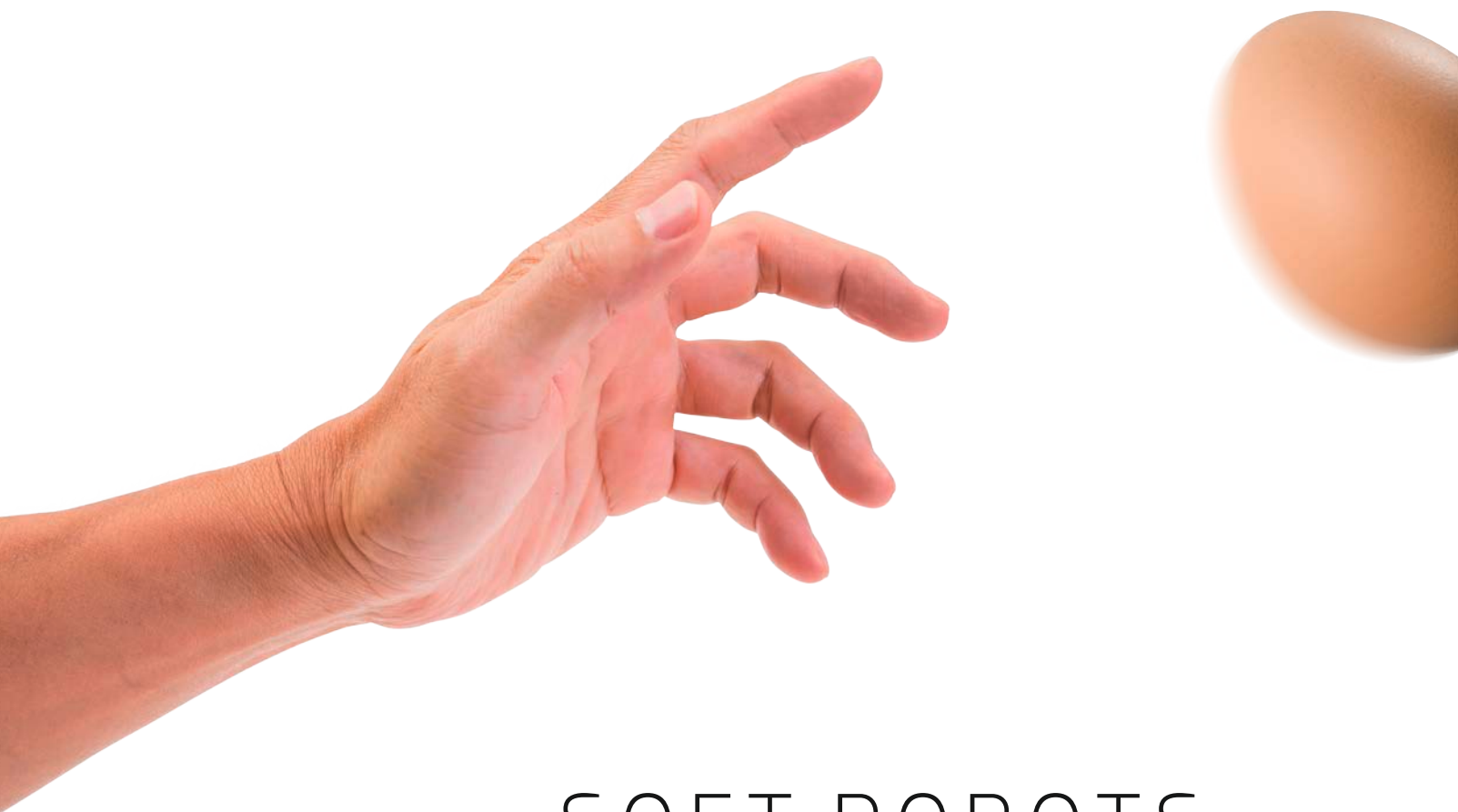




SOFT ROBOTS:

