



Die Roboter kommen

Wie bahnbrechende Technologien unseren Alltag verändern werden

Von Daniela L. Rus



Daniela Rus arbeitet am Massachusetts Institute of Technology (MIT) und ist eine der führenden Robotikexpertinnen der Welt.

> [Artikel aus A-network weiterlesen.](#)
Siehe Seite 3.

Roboter könnten unsere Lebensqualität zu Hause, am Arbeitsplatz und in der Freizeit außerordentlich verbessern. Kundenspezifische Roboter, die mit Menschen zusammenarbeiten, werden neue Arbeitsplätze schaffen, die Qualität bestehender Arbeitsplätze verbessern und den Menschen mehr Zeit geben, sich auf Dinge zu konzentrieren, die sie interessant, wichtig und spannend finden. Berufspendler werden in fahrerlosen Autos ihre E-Mails lesen und beantworten, Videos anschauen und sogar Nickerchen machen können. Sobald ein Fahrgast abgesetzt wird, holt ein fahrerloses Fahrzeug seinen nächsten Passagier ab. Die selbstfahrenden Autos werden in einem System koordiniert und so Verkehrs- und Wartezeiten minimiert. Die Autos fahren dabei sicherer und effizienter als Menschen.

Dennoch sollen Menschen nicht durch Robotik und die Mechanisierung und Automatisierung von Tätigkeiten ersetzt werden. Es geht vielmehr darum,

Wege zu finden, wie Maschinen die Menschen unterstützen und effizienter mit ihnen zusammenarbeiten können. Roboter können besser rechnen, schwerer heben und sich unter erschwerten Bedingungen mit Präzision bewegen. Menschen können dank ihrer Vernunft und ihrer Fähigkeit, von früheren Erfahrungen abzuleiten, besser abstrahieren, verallgemeinern, kreativ denken und sich Dinge vorstellen. Wenn sie zusammenarbeiten, können Roboter und Menschen sich in ihren Fähigkeiten erweitern und ergänzen. Es liegen allerdings noch Welten zwischen dem, was Roboter heute leisten können, und der Zukunftsvision von „allgegenwärtiger Robotik“, in der Roboter viele spezialisierte Aufgaben durchführen, oft im Miteinander mit Menschen, und so selbstverständlich Teil des Alltags sind wie heute Smartphones und Computer. Die aktuelle Forschung zielt darauf ab, die Konstruktion von Robotern und die Art und Weise wie sie sich bewegen, denken,



© fotolia.com, alphaspirit

ihre Umwelt wahrnehmen und miteinander sowie mit Menschen kooperieren, zu verbessern. Eine Welt von allgegenwärtigen, kundenspezifischen Robotern zu erschaffen ist eine enorme Herausforderung, aber durchaus vergleichbar mit der, vor

»Die tiefgreifendsten Technologien sind die, die verschwinden. Die sich in den Stoff des Alltags einweben, bis sie nicht mehr unterscheidbar sind.«

der Computerwissenschaftler vor fast drei Jahrzehnten standen, als sie von einer Welt träumten, in der Computer ein integraler Bestandteil der menschlichen Gesellschaft sind. Mark Weiser ist führender Wissenschaftler am Xerox Palo Alto Forschungszentrum in den 1990er Jahren und gilt als Vater des sogenannten „Ubiquitous Computing“. Er sagt: „Die tiefgreifendsten Technologien sind die, die verschwinden. Die sich in den Stoff des Alltags einweben, bis sie nicht mehr unterscheidbar sind.“ Computer haben diesen Grad der Allgegenwart bereits erreicht. Und Roboter werden es ihnen nachtun.

Ihr eigener, persönlicher Roboter

Computer sind im Alltag bereits allgegenwärtig. Roboter werden es in Zukunft auch sein.

