



# Europäische Akademie

zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen  
Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH

Direktor:  
Professor Dr. Carl Friedrich Gethmann

## **Roboter und die Interaktion mit Menschen**

Michael Decker

Industrieroboter sind in der industriellen Produktion bereits gut etabliert. Sie werden in Fertigungshallen eingesetzt, in denen typischerweise nur Menschen arbeiten, die die Aktionen der Roboter und die Arbeitssicherheitsbestimmungen für den Umgang mit ihnen kennen und die mit den Sicherheitsvorkehrungen vertraut sind. Diese Menschen sind Experten im Umgang mit diesen Robotersystemen. Moderne Robotersysteme werden jedoch auch immer stärker außerhalb von Fabrikhallen eingesetzt. Dieser Artikel fasst die von einer Arbeitsgruppe der Europäischen Akademie erarbeiteten Handlungsempfehlungen\* im Hinblick auf die Interaktionsformen mit Menschen zusammen. Die möglichen Interaktionen werden dabei abgestuft von „Experte im Sinne der Industrierobotik“ über „Roboterbenutzer“ bis hin zum „unbeteiligten Dritten“. Diese Kategorien werden im Folgenden anhand von Beispielen aus der Robotik erläutert.

### **1. Experten**

So genannte Expansionsroboter erweitern den Aktionsradius des Menschen in der Art, dass sie es dem Menschen ermöglichen, Handlungsbarrieren zu überwinden und „telepräsent“ zu sein, d.h. an einem nicht direkt zugänglichen Ort handeln zu können. „Unzulänglichkeit“ kann dabei durch unterschiedliche Kriterien gegeben sein:

- Große Entfernung  
Mit Hilfe eines Roboters kann man beispielsweise im Weltraum Handlungen ausführen. In Anbetracht der teilweise beträchtlichen Signallaufzeiten werden Weltraumroboter nur teilweise ferngesteuert. Bestimmte vorprogrammierte Aufgaben werden (semi-)autonom durchgeführt.
- Größenverhältnisse  
Durch Roboter wird es dem Menschen ermöglicht, auch im Mikro- und Nanometerbereich Handlungen durchzuführen. Der Roboter übernimmt dabei die Transformation der Bewegungsamplituden der menschlichen Hand in den entsprechenden Miniaturbereich. Auch ein Kanalinspektionsroboter würde in diesem Sinne das menschliche Handlungsspektrum erweitern, denn die Kanalrohre sind teilweise zu eng, um vom Menschen selbst inspiziert und gereinigt zu werden.
- Physische Barrieren  
Roboter können dazu dienen, hinter einer physischen Barriere Handlungen auszuführen. So können Telepräsenzkonzepte in der minimal-invasiven Chirurgie dazu dienen, die Handbewegungen des Operateurs intuitiv nachvollziehbar und angemessen auf Instrumente zu übertragen. Dabei wird die Barriere selbst, hier die menschliche Haut, nur so wenig wie möglich durchdrungen.
- Gefährdung für den Menschen  
Auch die Gefährdung des Menschen kann eine Barriere darstellen, die Telepräsenz überwinden hilft. Roboter können beispielsweise für die Entschärfung von Sprengmitteln (z.B. Personenminen) oder für die Inspektion oder Demontage von Kernkraftwerken eingesetzt werden. Auch der Einsatz in der Tiefsee stellt eine besondere Gefahr für menschliche Taucher dar.

Bezüglich der Interaktion mit Menschen kann man diese Roboter als Industrieroboter im Sinne der Einleitung betrachten, nur mit dem Unterschied, dass sie außerhalb von Industriehallen eingesetzt werden. Diese Robotersysteme sind für konkrete Anwendungsbereiche entwickelt und werden in Handlungskontexten eingesetzt, in denen zwar einerseits ein *Experte* für den Umgang mit dem bestimmten Roboter vertraut ist, in denen andererseits aber nicht zu erwarten ist, dass andere Menschen „zufällig“ mit dem Roboter in Kontakt kommen könnten. Also ist, analog zu den Industrierobotern, davon auszugehen, dass nur Experten mit diesen Robotern interagieren, die mit den entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen, Unfallverhütungsvorschriften etc. vertraut sind. Der Roboter wird in professionellem Umfeld eingesetzt.

