



DOSSIER

# Vorbild Natur

Die Wissenschaft hat bisher vor allem gelernt, die Natur nachzuahmen, sagt Molekularbiologe Michael Hengartner im Interview. Dieses Dossier zeigt, wie Forschende der Universität Zürich von der Natur lernen und zu welch überraschenden Ergebnissen sie dabei kommen. Das sind technologische Innovationen wie eine absolut Wasser abweisende Oberflächenbeschichtung, ein künstliches Auge, das Bewegungen sehen kann, ein artifizielles Ohr, das es Hörgeschädigten wieder erlauben könnte, Musik zu hören. Oder neue synthetische Impfstoffe und Medikamente, die sich an natürlichen Vorbildern orientieren. Am Artificial Intelligence Lab (AI Lab) wird der erste Roboter gebaut, der den Körperbau und die Bewegungen des Menschen imitiert.

Illustriert wird dieses Dossier mit Bildern, die Andri Pol am AI Lab gemacht hat. Die abgelichteten Mitglieder dieses Roboterzoo werden vom Leiter des AI Lab Rolf Pfeifer vorgestellt.

## 26 Nie mehr nass

Wie unsere Kleider sauber und trocken bleiben

## 28 Muskeln aus Gummi

Der Roboter ECCE bewegt sich fast wie ein Mensch

## 32 «Mit Gott liebäugeln»

Kann der Mensch bald künstliche Wesen schaffen?

## 38 Schafe im Wolfspelz

Mit synthetischen Molekülen können effektive Impfstoffe hergestellt werden

## 41 Schöner hören

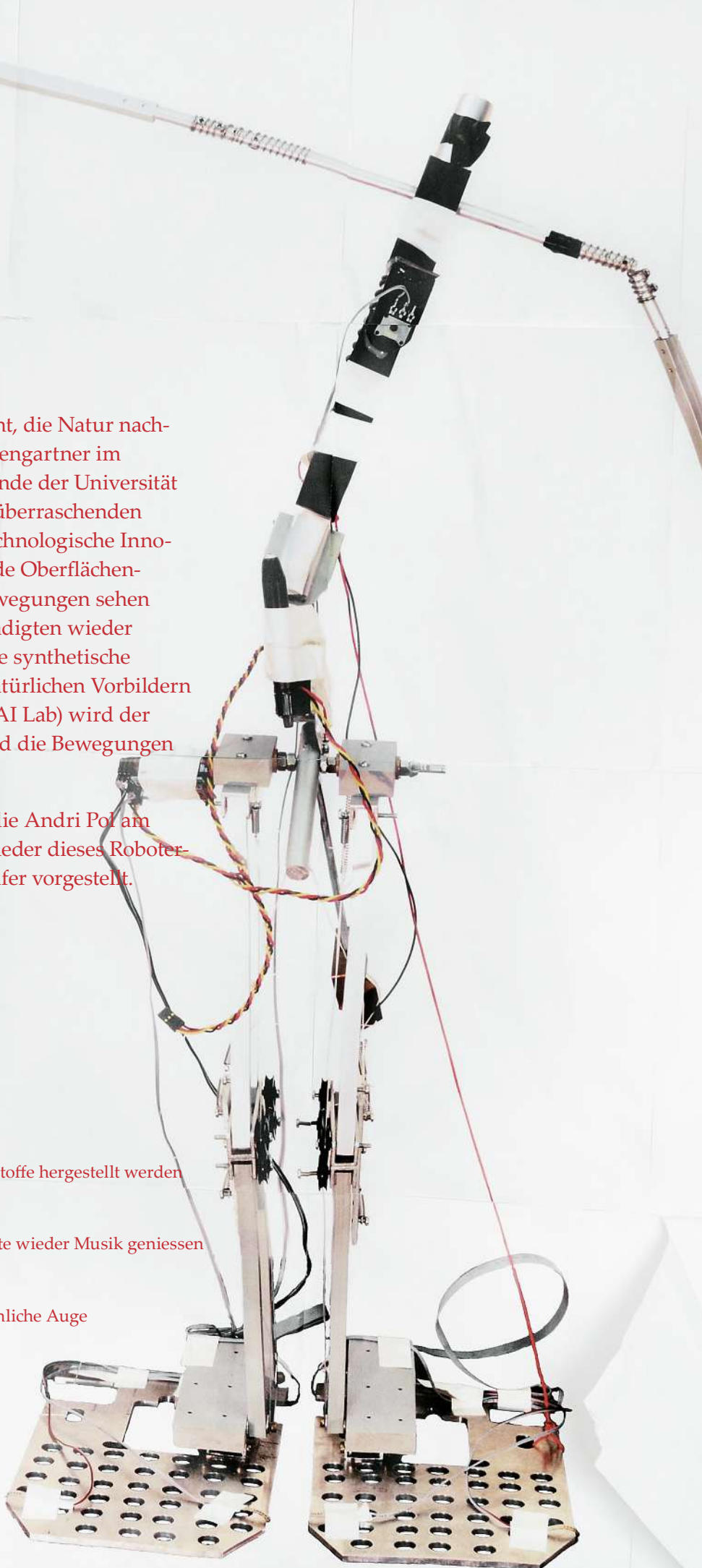
Dank einem künstlichen Ohr könnten Hörgeschädigte wieder Musik genießen

