

## **Wenn Roboter lernfähig werden**

### **Rolf Pfeifer - Computer- und Naturwissenschaftler schaffen gemeinsam mit Ingenieuren der Universität Zürich künstliche Intelligenz.**

Nicht schlecht staunte die Welt letztes Jahr, als das amerikanische Marsmobil «Sojourner» auf dem roten Planeten um sein Muttergefährt «Pathfinder» herumkurvte, sensationelle Fotos von der Marsoberfläche schoss und zur Erde übermittelte. Doch ohne Steuerbefehle von der Erde wäre «Sojourner» nutzlos gewesen.  
Künstliche Ameise

Ein vergleichbares Gefährt steht im Labor für künstliche Intelligenz des Instituts für Informatik der Universität Zürich. Es bewegt sich aber gänzlich ohne Fernsteuerung: Der «Sahabot 2» orientierte sich letztes Jahr in der tunesischen Sahara der einheimischen Ameisenart *Cataglyphis* gleich anhand des polarisierten Sonnenlichts.

«Sahabot 2» ist ein Produkt der Zusammenarbeit einer interdisziplinären Arbeitsgruppe unter der Leitung von Professor Rolf Pfeifer, dem Leiter des Labors für künstliche Intelligenz am Institut für Informatik, und dem Zoologischen Institut der Universität Zürich unter der Leitung von Professor Rüdiger Wehner.

Gleich wie die tunesische Ameisenart mit speziellen Lichtsensoren in ihren Facettenaugen auf der ausgedehnten Futtersuche in der glühend heissen Wüste stets zielsicher den Weg zurück ins Nest findet, so rollt «Sahabot 2» auf vier Rädern mit Hilfe von sechs elektronischen Augen und einer 360-Grad-Kamera unfehlbar an seinen Ausgangspunkt zurück.

«Sahabot 2» kann zwar viel, besitzt aber keine künstliche Intelligenz, das Hauptforschungsgebiet von Professor Pfeifer. «Weil Lernen für uns von zentralem Interesse ist, versuchen wir das Lernverhalten von Kleinkindern mit der Verwendung von Robotern nachzubilden», erklärt der Informatikprofessor.

Diese künstliche Intelligenz beruht auf einem neuronalen Netzwerk, einem «künstlichen Nervensystem», das am Computer entwickelt wird. Nach demselben Prinzip funktioniert auch das menschliche Gehirn. Bereits seit den fünfziger Jahren wird auf dem Gebiet der künstlichen neuronalen Netzwerke geforscht. Man hofft, dank ihres Einsatzes in Robotern die Dynamik menschlicher Hirnaktivitäten besser zu verstehen.

In Rolf Pfeifers Arbeitsgruppe arbeiten deshalb Wissenschaftler aus dem In- und Ausland und aus verschiedenen Fachgebieten zusammen: Informatiker, Elektroingenieure, Maschineningenieure, Biologen, Neurobiologen, Mediziner, theoretische Physiker, Mathematiker und Psychologen.

#### **Elektronisches Lob**

Wie ein Roboter mit einem neuronalen Netzwerk lernt, erklärt Professor Pfeifer anhand einer Maschine, die Abfall einsammeln soll: «Ein solcher Roboter soll nur Papier, Dosen und Flaschen einsammeln, nicht aber auch Hunde oder kleine Kinder. Jedesmal wenn er seine Arbeit richtig ausführt, bekommt er quasi als Lob ein elektronisches Verstärkungssignal. So lernt der Roboter mit der Zeit, wirklich nur Abfall einzusammeln.»

Noch sehen die Roboter in Rolf Pfeifers Labor eher wie Spielzeuge von begabten Elektronikbastlern aus. Doch wenn die Maschinen aktiviert werden, leisten sie Erstaunliches. Werden sie etwa in eine Arena mit Styroporwürfeln gesetzt, wo sie sich frei bewegen können, bilden sich nach einiger Zeit Haufen von Styroporwürfeln. Obwohl die Roboter eigentlich nur auf das Ausweichen von Hindernissen programmiert sind, räumen sie ihr Tummelfeld auf.

