

Schriften zu Gesundheit und Gesellschaft –
Studies on Health and Society

2

Christiane Woopen
Marc Jannes
(Hrsg.)

Roboter in der Gesellschaft

Technische Möglichkeiten
und menschliche Verantwortung

 Springer

Schriften zu Gesundheit und Gesellschaft – Studies on Health and Society

Band 2

Reihe herausgegeben von

Christiane Wooten
Universität zu Köln
Köln, Deutschland

Herausgeberboard

Jacqui Smith
University of Michigan
Ann Arbor, USA

Allen E. Buchanan
Duke University
Durham, USA

Jens C. Brüning
CECAD-Exzellenzcluster und Max-Planck-Institut für Stoffwechselforschung
Köln, Deutschland

Luciano Floridi
University of Oxford and The Alan Turing Institute
Oxford, UK

Wolfgang Goetzke
gewi-Institut für Gesundheitswirtschaft e.V. und Gesundheitsregion KölnBonn e.V.
Köln, Deutschland

Oliver Groene
London School of Hygiene and Tropical Medicine
London, UK

Robert Leicht
Langjähriger Politischer Korrespondent/Long-Time Political Correspondent, Die ZEIT
Hamburg, Deutschland

Fortschreitende Digitalisierung, demographischer Wandel und komplexer werdende Umwelten stellen Wissenschaft und Gesellschaft vor neue Herausforderungen. Die tief greifenden Veränderungen betreffen in besonderem Maße auch den Bereich der Gesundheit. Eine Vielfalt wissenschaftlicher Disziplinen und Akteure aus allen gesellschaftlichen Bereichen sind gefordert, um die transformativen Prozesse der Gegenwart zu gestalten. Die **ceres Schriften zu Gesundheit und Gesellschaft** bieten ein Forum für besonders gesellschaftsrelevante Fragen im Bereich der Gesundheit jenseits disziplinärer Grenzen. In ausgewählten Studien präsentieren sie fachübergreifende und translationale Analysen, Debatten und Konzepte zur partizipativen Gestaltung unserer Zukunft. Digital developments, demographic change and increasingly complex environments pose all new challenges for science and society. These profound changes also, and in particular, affect health-related issues. It requires a variety of scientific disciplines and actors from all areas of society to shape the current transformative processes. The **ceres Book Series on Health and Society** provides a forum for the discussion of particularly relevant societal challenges in the area of health, beyond disciplinary boundaries. In selected studies, they present interdisciplinary and translational analyses, debates and concepts, contributing to participative designs for our future.

Weitere Bände in dieser Reihe: <http://www.springer.com/series/16017>

Christiane Woopen • Marc Jannes

Hrsg.

Roboter in der Gesellschaft

Technische Möglichkeiten und menschliche
Verantwortung



Springer

Hrsg.
Christiane Woopen
ceres
Universität zu Köln
Köln, Deutschland

Marc Jannes
ceres
Universität zu Köln
Köln, Deutschland

Schriften zu Gesundheit und Gesellschaft – Studies on Health and Society
ISBN 978-3-662-57764-6 ISBN 978-3-662-57765-3 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-57765-3>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

In der *Fukuoka World Robot Declaration* der International Robot Fair 2004 heißt es: „Roboter der nächsten Generation werden Partner sein, die mit menschlichen Lebewesen koexistieren. Sie werden den Menschen physisch und psychologisch helfen. Sie werden zur Verwirklichung einer sicheren und friedlichen Gesellschaft beitragen.“ (The Free Library 2004)

Die Hoffnungen und Erwartungen an die Leistungsfähigkeit von Robotern sind also sehr hoch gehängt und verfolgen ethisch bedeutsame Ziele. Doch was sind Roboter eigentlich? Es finden sich diesbezüglich zahlreiche Definitionen. Nach einem weit gefassten Verständnis ist ein Roboter eine sensomotorische Maschine, die über mindestens drei unterscheidbare Ebenen freier Beweglichkeit verfügt. Sein Aussehen kann sich im Falle humanoider Roboter an dasjenige eines Menschen anlehnen. Es kann aber auch ein Gerät sein, das eher einer Krake ähnelt, wie z. B. heutige Fließband-Roboter. Sogar Netzwerke aus Sensorsystemen werden zuweilen als Roboter bezeichnet. Im vorliegenden Sammelband rücken jedoch lediglich jene in den Fokus, die als sog. autonome Systeme gelten dürfen und somit selbstständig zu agieren vermögen.

