

RUBIN

WISSENSCHAFTSMAGAZIN

A Newton's cradle with five balls. From left to right: two blue balls, one multi-colored ball (green, yellow, orange), and two pink balls. The balls are in motion, with some blurred to indicate movement. The background is dark, and the cradle's arms are visible.

IN BEWEGUNG

Ball spielen gegen den Weltuntergang

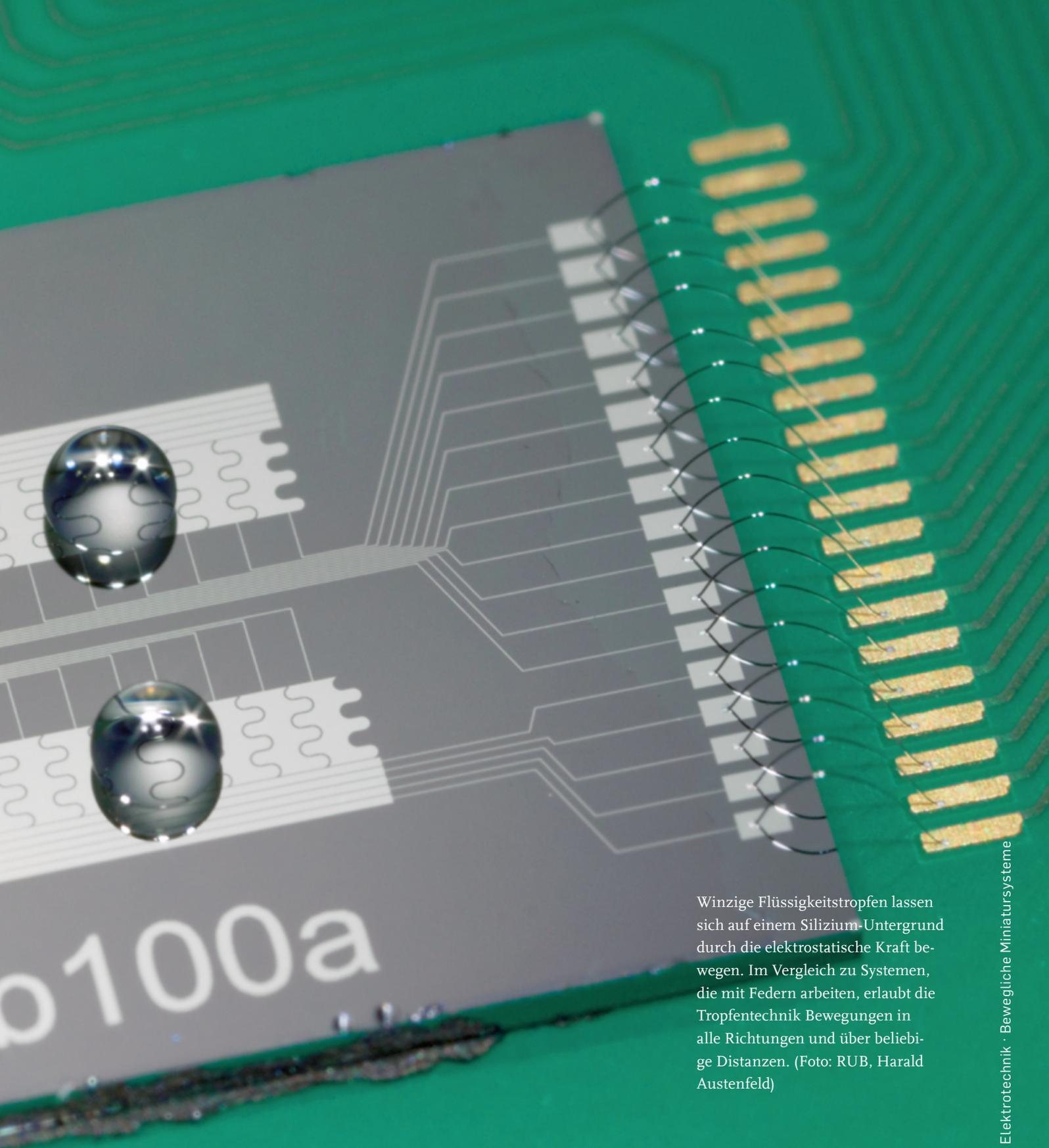
Ultraschallbilder verbessern mit
beweglichen Bläschen

Die Wahrscheinlichkeit von
Extremwettern berechnen

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.



