



# Tierischer Fortschritt

Sie krabbeln wie Spinnen, fliegen wie Schwalben und simulieren selbst den Zungenschlag des Chamäleons: Die smartesten neuen Roboter kopieren immer erfolgreicher natürliche Vorbilder



Das eigenartige Geschöpf lauert zusammengerollt auf spitzen, klauenartigen Beinen, hebt zwei von ihnen bedrohlich wie Säbel in die Höhe, verdreht sie zur Seite und stellt sie vorsichtig auf den heißen Untergrund; auch vorne und hinten hat die Kreatur je zwei Gliedmaßen, unter dem Leib bleiben zwei weitere angeklappt – dann läuft das Wesen ruckend los und stakst durch den Wüstensand. Nach einem Meter bleibt es stehen, als habe es nachgedacht, zieht sechs Beine zu einer Art Radform an den Körper heran, stößt sich mit zwei Klauenbeinen vom Boden ab und rollt davon.

Der BionicWheelBot, so heißt das achtbeinige Robotertier, bewegt sich wie eine echte Radlerspinne, die das Vorbild für die komplexe Konstruktion ist und am Rande der Sahara lebt. Die Webspinne aus der Familie der Riesenkrahbennspinnen läuft auf ihren acht Beinen so, wie es Spinnen eben in schwierigem Gelände tun; aber wenn der Untergrund flacher wird, krümmt sie die Beine und bewegt sich in einer Salto-Überschlagbewegung mit doppelter Geschwindigkeit vorwärts.

Das krabbelnde und rollende High-Tech Spinnenmodell wurde von Ingenieuren, Designern und Biologen der Firma Festo aus Esslingen erfunden. Das für Automatisierungstechnik bekannte Familienunternehmen gründete 2006 das Bionic Learning Network in dem sich Experten in Zusammenarbeit mit Universitäten und Unternehmen mit erstaunlichen tierischen Fähigkeiten beschäftigen – und wie man diese in echte Anwendungen zum Beispiel für Herstellungs- und Automatisierungsprozesse übertragen kann. Tierische Eigenschaften und Fähigkeiten zu erforschen, die Bionik, ist eine seit Jahrzehnten etablierte Wissenschaftsdisziplin und sie verbindet diese immer intensiver mit der Robotik.

Aus der Spinnenakrobatik etwa lernen die Ingenieure von Festo, wie in Zukunft Antriebsformen für Roboter entwickelt werden können, die sich in leichtem aber auch in unwegsamem Gelände bewegen müssen, denn dort wo Fahrzeuge auf Rädern oder Boote auf dem Wasser nicht mehr weiterkommen, sind alternative Fortbewegungsmethoden, die man bei Tieren beobachten kann, oft effektiver. Rettungs- und Löscheinsätze etwa wären mögliche Einsatzgebiete für krabbelnde Roboter.

Karoline von Häfen, Leiterin Corporate Bionic Projects bei Festo, erläutert: „Die Natur hat in Jahrtausenden der Evolution ihre Abläufe optimiert. Die Bionik versucht, daraus effiziente Konstruktionsprinzipien abzuleiten und in die Technik zu übertragen... mithilfe der Bionik wollen wir neue Technologien aufspüren... Ein zentrales Thema in der bionischen Forschung ist

Text  
IVO GOETZ

Fotos  
JANEK STROISCH

beispielsweise die Anpassungsfähigkeit von Organismen in unterschiedlichen Lebensräumen. Gerade die Produkte in der Automation werden in Zukunft ihre Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Produktionsszenarien unter Beweis stellen müssen. Die Natur zeigt zudem in den vielfältigsten Beispielen, wie man mit einem Minimum an Energieverbrauch ein Maximum an Leistung erzielen kann.“

In den Laboren und Werkstätten von Festo wimmelt es daher von eigenartigem Getier, es rollt, springt, flattert, kriecht und taucht. Roboterwesen, die an Pinguine, Quallen, Libellen, Kängurus und Fledermäuse erinnern, entstanden dort, aber nicht alle Roboter werden in Tiergestalt in zukünftigen industriellen Anwendungen zu sehen sein, obwohl schon heute einige Maschinen in Fabrikhallen etwas Animalisches haben.