Diese selbstständigen Systeme flößen vielen von uns Angst ein, insbesondere wenn sie mit einem „Antlitz“ daher kommen, das uns an dasjenige des Menschen erinnert, so dass sie artverwandt und unseresgleichen zu sein scheinen. Gleichzeitig faszinieren sie uns, weil das Unvorstellbare machbar erscheint: Alte Menschheitsträume einer nahezu gottgleich-schöpferischen Kraft, nämlich Wesen wie den jüdischer Literatur und Mystik entstammenden Golem erschaffen zu können, die uns wesensähnlich sind oder uns mit ihren Fähigkeiten gar überragen, scheinen mit technischen Mitteln Gestalt anzunehmen. Goethe (1981) hat es in seinem „Faust“ II eindrücklich geschildert: Nicht die menschliche Fortpflanzung soll in ihrer Störanfälligkeit und Zufälligkeit die Zukunft der Menschheit bestimmen. Vielmehr prophezeit Wagner in seinem Labor gegenüber Mephistopheles: „So muß der Mensch mit seinen großen Gaben/Doch künftig höhern, höhern Ursprung haben.“ Will Wagner den Menschenstoff noch durch die richtige Mischung „gemächlich komponieren“, steht uns nun die Technik zur Verfügung – und zwar in Echtzeit.

Roboter sollen das Leben in allen Bereichen vereinfachen, verschönern und effizienter machen – im Haushalt, bei der Arbeit, bei der Pflege, in der Freizeit und in der Medizin. Nach Angabe der International Federation of Robotics (IFR) wurden alleine 2015 weltweit 1324 Medizinroboter verkauft, zu einem durchschnittlichen Stückpreis von einer Million Dollar (International Federation of Robotics 2016).

Roboter sollen Sicherheit bringen und soziale Gerechtigkeit befördern. Sie werfen aber auch ethische Probleme auf. So können sie etwa zu neuen Abhängigkeiten statt Freiheiten führen, die Kluft zwischen Arm und Reich vergrößern und die Menschen zu überwachten Objekten technischer Systeme oder machtvoller Wirtschaftsmonopole machen, so dass wir unsere Privatheit einbüßen und ein selbstbestimmtes Leben nur noch in der Einbildung existiert.

Können wir uns gegen unsere eigenen Produkte letzten Endes noch wehren? Als es um eine geeignete Strategie zur Bekämpfung der Verschlüsselungsmaschine ENIGMA im zweiten Weltkrieg ging, stellte Alan Turing – jedenfalls im Film *The Imitation Game – Ein streng geheimes Leben* – die so treffende Frage: „Was ist, wenn nur eine Maschine eine Maschine besiegen kann?“ (Tyldum 2014)

Das European Robotics Research Network hat im Jahr 2006 eine *Roboethics Roadmap* vorgelegt, die sich mit der Herstellung, dem Design und dem Gebrauch von Robotern beschäftigt. Darin wird bereits auf die Möglichkeit verwiesen, dass es zukünftig nicht nur Menschen gibt, die gemäß ihren eigenen moralischen Vorstellungen Roboter gestalten, sondern Roboter selbst zu moralischen Entitäten werden könnten (Veruggio 2006). Nach zahlreichen Rückschlägen und Enttäuschungen bei der Entwicklung „künstlicher Intelligenz“ gibt es aktuell neue Hoffnungen im Bereich des „Deep Learning“ mit einer Nutzung künstlicher neuronaler Netze. Aber: Wenn Roboter in der Zukunft alles, was wir können und tun, besser können sowie sicherer und effektiver tun – was wird dann aus uns Menschen? Werden Roboter möglicherweise nicht nur die technisch, sondern auch die moralisch besseren Agierenden? Wird es Kindergärten für Roboter geben, damit diese selbstständiges Handeln einschließlich der sozialen und moralischen Regeln, ähnlich wie Menschen, von Anfang an erlernen? „In einer wahnsinnig gewordenen Welt war er die vernünftigste Alternative“, sagt Sarah Connor, als sie erkennt, dass der Terminator von allen Vätern, die gekommen und wieder gegangen waren, am besten auf ihren Sohn John aufpassen kann und immer für ihn da sein wird (Cameron 1991).