## 42 Im Dunkeln sehen

Ein intelligenter optischer Sensor imitiert das menschliche Auge

## 44 Das Apothekerkästchen der Natur

Bessere Medikamente dank natürlichen Wirkstoffen



# Nie mehr nass

Dank einer neu entwickelten Oberflächenbeschichtung können wir vielleicht schon bald mit trockenen Badehosen aus dem Swimming Pool steigen. Das Prinzip dahinter funktioniert ähnlich wie in der Natur. Von Roger Nickl

Die Natur ist ein grosses und unglaublich kreatives Experimentallabor. Über Jahrmillionen hinweg hat die Evolution unzählige Lösungen für Probleme hervorgebracht, die Lebewesen und Pflanzen in ihrer jeweiligen Umgebung zu bewältigen haben. Wenn beispielsweise die südamerikanische Sumpffjagdspinne in tropischen Flüssen nach Beute taucht, umgibt sie eine unter Wasser silbern schimmernde Schicht aus Luft. Das Luftpolster wirkt wie eine Sauerstoffflasche und ermöglicht es dem rund drei Zentimeter langen, braunen Tier, bis zu einer Stunde unter Wasser zu bleiben und nach Insekten, kleinen Fischen und Krebsen zu jagen. Aber nicht nur das: Krabbeln die Spinne nach einem Beutezug wieder aus dem Fluss, ist sie völlig trocken und kann sich ohne zusätzlichen Ballast weiter fortbewegen.

Grund für die Fähigkeiten der Sumpffjagdspinne ist der aus kleinen und kleinsten, Wasser abweisenden Härchen bestehende Pelz, der sie umgibt. Im dichten Gewirr dieser Härchen bilden

und Pflanzenwelt von grossem Nutzen. Sie sind auch für Menschen attraktiv, denkt man etwa an wetterfeste Kleider oder Baumaterialien. Deshalb sind Wissenschaft und Industrie schon längere Zeit damit beschäftigt, Verfahren zu entwickeln, wie Materialien mit einer super-wasserabweisenden Schicht überzogen werden könnten. Ein entscheidender Durchbruch ist nun Stefan Seeger von der Universität Zürich gelungen.

## Gestrüpp aus Nano-Filamenten

Der 48-jährige Wissenschaftler vom Institut für physikalische Chemie beschäftigt sich schon seit seiner Dissertation mit der chemischen Beschaffenheit von Oberflächen. Nun hat er gemeinsam mit seinen Mitarbeitenden eine Oberflächenbeschichtung entwickelt, die ähnlich funktioniert, wie die Vorbilder in der Natur. Das neue Verfahren basiert auf einer Polymerisationsreaktion von Siliziumverbindungen. Das Resultat dieser chemischen Reaktion ist ein dichtes Gestrüpp aus

dazu, ihre Oberfläche zu verkleinern und Kugelform anzunehmen. Liegen solche Wasserkugeln auf einer Oberfläche, wirken wiederum stärkere oder schwächere Adhäsionskräfte. Sie wirken der Oberflächenspannung entgegen und sind abhängig von der Grösse einer Kontaktfläche – je grösser die Fläche, desto stärker die Kraft. Ist die Adhäsionskraft gross genug, platzt die Wasserkugel und benetzt die Oberfläche. Genau dies verhindert aber die Beschichtung, die die Zürcher Chemiker entwickelt haben. Denn das Wasser liegt auf dem dichten Gestrüpp der winzigen Nano-Filamente auf. Die Kontaktfläche ist deshalb minimal, entsprechend klein sind die Adhäsionskräfte.

Hinzu kommt, dass Silikon an sich stark Wasser abweisend ist. Dies führt dazu, dass das Wasser mit dem Trägermaterial, beispielsweise einer Textilfaser, erst gar nicht in Berührung kommt. «Man kann sich einen Luftballon vorstellen, der auf eine Wiese trifft», beschreibt Stefan Seeger, «er kommt mit dem Boden nicht in Berührung, sondern liegt auf den Grashalmen, zwischen denen sich Luft befindet.» Neigt man eine mit dieser Nanostruktur überzogene Oberfläche leicht, bleiben die Wassertropfen nicht haften, sondern rollen einfach weg. Die Oberfläche ist wieder trocken – wie bei Sumpffjagdspinne und Lotusblatt.