In einer Autofabrik etwa halten Greifarme mit extrem beweglichen Gelenken Stahlskelette mit Saugnapfen fest, gleichzeitig kreist ein perfekt choreografiertes Ballett von mechanischen Tentakeln, wie Arbeitstiere eines effektiven Insektenstaates, um das Metallobjekt herum. Erste Robotergenerationen sahen noch wie aus einem Märklin-Baukasten zusammengesetzt aus – inzwischen haben sie fast die Geschmeidigkeit von echten Lebewesen. Frontscheiben werden platziert, Türverkleidungen angepresst, Motorblöcke verschraubt. An den Enden der signal-gelben, spinnenartigen Gliedmaßen sitzen Schweißbrenner, Klebedüsen, Miniwerkzeuge und Druckwalzen; die Einzelteile für das Fahrzeug werden von autonom fahrenden Minitransportern angeliefert.

Seit etwa den 1970er-Jahren gibt es Roboter in der Automontage, die schwere, sich wiederholende Arbeitsschritte ausführen - heute sind sie flexibler und können durch intelligente Steuerungen und künstliche Intelligenz (KI) an die individuellen Konfigurationen der Produktionen angepasst werden. Die Roboter sind unter uns, sie verändern ihr Aussehen und sie sind inzwischen in allen Bereichen der Herstellung und der Logistik angekommen; bei Amazon etwa werden die Warenregale zu den Mitarbeitern zum Verpacken gefahren, auf der Lagerfläche sind nur noch wenige Menschen unterwegs, die einen festgefahrenen Roboter anschubsen oder heruntergefallene Produkte aufheben.

Seit dem Beginn der Coronakrise beklagen Vertreter der Wirtschaft Einbrüche in den gewohnten Abläufen. Unterbrochene Lieferketten seien schuld, die Globalisierung, die Verlagerung vieler Produktionen in Billigländer und die enormen Defizite bei der Digitalisierung sowieso. Verfechter der Renationalisierung

BILDER:

1

VORHERIGE SEITE

Vorbild Radlerspinne: Mit dem BionicWheelBot von Festo werden Antriebsformen für Roboter erforscht

2

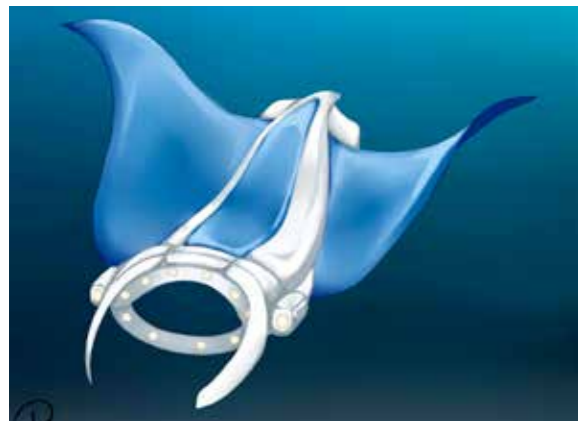
BionicSwift: elektronische Schwalbe mit besten Flugeigenschaften, die für Materialtransporte eingesetzt werden könnte

der Industrie fordern daher eine radikale Deglobalisierung, um die Abhängigkeiten von anderen Ländern zu reduzieren. Aber so einfach ist es nicht, so eine Studie des Ifo-Instituts für Wirtschaftsforschung. Höhere Handelskosten zwischen den Ländern etwa, würden die minimalen positiven Effekte einer auf heimische Gefilde begrenzten Produktion eliminieren, so die Studie. Abschottung und wirtschaftlicher Nationalismus sind nicht die Lösung - es geht also dringender darum, den Standort Deutschland in einer globalisierten Welt weiter konkurrenzfähig zu machen.

Um eine vierte industrielle Revolution, so die Wirtschaftsexperten, werden wir also nicht herumkommen. Der Hype-Begriff Industrie 4.0 bedeutet auch, dass es auf dem Weg in die Zukunft neue Probleme und Bedürfnisse gibt, die nur durch technische Innovationen, wie etwa neuartige Roboter, lösbar sind. Die schnellere Verfügbarkeit von Materialien und Werkstoffen oder der Wunsch nach mehr Distanz in den Fabriken, etwa durch die Pandemieproblematik bedingt, werden die Arbeit und die Produktion zunehmen bestimmen. Die Automatisierung wird immer tiefer in alle Arbeitsbereiche vordringen. Das Ziel ist die Smart Factory – die Fabrik der Zukunft.

