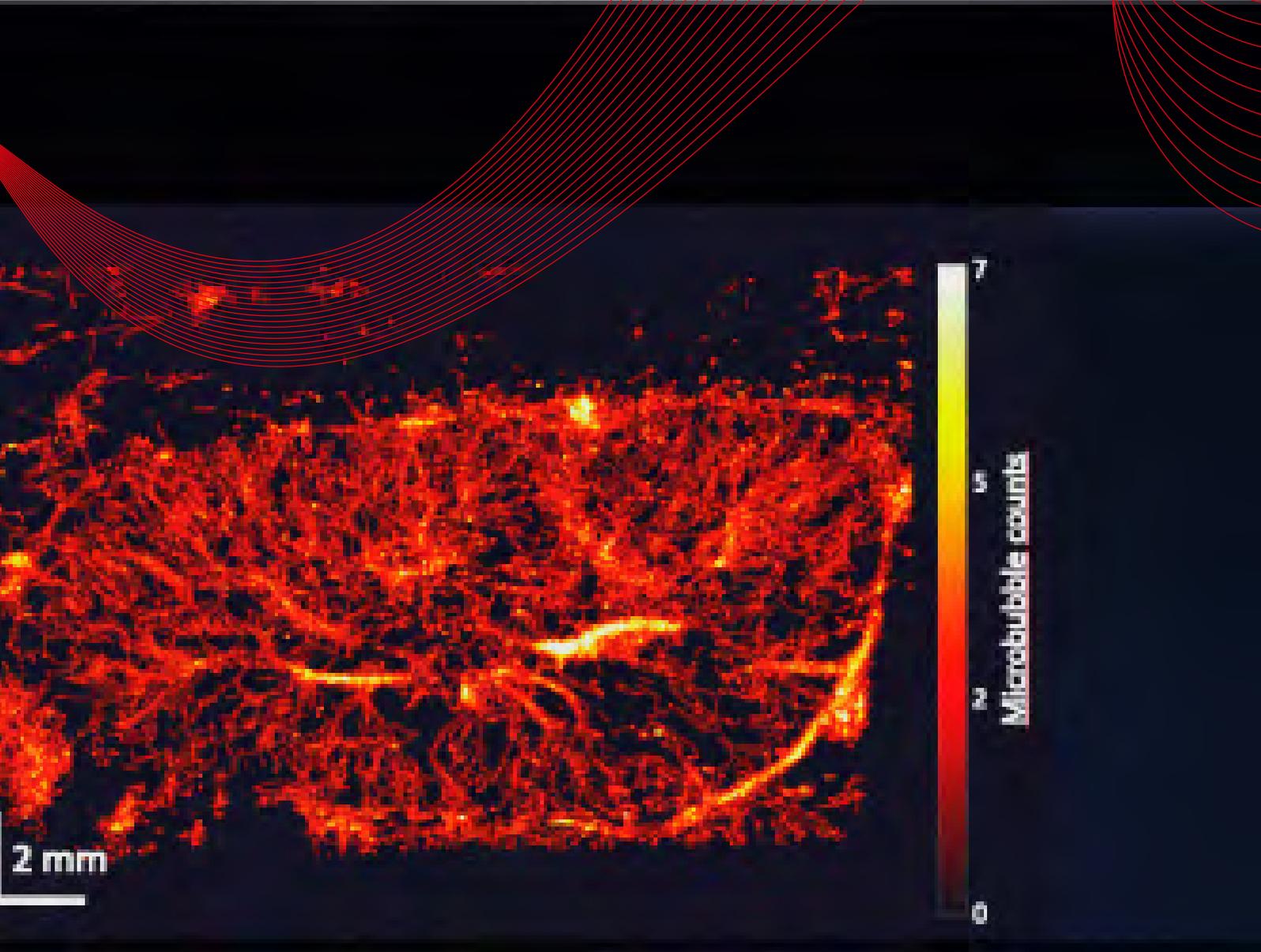
Grau-weißes Geriesel – mehr ist für die meisten Laien in einem Ultraschallbild häufig nicht zu erkennen. Geübte Augen von Ärztinnen und Ärzten sehen mehr. Sie könnten vielleicht erkennen, dass es sich bei dem Ultraschallbild, das Prof. Dr. Georg Schmitz zeigt, um die Niere einer Maus handelt. Doch mehr als die grobe Struktur offenbart das Bild auch ihnen nicht. Dafür ist die Auflösung zu niedrig. Aber Georg Schmitz hat da ein Ass im Ärmel: Plötzlich strömen weiße Punkte in das Bild und finden ihren Weg durch die Nierenstruktur. Wenige Momente später zeichnet sich eine scharfe Darstellung des Gefäßsystems der Niere ab, farbig und plastisch zu erkennen.

