Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 104 (2013)
Heft: 8

Artikel: Die Vielfalt weicher Roboter
Autor: Novotny, Radomir
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856516

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

TECHNOLOGIE **PANORAMA**

Die Vielfalt weicher Roboter

Internationaler Workshop zu Soft Robotics und Morphological Computing in Ascona

Mit Robotern bringt man – vor allem im industriellen Bereich – meist Geschwindigkeit, Härte und Präzision in Verbindung. Dass gewisse Roboter bewusst auch eine «weiche» Seite haben können, mit Konstruktionsprinzipien, die nicht von automatischen Maschinen, sondern von der Natur abgeleitet sind, wurde am Workshop vom 14. bis 19. Juli 2013 auf dem Monte Verità interdisziplinär unter Forschern diskutiert. Eine Ausstellung präsentierte 33 Beispiele einem breiteren Publikum. Eingeladen hatte das Bio-Inspired Robotics Lab der ETH Zürich.

Radomir Novotny

Kann man von Tintenfischen, Pflanzenwurzeln, Raupen, Spinnennetzen oder Schlangen etwas für den Roboterbau lernen? Auf den ersten Blick nicht, denn es scheinen völlig unterschiedliche Welten zu sein. Harte, elektrisch angetriebene Industrieroboter mit Präzisionssensorik und zentraler Steuereinheit nehmen uns schon lange erfolgreich an vielen Orten monotone oder gesundheitsgefährdende Arbeiten ab. Sie erreichen einen Perfektionsgrad und Geschwindigkeiten, die kaum noch zu überbieten sind. Ist es da noch sinnvoll, erneut einen Blick auf die Natur zu werfen? Ein klares Ja auf diese Frage kam von der unter der Leitung von Prof. Fumiya Iida (ETH Zürich) organisierten Konferenz am Centro Stefano Franscini in Ascona. Denn die harten Industrieroboter erfüllen zwar gewisse Aufgaben auf hervorragende Weise, sind aber für andere Aufgabenstellungen ungeeignet oder zu gefährlich. Soft Robotics als Disziplin ist relativ neu. Sie hat sich in den letzten fünf Jahren gebildet, aber ihre Wurzeln reichen rund zwei Jahrzehnte zurück.

Soft robots are safer robots

Ein zentrales Thema der weichen Roboter ist die Kompatibilität mit Menschen. Besonders im medizinischen und therapeutischen Bereich könnten sich neue Möglichkeiten ergeben. Es geht aber nicht primär um Kuschelroboter, die in Pflegeheimen als Ersatz für menschliche Wärme eingesetzt werden sollen, sondern um andere Arten von Werkzeugen: Beispielsweise um chirurgische Sonden für minimalinvasive Operationen, die um weiche Organe herumbewegt werden können und ein kleineres Verletzungsrisiko als konventionelle Sonden darstellen, sowie um Hilfsmittel, die den menschlichen Bewegungsapparat auf «weichere» und somit angenehmere Weise bei der Physiotherapie oder im Alltag unterstützen als Metallgerüste mit Elektromotoren.

Im Bereich der Soft Robots werden Lebewesen wie Tintenfische imitiert, die sich durch deformierbare, in alle Richtungen biegsame Arme auszeichnen, die bei Bedarf grosse Kräfte mobilisieren können. Tintenfische können sich durch kleine Öffnungen hindurchzwängen und anschliessend wieder zur ursprünglichen Form zurückfinden – eine Eigenschaft, die auch in einigen Projekten untersucht wird, die sich nicht direkt mit Tintenfischen, sondern mit Zellstrukturen und Ähnlichem befassen. Diese Eigenschaft wäre bei Suchrobotern in Erdbebengebieten und bei Unterwasserrobotern, die nach Personen in Schiffwracks suchen, willkommen.

Natürlich müssen noch diverse Herausforderungen bewältigt werden. Eine davon ist die Entwicklung geeigneter Sensoren und Aktuatoren – einige Teams arbeiten in diesem Bereich. Ein Sensor wurde präsentiert, der aus einer Infrarot-LED, einem weichen Medium aus lichtdämpfendem Material (Silikongummi mit Titandioxidpartikeln) und einer Infrarot-Diode besteht. Durch Druck auf den Sensor erhöht sich die durch die Fotodiode empfangene Lichtintensität, da der Abstand kleiner wird. Bei einer abscherenden Bewegung wird der Sensor verbogen und die LED leuchtet nicht mehr direkt auf die Fotodiode, wodurch beispielsweise erkannt werden kann, ob ein gehaltenes Objekt abrutscht.