Die Voraussetzungen für diese Veränderungen sind hierzulande – für einige vielleicht überraschend – gut. Nach China, Japan, Südkorea und den USA ist Deutschland aktuell das europäische Land mit den meisten Robotern; ungefähr 60 Prozent automatisieren die Automobilindustrie, 14 Prozent sind in der metallverarbeiteten Industrie und 8 Prozent in der Chemieindustrie eingesetzt. Und auch bei den Neuinstallationen steht die Bundesrepublik unter den Top-5. Im Ranking der Automatisierung, also der Zahl der Roboterinstallationen auf zehntausend Beschäftigte,

**Nicht nur die technischen Vorzüge sind bemerkenswert: Auch wenn Menschen wissen, dass das „Tier“ eigentlich eine Maschine ist, gehen sie schon nach kurzer Zeit eine emotionale Beziehung zu ihnen ein.**



3

BILDER:

3

Künstlerische Darstellung des geplanten Wasserrettungsroboters vom Fraunhofer Institut und DRK Halle.

4

FlexShapeGripper: der Silikonauflauf stülpt sich wie die Zunge eines Chamäleons über ein Objekt

steht Deutschland mit 346 Stück auf einem doch sehr beachtlichen Platz 4 hinter Singapur, Korea und Japan (Quelle: 2020 Robotics Report, International Federation of Robots).

In der automatisierten Zukunft werden wir also verstärkt mit intelligenten Maschinen zusammenarbeiten. Diese sogenannten Cobots, Mensch-Roboter-Kooperationen, sind ein weltweiter wachsender Trend. Sie werden nicht nur in der industriellen Produktion oder Logistik eingesetzt, sondern in Laboren, der hypertechnologisierten Landwirtschaft oder sogar im Warenverkauf – Cobots dringen bald in alle Lebensbereiche vor.

Neuartige Roboteranwendungen sind uns bereits in den Pandemiezeiten begegnet, so etwa die autonom fahrenden Desinfektionsroboter, die in Krankenhäusern oder auch Flugzeugen mit UV-Strahlen Viren auf den Oberflächen eliminieren können. Ein Roboterarm, der Rachen- und Nasenabstriche für Corona-Test beim Menschen nehmen kann, der Nasal Swab Robot der Entwickler von Brain Navi aus Taiwan, soll demnächst klinische Zulassungstests durchlaufen und könnte dann etwa an Flughäfen eingesetzt werden.

Auch skurrile Tierroboter, wie etwa die von Festo in weiterentwickelten, einsatzfähigen Varianten, werden in bestimmten Bereichen kommen; und nicht nur ausschließlich wegen ihrer technischen Vorzüge – bereits vor zehn Jahren, als in Japan Therapieroboter in Robbenform vorgestellt wurden, konnten Wissenschaftler beobachten, dass Menschen, auch wenn sie wissen, dass das Tier eigentlich eine Maschine ist, schon nach kurzer Zeit eine emotionale Verbindung mit einem solchen Roboter eingehen.

In Singapur etwa wurde ein Roboterhund von Boston Dynamics mit Kamera und Lautsprecher ausgestattet, der dann zu den Menschen trippelte, um sie an Abstandsregeln oder das Tragen von Masken zu erinnern – von einem lustigen Roboterhund ermahnt zu werden scheint angenehmer zu sein als von einem knurrigen Polizisten zurechtgewiesen zu werden. Auf Straßen von raueren Großstädten wie Berlin müsste man aber eventuell ein bissigeres Modell der Serie gegen renitente Maskenverweigerer einsetzen.

Eine friedliche Hundevariante wird zurzeit in einem Ford-Werk in den USA getestet; zwei der Boston-Dynamics-Tiere sollen dort in Zukunft autonom durch die Fabrikhallen streifen, sogar Treppen bewältigen, und mit Kameras und Laserscannern auf dem Rücken die Hallen vermessen.

FOTOS: I XXXXX

4





Bei den Hunden von Boston Robotics konnte beobachtet werden, dass die Fabrikarbeiter die Tiere schon nach kurzer Zeit begrüßten, wenn sie ihnen begegneten. Hier liegt wohl ein Potenzial der Tierroboter. Durch eine emotionale Verbindung zur Maschine könnte die Akzeptanz, auch zur Zusammenarbeit etwa mit Cobots, steigen. Die Aspekte des Wandels von Industrierobotern zu sozialen Robotern und wie wir in Zukunft mit ihnen kommunizieren, wurden vor im August bereits auf der Robophilosophy Conference diskutiert.