Während auf dem Forschungsgebiet der Robotik während der letzten Jahre in einem atemberaubenden Tempo Fortschritte erzielt wurden, steht eine ethische Analyse der daraus entstehenden technischen Möglichkeiten noch relativ weit am Anfang. Insbesondere Roboter, die unabhängig von menschlicher Steuerung agieren und auch mit künstlicher Intelligenz versehen sein können, werfen eine Vielzahl ethischer Fragen auf. Welche Herausforderungen ergeben sich z. B. durch ihren Einsatz in ganz unterschiedlichen Lebensbereichen, wie der Arbeitswelt oder dem Gesundheitswesen? Welcher politische Handlungsbedarf entsteht hieraus? Wie kann sichergestellt werden, dass Maschinen so handeln, dass es moralischen Prinzipien entspricht? Können sie gar selbst als moralische Agenten verstanden werden oder ist der Bereich moralischen Handelns dem Menschen als selbstbewusstem

Lebewesen vorbehalten, der abwägen sowie Gründe für sein Handeln angeben kann? Und auf einer ganz grundsätzlichen Ebene: Welchen Einfluss haben sog. autonome Systeme, die dem Menschen und dem menschlichen Handeln in manchen Hinsichten zunehmend ähneln, auf unser Selbstverständnis als autonome und selbstbewusste Lebewesen? Welches Menschenbild wollen wir verteidigen? Welches Leben möchten wir führen? Was sehen wir noch als das spezifisch Menschliche an?

Diese und eine Vielzahl weiterer Fragen wurden am 24. November 2015 auf der öffentlichen Tagung „Roboterethik. Sie sind stark, klug, selbstständig. Und was wird aus uns?“ in Berlin von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen diskutiert.¹ Dieser Sammelband stellt ein Ergebnis der Tagung dar und spiegelt den interdisziplinären Charakter der Diskussion wider. Die Tagung wurde vom Cologne Center for Ethics, Rights, Economics, and Social Sciences of Health (ceres)² gemeinsam mit und gefördert von der Daimler und Benz Stiftung³ ausgerichtet.

ceres ist ein Zentrum für Forschung, Aus- und Fortbildung sowie Beratung zu gesellschaftsrelevanten Fragen im Bereich der Gesundheit an der Universität zu Köln. Die gezielt inter- und transdisziplinäre Ausrichtung von ceres ermöglicht die Bündelung bislang kaum verknüpfter Forschung und zielt auf einen übergreifenden und zugleich praxisrelevanten Erkenntnisgewinn ab. Daher war es für ceres ein Glücksfall, zusammen mit der Daimler und Benz Stiftung eine Tagung mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus unterschiedlichen Forschungsbereichen zu grundsätzlichen konzeptionellen Fragen sowie praxisnahen ethischen Themen rund um die Entwicklung und den Einsatz von Robotern veranstalten zu können. Die fruchtbare Zusammenarbeit – ceres stellte die wissenschaftliche Leitung und Organisation, die Daimler und Benz Stiftung Administration und Räumlichkeiten – hat zu einer erfolgreichen Veranstaltung mit über 200 Teilnehmenden geführt.

Wir freuen uns, dass sämtliche Referentinnen und Referenten der Tagung sich dazu bereit erklärt haben, ihre hochaktuellen und wissenschaftlich wie auch gesellschaftlich relevanten Vorträge als Manuskripte zu verschriftlichen und derart ihre Überlegungen über diese Tagung hinaus der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Wir möchten insbesondere dem Vorstand der Daimler und Benz Stiftung, Herrn Prof. Dr. Eckard Minx und Herrn Prof. Dr. Rainer Dietrich sowie dem Geschäftsführer Herrn Dr. Jörg Klein für die hervorragende und effiziente Zusammenarbeit danken. Darüber hinaus gebührt unser Dank dem gesamten Team der Daimler und Benz Stiftung für die exzellente Organisation und Durchführung der Tagung.