Georg Schmitz und sein Team vom Lehrstuhl Medizintechnik der Ruhr-Universität Bochum arbeiten seit über zehn Jahren an dieser Technik, der sogenannten Ultraschall-Lokalisations-Mikroskopie, kurz ULM. 2011 kam ihnen die zündende Idee, für die hochauflösende Darstellung von Gefäßen im Ultraschall ein Kontrastmittel einzusetzen, das aus Mikrobläschen besteht. Die gasgefüllten Bläschen des Kontrastmittels, das etwa seit dem Jahr 2000 im klinischen Einsatz ist, sind nur rund einen Mikrometer klein und mit Phospholipiden ummantelt. In die Vene verabreicht, verteilen sie sich mit dem Blutstrom bis in die kleinsten Gefäße hinein, und sie reflektieren Ultraschallwellen so gut, dass sie im Bild weiß aufleuchten. „Das Kontrastmittel hält sich nur etwa zehn Minuten lang im Körper, dann werden die Bläschen abgebaut, und das Gas wird über die Lunge abgeatmet“, erklärt Georg Schmitz. Die Aufnahme der Bilder dauert nur 30 bis 90 Sekunden.

Um die Auflösung des Ultraschallbildes so beeindruckend zu vergrößern wie im Bild der Mausniere, sind allerdings mehrere Zwischenschritte notwendig. Der erste ist auch gleich einer der herausforderndsten: Die Eigenbewegung des Patienten oder der Patientin muss herausgerechnet werden. Herzschlag und Atmung sorgen dafür, dass die untersuchten Organe pulsieren, und zwar in alle Richtungen. ▶

Auf Knopfdruck verbessert sich die Auflösung von Ultraschallbildern um das Fünffache. Möglich machen das im Blutstrom flitzende Bläschen und ein ausgefuchster Algorithmus.





Georg Schmitz arbeitet in enger Verbindung mit Partnern aus der klinischen Praxis zusammen. „Es kommt mir darauf an, dass die Ergebnisse der Forschung auch Sinn ergeben für die klinische Nutzung“, betont er. (Foto: rs)

In der Ultraschall-Lokalisations-Mikroskopie des gesunden Lymphknotens am Hals einer Versuchsperson kann man die einzelnen Gefäße deutlich erkennen. (Foto: rs)



” DIE
RICHTUNG
DER BEWE-
GUNG UND
DIE GESTALT
DER DURCH-
STRÖMTEN
KLEINEN
GEFÄSSE SIND
INFORMATIO-
NEN, DIE
ÄRZTINNEN
UND ÄRZTE
GANZ GENAU
WISSEN
WOLLEN.“

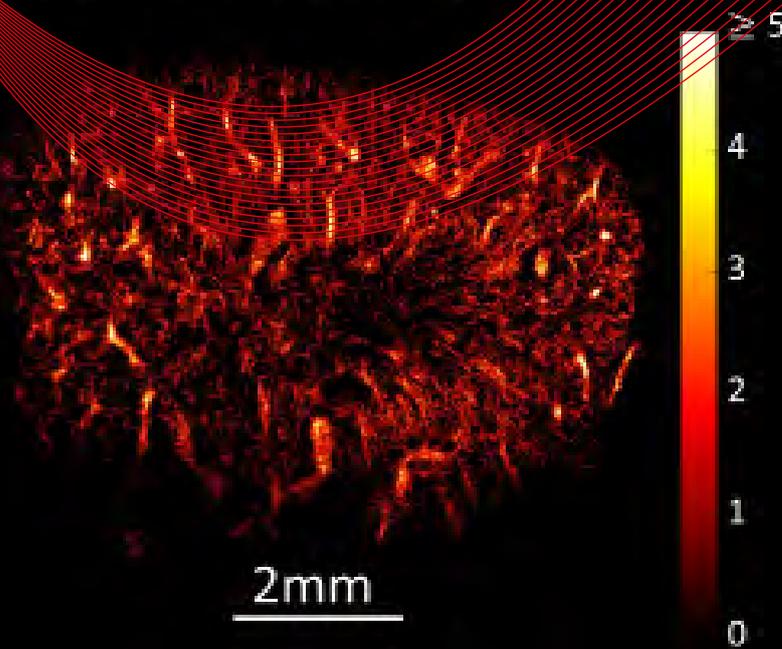
Würde man diese Bewegung nicht berücksichtigen, würde sie das Gefäßbild verfälschen. Besonders schwierig ist das für Bewegungen in der dritten Richtung, die senkrecht zur Bildebene liegt. „Hier sind wir dabei, unseren Algorithmus noch zu optimieren“, so Georg Schmitz.

Im nächsten Schritt rechnet der von den Forschenden an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik entwickelte Algorithmus den Bildhintergrund aus den Aufnahmen heraus, sodass nur die Bläschen dargestellt werden. Sie sind mit dem Blut in Bewegung, nähern sich einander an und überlagern sich. Ihr Bild allein ergibt deswegen noch keinen Mehrwert für die Darstellung von kleinsten Blutgefäßen. Der nächste Schritt ist daher die Markierung der Mitte jedes einzelnen Bläschens. „Das ist ein relativ einfacher Vorgang, für den man zum Beispiel die Helligkeit auswertet und die Form des Bläschens heranziehen kann“, berichtet Georg Schmitz, dessen Team mit diesem Verfahren auf Tagungen bereits Preise abgeräumt hat.

Wo ist das Bläschen entlangeströmt?