Die Fähigkeiten eines Roboters definieren sich aus dem, was sein Körper ausführen und sein Gehirn berechnen und

steuern kann. Die heutigen Roboter sind zu grundlegenden Fortbewegungsarten auf dem Boden, in der Luft und im Wasser fähig. Sie können Objekte erkennen, Lagepläne von ihrer Umgebung machen, Pick-and-Place-Tätigkeiten am Fließband ausführen,

einfache menschliche Bewegungen imitieren, simple Fertigkeiten erlernen und sogar mit anderen Robotern oder Menschen zusammenarbeiten. Diese Fähigkeiten kann man sich unter anderem beim jährlichen RoboCup ansehen, einer Fußballweltmeisterschaft, bei der Roboterteams aufeinander treffen und koordiniert dribbeln, passieren und Tore schießen.

Diese breite Funktionalität wurde durch Innovationen in der Roboterkonstruktion und Fortschritte bei den Algorithmen, die für Wahrnehmung, logisches Denken, Steuerung und Koordination zuständig sind, ermöglicht. Die Robotik hat in vielen Bereichen enorme Fortschritte gemacht: in der Kalkulation, der Datenspeicherung, in Umfang und Leistungsfähigkeit des Internets, in der drahtlosen Kommunikation sowie in der Konstruktion und Herstellung von Tools. Kosten für Hardware sind gesunken, obwohl die elektromechanischen Komponenten, die in Robotikgeräten verwendet werden, zuverlässiger geworden sind und die intelligenten Ma-

schinen zur Verfügung stehende Wissensbasis dank des Internets gewachsen ist. Der Sprung vom Personal Computer zum „Personal Robot“ ist vorstellbar geworden.

Fahrerlose Autos könnten die Zahl der Autos auf der Straße um rund 80 Prozent senken und so Reisezeiten und Umweltbelastung drastisch verringern. Besonders im Transportsektor kann man in letzter Zeit das große Potenzial der Robotik erkennen. Viele große Autohersteller kündigen an, selbstfahrende Autos zu bauen und diese bis 2020 auf den Markt zu bringen. Googles fahrerlose Autos werden auf öffentlichen Straßen getestet. Weltweit starteten mehrere Universitäten Projekte mit fahrerlosen Autos. Die amerikanischen Staaten Kalifornien, Florida, Michigan und Nevada haben bereits Gesetze verabschiedet, die fahrerlose Autos auf ihren Straßen erlauben, und viele weitere Staaten ziehen dies ebenso in Betracht. Einem aktuellen Jahresbericht von Singapurs Behörde für „Land Transportation“ zufolge, könnten diese „autonomen Flotten“ selbstfahrender Autos, die individuelle Personalfahrten bereitstellen, die Zahl der Autos auf der Straße um rund 80 Prozent reduzieren und so Reisezeiten und Umweltbelastungen drastisch verringern.

Fahrerlose Autos wären nicht nur ein privater Luxus. Mit sinkenden Kosten für Herstellung und Wartung könnte ihre Verbreitung den öffentlichen Personennahverkehr deutlich verbessern. Stellen Sie sich ein Verkehrssystem mit





© fotolia.com, alphaspirit

zwei Ebenen vor: ein Netz von Großraumfahrzeugen wie Zügen und Bussen für lange Fahrten und komplementäre Flotten von kleinen, fahrerlosen Fahrzeugen für kurze, individuelle Fahrten. Passagiere würden sowohl an großen Knotenpunkten und als auch an nahezu allen anderen Orten individuell abgeholt oder abgesetzt werden. Im Jahr 2014 lud die Singapore-MIT-Allianz für Forschung und Technologie die Öffentlichkeit im Rahmen des Zukunftsprojekts „Urban Mobility“ dazu ein, in fahrerlosen Buggies durch den chinesischen Garten in Singapur zu fahren, einem Park mit kurvenreichen, von Bäumen umgebenen Alleen, Bänken und flanierenden Spaziergängern. Mehr als 500 Menschen nahmen am

»Der Sprung vom Personal Computer zum „Personal Robot“ ist vorstellbar geworden.«

Ereignis teil. Die Golfkarren ähnelnden Roboterfahrzeuge blieben auf den Wegen, wichen Fußgängern aus und brachten ihre Fahrgäste zu ihren ausgewählten Zielen.