Ausdrücklich danken möchten wir zudem Dr. Marcel Mertz für seine Mitarbeit bei der Vorbereitung und Durchführung der Tagung sowie für seine konzeptionelle

¹Ein Nachbericht zur Tagung findet sich unter www.ceres.uni-koeln.de/fileadmin/user_upload/Bilder/Veranstaltungen/Tagungen/Roboterethik_Bericht_151208.pdf

²www.ceres.uni-koeln.de

³www.daimler-benz-stiftung.de

und redaktionelle Unterstützung bei der Erstellung dieses Sammelbandes. Weiterhin danken möchten wir dem Team von *ceres*, das die Veranstaltungsorganisation tatkräftig unterstützte und für einen reibungslosen Verlauf sorgte, hierbei insbesondere Frau Anna Genske und Frau Anna Janhsen. Ohne ihren unermüdlichen Einsatz wären die Tagung und der Sammelband in der vorliegenden Fassung nicht möglich gewesen.

Köln im April 2018

Christiane Woopen
Marc Jannes

Literatur

- Cameron, J. 1991. *Terminator 2 – Tag der Abrechnung* (Terminator 2: Judgment Day). USA/FR.
- International Federation of Robotics. 2016. Executive summary world robotics 2016 service robots. https://ifr.org/downloads/press/02_2016/Executive_Summary_Service_Robots_2016.pdf. Zugegriffen am 07.09.2017.
- Goethe, J. W. von 1981. Faust. Der Tragödie zweiter Teil. In *Goethes Werke. Hamburger Ausgabe in 14 Bänden. Bd. 3. Dramatische Dichtungen I*, Hrsg. E. Trunz, 11. Aufl, 210. München: Verlag C. H. Beck.
- The Free Library. 2014. World Robot Declaration from International Robot Fair 2004 Organizing Office. <https://www.thefreelibrary.com/World+Robot+Declaration+from+International+Robot+Fair+2004+Organizing...-a0113587208>. Zugegriffen am 13.09.2017.
- Tyldum, M. 2014. *The Imitation Game – Ein streng geheimes Leben* (The Imitation Game). UK/USA.
- Veruggio, G. 2006. The EURON roboethics roadmap. In *6th IEEE-RAS international conference on humanoid robots*. <https://pdfs.semanticscholar.org/f9a7/6d5cba7c-61e0ef40047d6b23213b619fe04.pdf>. Zugegriffen am 14.09.2017.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Von drehmomentgeregelten Roboterarmen zum intrinsisch nachgiebigen humanoiden Roboter | 1 |
| Alin Albu-Schäffer | |
| Roboterlernen ohne Grenzen? Lernende Roboter und ethische Fragen ... | 15 |
| Jochen J. Steil | |
| Die programmierte Moral | 35 |
| Oliver Bendel | |
| Moralische Maschinen in der Pflege? Grundlagen und eine Roadmap für ein moralisch lernfähiges Altenpflegesystem | 53 |
| Catrin Misselhorn | |
| Autonome Systeme in der industriellen Arbeitswelt | 69 |
| Hartmut Hirsch-Kreinsen | |
| Autonome Technik außer Kontrolle? Möglichkeiten und Grenzen der Steuerung komplexer Systeme in der Echtzeitgesellschaft | 87 |
| Johannes Weyer | |
| Roboterethik. Zur Rolle der Politik | 111 |
| Norbert Lammert | |

Von drehmomentgeregelten Roboterarmen zum intrinsisch nachgiebigen humanoiden Roboter



Alin Albu-Schäffer

Nach Jahrzehnten intensiver Forschung scheint der Zeitpunkt gekommen, an dem Roboter endlich die Käfige ihrer Industrieroboter-Arbeitszellen (wie z. B. bei Schweißrobotern bei der Automobilherstellung) verlassen und beginnen, Hand in Hand mit Menschen zu arbeiten. Dies wird mittlerweile nicht nur von Robotik-Forschern, sondern auch von führenden Automobil- und IT-Unternehmen und natürlich auch von einigen weitsichtigen Industrieroboterherstellern angenommen. Mehrere Technologien, wie z. B. Rechnerleistung, Kommunikationstechnologien, Sensoren und Elektronik-Integration, Antriebstechnik, die für diese neue Art von Robotern erforderlich sind, haben inzwischen die notwendige Leistungsfähigkeit erreicht.

Es ist jedoch klar, dass sich diese menschen-freundlichen Roboter im Aussehen von den heutigen Industrierobotern ganz wesentlich unterscheiden werden. Die Verarbeitung gewaltiger Datenmengen sensorischer Informationen, Leichtbauweise sowie Feinfühligkeit und Nachgiebigkeit (sog. Soft-Robotics-Eigenschaften) sind erforderlich, um die erwartete Leistung und die Sicherheit bei Interaktionen in unbekannter Umgebung oder mit Menschen zu gewährleisten. In diesem Beitrag werden zwei Ansätze, um die oben genannten Soft-Robotics-Eigenschaften zu erreichen, vorgestellt und miteinander verglichen.