Schwieriger ist wieder der folgende Schritt: die Bewegung der einzelnen Bläschen aus der Abfolge von Bildern zu rekonstruieren. „Wir haben bei in der klinischen Nutzung befindlichen Ultraschallgeräten eine Bildwiederholrate von etwa 10 bis 50 Hertz“, so Schmitz. „Das heißt, pro Sekunde nimmt das Gerät zwischen 10 und 50 einzelne Bilder auf.“ Auf jedem dieser Bilder sind die in Bewegung befindlichen Bläschen an verschiedenen Orten. Die Herausforderung liegt darin, zu berechnen, welches Bläschen welchen Weg zurückgelegt hat – also herauszufinden, wo ein- und dasselbe Bläschen in einem Bild und im

ULM Count Image



Ultraschall (links) und Ultraschall-Lokalisations-Mikroskopie (rechts) einer Mausniere im Vergleich. Die neue Technik ermöglicht es, auch kleinste Gefäße sichtbar zu machen. (Bild: Georg Schmitz)

nächsten genau ist. „Unser Algorithmus betrachtet dafür immer eine Gruppe benachbarter Bilder und entscheidet nach der größten Wahrscheinlichkeit, welchen Weg ein Bläschen zurückgelegt hat“, erklärt Georg Schmitz. „Man erreicht damit in einer zumutbaren Rechenzeit nie eine hundertprozentige Genauigkeit – aber das muss auch nicht sein.“

Was schließlich nach wenigen Minuten bei der gesamten Berechnung herauskommt, ist ein Bild des Systems kleiner Gefäße, durch die sich die Bläschen hindurchbewegt haben. Man kann daraus sogar ablesen, in welche Richtung und mit welcher Geschwindigkeit die Bläschen hindurchgeströmt sind.

„Die Richtung der Bewegung und die Gestalt der durchströmten kleinen Gefäße sind Informationen, die Ärztinnen und Ärzte ganz genau wissen wollen“, weiß Georg Schmitz aus der Zusammenarbeit mit klinischen Partnern in mehreren Projekten. „Denn daraus können sie Schlüsse ziehen, welche Charakteristika beispielsweise ein Tumor hat: Von wo aus wird er versorgt? Wie sehen die versorgenden Blutgefäße aus?“ Solche Informationen können Aufschluss darüber geben, wie aggressiv die Erkrankung ist und möglicherweise auch, welche Therapie funktionieren wird oder auch nicht.

Wertvoll ist die Betrachtung der kleinsten Gefäße auch, um die Wirkung einer Chemotherapie zu überwachen. „Chemotherapeutika richten sich oft gegen Gefäße“, erklärt Schmitz. „Im Verlauf der Behandlung kann man mittels Ultraschall-Lokalisations-Mikroskopie häufig beobachten, dass zunächst mehr Gefäße sichtbar werden als zuvor, ver-

mutlich weil durch die Therapie der Druck im Tumor sinkt und sich Gefäße öffnen. Im weiteren Verlauf einer erfolgreichen Therapie kann man dann beobachten, wie die versorgenden Gefäße nach und nach verschwinden.“

Die Ultraschall-Lokalisations-Mikroskopie ist zurzeit die einzige bildgebende Methode, die solche feinen Blutgefäße sichtbar machen kann. „Die Computertomografie zeigt nur durch Einsatz toxischer Kontrastmittel überhaupt Gefäße, aber wie auch bei der Magnetresonanztomografie ist die Auflösung viel geringer“, so Schmitz. Die Herausforderung bei der Nutzung der ULM liegt darin, dass man den Schallkopf freihändig bedient und die Orientierung deswegen schwieriger ist als beim MRT, das immer einen kompletten Querschnitt des Körperteils abbildet.

Die Qualität der Bilder ist so gut, dass verschiedene Medizingerätehersteller Interesse angemeldet haben. Ideen für weitere Nutzungsmöglichkeiten gibt es ohnehin viele: ULM ermöglicht es beispielsweise, genau zu untersuchen, ob sich Metastasen in Lymphknoten gebildet haben, da sich dabei das Gefäßsystem anpasst. Die bisherige Diagnostik liegt dabei in bis zu 30 Prozent der Fälle falsch. ULM könnte es auch möglich machen, die Nierenfunktion nicht-invasiv zu beobachten, um etwa herauszufinden, ob eine akute Nierenerkrankung chronisch zu werden droht oder nicht. „Die entsprechenden Vorgänge laufen in winzig kleinen Gefäßknäueln von etwa 200 Mikrometern Durchmesser ab, die man bisher einfach nicht darstellen konnte“, erklärt Schmitz. ULM ist auf dem besten Wege, das zu leisten.