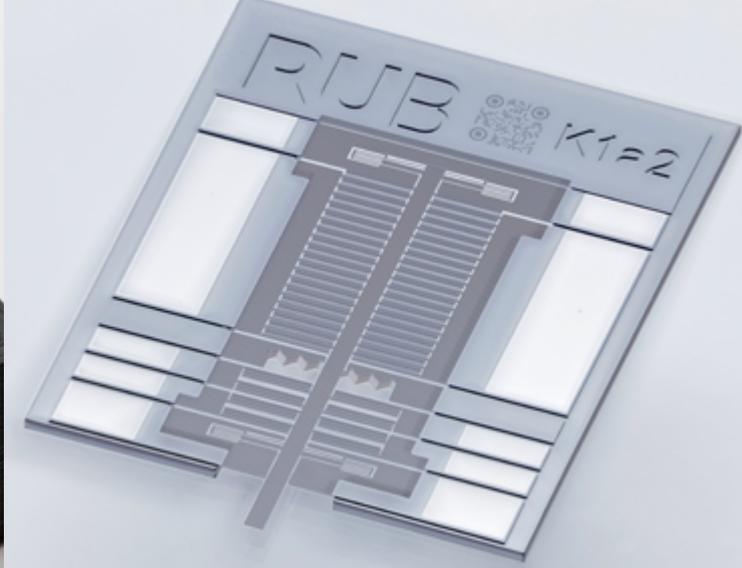
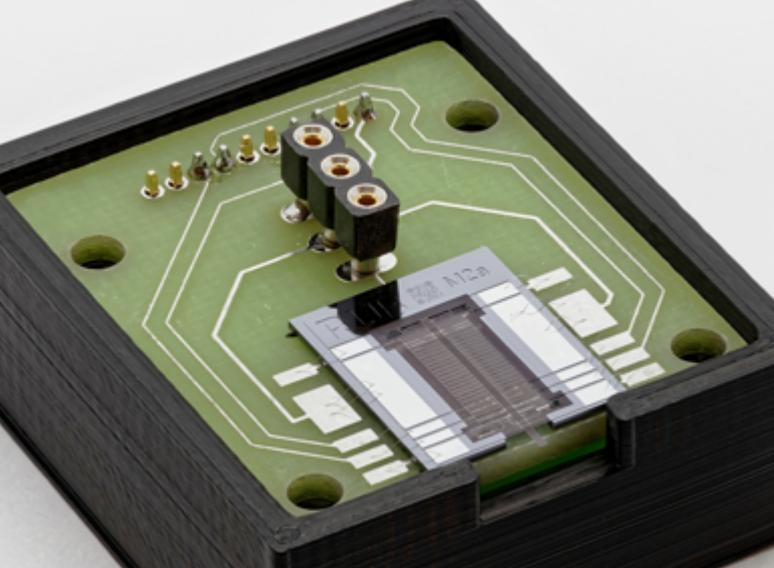
Winzige Flüssigkeitstropfen lassen sich auf einem Silizium-Untergrund durch die elektrostatische Kraft bewegen. Im Vergleich zu Systemen, die mit Federn arbeiten, erlaubt die Tropfentechnik Bewegungen in alle Richtungen und über beliebige Distanzen. (Foto: RUB, Harald Austenfeld)

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.

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.

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

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

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.