Aber auch die technischen Vorteile, eben die Erkenntnisse aus der Bionik, sprechen für viele Anwendungsmöglichkeiten:

Der amphibische Roboter Velox von Pliant Energy aus New York bewegt sich, angetrieben von wabernden Seitenflossen aus Gummi, die an die Flossen eines Kalmars erinnern, unter Wasser, auf dem Land und sogar auf Eis sehr wendig und kann zum Beispiel für die Erforschung von Uferzonen eingesetzt werden.

Ebenfalls mit flexiblen Seitenflossen aus Silikon, die sich wie beim Meeresstrudelwurm wellenförmig bewegen, ist der BionicFinWave-Unterwasserroboter ausgestattet. Die quirlige Konzeptstudie aus dem Festo-Biotop könnte zum Beispiel einmal als Inspektions- und Servicewurm für die Wasser- und Abwassertechnik zur Anwendung kommen. Der Flossenantrieb hat Vorteile gegenüber einem Schraubenantrieb – er wirbelt nach Angaben des Herstellers weniger Wasser auf.

Für Arbeiten in größeren Tiefen, für Erkundungen von Schiffswracks zum Beispiel, haben sich die Erfinder



BILDER:  
5  
VORHERIGE SEITE  
Roboterschwalbe: komplexe und vernetzte Navigationsmodule im Rumpf  
6  
Roboterhund Spot von Boston Dynamics: Fabrikarbeiter grüßen freundlich  
7  
Wie ein Reptil: Teilansicht des FlexShapeGrippers, der dem Chamäleon nachempfunden ist

von Eelume aus Norwegen eine Unterwasserschlange ausgedacht. Das Schlangenkonzept ist inzwischen zu einem flexiblen, modularen Multifunktionsstauvehikel für Arbeiten in der Ölindustrie weitergedacht worden und erinnert kaum noch an ein Lebewesen.

Der Robo-Shark aus China kommt dem gefräßigen Hai-Original da schon näher. Auch wenn der Fisch bisher nicht in Serie ging, die Technik und das Bewegungsprinzip des Flossenantriebes stammen aus der Natur. Der beinahe zwei Meter lange Raubfischroboter soll für Unterwasseroperationen jeder Art geeignet sein. Die Spezifikationen lassen eher auf militärische Zwecke schließen und gleichen den Jagdeigenschaften eines echten Weißen Hais – er sei ausdauernd, schnell, lautlos und unsichtbar.

Ein anderes Unterwasserwesen, der Rochen, ist das Vorbild für ein Projekt des Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung gemeinsam mit der Wasserrettung des Deutschen Roten Kreuzes in Halle. Der Roboterrochen soll in Schwimmbädern unter Wasser an Schwimmer in Notsituationen herangeleitet, sie mit seinen Greifarmen festhalten und an die Oberfläche bringen. Im November, so Sven Thomas, soll ein Testrochen in einem Schwimmbad in Halle erprobt werden.

Die Rochenform scheint ein überzeugendes Beispiel für die Vorteile einer Annäherung an tierische Vorbilder zu sein. Chinesische Forscher der Zhejiang Universität in Hangzhou stellten bereits vor drei Jahren einen Geschwindigkeitsrekord mit ihrem weichen Mantarochen-Roboter auf: Er war deutlich schneller als andere Unterwasserroboter.

Ähnliche Erkenntnisse gelten auch für die Luft. Die effizientesten Flieger in der Natur sind Vögel. Die Roboterschwalbe BionicSwift, ebenfalls aus dem Festo-Zoo, etwa fliegt mit Flügeln, die aus vielen einzelnen sehr leichten und flexiblen Schaumstofflamellen, ähnlich den Federn eines Vogels, bestehen. Das Flattertier hat eine Spannweite von beinahe 70 Zentimetern, wiegt aber gerade einmal 40 Gramm und hat wesentlich bessere und energiesparendere Flugeigenschaften als ein Flugapparat mit geschlossenen Flügeln. Im Rumpf stecken komplexe und vernetzte Navigationsmodule, sodass die elektronischen Schwalben im Schwarm untereinander kommunizieren können. Zukünftige Anwendungen für den autonomen Vogelschwarm könnten zum Beispiel der Materialtransport in der vernetzten Fabrik der Zukunft sein. Die beinahe filigranen, lautlosen Schwalbenroboter müssten dann allerdings wohl für akzeptable Nutzlasten

FOTOS: I XXXXX





8

FOTOS: I XXXX

zu einer robusteren Industrieversion weiterentwickelt werden.