# WEICH GEWIN

Maschinen aus Gummi, Kunststoff oder Silikon könnten schaffen, woran harte Roboter scheitern: uns im Alltag ganz nah zu kommen

TEXT: JENS LUBBADEH



FOTOS: SHUTTERSTOCK, ISTOCK, BRUBOTICS.EU/UNIVERSITÄT BRÜSSEL

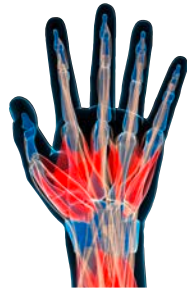
# NT

Weiche Roboter können zerbrechliche Dinge greifen, ohne sie zu beschädigen. Diese Hand der Freien Universität Brüssel ähnelt ihrem menschlichen Vorbild in noch einem Punkt: Ihre Finger sind aus Polymeren, die kleine Macken selbst heilen können.

**D**ie Roboterfrau aus »Metropolis« ist es, der wild piepsende Blech-eimer R2-D2 aus »Star Wars« und auch der selbstfahrende Staub-sauger von Roomba. Roboter, wie wir sie kennen, haben eines gemeinsam: Sie sind alle hart, umgeben von einer unnachgiebigen Hülle aus Metall oder Plastik.

Ausgerechnet der »Terminator« war da einen Schritt weiter. Die fiktive Killermaschine sah aus wie ein Mensch, weil ihr Metallskelett von Weichteilen umhüllt war. Das macht sie streng genommen zum ersten Soft Robot: einem Roboter, der komplett oder teilweise aus weichen Materialien besteht.

Seit einigen Jahren stehen die Softies im Fokus der Forschung.



**150**

**Tastrezeptoren**

pro cm<sup>2</sup> befinden sich in jeder Fingerkuppe.

Das macht die menschliche Hand zu einem überaus empfindlichen, schwer zu kopierenden Greifwerkzeug.

**Auch Exoskelette werden jetzt soft: Der Roboteranzug der Uni Harvard unterstützt mit Kabeln und schlauchen Textilien die Beingelenke.**



Sie sollen Dinge leisten, an denen harte Maschinen bislang scheitern: zerbrechliche Dinge greifen, unzugängliche Orte erkunden oder Menschen im Alltag wortwörtlich zur Hand gehen.

»Roboter wurden ursprünglich für die Industrie entwickelt«, sagt Cecilia Laschi vom Institut für Biorobotik der Scuola Superiore Sant'Anna in Pisa. »Sie mussten hart und stark sein, um Lasten zu heben und kontrolliert Aufgaben zu meistern.« Harte Roboter bauen problemlos Autos oder Geschirrspüler zusammen. Aber sie können weder einem Kind die Schnürsenkel binden noch einem pflegebedürftigen Menschen beim Duschen helfen.

Ein entspanntes Miteinander ist mit herkömmlichen Robotern kaum vorstellbar. Oft stellen ihre harte Schale und ihre enorme Kraft eine Gefahr für uns dar. In Fabriken sind die herumwirbelnden Arme hinter Gitter und Lichtschranken gesperrt, damit sie die Arbeiter nicht verletzen.

Auch an Flexibilität und Fingerspitzengefühl fehlt es ihnen. Der Industrieroboter »Baxter« beispielsweise kann am Fließband starre Bauteile packen und auf ganz bestimmte Weise zusammensetzen. Ein rohes Ei hingegen würde durch seine zangenartigen Greifer rutschen oder darin zerbrechen. Obendrein ist Baxter durch seine starre Bauweise an eine maßgeschneiderte Umgebung gefesselt. Brächte man ihn aus der Fabrik in einen Wald oder auch nur in eine Küche, er wäre überfordert.