Das Experiment zeigt, dass das Funktionieren des Gehirns, in diesem Fall ein einfaches neuronales Netzwerk, nur verstanden wird, wenn die Wechselwirkung des Organismus mit der Umwelt berücksichtigt wird.

Andere mit neuronalen Netzwerken gesteuerte Roboter lernen, in einem bestimmten Zusammenhang gewisse Signale mit ihren Sensoren verstärkt wahrzunehmen und spezifisch darauf zu reagieren.

So verfolgen sie etwa nur Objekte einer gewissen Farbe, weichen nur unter bestimmten Umständen vor einem Hindernis zurück, oder sie reagieren auf Handzeichen unterschiedlich.

Diese Experimente wurden im Rahmen eines Projekts mit der Psychiatrischen Klinik des Universitätsspitals Zürich durchgeführt. Sie sollen helfen, Aufmerksamkeitsstörungen bei Schizophreniepatienten besser zu verstehen. Die Experimente bilden eine wichtige Ergänzung zu traditionellen Methoden der Schizophrenieforschung.

«Unsere Arbeit ist ungemein kreativ, und ich verfüge über ausserordentlich gute Mitarbeiter», sagt Professor Pfeifer. Der gute Ruf seiner Gruppe breitet sich aus, stellt der Informatikprofessor befriedigt fest: «Ich bekomme jede Woche mindesten drei Anfragen von Doktoranden, die in meiner Gruppe mitarbeiten wollen.»

«Unsere Arbeit ist ungemein kreativ, und ich verfüge über ausserordentlich gute Mitarbeiter», sagt Professor Pfeifer. Der gute Ruf seiner Gruppe breitet sich aus, stellt der Informatikprofessor befriedigt fest: «Ich bekomme jede Woche mindesten drei Anfragen von Doktoranden, die in meiner Gruppe mitarbeiten wollen.»

Denn künstliche Intelligenz hat eine grosse Zukunft vor sich. Rolf Pfeifer: «Auf die künstliche Intelligenz wartet ein weites Anwendungsgebiet.» Das reiche von halbautonomen Rollstühlen für Behinderte, über Roboter, die Abwassersysteme auf Lecks untersuchen, Minensuchrobotern, Umweltüberwachungsgeräten bis zu intelligenten Maschinen, die im gefährlich strahlenden Unglücksreaktor von Tschernobyl aufräumen.

Vorderhand betreibt Rolf Pfeifers Gruppe aber noch reine Grundlagenforschung. Das heisst, bei Beginn eines Projekts ist in der Regel nicht abzusehen, was schliesslich dabei herauskommt.

Doch ein Projekt scheint sich mittlerweile zu konkretisieren: ein Roboter, mit dem man sowohl spielen wie auch lernen kann. Das Vorhaben wurde der Kommission für Technologie und Innovation des Schweizer Nationalfonds zur Begutachtung vorgelegt. Für die Kommerzialisierung des Vorhabens wurde am Zürcher Institut für Informatik bereits eine sogenannte Spin-off-Firma mit dem bezeichnende Titel Neuronics gegründet.

Spielend lernen

Lernfähige Roboter können den Menschen beim Lernen unterstützen, davon ist Rolf Pfeifer überzeugt: «Das Vorhaben der Zürcher Erziehungsdirektion, Kinder ab der ersten Klasse an Computern auszubilden, finde ich gut. Aber nur vor dem Computerbildschirm zu hocken ist eine Einbahnstrasse. Die Entwicklung der Sinne eines Kindes basiert auf senso-motorischen Grundlagen und nicht auf rein visuellen. Zum Lernen gehört eben nicht nur das Sehen, sondern auch das Greifen, Hören und Fühlen.»

Artikel René von Euw, Brückenbauer