Bisher ist autonomes Fahren auf diesem Niveau nur mit niedriger Geschwindigkeit und in einfacheren Umgebungen möglich. Roboterfahrzeuge beherrschen noch nicht die ganze Komplexität des Fahrens „in der freien Wildbahn“, wie bei rauem Wetter und in schwierigen Verkehrssituationen. Diese Themen stehen im Mittelpunkt der laufenden Forschung.

Wie Sie es wünschen

Die breite Akzeptanz von Robotern kann nur über eine natürliche Integration von intelligenten Maschinen in die menschliche Welt geschehen und nicht umgekehrt. Trotz der jüngsten, bedeutenden Fortschritte auf diesem Weg müssen in drei wichtigen Bereichen noch erhebliche Probleme gelöst werden: Es dauert noch zu lange, neue Roboter herzustellen, heutige Roboter sind noch sehr begrenzt in ihrer Fähigkeit, ihre Umgebung wahrzunehmen und über Dinge nachzudenken, und die Kommunikation von Robotern ist noch ziemlich spröde.

Es gibt bereits viele verschiedene Arten von Robotern, aber sie benötigen alle viel Zeit in der Produktion. Die Körper von Robotern lassen sich nur schwierig anpassen oder erweitern, deshalb sind Fähigkeiten und Einsatzgebiete von Robotern noch begrenzt.

Die schnelle Herstellung von neuen Robotern, Zusatzmodulen, Vorrichtungen und Spezialwerkzeugen ist keine echte Lösung, da der Prozess von Konstruktion, Montage und Programmierung lang und umständlich ist. Wir brauchen Planungs- und Fertigungstools, die die kundenspezifische Herstellung von Robotern beschleunigen. Ich gehöre zu einem Team aus Forschern aus Harvard, MIT und der University of Pennsylvania, das derzeit an einem „Roboter-Compiler“ arbeitet. Dieser soll auf Basis einer speziellen

Spezifikation, wie zum Beispiel: „Ich möchte einen Roboter, um das Zimmer aufzuräumen“, ein Roboterdesign berechnen sowie einen Fertigungsplan und eine benutzerdefinierte Programmierumgebung für die Verwendung des Roboters erstellen können.

➤ [Artikel aus A-network weiterlesen.](#)

Besser individualisierte Roboter würden uns die Automatisierung einer Vielzahl von Aufgaben ermöglichen. Nehmen wir als Beispiel die Herstellung: Die Automatisierung ist bei Weitem nicht in allen Branchen einheitlich. In der Automobilindustrie sind rund 80 Prozent der Montageprozesse, die aus vielen wiederholbaren Aktionen bestehen, automatisiert. Im Gegensatz dazu sind nur etwa zehn Prozent der Montageprozesse für Elektronikgeräte wie Handys automatisiert, da sich diese Produkte häufig ändern und stark individualisiert sind. Kundenspezifische Roboter könnten diese Lücke schließen, indem sie die Rüstzeiten für die Automatisierung in den Branchen reduzieren, die auf Individualisierung angewiesen sind und deren Produkte kurze Lebenszyklen haben. Spezialisierte Roboter würden wissen, wo Teile gelagert werden, wie man sie zusammensetzt, wie man mit Menschen interagiert, wie man Teile von einem Ort zum anderen transportiert, wie man sie verpackt und wie man ein Fließband um-





konfiguriert. In einer Fabrik mit solchen Robotern hätten menschliche Arbeiter die Kontrolle und Roboter würden sie unterstützen.