Das gilt auch für das Beispiel der minimal-invasiven Operation, obwohl in diesem Handlungszusammenhang mit dem Patienten ein weiterer Mensch im Handlungskontext vertreten ist, der i.A. kein Roboterexperte ist. Hier ist es wichtig, dass der Patient vorher darüber aufgeklärt wird, dass beabsichtigt ist, bei der Operation einen Roboter einzusetzen und welche Gefahren damit für den Patienten verbunden sind.

## **2. Experten und unbeteiligte Dritte**

Zu Service-Robotern gehören beispielsweise Staubsaug-, Rasenmäh- und Fensterputz-Roboter. Sie werden zum Nutzen eines Menschen (typischerweise der „Halter“ des Roboters, analog zum „KFZ-Halter“) eingesetzt, darüber hinaus ist eine Interaktion mit Menschen nicht nötig. Aber es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sie beim Ausüben der Handlung anderen Menschen begegnen. Für diese Begegnungen muss der Roboter mit einem Handlungsrepertoire ausgerüstet sein, das das gleichzeitige Agieren von Roboter und Mensch im selben Umfeld ermöglicht. Das kann durch vergleichsweise einfache Steuerungen realisiert werden. Beispielsweise sollte der Roboter zunächst anhalten, wenn ein Mensch seinen unmittelbaren Aktionsradius betritt, um eine Kollision zu vermeiden. Auch das Aussenden eines Signaltones kann u.U. sinnvoll sein. Die nächsten Aktionen eines Roboters sollten von außen auch durch einen unbeteiligten Dritten erkennbar sein: Eine Fahrtrichtungsänderung kann durch „Blinken“ angezeigt werden, konkrete Handlungen können durch ein einfaches Sprachmodul kundgetan werden, etc. Der entscheidende Punkt bei dieser Interaktion ist, dass der Roboter einmal, typischerweise am Anfang seines Einsatzes, vom Roboterhalter instruiert wird, dann aber zur Ausübung seiner Aufgabe keinen Input von außen mehr benötigt.

Bezüglich der Interaktion mit Menschen spielt der *Roboterhalter (Experte)* eine Rolle, der sich so gut mit dem Roboter auskennen muss, dass er Wartung, Organisation und Bedienung durchführen kann. Darüber hinaus kann es zu Begegnungen mit so genannten *unbeteiligten Dritten* kommen, für die der Roboter in geeigneter Weise ausgestattet sein muss. Der entscheidende Aspekt ist hier das Vermeiden von Unfällen. Sollte dennoch ein Roboter einen Unfall verursachen, so gilt es zu prüfen, wer für den Schaden haften muss.

## **3. Experten, unbeteiligte Dritte, Nutzer**

Bei diesen Robotern steht die Interaktion mit Menschen im Mittelpunkt des Einsatzzweckes, das heißt, im Gegensatz zu Punkt 2 ist die Kommunikation mit Menschen für die Ausübung der Roboterhandlung von zentraler Bedeutung. Beispiele dafür sind Kellner-Roboter, die in der Lage sein müssen, Bestellungen aufzunehmen und Getränke und Speisen an Tische zu

liefern, oder Roboter, die in der Pflege von hilfsbedürftigen, d.h. kranken oder älteren Menschen eingesetzt werden. Über die Fähigkeiten der Service-Roboter unter Punkt 2 hinaus – beispielsweise kollisionsfreie Bewegung, kundtun der Fahrtrichtung – muss bei diesen Robotern ein deutlich aufwendigeres Kommunikationsmodul integriert sein. Es gilt, auf eine Vielzahl von Situationen vorbereitet zu sein. Der Roboter muss sich in bestmöglicher Form an seine Aufgabenstellung anpassen können. Diese Aufgabe wird technisch typischerweise durch die Integration eines Lernalgorithmus realisiert. Die Adaption an eine neue Umwelt und an einen konkreten Handlungskontext würde dann „vor Ort“ stattfinden können und müssen.