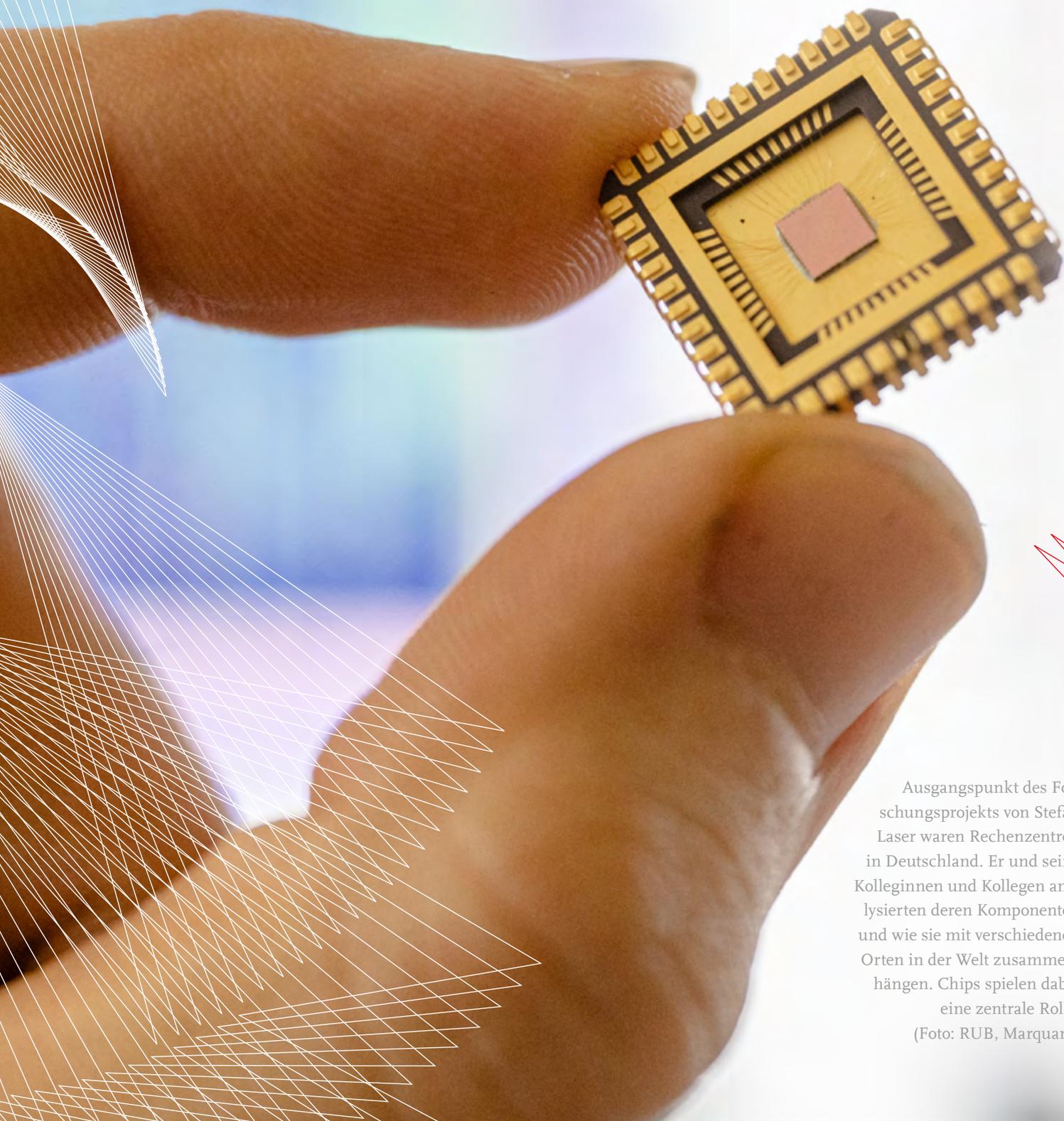
md



Sozialwissenschaft

VON DER **CHIP-FABRIK** INS NAGELSTUDIO

Der Boom der Chip-Industrie ermöglicht in Vietnam Karrieren, die auf den ersten Blick ungewöhnlich erscheinen. Schaut man genauer auf die Entwicklungen, tun sich jede Menge Widersprüche auf.



Ausgangspunkt des Forschungsprojekts von Stefan Laser waren Rechenzentren in Deutschland. Er und seine Kolleginnen und Kollegen analysierten deren Komponenten und wie sie mit verschiedenen Orten in der Welt zusammenhängen. Chips spielen dabei eine zentrale Rolle.
(Foto: RUB, Marquard)