Does not compute

Die zweite Herausforderung bei der Integration von Robotern in den Alltag ist die Notwendigkeit, ihre Denkfähigkeit zu erhöhen. Diese ist bei heutigen Robotern nur begrenzt, da deren Kalkulationen exakt spezifiziert werden. Alles, was ein Roboter tut, ist in einfachen Anweisungen beschrieben und der Umfang der Denkfähigkeit eines Roboters ist komplett vorprogrammiert. Darüber hinaus ist die Wahrnehmung seiner Umgebung durch die Sensoren eines Roboters ziemlich begrenzt. Aufgaben, die für einen Menschen selbstverständlich sind, wie zum Beispiel die Beantwortung der Frage: „War ich schon einmal hier?“, sind für Roboter

»Aufgaben, die für einen Menschen selbstverständlich sind, wie zum Beispiel die Beantwortung der Frage: „War ich schon einmal hier?“, sind für Roboter extrem schwierig.«

extrem schwierig. Roboter verwenden Sensoren wie Kameras und Scanner, um Merkmale von besuchten Orten aufzuzeichnen. Aber es ist für eine Maschine schwierig, zwischen den Merk-

malen zu unterscheiden, die zu einer Szene gehören, die sie bereits gesehen hat, und den Merkmalen einer neuen Szene, die einige der gleichen Objekte enthält. Generell sammeln Roboter zu viele Low-Level-Daten. Die aktuelle Forschung im Bereich des maschinellen Lernens konzentriert sich auf die Entwicklung von Algorithmen, die aus großen Datensätzen die für einen Roboter nützlichen Informationen herausfiltern können. Solche Algorithmen werden einem Roboter helfen, seine Vorgeschichte zusammenzufassen und damit beispielsweise die Anzahl der Bilder deutlich zu reduzieren, die er zur Beantwortung der Frage: „War ich schon einmal hier?“ benötigt. Ebenso wenig können Roboter mit unerwarteten Situationen umgehen. Wenn ein Roboter auf eine Situation stößt, für die er nicht programmiert wurde, oder die außerhalb seiner Fähigkeiten liegt, geht er in den Fehlerzustand und stellt den Betrieb ein. Oft kann der Roboter die Ursache des Fehlers nicht kommunizieren. Roboter müssen lernen, ihre Programme zu justieren, damit sie sich ihrer Umgebung anpassen und leichter mit Menschen, ihrem Umfeld und anderen Maschinen interagieren können.

Heute kann jeder, der Zugang zum Internet hat – auch Roboter – leicht unglaubliche Mengen an Informationen abrufen. Roboter könnten diese Infor-

mationen nutzen, um bessere Entscheidungen zu treffen. Zum Beispiel könnte ein „Hundeausführroboter“ online Wetterberichte suchen und dann seine eigenen gespeicherten Daten hinzuziehen, um die ideale Länge und optimale Route für einen Spaziergang zu bestimmen: vielleicht ein kurzer Spaziergang, wenn es heiß ist oder regnet, oder einen langen Spaziergang zu einem nahe gelegenen Park, wo andere Hundeausführer sich bevorzugt treffen, wenn es draußen schön ist.

Kleine Helfer für Roboter

Um Roboter in den Alltag zu integrieren, ist außerdem eine zuverlässigere Kommunikation zwischen Robotern sowie zwischen Robotern und Menschen erforderlich. Trotz Fortschritten in der drahtlosen Technologie gibt es in der Kommunikation von Roboter zu Roboter noch große Hürden. Die Modellierung und Einschätzung, wie gut Roboter in der Lage sein werden, in einer bestimmten Umgebung zu kommunizieren, bleibt schwierig. Darüber hinaus werden auf gegenwärtigen Kommunikationstechnologien beruhende Verfahren zum Steuern von Robotern durch Störgeräusche behindert: beispielsweise durch Fremdsignale und Daten, die es schwer machen, Befehle zu senden und zu empfangen. Roboter benötigen zuverlässigere Kommunikationsansätze, die die erforderliche Bandbreite dann, wenn sie benötigt wird, garantieren. Ein vielver-