Bezüglich der Interaktion mit Menschen gilt es analog zu 2. den *Roboterhalter* zu berücksichtigen, in den oben genannten Beispielen wäre das der Betreiber des Gastronomiebetriebs bzw. ein Krankenhaus-Pflegedienstträger, der sich mit Wartung, Organisation und Bedienung des Roboters auskennen muss. Er wird auch grundlegende Parameter des Robotersystems festlegen, falls diese für die Programmierung nötig sind. Ebenfalls analog zu 2. spielen *unbeteiligte Dritte* eine Rolle (beispielsweise ein Besucher). Darüber hinaus wird der Roboter mit *Nutzern* interagieren müssen, die nicht (im Falle eines Gastes) oder nur bedingt (im Falle eines zu Pflegenden) mit der Bedienung des Roboters vertraut sind. Im Gegensatz zu den so genannten „unbeteiligten Dritten“ im Falle der Serviceroboter unter Punkt 2 sind diese Menschen explizit auf die korrekte Funktion des Roboters angewiesen.

In der genannten Studie der Europäischen Akademie\* sind die aus der interdisziplinären Expertendiskussion resultierenden Handlungsempfehlungen nach den Kategorien der Art „Roboter und Recht“, „Technologie“, „Utopien“ u.ä. geordnet. An dieser Stelle sollen einige der Handlungsempfehlungen nun den drei Kategorien der „Interagenten“ zugeordnet werden. Expansionsroboter werden in der Studie uneingeschränkt zur Forschungsförderung empfohlen. Dabei wird berücksichtigt, dass gerade für diese Roboter der reine Zweck-Mittel-Zusammenhang die entscheidende Rolle spielt. Man kann davon ausgehen, dass der angestrebte Zweck erreicht werden soll, und man hat die Aufgabe, das dafür optimale Mittel zu finden. Dabei muss sich zunächst zeigen, ob der Roboter technisch in der Lage ist, die zur Erreichung des Ziels notwendige Handlung durchzuführen. Ist er dazu in der Lage, dann stellt sich aus ökonomischer Sicht zusätzlich die Frage, ob der Roboter das preiswerteste Mittel unter allen möglichen Mitteln zur Erreichung des Zweckes darstellt (Kosten-Nutzenanalyse). Expansionsroboter eröffnen durch diesen Werkzeugcharakter weder ethische Fragestellungen, noch bedarf ihr Einsatz neuer juristischer Regulierung („Business

as usual"). In diesem Zusammenhang könnte aber volkswirtschaftlich ein Problem auftreten, wenn sehr viele menschliche Arbeiter durch Robotersysteme ersetzt werden. Denn es ist damit zu rechnen, dass sich die Rahmenbedingungen der menschlichen Arbeit durch einen weit verbreiteten Einsatz von Robotersystemen stark verändern wird.