Soft Robots sind deutlich flexibler – schon aufgrund ihrer Beschaffenheit. Sie bestehen aus Silikon, Gummi, aus speziellen Kunststoffen, Papier und sogar Sand. Und sie werden nicht im-

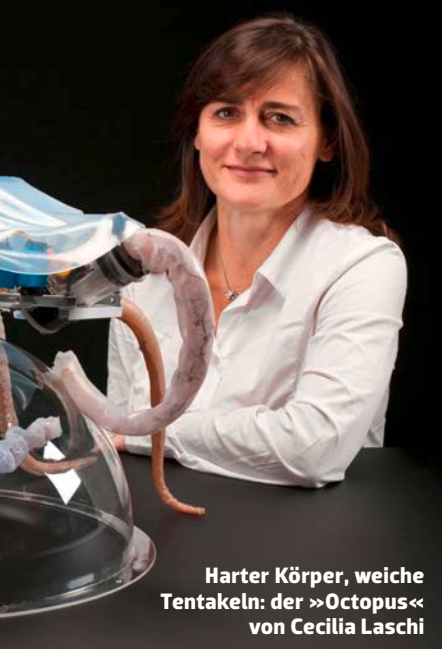


mer von Elektrizität und Motoren angetrieben, sondern auch mal von Druckluft, Flüssigkeiten oder von chemischen Substanzen.

Das bringt mitunter kuriose Maschinen hervor. Zwei davon kann man in Cecilia Laschis Labor in Pisa besichtigen. Hier sieht es aus wie in einem Aquarium: Eigenartige Kreaturen mit Tentakeln kriechen und schwimmen in Wasserbecken umher. Würden die Arme nicht in einer Art Hülle aus Metall und Plastik enden, man käme nicht auf die Idee, dass es sich bei »Octopus« und »PoseiDrone« um Roboter handelt.

**S**ind traditionelle Roboter mit ihren Gliedern und Gelenken stets so konstruiert wie Wirbeltiere oder Insekten, standen für Laschis Kreaturen ganz klar die Kopffüßer Pate. Ziel ist es jedoch nicht, einen künstlichen Tintenfisch zu kreieren. Octopus und PoseiDrone waren Studienobjekte: »Wir wollten an ihnen lernen, wie man diese weichen Maschinen am besten kontrolliert.«

Soft Robots stellen ihre Schöpfer vor ganz neue Herausforderungen. »Man kann sie nicht so steuern wie einen normalen Roboter«, sagt Laschi. »Traditionelle Roboter haben



**Harter Körper, weiche Tentakeln: der »Octopus« von Cecilia Laschi**

eine bestimmte Anzahl harter Glieder, die sich in begrenzten Freiheitsgraden um Gelenke drehen.« Dadurch lassen sich ihre Bewegungen wunderbar berechnen. »Ein Tintenfisch aber hat gar keine harten Glieder und dadurch viel mehr Freiheitsgrade.«

Die künstlichen Tentakeln, die Laschi gebaut hat, bestehen aus Silikon. Ihr Team hat dünne Drähte aus einer speziellen Metalllegierung eingewoben. Die Drähte besitzen ein Formgedächtnis: Legt man Strom an, heizen sie sich auf und ziehen sich zusammen. Stoppt man den Stromfluss, springen sie wie eine Feder in ihre ursprüngliche Form zurück.

Die Metallfäden fungieren als künstliche Muskeln. Sie sind ein Beispiel dafür, wie Soft-Roboter ihre Maschinen auch ohne Motoren antreiben. Durch geschickte Längs- und Queranordnung der Spezialdrähte können die Tentakeln sich verkürzen, verlängern und in jede beliebige Richtung bewegen.

Anstatt ihre Bewegungen zu programmieren wie bei einem herkömmlichen Roboter, schickte Laschi die weichen Maschinen selbstständig auf die Reise. »Wir ließen sie einfach zufällig he-



**1 Innenleben:** Künstliche Muskeln aus Draht treiben die »Octopus«-Tentakeln an. **2 Ihre Steuerung** ist Vorbild für einen Greifarm, der alten Menschen beim Waschen hilft. **3 Er wird an der Wand einer Duschkabine befestigt und schrubbt den sitzenden Patienten auf Befehl ab.**



rumschwimmen. Octopus und PoseiDrone lernten so schrittweise, sich durch das Wasser zu bewegen und Objekte zu greifen.« Für diese Weiterentwicklung waren neuronale Netze die Grundlage: virtuelle Nervenzellen, die ihre Verbindungen untereinander so lange anpassten, bis die Roboter das gewünschte Verhalten zeigten. Nichts anderes tun auch die echten Neuronen in unserem Gehirn.