Der eine Ansatz ist die mittlerweile ausgereifte Technologie des drehmomentgesteuerten Leichtbauroboters, bei dem die Interaktionskräfte mit der Umgebung feinfühlig in jedem Robotergelenk gemessen und geregelt werden. Diese Roboter wurden während der letzten fünfzehn Jahre beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelt (Arme, Hände, radbasierte und beinbasierte Humanoide – also einem menschlichen Aussehen nachempfundene Roboter, mehrbeinige

A. Albu-Schäffer (✉)

Institut für Robotik und Mechatronik, Deutsches Institut für Luft- und Raumfahrt, Technische Universität München, Oberpfaffenhofen, Deutschland

E-Mail: Alin.albu-schaeffer@dlr.de

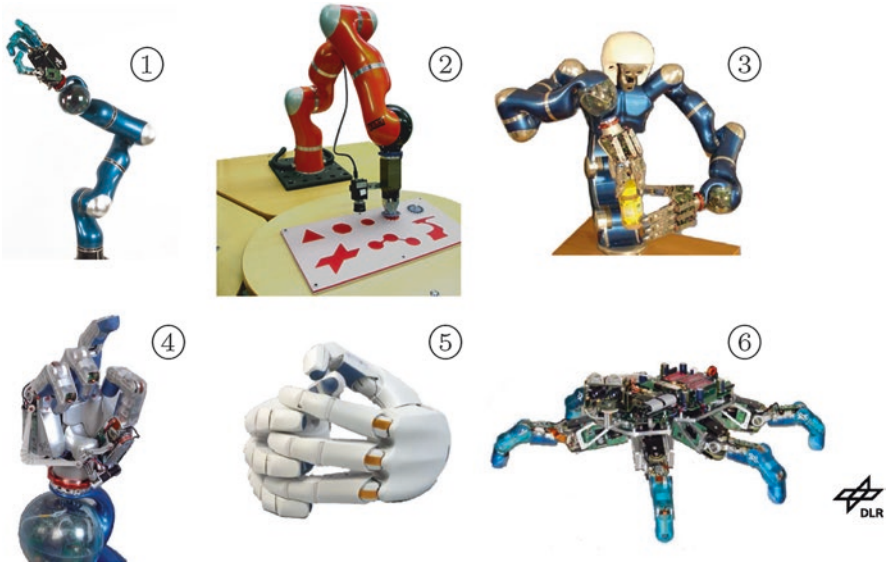


Abb. 1 Überblick der drehmomentgeregelten DLR Roboter: 1) DLR-Leichtbauarm LWRIII, ausgerüstet mit der DLR-HandII. 2) DLR-KUKA-Leitbauarm LWRIII. 3) DLR humanoider Manipulator „Justin“. 4) DLR-HandII-b, eine Überarbeitung der DLR-HandII. 5) DLR-HIT Hand, eine kommerzielle Version der DLR-HandII. 6) DLR-Krabbler, ein lauffähiger Roboter, basierend auf den Fingern der DLR-HandII. (Quelle: DLR)

Roboter – Abb. 1). Mehrere Produkte ergaben sich aus dieser Forschung und wurden in Zusammenarbeit mit verschiedenen Industriepartnern bereits vermarktet (der DLR-KUKA Leichtbauroboter, die DLR-HIT Hand, der MIRO Medizinroboter, der KBee Franka Roboter).

Der zweite Technologieansatz, immer noch ein Thema weltweit aktueller Forschung, ist die Entwicklung von Robotern mit intrinsisch nachgiebigen Aktoren. Diese haben ähnliche Eigenschaften wie die biologischen Muskeln, insbesondere werden die Soft-Robotik-Eigenschaften darin direkt in der Hardware implementiert. Diese neue Generation von Aktoren wurde z. B. in den von uns entwickelten humanoiden Oberkörper HASY (Greibenstein et al. 2011) integriert. Hier wird die „Muskelnachgiebigkeit“ mechanisch realisiert, die anpassungsfähige Flexibilität des menschlichen Arms wird dabei sehr genau nachgebildet. Dieser Schritt verspricht höhere Robustheit gegen Aufprall bei Kollisionen oder Stürzen und die Erhöhung der Energieeffizienz durch elastische Energiespeicher. Gleichzeitig wird man dadurch aber mit erheblichen zusätzlichen Herausforderungen bei der mechatronischen Integration und der Regelung konfrontiert, so dass hier ein Kompromiss zwischen Komplexität und Funktionalität gefunden werden muss.