Pneubotics ist der Name einer Technologie, die bei OtherLab, einem privaten F&E-Unternehmen in den USA entwickelt wird. Hier werden Herstellungs-

Ein aufblasbarer Roboter von Kevin Albert, OtherLab, USA. Soft Robots sind Roboter, die für Menschen ungefährlich sind, bei denen man sogar vor einem Händedruck keine Angst haben muss.

TECHNOLOGIE **PANORAMA**

Der Arm eines Tintenfisches – hier eine Version von Forschern um Prof. Rolf Pfeifer der Universität Zürich – repräsentiert die Soft Robots in Reinkultur.

techniken aus der Textil- und Segelindustrie eingesetzt, um aufblasbare Roboter herzustellen. Solche Roboter sind in der Lage, ein Mehrfaches ihres Eigengewichts zu tragen. Durch entsprechende CAD-Modelle lassen sich so komplizierte Formen und Funktionen realisieren, die pneumatisch oder hydraulisch betrieben werden können.

Dass sich weiche pneumatische Aktuatoren auch für das Ausrichten von Fotovoltaik-Panels auf Hausfassaden eignen und so ein höherer und besser auf den Tagesablauf verteilter Ertrag erreichen lässt, erläuterte Dino Rossi von der ETH Zürich.

Die Spinne und ihr Netz stehen im Zentrum des Interesses von Fritz Vollrath, Uni Oxford. Ihn fasziniert, wie die Spinne ihren Aktionsradius mit dem Netz erweitert und, nach getaner komplizierter Bauarbeit, ruhend auf den Fang warten kann. Energieeffizienz auf andere Weise.

Die Inspirationsquellen von Soft Robots beschränken sich nicht auf die Fauna: Auch Pflanzen werden genau untersucht. Insbesondere wachsende Pflanzenwurzeln, die auch in harten Böden einen Weg finden, um sich die benötigten Nährstoffe zu besorgen. Plantoide Roboter sollen künftig auf langsame, energieeffiziente Weise mit osmotisch oder flüssigkeitsbasierten Aktuatoren ins Erdreich vordringen und dort Untersuchungen anstellen oder gewisse Materialien extrahieren.

Energieeffizienz-Perspektiven

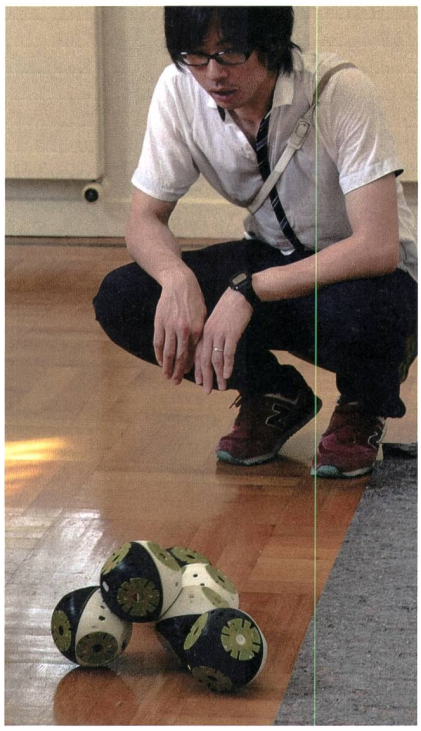
Um eine gewisse Distanz zu überwinden, brauchen heutige Roboter rund 10- bis 100-mal mehr Energie als ähnlich schwere Tiere mit vergleichbarem Körperbau. Eine Forschungsrichtung des Soft Robotics widmet sich deshalb der energieoptimierten Fortbewegung. Rein äusserlich unterscheiden sich diese Roboter stark von den anderen Soft Robots, da sie oft dünne Glieder aufweisen, und so an hüpfende Strichfiguren erinnern, oder aus flexiblen Metallbändern konstruiert sind. Eine elegant sanfte Bewegung findet man hier nicht. Mit pneumatischen «Muskeln», Vibratoren, drehenden Exzentergewichten und ähnlichem sowie unter Ausnutzung von Körperresonanzen bewegen sie sich zappelnd und zitternd fort.

