

Funktionen bei gesunden Menschen übernehmen. Diese biochemischen Sensoren könnten in einem weiteren Schritt auf die umweltbezogene Sensorik ausstrahlen.

Im Kern zeigt sich bei der Mikrosystemtechnik ein durchaus typisches Entwicklungsmuster. Danach wird eine neue, komplexe Basistechnologie erst dann in breiter Front marktwirksam, wenn verschiedene technologische Entwicklungslinien ausreifen und zusammenwirken. Derartige Entwicklungen benötigen technologische Vorlaufzeiten von 10 - 15 Jahren. Der Marktdurchbruch der Mikrosystemtechnik mit querschnittshaften Anwendungspotentialen wird daher erst in fünf bis sieben Jahren erwartet.

### Bibliographische Angaben

*Bierhals, R.; Cuhls, K.; Hüntrup, V.; Schünemann, M.; Thies, U.; Weule, H.:* Mikrosystemtechnik – Wann kommt der Marktdurchbruch? Berlin: Physica-Verlag, 1999.

### Kontakt

Matthias Schünemann  
Fraunhofer IPA Stuttgart  
Tel.: + 49 (0) 711 970 1541  
E-mail: mps@ipa.fhg.de

Volker Hüntrup  
wbk der Universität Karlsruhe  
Tel.: + 49 (0) 721 608 4288  
e-mail: volker.huentrup@mach.uni-karlsruhe.de

»

## Robotik. Optionen der Ersetzbarkeit des Menschen

von Michael Decker, Europäische Akademie Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH

**Die Europäische Akademie führt seit Februar 1999 ein zweijähriges Forschungsprojekt zum Thema Robotik durch. Ziel ist es, bereits entwicklungsbegleitend die Möglichkeiten des Einsatzes autonomer Roboter zu beurteilen. Dabei sollen im Sinne der Rationalen Technikfolgenbeurteilung transdisziplinäre Kriterien entwickelt werden, an-**

**hand derer die Ersetzung menschlicher Fähigkeiten durch autonome künstliche Agenten als wünschenswert oder nicht wünschenswert eingestuft werden kann. Zu diesem Zweck wurde eine interdisziplinär besetzte Expertengruppe berufen. Die Argumentationsketten und die daraus resultierenden Handlungsempfehlungen werden in einem Memorandum veröffentlicht. Die Fallbeispiele werden aus dem Bereich der medizinischen Anwendung gewählt.**

### Hintergrund

Roboter müssen über eine Reihe von Grundfähigkeiten verfügen, wenn sie in die Lage versetzt werden sollen, in der Welt Handlungen auszuführen. Zu diesen Grundfähigkeiten gehören beispielsweise die Möglichkeit der (Fort-) Bewegung, die häufig durch Räder realisiert wird. Alternativ werden auch "natürliche" Fortbewegungsarten durch die Konstruktion von Beinen, Flügeln, Schuppen, Flossen, u.ä. kopiert. Die Möglichkeit der Wahrnehmung wird durch Kameras und andere Sensoren implementiert, aus deren Daten ein Modell der Umwelt erstellt wird. Der dritte wichtige Aspekt besteht in der Möglichkeit zu lernen, wobei das Lernen von Bewegungsabläufen, das Lernen der Interpretation des Weltmodells und das Lernen reflexiver Betrachtungsweisen, z. B. wie sich ein Roboter selbst in seine Umwelt einordnet, als die bedeutendsten Bereiche angesehen werden. Roboter, die über diese Möglichkeiten des Handelns verfügen, werden "autonome Roboter" genannt.