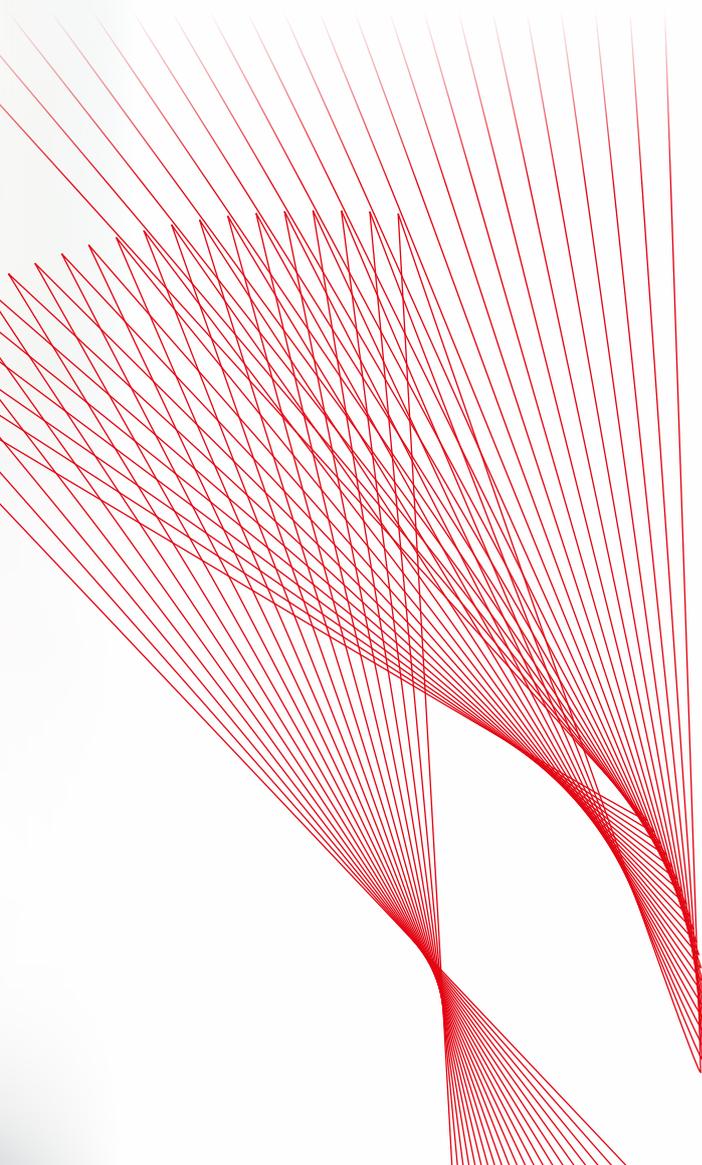
Tempel, Strände, Reisfelder – diese Assoziationen dürfen viele haben, wenn sie an Vietnam denken. Aber die Reisfelder werden weniger. Sie müssen weichen, um Platz für Neues zu schaffen. Denn Vietnam hat einen Plan: Das asiatische Land strebt danach, ein großer Player in der Chip-Industrie zu werden. Durch die Corona-Pandemie und politische Spannungen zwischen China und den USA ist Bewegung in die Branche gekommen. „Die Corona-Maßnahmen haben einige Schluckauf-Beschwerden in den Fertigungsketten verursacht, die dem Westen gezeigt haben, wie abhängig er derzeit von China ist“, sagt Dr. Stefan Laser, Sozialwissenschaftler an der Ruhr-Universität Bochum. „Es gibt also durchaus ein politisches Interesse, dass die Chip-Branche auch in anderen Ländern Fuß fasst.“

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs „Virtuelle Lebenswelten“ erforscht Laser zusammen mit Kolleginnen und Kollegen die Dynamiken in den Wertschöpfungsketten der IT- und Chipindustrie. Taiwan ist derzeit deren Dreh- und Angelpunkt. „90 Prozent der schnellen Chips werden dort gefertigt“, weiß Stefan Laser. „Auch im unteren Segment der Wertschöpfungskette produziert Taiwan immer noch 50 Prozent der Ware.“ Wenn es nach dem Willen der vietnamesischen Regierung geht, wird es aber nicht so bleiben. „Vietnam möchte langfristig das neue Taiwan werden“, bringt Laser es auf den Punkt. Weil es als politisch stabil gilt und strategisch

günstig am Meer gelegen ist, hat auch der Westen ein Interesse daran, dass Vietnam in der Chip-Industrie erstarkt.

Der Weg zu diesem Ziel ist allerdings nicht so klar vorgezeichnet, wie es die Politik teils darstellt. Viele Kontroversen ranken sich rund um den Chip-Boom in Vietnam, wie Stefan Lasers Arbeit sichtbar macht. Dabei hilft ihm, dass er intensiv vor Ort in dem südostasiatischen Land forschen kann. So kann er aus nächster Nähe erfahren, was Menschen über den Chip-Rausch denken. Laser sichtet die Medien, spricht mit Journalistinnen und Journalisten, besucht Industriemessen, um Kontakte in die Chip-Industrie zu knüpfen, und verfolgt Änderungen in den Gesetzen, die die Rahmenbedingungen für die Branche vorgeben.

Nicht immer ist diese Art der Forschung leicht zu realisieren. „Vietnam ist nicht demokratisch, es gibt kein Recht auf freie Meinungsäußerung, keine Pressefreiheit“, stellt Stefan Laser klar. Er kann offiziell keine Interviews führen und muss bei der Kommunikation mit den Menschen sehr vorsichtig sein. „Oft muss man zwischen den Zeilen lesen“, sagt er. „Das, was gesagt wird, kann man nicht immer wörtlich nehmen, sondern es muss gedeutet werden. Dabei kann man natürlich auch mal falsch liegen. Unsere Forschung soll vor allem dazu anregen, über die Gegensätze nachzudenken, die sich in Vietnam auf tun.“ Klar ist, dass viele Hoffnungen und auch viele Investitionen mit der Chip-Industrie in Vietnam ▶



i VIRTUELLE INFORMATIONSSTRUKTUREN

Die in diesem Artikel beschriebenen Forschungsergebnisse werden im Teilprojekt „Virtuelle Informationsstrukturen“ des Sonderforschungsbereichs behandelt. Durch digitale Praktiken stehen User in Verbindung mit den Wertschöpfungsketten, so die These. Die alltägliche wissenschaftliche Forschung in Deutschland ist etwa zunehmend vermittelt durch High-Tech-Rechenzentren, wachsenden Speicherplatz und Rechenaufgaben wie Simulationen oder maschinelles Lernen. Die aufwändigen Speicher- und Rechenleistungen müssen hergestellt und langfristig verfügbar gemacht werden. Das führt die Forschenden zur Chip-Industrie. Rechenzentren weltweit, etwa im deutschen Universitätsbetrieb, sind global vernetzt. Die Herausforderung für die Forschenden lautet, diese Verbindungen explizit und diskutierbar zu machen.