Die Forschung geht bei ihrer Entwicklung unterschiedliche Wege: Manchmal basieren die Konstruktionen auf Experimenten, manchmal auf Beobachtungen der Bewegungsabläufe bei Tieren. Bei Letzterem gibt es besonders im Hinblick auf die Funktion des Rückgrats gewisse Überschneidungen zu Steuerungsfragen. Die Wirbelsäule kann, wenn optimal bewegt, den energetischen Aufwand der Beine reduzieren und dient gleichzeitig als Steuerzentrale.

Rechnen mit Körpergliedern

Morphological Computing war der zweite Schwerpunkt der Konferenz. Bei diesem «Rechnen mit den Gliedmassen» geht es darum, die Eigenschaften des Roboterkörpers so zu gestalten, dass die zentrale Steuerstelle, das «Gehirn», möglichst entlastet wird. Die Lehre (griechisch «logos», das Wort) der Form (griechisch morphé) geht bei Robotern von einer Betrachtungsweise aus, die sich nicht nur auf den Roboter und das Steuerzentrum beschränkt, sondern die die Umgebung mit einbezieht und für die auszuführenden Aufgaben Materialien sucht, die besonders geeignet sind. So können, wie dies beispielsweise an der ETH Zürich in der Gruppe von Prof. Fumiya Iida geschieht, kletternde Roboter konstruiert werden, die das mehrfache ihres Gewichts tragen können. Dazu werden Werkzeuge mit Schmelzklebstoffen an den Klettergliedern verwendet.

TECHNOLOGIE **PANORAMA**



Ein «Roombot» der EPFL kann sich trotz fehlender Beine oder Räder fortbewegen.

Eigentlich ist das «Computing» in der Bezeichnung irreführend, denn es geht darum, die Gliedmassen so an die Interaktion mit der Umgebung anzupassen, dass sie gewisse Funktionen durch eine geeignete Konstruktion und Materialwahl übernehmen, die sonst rechnerisch bewältigt werden müsste. Ein einfaches Beispiel: Bei einer konventionellen Roboterhand ist das Greifen eines zerbrechlichen Objekts eine regelungstechnische Herausforderung. Man braucht schnelle Sensoren und einen ultraschnellen Prozessor, will man sicherstellen, dass beispielsweise die Schale des zu greifenden rohen Eis intakt bleibt. Beim morphologischen Rechnen im Bereich der Soft Robots gestaltet man die Hand so, dass sie prinzipiell kaum in der Lage ist, dem Ei Schaden zuzufügen – mit weichen Fingerspitzen und flexiblen Sehnen. Das Ei lässt sich so mit einer einfachen Ansteuerung sicher und zerstörungsfrei greifen.

Dass sich mit Morphological Computing nicht nur passive, sondern auch dynamische Roboter konstruieren lassen, wurde anhand eines an der Konferenz via Video präsentierten Hunderoboters gezeigt. Dieser an der ETH Zürich entwickelte Roboter gehört zur Kategorie der «brainless robots». Obwohl er lebhaft im Kreis herumrennt, kommt er ohne CPU und ohne sensorische Feedback-Mechanismen aus und lässt sich sogar durch kleinere Hindernisse nicht am Herumtollen hindern. Das Konstruktionsprinzip lautet «mechanical self-stability».

Ein eindrückliches Beispiel von morphologischem Rechnen findet man in der Natur: Küchenschaben haben sechs Beine, die je mindestens über sieben Freiheitsgrade verfügen. Obwohl das Gehirn viele Neuronen hat, verbinden nur rund 250 das Gehirn mit dem Körper – die Folge ist eine geringe «Daten-Bandbreite», d.h. wenn eine Küchenschabe über einen Gegenstand klettert und dabei das Gehirn die Beine steuern würde, müsste sie unweigerlich deutlich langsamer werden, um alle Ansteuerungsinformationen übertragen zu können. Dies ist aber nicht der Fall. Die Lösung des Problems liegt in einer Reduktion der zu kommunizierenden Parameter: Es wird nur eine Veränderung der Körpermorphologie, des Schultergelenkes, mitgeteilt, die wiederum die Stellung der Beine verändert und ein Klettern ermöglicht. Eine optimierte Konstruktion entlastet so das Gehirn.