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

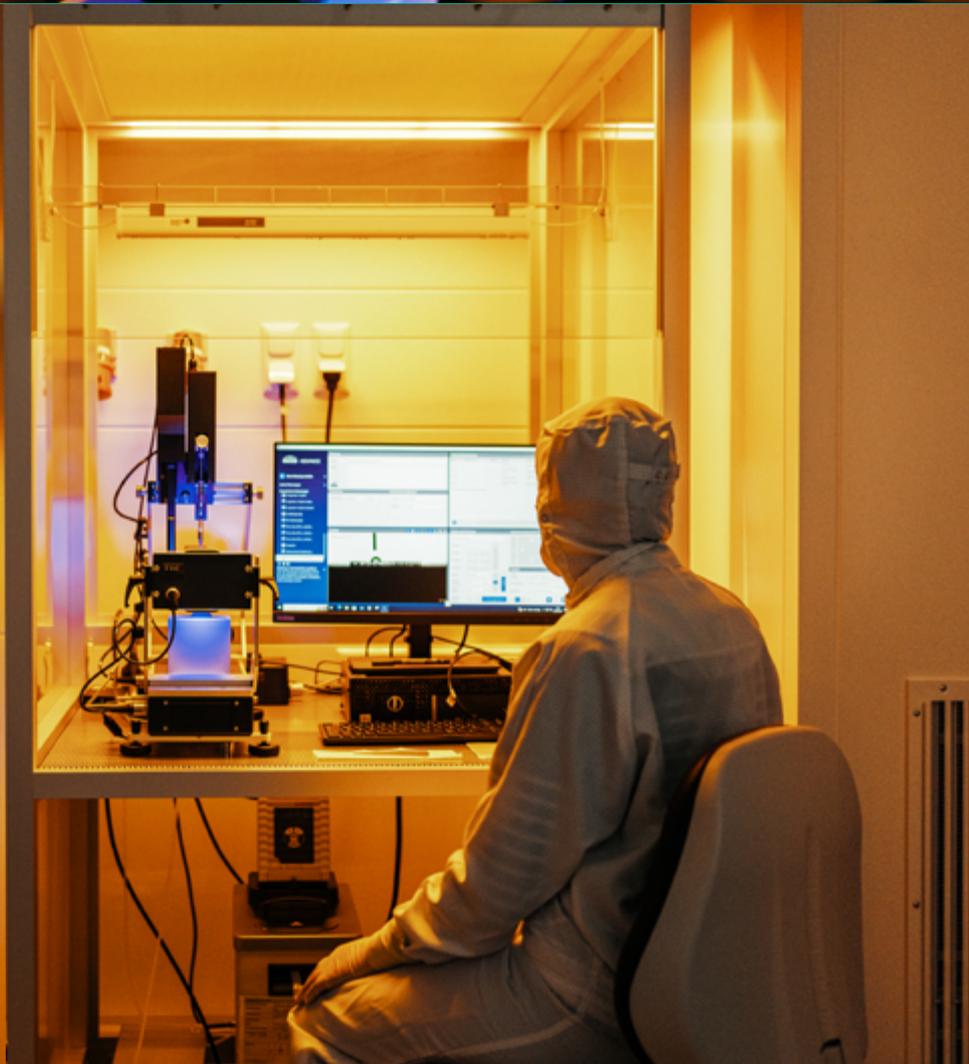
Martin Hoffmann
und Lisa Schmitt vom
Lehrstuhl für Mikrosys-
temtechnik (Foto: RUB,
Kramer)





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

winzigen 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.