Reisfelder sind typisch für vietnamesische Landschaften. Für die Chip-Industrie wurden einige von ihnen bereits zu Bauland umfunktioniert. (Foto: Stefan Laser)

” ES BILDET SICH EIN INTERESSANTES ÖKOsystem RUND UM DIE CHIP-FABRIK, DAS FAST SCHON GROTESK ANMUTET. “

Stefan Laser

Stefan Laser und das Team von „Hanoi Ad Hoc“ visualisieren die Widersprüche und Veränderungen in Vietnam mit sogenannten Maps of Controversy. Diese Aufnahme zeigt zum Beispiel, wie sich ein Chiphersteller (SEV) und seine Lieferanten inmitten der landwirtschaftlich genutzten Felder angesiedelt haben. (Bild: Stefan Laser, Hanoi Ad Hoc)

verbunden sind. „Aber es gibt auch Zweifel, wie tragfähig das Ganze wirklich ist“, sagt Laser und zeigt ein Beispiel auf: 2023 reiste US-Präsident Joe Biden nach Vietnam, um eine strategische Partnerschaft mit dem Land zu vereinbaren. „Er hatte eine ganze Entourage von Industrievertretern dabei“, erzählt Laser. „Das Unternehmen Intel kündigte anschließend an, ein zweites großes Werk im Land zu bauen – und sprang kurze Zeit später doch wieder ab.“ Warum, wurde zwar nicht öffentlich geäußert. Medien recherchierten jedoch zu dem Thema und machten die fehlende Energiesicherheit als Grund aus.

Fehlende Energiesicherheit und Fachkräftemangel

Derzeit machen erneuerbare Energien einen geringen Anteil am vietnamesischen Energiemix aus. „Die Unternehmen der Chip-Branche unterliegen aber gewissen Klimaverpflichtungen, sodass der Anteil steigen muss, wenn sie in Vietnam investieren sollen“, erklärt Stefan Laser. Allerdings sei in Vietnam keine ausreichende Netzstabilität gegeben; Stromausfälle würden durch mehr erneuerbare Energien wahrscheinlicher werden, da Wind und Sonne nicht konstant vorhanden sind. „Wenn nicht ausreichend Energie vorhanden ist, können in Vietnam Unternehmen vom Netz genommen werden“, weiß Stefan Laser. „Es ist ein kommunistisches Land, das Unternehmen und Privathaushalte gleichbehandelt.“

Kontroversen findet Stefan Laser nicht nur im Hinblick auf die Energiesicherheit, sondern auch an vielen anderen Stellen. So plant Vietnam beispielsweise, 50.000 neue Ingenieurinnen und Ingenieure auszubilden und einzustellen. Sie sollen sicherstellen, dass das Land künftig auch am oberen Ende der Wertschöpfungskette mitmischen kann, etwa beim Chip-Design. Ob es gelingen wird, so viele neue Fachkräfte in den Arbeitsmarkt zu bringen, bezweifeln einige. „Es gibt Sorge vor brain drain“, sagt Stefan Laser. „Fachkräfte könnten sich zwar in Vietnam ausbilden lassen, dann aber nach Taiwan oder Südkorea abwandern – gerade letzteres ist bei den Vietnamesen sehr beliebt, weil ihnen die Kultur gefällt.“ Solchen Befürchtungen versucht Vietnams Führung mit Patriotismus entgegenzuwirken.

Kritisch sehen manche auch die Umweltsituation. Zwar hat Vietnam juristisch betrachtet ausreichende Umweltstandards, aber oft fehlt es an den Ressourcen, um die Gesetze in der Praxis zu implementieren. „Die Chip-Industrie gilt eigentlich als sauber“, erklärt Laser. „Aber es gibt auch Hinweise darauf, dass es unter den Mitarbeiterinnen in den Chip-Fabriken vermehrt zu Schwangerschaftskomplikationen kommt, was an den dort eingesetzten Chemikalien liegen könnte.“

Während solche Umwelteinflüsse im Verborgenen wirken, sind andere offensichtlich. Reisfelder werden umgewälzt und zu Bauland für die Industrie. „Interessant ist aber auch, was sich drumherum noch alles ansiedelt“, so der Bochumer Forscher. Anhand von Karten illustriert Stefan Laser mit dem Kooperationspartner „Hanoi Ad Hoc“, einem forschungsorientierten Architekturbüro, wie sich Landschaften im Lauf der



Stefan Laser ist Sozialwissenschaftler an der Ruhr-Universität Bochum und forscht im Sonderforschungsbereich „Virtuelle Lebenswelten“. (Foto: Privat)

Zeit wandeln: vom Reisfeld zur Baugrube hin zu den weißen Dächern der Industriegebäude, bis schließlich auch immer mehr rote Dächer von Wohngebäuden hinzukommen. Dabei dreht sich in solchen Regionen längst nicht nur alles um die Chip-Industrie.