Zu Beginn sahen die Bewegungen der zwei künstlichen Tintenfische noch sehr unbeholfen aus. Aber sie wurden besser und besser. Schließlich konnten die Roboter wie ihre natürlichen Vorbilder über den Boden krabbeln und sogar umherschweben.

Freilich: Soft Robots sind nicht so präzise in ihren Bewegungen wie Hard Robots. »Dafür spielt aber die genaue Größe und Beschaffenheit der Objekte, die sie manipulieren können, keine Rolle«, sagt Ceci-

lia Laschi. Mit ihren flexiblen Greifern können sie sich dem Gegenstand anpassen. Zudem rutschen weiche Materialien nicht so schnell ab wie Greifer aus Metall oder Plastik.

**D**iese Flexibilität ist es, die sich Robotiker so sehr von ihren Schützlingen wünschen, wenn sie sich in Menschnähe zurechtfinden sollen. Laschis Erkenntnisse etwa halten Einzug in die Medizin – und ins Badezimmer.

Die italienischen Forscher haben ein Endoskop für Operateure konstruiert, das weich ist, wenn es in die Organe eindringt, und hart wird, wenn die Operation beginnt. Und sie entwickelten einen Roboterarm, der älteren Menschen beim Duschen helfen soll. Er ähnelt einem Rüssel mit Fingern und wird an der Wand der Duschkabine angebracht. Seine Bewegungen sind druckluftgesteuert, doch die Steuerungsautomatik ist die gleiche wie bei den Silikon-Tentakeln.

Am Bethanien-Krankenhaus in Heidelberg wird der Duschroboter derzeit getestet. »Der Patient setzt sich auf einen Stuhl und steuert den Rüssel per Sprache oder Gesten«, erklärt Klaus Hauer, Forschungsleiter der Klinik. Auf Befehl beginnt der Arm, den Körper abzuschrubben. »Allein zu duschen ist eine der grundlegenden Tätigkeiten für ein autonomes Leben«, sagt Hauer. »Der Rüssel kann Menschen ein Stück Eigenständigkeit zurückgeben.« Im Juli dieses Jahres wurden Steuerbefehle und Reaktionen des Roboters erst einmal im Trockenen erprobt. Im Frühjahr 2018 sollen Patienten das weiterentwickelte System dann ganz real beim Duschen testen. ▶



Auch als direkte Unterstützer von Körperfunktionen kommen weiche Roboter zum Einsatz. Forscher der Harvard University haben ein flexibles Exoskelett konstruiert. In dem Roboteranzug wirken elastische Bänder als künstliche Muskeln. Ihre geschickte Anordnung verstärkt die Bewegungen des Trägers so, dass der Energieaufwand seiner eigenen Muskeln beim Laufen um etwa ein Viertel reduziert wird.

**D**och Soft Robots haben ihre Stärken nicht nur im Kontakt mit Menschen. Die weichen Materialien machen sie leicht, robust und – falls nötig – auch sehr klein. Das eröffnet ihnen Zugang zu höchst lebensfeindlichen Orten.

So haben Harvard-Forscher einen 65 Zentimeter großen Roboter aus Silikon für den Einsatz in Katastrophengebieten gebaut. Er sieht aus wie ein Stück Schaumstoff auf vier Beinen, kann sich durch Spalten quetschen und unter Trümmern nach Überlebenden suchen. Gesteuert wird er via Druckluft, die durch feine Kanäle in seinem Körper strömt. Die Maschine hält Kälte, Feuer und Säure stand. Sie lässt sich sogar vom Auto überrollen, ohne Schaden zu nehmen.