Ist beispielsweise für das Erfüllen der Aufgabe eine Bewegung des gesamten Roboters notwendig, so wird auf Grundlage der Sensordaten eine Landkarte von der unmittelbaren Umgebung entwickelt, innerhalb welcher kollisionsfreie Bewegungsbahnen berechnet werden können. Bei der Umsetzung des Handlungsplanes werden ununterbrochen die Daten der Sensoren ausgelesen und in die kurzfristige Planung mit einbezogen. Auf Grundlage der aktuellen Daten entwickelt die Steuerung eigenständig Alternativpläne. Der Robotersteuerung sind verschiedene Handlungsoptionen implementiert, die je nach Aufgabenstellung mehr oder weniger praktikabel sind. Gleichzeitig verfügt die Robotersteuerung über die Möglichkeit, erfolgreiche und nicht erfolgreiche Handlungs-

versuche abzuspeichern. Das hat zur Folge, dass ein Roboter, der längere Zeit mit ähnlichen Aufgaben beauftragt wird, erfolgversprechende Optionen zuerst ausprobiert. Damit wird ihm ermöglicht, sich einer Aufgabenstellung anzupassen, was als eine Art "Lernen" angesehen werden kann.

Ebenfalls von Interesse sind Ansätze, innerhalb derer einzelne Komponenten mit weitreichender Handlungsautonomie ausgestattet werden, deren emergentes Zusammenwirken Handlungen des Gesamtsystems realisieren. Eine Vorhersage der Handlungsoptionen scheint damit nicht mehr bzw. nur bedingt möglich. Gerade von diesem Ansatz verspricht man sich sehr robuste Robotersteuerungen, die in nicht für den Robotereinsatz optimierten Umgebungen Handlungen durchführen können.

### Fragestellung

Geht man davon aus, dass Menschen Roboter entwickeln, um bestimmte Handlungsziele zu erreichen, so kann der künstliche Agent in diesem Zusammenhang als Mittel zum Zweck angesehen werden. Sollte es umgekehrt nicht gelingen, einen Roboter zur Durchführung einer Handlung zu entwickeln, so bleibt das Handlungsziel unverändert und der Mensch wird es auf andere Art und Weise verfolgen. In diesem Sinne kann ein Roboter menschliche Fähigkeiten ersetzen und aus der Sicht einer entwicklungsbegleitenden Technikfolgenbeurteilung kann man die Frage nach der Ersetzbarkeit des Menschen stellen.

In diese Fragestellung gehen die Perspektiven verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen ein. Die Sicht der Robotik kann zunächst nur eine technische Ersetzbarkeit des Menschen beurteilen. Die Basis dieser Beurteilung wird im allgemeinen aus einem Anforderungskatalog der speziellen Anwendung bestehen. Die ökonomische Betrachtungsweise muss berücksichtigen, wann sich eine Ersetzung aus betriebswirtschaftlicher bzw. volkswirtschaftlicher Sicht "lohnt". Die Rechtswissenschaften entscheiden, wer die Verantwortung für ausgeführte Handlungen des künstlichen Agenten trägt, was beispielsweise bei Haftungsfragen eine Rolle spielen kann. Direkt gekoppelt sind diese Sichtweisen mit moralischen Aspekten, aus denen ethische Normen entwickelt werden

können, anhand derer die Ersetzung des Menschen beurteilt werden kann. Insbesondere im Bereich der Service-Roboter, einem der wichtigsten Anwendungsbereiche autonomer Roboter, stellt sich die Frage nach der Bewertung der sekundären menschlichen Fähigkeiten. Schließlich sind mit dem Begriff Dienstleistung nicht nur Attribute wie Funktion, Rentabilität, Sicherheit und Zuverlässigkeit verbunden, sondern auch Freundlichkeit, Kommunikationsfähigkeit und Verständnis.

### Durchführung

Die Europäische Akademie hat für die Dauer von zwei Jahren eine interdisziplinär besetzte Projektgruppe berufen, die sich oben beschriebener Fragestellung widmen soll. Ziel des Projektes ist es, begründete Kriterien zu finden, anhand derer die Ersetzung menschlicher Fähigkeiten durch künstliche autonome Agenten als wünschenswert bzw. nicht wünschenswert beurteilt werden kann. Monatliche Treffen erlauben eine intensive Diskussion, die zu der Formulierung von begründeten Handlungsempfehlungen führen soll, welche von allen Disziplinen als akzeptabel angesehen werden.