Besonderes Augenmerk richten die Forscher auch auf die besonderen Greiffähigkeiten bestimmter Tierarten, die - übersetzt für entsprechende Roboter - herkömmliche zangenartige Werkzeuge ergänzen können. So ist der TentacleGripper den Fangarmen des Oktopusses nachgebildet. Der weiche, mit Saugnäpfen ausgestattete Tentakel-Greifer kann zum Beispiel an einen Roboterarm angeschlossen werden und sodann empfindliche Teile präzise und sicher positionieren. Auch der FlexShapeGripper hat ein Vorbild mit erstaunlichen Fähigkeiten: die klebrige, schnelle Zunge des Chamäleons. Wie beim zielsicheren Reptil stülpt sich der Silikonauflage über ein Objekt. Der komplizierte Saug- und Greifvorgang wird im Zungen-Greifer mit einem System aus Wasser- und Druckluftfüllung umgesetzt.

Doch auch wenn diese Errungenschaften schon erstaunlich sind, ist das Potential noch riesig, glaubt Karoline von Häfen von Festo: „Die Natur hat einen Vorsprung von Jahrtausenden, was die Eigenschaften und Fähigkeiten unserer Vorbilder wie Tiere, Pflanzen, Naturphänomene oder den Menschen angeht. Diesen Vorsprung der Evolution werden wir so schnell nicht einholen. Wir können lediglich versuchen zu verstehen, wie diese komplexen Prinzipien arbeiten – aber ihre Nachbildung stellt uns vor riesige Herausforderungen.“

Etwas schneller könnten Roboter-Bienen zum Einsatz kommen. Am Wyss Institut der Harvard Universität werden gerade winzige RoboBees entwickelt, deren Flügelschläge von batteriebetriebenen Muskelsträngen aus Keramik erzeugt werden. Die autonomen, intelligenten Minibienen sollen einmal als Landwirtschaftsroboter ausschwärmen und die inzwischen überall dezimierten Bienenpopulationen beim Bestäuben unterstützen oder auch ersetzen.

Einen ganz anderen Ansatz hat die Entwicklung des Faultier-Roboters vom Georgia Institute of Technology. Das etwas tumb wirkende Gebilde hängt an einem Seil und bewegt sich kaum. Und das genau ist der Plan. Das seltsame glotzende Metalltier, das wie eine missgestaltete Nachttischlampe aussieht, soll für die Wissenschaft im Dschungel abhängen. Es kann dabei Tiere und Pflanzen beobachten, Geräusche aufzeichnen und Wetterdaten sammeln. Es braucht wenig Energie für seine sehr langfristigen Aufgaben, lädt seine Batterien gelegentlich in der Sonne auf und betrachtet ruhig die Umwelt.

**Das Potential ist riesig, der Vorsprung der Evolution gewaltig, die Einsatzmöglichkeiten sind groß: Roboterbienen können bei der Bestäubung helfen, Roboter-Delfine könnten echte Tiere im Zoo ersetzen**



9

Und für eine düstere Zeit, in der es keine Tiere und Pflanzen mehr zu beobachten gibt, in der fast alles eine Simulation sein wird, haben die Experten von Edge Innovations aus San Francisco etwas im Angebot:

Ihr verblüffend reales Säugetier kann man bald in Vergnügungsparks bestaunen. Der Roboter-Delfin ist nicht von einem echten zu unterscheiden und soll – das ist das Positive an der Täuschung – die Haltung von Delfinen unter erbärmlichen Bedingungen für die Tiere in beengten Pools von Delfin- und Orca-Shows überflüssig machen.

Und vielleicht werden in der Arbeitswelt der Zukunft tierische Technologien in den Smart-Factories für die wenigen, nicht wegrationalisierten Mitarbeiter, eine animalische Abwechslung in die Hallen bringen. Zwischen brachialen Industrierobotern aus vergangenen Zeiten, die schwere und monotone Arbeiten verrichten, schwirren dann intelligente Roboterschwabenschwärme umher, moderne Tentakel greifen nach Kleinteilen und Chamäleonzungen schießen hervor, um eine herabfallende Kaffeetasse aufzufangen. ●

BILDER:

8

High-Tech-Spinne BionicWheelBot: in schwierigem Gelände kann sie rollen statt krabbeln

9

Intelligente Minibienen: RoboBee Microbot aus dem Wyss Institut an der Harvard University