© fotolia.com, alphaspirit

sprechender neuer Lösungsansatz für dieses Problem besteht darin, die Qualität der Kommunikation direkt am Roboter zu messen, anstatt zu versuchen, sie mit Modellen vorherzusagen. Gleichmaßen begrenzt ist derzeit auch noch die Kommunikation zwischen Robotern und Menschen. Obwohl Audiosensoren und Spracherkennungssoftware es Robotern ermöglichen, einfache gesprochene Befehle wie „Gehe zur Tür“, zu verstehen und auf sie zu reagieren, sind solche Interaktionen in Umfang und Wortschatz noch sehr oberflächlich. Eine weitreichendere Kommunikation mit Menschen würde es Robotern ermöglichen, Menschen um Hilfe zu bitten. Anscheinend genügt ein nur äußerst minimaler menschlicher Eingriff, wenn ein Roboter eine Aufgabe ausführt, um die Art und Weise, wie sich der Roboter mit einem Problem befasst, vollständig zu verändern und die Maschine zu befähigen, erheblich mehr zu leisten. Mei-

»Meine Forschungsgruppe des Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory am MIT entwickelte vor Kurzem ein System, das Gruppen von Robotern ermöglicht, IKEA Möbel zusammenzubauen.«

ne Forschungsgruppe des Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory am MIT entwickelte vor Kurzem ein System, das Gruppen von Robotern ermöglicht, IKEA Möbel zusammenzu-

bauen. Solange die für die Montage benötigten Teile in Reichweite waren, arbeiteten die Roboter miteinander. Wenn ein Teil, beispielsweise ein Tischbein, außer Reichweite lag, konnte ein Roboter das Problem erkennen und die Menschen in englischer Sprache darum bitten, es ihm zu reichen. Nach Erhalt des Teils konnten die Roboter die Montage wieder aufnehmen. Die Fähigkeit eines Roboters, Fehler zu verstehen und menschliche Hilfe in Anspruch zu nehmen, ist ein Schritt zu mehr Synergie in der Kooperation zwischen Mensch und Roboter.

Verwandte Tweets

In einer Welt voller Roboter würden Menschen morgens aufwachen und ihren persönlichen Einkaufsroboter zum Supermarkt schicken, um Obst und Milch zum Frühstück zu besorgen. Dort würden den Robotern Menschen begegnen, die ihre eigenen Einkäufe erledigen, aber in fahrerlosen Autos ins Geschäft gekommen wären. Sie würden selbstfahrende Einkaufswagen benutzen, die sie direkt zu den von ihnen gewünschten Waren bringen und ihnen Informationen über Frische, Herkunft und

Nährwert der Güter geben. Dies könnte insbesondere sehbehinderten Menschen helfen, ihren Einkauf sicher zu bewältigen. In einer von durchdachter Robotik geprägten Einkaufsumgebung

werden Menschen Roboter überwachen und unterstützen, und gleichzeitig ihren Kunden Beratung und Service mit menschlicher Note bieten. Im Gegenzug werden Roboter Menschen unterstützen, indem sie ihnen körperlich schwierige oder mühsame Arbeiten abnehmen – wie die Bestückung von Regalen, die Reinigung von Fenstern, das Kehren der Bürgersteige und die Auslieferung von Bestellungen bei Kunden.

Personal Computer, drahtlose Technologien, Smartphones und einfach herunterzuladende Apps haben den Zugang zu Information und Kalkulation längst demokratisiert und die Art und Weise, wie Menschen leben und arbeiten, völlig verändert. In den kommenden Jahren wird die digitale Revolution mithilfe von Robotern noch weiter in die physische Welt und tiefer in den Alltag vordringen – mit ebenso tief greifenden Konsequenzen. •