## Einen Glückstreffer gelandet

Mit der Entwicklung des neuen Beschichtungsverfahrens hat Stefan Seeger einen Glückstreffer gelandet. Denn mit solch herausragenden Qualitäten ihrer Beschichtung hatten die Forscher zu Beginn ihres Projekts gar nicht gerechnet. «Wir erwarteten eine mehr oder weniger kompakte Silikonschicht», erzählt Seeger. «Dass auf behandelten Flächen Nano-Filamente wuchsen, die eine hoch wasserabweisende Wirkung hatten, war sehr überraschend.» Aufgrund dieses, wie Seeger sagt, «dramatischen» Befunds erhielt das Forschungsprojekt plötzlich eine völlig neue Dimension und eine ganz andere Dynamik. Das Potenzial der neuen Technologie für eine wirt-

---

*Wenn die südamerikanische Sumpffjagdspinne nach einem Beutezug aus dem Fluss krabbeln, ist sie völlig trocken.*

---

sich Hohlräume, die Luft aufnehmen können. Sie bilden eine eigentliche Schutzschicht und führen dazu, dass der Körper der Spinne erst gar nicht mit Wasser in Berührung kommt. Ähnliches kann man auch bei den Blättern der Lotusblume beobachten. Aufgrund von kleinsten, mit Wachs beschichteten Papillen perlen Wassertropfen auf einem Lotusblatt einfach ab, ohne es zu benetzen. Dabei nehmen sie gleich Schmutzpartikel auf der Blattoberfläche mit. Man spricht deshalb auch vom Lotuseffekt.

Stark Wasser und Schmutz abweisende Oberflächen und Materialien sind nicht nur in der Tier-

Nano-Filamenten – klitzekleinste fadenartige Silikon-Ausstülpungen, die auf einer behandelten Oberfläche wachsen. Sie haben einen ähnlichen Effekt wie die Behaarung der Sumpffjagdspinne und die Papillen des Lotusblattes: Trifft Wasser auf ein so beschichtetes Material, perlt es einfach ab. Die unter Wasser getauchte Badehose bleibt trocken und die mit Ketchup bekleckerte Krawatte sauber. Die rote Sosse läuft einfach ab, ohne Spuren zu hinterlassen.

Das Prinzip, das dahintersteckt, ist das gleiche wie in der Natur. Wasser hat eine grosse Oberflächenspannung: Wassertropfen neigen deshalb

schaftliche Verwertung lag auf der Hand. Zwar gibt es bereits heute stark wasserabweisende Textilien auf dem Markt. Sie bestehen jedoch meistens aus Fluorverbindungen, die umweltbelastend sind und deshalb ein schlechtes Image haben. Dagegen ist das Silikon, aus dem Seegers Schutzschicht besteht, gesundheitlich und ökologisch unbedenklich.

Ihre Entdeckung stellte die Forscher vor eine entscheidende Frage: Entweder konnten sie nun bis ins kleinste Detail analysieren, wie ihre Technik funktioniert – denn die Ausbildung von Nano-Filamenten wurde bisher noch bei keiner Polymerisationsreaktion beobachtet. Oder sie konnten untersuchen, wo das neue Beschichtungsverfahren überall praktisch anwendbar ist. Seeger und sein Team entschieden sich für den zweiten Weg. «Wir hätten problemlos fünf bis zehn Jahre Grundlagenforschung machen und viele schöne Erkenntnisse gewinnen können», betont der Chemiker, «aber wir wollten unseren Vorsprung für eine allfällige praktische Anwendung wahren.»

### **Saubere Sonnenstoren, trockenes Glas**

Bei weiteren Tests im Labor zeigte sich dann, dass die Zürcher Chemiker mit ihrem Verfahren tatsächlich etwas ganz Besonderes in Händen halten. Sie stellten fest, dass sich ihre Beschichtung auf ganz unterschiedliche Materialien – Textilien und Holz genauso wie Metall und Glas – aufbringen lässt. Die Publikation dieser Forschungsergebnisse erregte weltweit grosse Aufmerksamkeit und führte zu einer Flut von Medienberichten. Diesen Frühling wurde seine super-wasserabweisende Beschichtung zudem an der Weltausstellung in Schanghai als eine der dreissig weltweit wichtigsten wissenschaftlichen und technischen Innovationen der letzten Jahre vorgestellt.