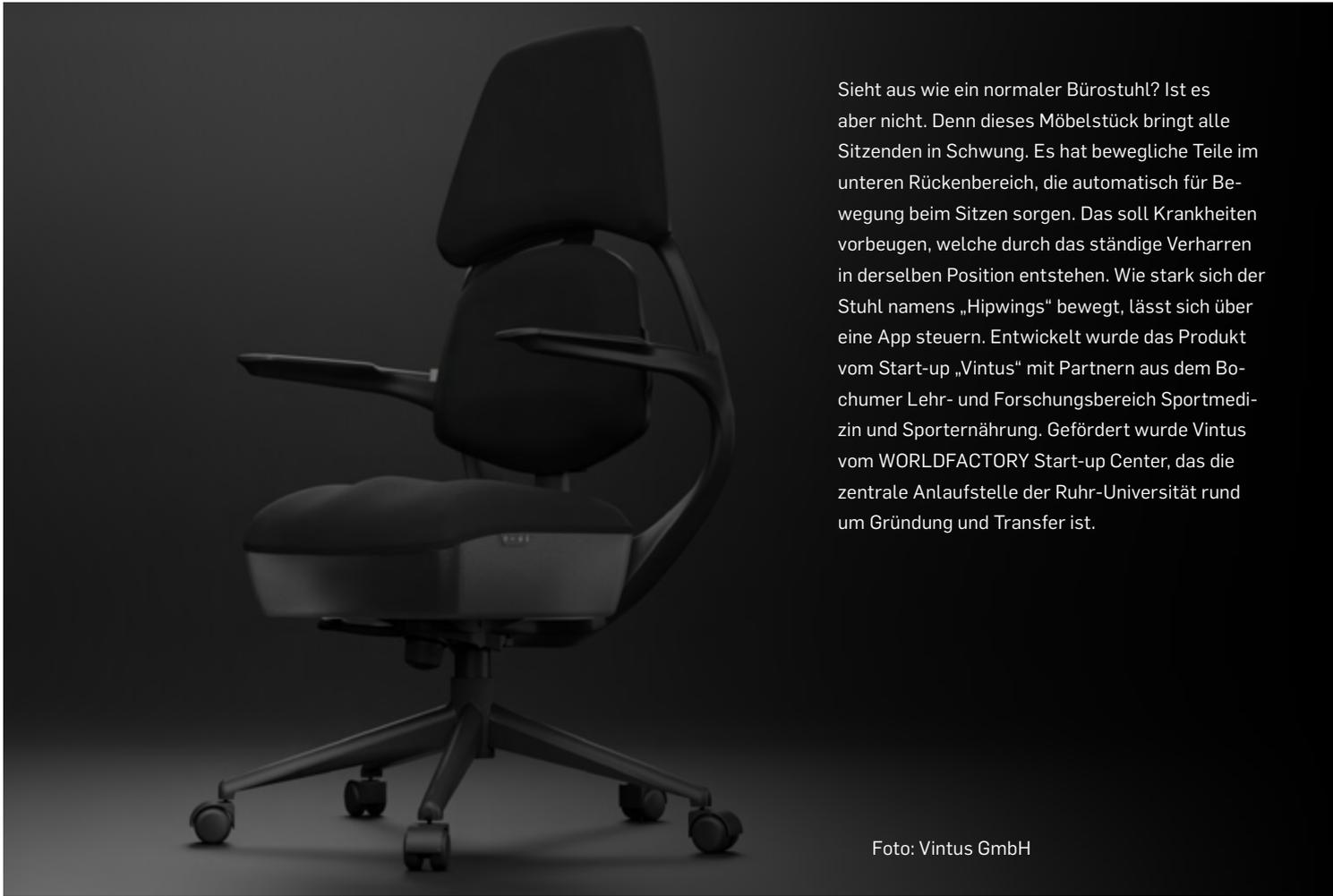
Sprungbrett in die Beauty-Branche

„Im Umfeld der Chip-Fabriken siedeln sich auch Sekundärindustrien an, mit denen man im ersten Moment nicht rechnen würde“, weiß Laser. Konkret spricht er von Fortbildungseinrichtungen, in denen man lernen kann, wie man einen Beauty-Salon eröffnet. „Einige Unternehmen wie Samsung wollen fitte junge Mitarbeiterinnen haben“, erklärt der Sozialwissenschaftler. „Nach fünf Jahren will man die Arbeitskräfte wieder loswerden. Die Frauen wissen das und bilden sich neben ihrer Arbeit in der Chip-Fabrik am Wochenende fort.“ So eignen sich viele das Know-how an, wie man ein Nagelstudio oder einen Schönheitssalon eröffnet, womit die Frauen später oft mehr Geld verdienen als mit der Arbeit im Werk.