Die Tatsache, dass mit Morphological Computing Rechenleistung gespart wird, ist aber nur eine Seite der Münze. Die andere ist die Einschränkung der Flexibilität, denn durch die materialtechnische Anpassung an bestimmte Situationen verunmöglicht man den Einsatz in anderen Situationen. Konkreter: Baut man einen Roboter mit vier Beinen und nimmt zwei weg, wird er sich nicht fortbewegen können. Ein Hund, der nur mit den Hinterbeinen auf die Welt kam, schafft es hingegen, sich auf den aufrechten Gang zu gewöhnen – wie ein Video eindrücklich zeigte. Die Natur bleibt als Inspirationsquelle nicht nur unerschöpflich, sondern auch unerreicht.

Wie geht es weiter?

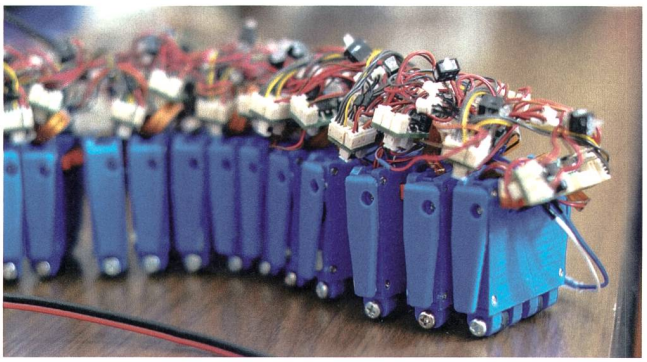
Betrachtet man das mögliche Spektrum an Roboterbauarten, so stehen Soft Robots an einem Ende und industrielle Roboter am anderen. Letztere sind ausgereift und tausendfach im Einsatz, erstere stehen erst am Anfang ihrer Entwicklung – und einer unsicheren Zukunft.

Da die Arten von Soft Robots äusserst vielfältig sind, muss es sich zunächst noch herauskristallisieren – der «harte» Ausdruck sei in diesem Kontext verziehen –, welche Arten erfolgsversprechend sind und welche sich in diesem evolutiven Prozess schliesslich nicht durchsetzen werden können. Parallel muss untersucht werden, welche Materialien sich für bestimmte Aufgaben am besten eignen und welche Herstellungsprozesse ökonomisch sind.

Das Thema Soft Robotics hat zurzeit enorm viele Freiheitsgrade, was einerseits sehr positiv ist, denn eine gegenseitige Inspiration kann so stattfinden, aber andererseits kann es auch die Konzentration auf ein bestimmtes Gebiet erschweren. Es ist denkbar, dass sich in einigen Jahren Unterdisziplinen – die durchaus auch näher bei den industriellen Robotern liegen könnten – mit entsprechenden Kompetenzzentren entwickeln werden. Für Soft-Robotics-Erfolge wird ein gutes Gespür für Wesentliches, gepaart mit einer in diesem Gebiet besonders nötigen Offenheit für neue Ansätze sowie Ausdauer und Experimentierfreude erforderlich sein. Diese Kombination aus Kreativität und wissenschaftlicher Methodik findet man sonst selten. Und der im Soft Robotics vertretene, ganzheitliche Ansatz, nicht nur das zu entwickelnde System mit seiner Funktion zu betrachten, sondern auch die Umgebungseigenschaften interdisziplinär im Entwicklungskonzept zu berücksichtigen, könnte auch in anderen Bereichen zu überraschenden Lösungen führen.

Links

- www.softrobot2013.ethz.ch
- softrobotics.org
- www.nccr-robotics.ch



Bilder: No

Raupen-Roboter gab es an der Ausstellung vom Donnerstag einige – aus weichem und hartem Material. Die dezentral gesteuerte Fortbewegung stand im Zentrum einiger Arbeiten.