Nach den Journalisten klopfen die Unternehmen bei Stefan Seeger an. «Am Anfang haben sie uns mit Anfragen fast die Tür eingerannt», erzählt er. Bei vielen ist es bei dieser ersten Anfrage geblieben. Mit einigen Industriepartnern haben sich aber auch Kooperationen für eine Weiterentwicklung der Beschichtungstechnik ergeben. Denn von einer breiten kommerziellen Nutzung ist Seegers Verfahren noch weit entfernt. Was im Labor gut funktioniert, muss erst noch fit gemacht werden für die Anforderungen in der

harten Realität. Deshalb arbeiten die Forscher momentan in verschiedenen Bereichen an der Entwicklung von konkreten Anwendungen und Produkten. Sie untersuchen beispielsweise, wie feuchtigkeitsempfindliches Holz für Fassadenplatten, aber auch für Küchenmobiliar behandelt werden könnte.

Ebenfalls genauer unter die Lupe nehmen sie technische Textilien – etwa für Sonnenstoren, die schnell verschmutzen oder nass werden, vergisst man sie bei Regen einzuholen. Und sie entwickeln Verfahren, wie Glas beschichtet werden kann. Erste Produkte könnten hier bereits in diesem Jahr auf den Markt kommen: Flüssigkeit

---

*Stefan Seegers Zukunftstraum sind super-wasserabweisende Kleidungsstücke, die mit seiner Technologie veredelt wurden.*

---

abweisende Gefässe und Pipetten für die Life-Science-Forschung. Denn etwa beim Pipettieren bleiben oft unerwünschte Rückstände an den Glaswänden zurück. Seegers Oberflächenbeschichtung soll dies verhindern. «Das ist zwar ein vergleichsweise kleiner Markt», sagt der Forscher, «aber immerhin ist damit ein Anfang gemacht.»

### **Härtetest in der Waschmaschine**

Stefan Seegers Zukunftstraum sind vor allem super-wasserabweisende Kleidungsstücke, die mit seiner Technologie veredelt wurden. Dazu sind noch einige entscheidende Schritte notwendig: Denn die Schutzschicht auf Jacken, Röcken und Hosen wird vor allem in der Waschmaschine stark belastet und muss entsprechend widerstandsfähig sein. Das ist sie aber noch nicht in genügendem Mass. Für die Wissenschaftler ist die Weiterentwicklung der mechanischen Stabilität ihrer Beschichtung deshalb die grösste Herausforderung. Im Moment sind sie damit beschäftigt, ihr Verfahren weiter zu optimieren und die Widerstandsfähigkeit ihrer Beschichtung zu erhöhen. «Immerhin sind wir heute, was die Stabilität, aber auch die Kosten anbelangt, bereits besser als vorhandene Technologien», räumt Seeger ein, «und – von uns behandelte Materialien bleiben im Wasser über eine viel längere Zeit trocken.» Künftig muss die Beschichtung ein Kleidungsstück aber idealerweise rund zwei Jahre

lang vor Wasser und Schmutz optimal schützen – auch nach dem x-ten Waschgang.

Sollten die Forscher am Institut für physikalische Chemie schliesslich auch das Problem der mechanischen Belastbarkeit befriedigend gelöst haben, ist damit noch lange nicht garantiert, dass ihre Beschichtung auch ein wirtschaftlicher Erfolg wird. Denn soll es kommerziell genutzt werden, muss das Verfahren für die Massenproduktion tauglich sein und in bestehende Produktionsanlagen integrierbar sein. Es sollen ja nicht nur fünf Jacken damit behandelt werden, sondern Millionen von Quadratmetern Stoff. Und letztlich muss das Ganze auch kostengünstig sein: Eine

Beschichtung, die dreimal teurer ist als die Jacke, die sie veredelt, ist kommerziell unbrauchbar. «Wenn man an der Hochschule forscht, weiss man am Anfang oft viel zu wenig über die Anforderungen und Bedürfnisse der Industrie», sagt Seeger. «In solchen Dingen lerne ich jeden Tag dazu.»

Und so ist Stefan Seeger nicht nur Wissenschaftler, sondern er ist im Laufe des Projekts selbst ein Stück weit Unternehmer geworden. Mittlerweile haben die Forscher mit Unterstützung der universitären Technologietransferstelle Unictetra eine Lizenzverwertungsgesellschaft gegründet, die eine Brücke zwischen Universität und Wirtschaft schlagen soll. Die Gründung eines produzierenden Unternehmens ist aber nicht geplant. «Gerade im Textilbereich sind die Kosten unglaublich hoch», gibt Seeger zu bedenken. «Wir versuchen eher, unser Wissen zu vermarkten.» Auf diesem Weg hofft der Forscher, das Potenzial seiner neuen Technologie optimal auszuschöpfen. Damit wir in Zukunft – ähnlich wie die Sumpfschnecke – mit trockenen Badeanzügen aus dem Swimming Pool steigen und der hartnäckige Novemberregen an unseren Regenschirmen abperlt wie auf einem Lotusblatt.

**Kontakt:** Prof. Stefan Seeger, sseeger@pci.uzh.ch