„Es bildet sich ein interessantes Ökosystem rund um die Chip-Fabrik, das fast schon grotesk anmutet“, so Stefan Laser. „Genau diese Verbindungen aufzuzeigen und sichtbar zu machen, wie sich Kulturen und Räume verändern, ist das, was die Sozialwissenschaft leisten kann“, resümiert er. „In Vietnam hängt zwar nicht alles mit allem zusammen, aber einiges mit vielem.“



REDAKTIONSSCHLUSS



Sieht aus wie ein normaler Bürostuhl? Ist es aber nicht. Denn dieses Möbelstück bringt alle Sitzenden in Schwung. Es hat bewegliche Teile im unteren Rückenbereich, die automatisch für Bewegung beim Sitzen sorgen. Das soll Krankheiten vorbeugen, welche durch das ständige Verharren in derselben Position entstehen. Wie stark sich der Stuhl namens „Hipwings“ bewegt, lässt sich über eine App steuern. Entwickelt wurde das Produkt vom Start-up „Vintus“ mit Partnern aus dem Bochumer Lehr- und Forschungsbereich Sportmedizin und Sporternährung. Gefördert wurde Vintus vom WORLDFACTORY Start-up Center, das die zentrale Anlaufstelle der Ruhr-Universität rund um Gründung und Transfer ist.

Foto: Vintus GmbH

IMPRESSUM

HERAUSGEBER: Rektorat der Ruhr-Universität Bochum in Verbindung mit dem Dezernat Hochschulkommunikation der Ruhr-Universität Bochum (Hubert Hundt, v.i.S.d.P.)

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT: Prof. Dr. Birgit Apitzsch (Sozialwissenschaft), Prof. Dr. Thomas Bauer (Fakultät für Wirtschaftswissenschaft), Prof. Dr. Gabriele Bellenberg (Philosophie und Erziehungswissenschaften), Prof. Dr. Elena Enax-Krumova (Medizin), Prof. Dr. Constantin Goschler (Geschichtswissenschaften), Prof. Dr. Markus Kaltenborn (Jura), Prof. Dr. Achim von Keudell (Physik und Astronomie), Prof. Dr. Günther Meschke (Prorektor für Forschung und Transfer), Prof. Dr. Martin Muhler (Chemie), Prof. Dr. Franz Narberhaus (Biologie), Prof. Dr. Nils Pohl (Elektro- und Informationstechnik), Prof. Dr. Markus Reichert (Sportwissenschaft), Prof. Dr. Tatjana Scheffler (Philologie), Prof. Dr. Gregor Schöner (Informatik), Prof. Dr. Sabine Seehagen (Psychologie), Prof. Dr. Roland Span (Maschinenbau), Prof. Dr. Marc Wichern (Bau- und Umweltingenieurwissenschaft), Prof. Dr. Peter Wick (Evangelische Theologie)

REDAKTIONSANSCHRIFT: Dezernat Hochschulkommunikation, Redaktion Rubin, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, rubin@rub.de, news.rub.de/rubin

REDAKTION: Dr. Julia Weiler (jwe, Redaktionsleitung); Meike Drießen (md); Dr. Lisa Bischoff (lb); Raffaella Römer (rr)

FOTOGRAFIE: Damian Gorczany (dg), Schiefersburger Weg 105, 50739 Köln, Tel.: 0176/29706008, damiangorczany@yahoo.de, www.damiangorczany.de; Roberto Schirdewahn (rs), Offerkämpfe 5, 48163 Münster, Tel.: 0172/4206216, post@people-fotograf.de, www.wasaufdieaugen.de

COVER: Roberto Schirdewahn

BILDNACHWEISE INHALTSVERZEICHNIS: Teaserfotos für die Seiten 18, 36, 44 und 52: Roberto Schirdewahn; Seite 28: RUB, Kramer

GRAFIK, ILLUSTRATION, LAYOUT UND SATZ: Agentur für Markenkommunikation, Ruhr-Universität Bochum, www.einrichtungen.rub.de/de/agentur-fuer-markenkommunikation

DRUCK: LD Medienhaus GmbH & Co. KG, Hansaring 118, 48268 Greven, info@ld-medienhaus.de, www.ld-medienhaus.de

ANZEIGEN: Dr. Julia Weiler, Dezernat Hochschulkommunikation, Redaktion Rubin, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, rubin@rub.de

AUFLAGE: 3.900

BEZUG: Rubin erscheint zweimal jährlich und ist erhältlich im Dezernat Hochschulkommunikation der Ruhr-Universität Bochum. Das Heft kann kostenlos abonniert werden unter news.rub.de/rubin/abo. Das Abonnement kann per E-Mail an rubin@rub.de gekündigt werden.

ISSN: 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren

Die nächste Ausgabe von RUBIN erscheint am 2. Dezember 2024.

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

RUB

WISSENSCHAFT ZUM NULLTARIF

*Abonnieren Sie kostenlos das Forschungsmagazin »Rubin«
als digitalen Newsletter oder Printmagazin.*

**RUBIN
ABONNIEREN**
→ news.rub.de/rubin

START-UPS AUS BOCHUM

PLASMA-POWER FÜR STRAHLENDE HAUT

Glim Skin, die Innovation in der
kosmetischen Hautpflege.
Gegründet von Friederike Kogelheide
und Benita Botterhuis.



Die Gründungsuni
entdecken.