Selbst das All erobern die Softies. Wissenschaftler der Rutgers University in New Jersey haben einen metallfreien, sehr leichten Rover aus elastischen Teilen konstruiert, der einmal über fremde Planeten rollen soll. Er fährt per Druckluft und übersteht auch Stürze aus großer Höhe problemlos. Eine wichtige Eigenschaft, falls die Landung rauer ausfällt oder von einer Klippe plumpst.

Wenn Soft Robots solche Alleskönner sind, werden die guten



Ein Job für Weicheier: Der sandgefüllte »Versaball« schraubt sogar zerbrechliche Glühlampen ein.



Die Wohnung von Jens Lubbadah hält ein Robo-Staubsauger sauber. Der Autor hätte nichts dagegen, wenn künftig ein Tentakel-Bot die Ecken wischen würde.

alten Roboter aus Metall dann irgendwann vollständig verschwinden? Nein, sagt der Soft-Robotiker Barry Trimmer von der Tufts University im US-Bundesstaat Massachusetts: »Soft Robots werden nicht die Roboter sein, die Straßen ausheben oder Autos bauen.« Traditionelle Maschinen brauchen wir weiterhin, sobald Kraft gefragt ist, sagt auch Cecilia Laschi. Sie ist überzeugt, dass harte und weiche Maschinen sich ergänzen werden. »Man braucht keinen komplett weichen Roboter. Wichtig ist die richtige Kombination.«

**A**lso doch hin zum Terminator? Nicht notwendigerweise. Soft-Robotiker haben einfachere Lösungen parat. Damit etwa herkömmliche Roboter besser und flexibler Objekte greifen können, haben Forscher des Massachusetts Institute of Technology eine Hand mit drei pneumatisch angetriebenen Silikon-Fingern gebaut, die wie geriffelte Pommes frites aussehen. Die Konstruktion kommt der menschlichen Hand erstaunlich nahe. Steckt man sie auf einen harten Roboter, kann er damit zerbrechliche und filigrane Din-

## Durch und durch ein Softie

**MIKROFLUIDIK** Normalerweise haben selbst weiche Roboter einen harten Kern: Mikrochips zur Steuerung etwa, Batterien oder kleine Motoren. Der 3-D-gedruckte »Octobot« der Harvard-Forscher Robert Wood und Jennifer Lewis kommt als Erster ganz ohne starre Bauteile aus. Sein Antrieb: **flüssiges Wasserstoffperoxid**. Es zersetzt sich zu Wasser und Sauerstoffgas, das in die Arme strömt und sie aufbläst. Anstelle eines Rechenchips steuert die Anordnung **feiner Kanäle** im Innern, wo und wie schnell die Reaktion abläuft. Bisher kann der Weichling nur mit den Armen rudern – seine Schöpfer wollten vor allem zeigen, dass vollkommen weiche Roboter möglich sind.

ge wie Eier, CDs, Stifte oder sogar Papierblätter greifen. Die Firma Festo wiederum hat einen Tentakel mit Saugnäpfen gebaut, der besonders gut mit runden, glitschigen Dingen klarkommt.

Der mit sandartigem Material gefüllte »Versaball« der Firma Empire Robotics packt sogar ein gefülltes Trinkglas. Um den Gummisack geschmeidig zu machen, wird zunächst Luft hineingepumpt. Hat er sich um ein Objekt geschmiegt, wird sie wieder abgesaugt. Die Körner im Innern verkanten sich, der Ball wird hart – es entsteht Haltekraft. Wie gut der Versaball funktioniert, beweist ein Video, in dem er sich mit dem US-Komiker Jimmy Fallon Tischtennisbälle zuwirft.

Gummiball statt Terminator: Die Zukunft der Robotik, sie wird auf jeden Fall sympathischer. ■

### P.M. KOMPAKT

- Roboter aus **weichem Material** sind flexibler, feinfühler und weniger gefährlich als ihre Pendanten aus Metall oder Plastik.
- Sie könnten uns im Alltag unterstützen, in der **Medizin** und in der Raumfahrt helfen.
- Schwierig gestaltet sich bisher ihre **präzise Steuerung**.