Der vorliegende Beitrag liefert eine Übersicht der mechatronischen Entwurfskonzepte und der Regelung der bereits klassischen, aktiv nachgiebig geregelten Systeme, insbesondere der DLR-Arme, der Hände und der humanoiden Roboter Justin (Ott et al. 2006) und TORO (Englsberger et al. 2014). Diese Roboter dienen

uns derzeit als Leistungs-Referenz, die man mit neuen, intrinsisch nachgiebigen Aktoren noch zu übertreffen versucht. Deren Grundkonzepte werden im zweiten Teil dieses Beitrags beschrieben. Außerdem wird der Bezug der Regelung von Systemen mit variabler Steifigkeit zu den Neurowissenschaften und der Bewegungssteuerung in biologischen Systemen herausgearbeitet.

1 Warum Roboter?

Als Roboter-Laie würde man sich vielleicht fragen, warum man so viel Energie in die Entwicklung von Maschinen investieren sollte, die menschliche Fähigkeiten reproduzieren, aber auch manchmal übertreffen können, und sogar ein menschenähnliches Aussehen haben. Sind Roboter und künstliche Intelligenz nicht vielleicht langfristig sogar eine Gefahr für die Menschheit, wie derzeit von Persönlichkeiten wie Stephen Hawking oder Bill Gates beschworen und von vielen Science-Fiction-Filmen nahegelegt wird?

Die meisten Robotik-Experten werden diese Frage mit dem Hinweis auf die gesellschaftlichen Herausforderungen beantworten, bei denen Roboter hilfreich sind. Die Sicherung und Steigerung des Wohlstands durch kontinuierliche Produktivitätserhöhung ist der offensichtlichste Beitrag der Robotik. Im Laufe der letzten drei Jahrhunderte trugen immer raffiniertere Maschinen dazu bei, den Menschen von gefährlichen, monotonen und unangenehmen Arbeiten zu befreien, so dass das menschliche Leben und die Arbeitswelt heute ganz anders aussehen als vor Beginn der Industrialisierung. Kaum jemand trauert den Arbeitsverhältnissen vor der Erfindung der Maschinen nach. Roboter können als aktueller Höhepunkt dieser Automatisierungs-Entwicklung betrachtet werden. Trotz warnender Stimmen, die immer wieder erhoben wurden, führte dieser Prozess im Allgemeinen nicht zu massiver Arbeitslosigkeit und Armut, sondern im Gegenteil zu einem erheblichen Anstieg des generellen Lebensstandards. Die freigesetzte Arbeitsenergie konzentriert sich schnell auf neue Themen, Produkte, Dienstleistungen oder soziale Aufgaben. Wobei die Geschichte allerdings auch gelehrt hat, dass Gesellschaft und Politik in den dazu benötigten Umorientierungsphasen für sozialen Ausgleich sorgen muss.

Aber nicht nur die industrielle Fertigung profitiert von der Robotik. Roboter, in ihrer umfassendsten Definition als autonom agierende Maschinen zu verstehen, werden auch erhebliche Beiträge in der Medizin und im Gesundheitswesen leisten und werden zur Lösung von Problemen einer alternden Gesellschaft, der Logistik und zukünftiger Transportsysteme beitragen.

Es gibt noch einen weiteren Grund, humanoide Roboter zu bauen: Es fehlt uns immer noch ein detailliertes grundsätzliches Verständnis darüber, wie Menschen solch scheinbar einfache Aufgaben wie das Greifen und Manipulieren von Objekten, das Balancieren, Gehen und Laufen lösen und wie die Wahrnehmung der Umgebung mit der Planung und Ausführung täglicher Aufgaben verbunden wird. Humanoide Roboterforschung hilft, diese faszinierenden Fragen zu verblüffenden menschlichen Fähigkeiten zu beantworten. Die grundlegendsten Fragen der Robotik