Die Serviceroboter bedürfen durch die mögliche Begegnung mit „unbeteiligten Dritten“ einer neuen gesetzlichen Regulierung. Zwar sollen Roboter aus juristischer Perspektive weiterhin als Sachen eingestuft werden. Damit ist verbunden, dass der Roboterproduzent im Rahmen der Produkthaftung für fehlerhafte Konstruktion, Instruktion und Fabrikation belangt werden kann. Es wird empfohlen, die unter Punkt 2 angeführten technischen Aspekte in den Robotersystemen zu integrieren. Auch der Roboterhalter wird gesetzlich in die Pflicht genommen, wenn ihm nachgewiesen werden kann, dass er seine Pflicht zur Wartung, Organisation und Bedienung verletzt hat. Aber in Anbetracht der Komplexität eines modernen Robotersystems ist es dem Geschädigten nicht zuzumuten, dass er den Fehler des Robotersystems nachweisen muss. Es wird also eine Änderung der gesetzlichen Regulierung in dem Sinne empfohlen, dass eine Beweislastumkehr eingeführt werden soll. Damit werden Schadensersatzansprüche von unbeteiligten Dritten leichter durchsetzbar. Die dadurch für den Roboterhalter erhöhten Schadensersatzforderungen könnten über eine Art Haftpflichtversicherung für Roboterhalter abgedeckt werden.

Serviceroboter, die mit einem Lernalgorithmus zur Adaption an einen konkreten Nutzer ausgestattet sind, entwickeln innerhalb eines steuerungstechnisch vorgegebenen Rahmens selbst Aktionspläne und speichern gegebenenfalls bestimmte Pläne als „gelernt“ ab, um sie in ähnlichen Situationen wieder anzuwenden. Dieser Lernprozess muss entsprechend transparent gemacht werden, damit dem Roboterhalter bewusst ist, dass sein Roboter nun etwas zu lernen „beabsichtigt“. Dies könnte beispielsweise in einer Art Lern-Black-Box (analog zur Black-Box in Flugzeugen) realisiert werden. Dadurch wäre jederzeit gewährleistet, dass bei einem Fehlverhalten des Roboters geprüft werden kann, ob es sich um einen Steuerungsfehler des Herstellers oder um eine vom Halter akzeptierte „Selbsterlernung“ handelt. Diese Unterscheidung ist für die Frage „Wer haftet?“ wichtig.

In der Studie der Europäischen Akademie\* sind die Handlungsempfehlungen für die Politikberatung im weiteren Sinne optimiert. Das schließt auch die detaillierte Begründung der einzelnen Handlungsempfehlungen ein, die an dieser Stelle nicht dargelegt werden konnten. Aus dem Bezug auf die unterschiedlichen Formen der Interaktion mit Menschen resultiert, dass die Handlungsempfehlungen für einen potentiellen Roboterentwickler

operationalisierbar sind. Man kann durch eine Analyse des Handlungskontextes des Roboters feststellen, welche Kategorien der Interaktion mit Menschen – Experten und/oder unbeteiligte Dritte und/oder Nutzer – zu berücksichtigen sind. Daraus resultiert dann, welche Handlungsempfehlungen für ein zu entwickelndes Robotersystem relevant sind.

---

*\* Die kürzlich erschienene Studie der Europäischen Akademie „Robotik. Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft“ (Springer Verlag, ISBN 3-540-42779-1) beurteilt die technischen, gesellschaftspolitischen, ökonomischen und philosophischen Folgen der technischen Robotik-Systeme aus interdisziplinär-wissenschaftlicher Perspektive. Die Wissenschaftler kommen zu 16 konkreten Handlungsempfehlungen, wie in Zukunft moderne Robotersysteme eingesetzt werden sollen. Das Spektrum der Handlungsempfehlungen reicht dabei von der Empfehlung zur Förderung so genannter Expansionsroboter, die das menschliche Handlungsspektrum erweitern, bis hin zu konkreten technischen Hinweisen, wie ein Roboter ausgestattet sein sollte, der autonom inmitten unbeteiligter Menschen eine Aufgabe verfolgt.*

Dr. Michael Decker ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Europäischen Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH. Er ist Projektleiter der Projektgruppe „Robotik“ und Mitautor der Studie.

Kontakt:

Friederike Wütscher

Presseabteilung

Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen GmbH

Wilhelmstraße 56

53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler

Tel.: 02641-973-313

Fax.:02641-973-320

Friederike.Wuetscher@DLR.de