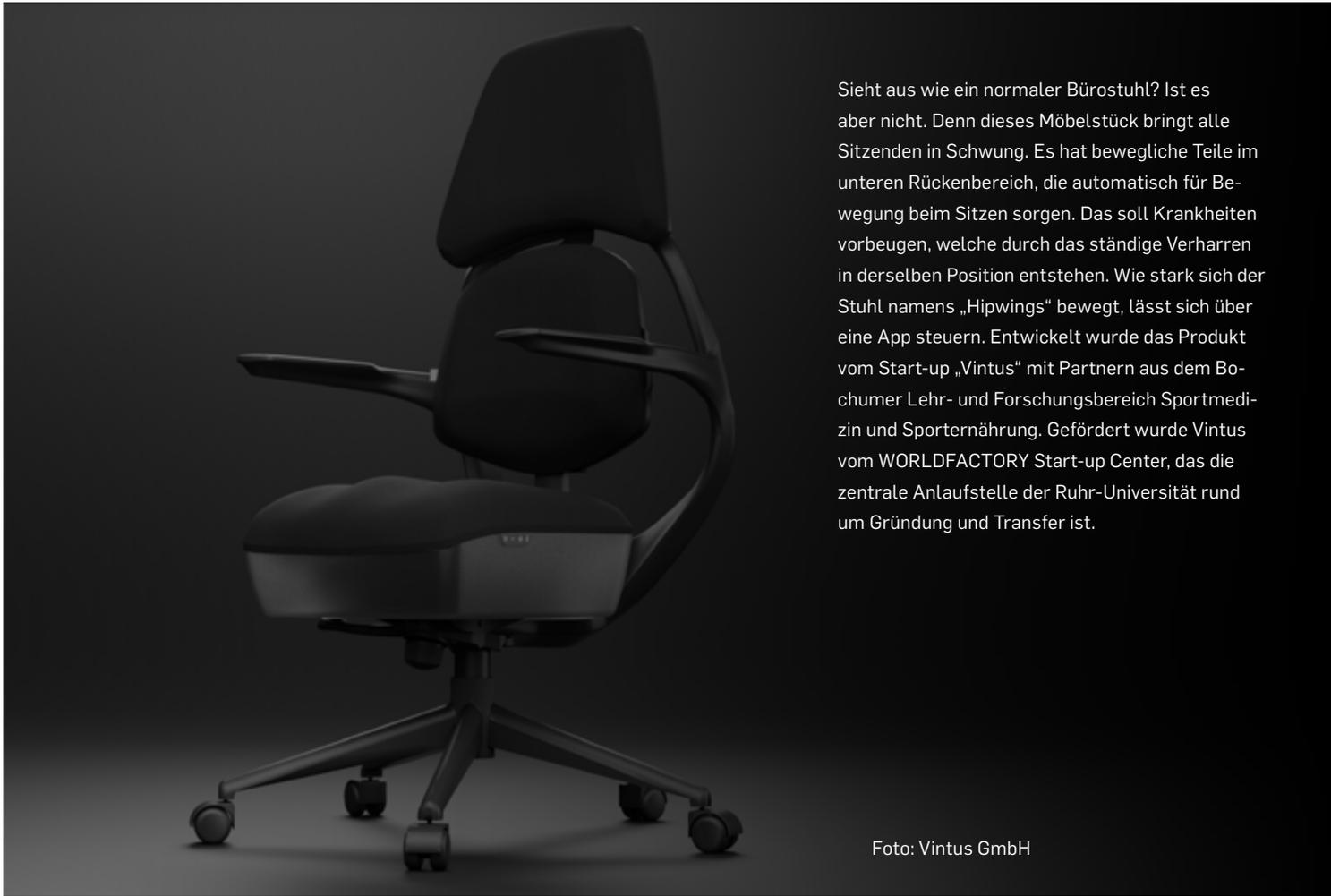
Hinzu kommt, dass die fertig ausgetüftelten Komponenten wie die oben beschriebenen Spezialfedern auch für andere Anwendungen nützlich sein können. Was sich einmal bewährt hat, wird also auch in anderen Systemen genutzt, sodass die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nicht jedes Mal bei null anfangen 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)

jwe



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, Van-Delden-Str. 6-8, 48683 Ahaus, 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.