Aus jeder wissenschaftlichen Disziplin, die während des Vorprojektes als für die Fragestellung relevant befunden wurde, wurde ein Experte in die Arbeitsgruppe berufen. Ergänzend werden zu Beginn des Projektes weitere Experten zu einem Kick-off-meeting eingeladen, um die Diskussion auf eine breitere Basis zu gründen. Ungefähr in der Mitte der Laufzeit werden bei einem weiteren Treffen mit externen Wissenschaftlern die bisherigen Ergebnisse der Projektarbeit diskutiert. Dieses Vorgehen ist von Vorteil in zweierlei Hinsicht: Zum einen kann die Projektgruppe relativ klein gehalten werden, womit die Organisation der monatlichen Treffen realisierbar bleibt. Zum anderen basieren die Ergebnisse des Projektes nicht ausschließlich auf den Erkenntnissen der Projektgruppenmitglieder, sondern auf einem breiteren wissenschaftlichen Fundament.

Die Fallbeispiele des Projektes sind aus dem Bereich der medizinischen Anwendung gewählt. Hier finden sich viele Nischen, in denen autonome Roboter eingesetzt werden können, wie zum Beispiel in der Prothetik, im Bereich der Patientenbetreuung oder bei chirurgi-

schen Eingriffen. Gleichzeitig ist in der Mannigfaltigkeit der Anwendungen das gesamte Spektrum der Robotik bezüglich der Eigenschaften, die am Anfang dieses Beitrages beschrieben wurden, abgedeckt. So findet beispielsweise die Kommunikation bei einer Prothese über Körperkontakt bis hin zur Kopplung an Nervenfasern statt, während bei chirurgischen Eingriffen häufig eine Joystick-Steuerung eingesetzt wird. Im Falle des Pflegeroboters bietet sich sprachliche Kommunikation an. Die Kooperation variiert zwischen direktem Körperkontakt über den Werkzeugcharakter bis hin zur "partnerschaftlichen" Zusammenarbeit. Die Voraussetzungen für Adaptivität und Lernen unterscheiden sich ebenfalls deutlich: Eine Prothese wird im allgemeinen nur von einer Person verwendet, hier kann ein langfristiger Lern- und Anpassungsprozeß vorgesehen werden. Ein Pflegeroboter muss dagegen in der Lage sein, als "Diener vieler Herren" zu agieren, wofür ein flexibler Lern- bzw. Adaptionsalgorithmus implementiert werden muss. Schließlich ist der medizinische Bereich ein Kontext, in dem die oben angeführten Fragestellungen – die einzelnen wissenschaftlichen Disziplinen betreffend – in relevanter Weise zum Tragen kommen.

Das Ergebnis des Forschungsprojektes wird von der Arbeitsgruppe in einem transdisziplinären Memorandum veröffentlicht. Neben dem Katalog begründeter Kriterien, der in entsprechende Handlungsempfehlungen mündet, wird darin auch die Argumentationskette dargestellt, die zu den Handlungsempfehlungen führt. Damit kann das Memorandum einerseits einen Beitrag zur politischen Entscheidungsfindung liefern, wenn es um Gesetzgebung oder Forschungsförderung geht, und andererseits zu einer fundierten Diskussion innerhalb der Wissenschaften selbst und in der Gesellschaft beitragen.

### Projektgruppe

*Professor Dr. rer. nat. Thomas Christaller* (Vorsitz), Institut für Systementwurfstechnik, GMD Sankt Augustin

*Professor Dr. med. Joachim Gilsbach*, Neurochirurgische Klinik, Universitätsklinikum RWTH Aachen

*Professor Dr.-Ing. Gerd Hirzinger*, Institut für Robotik und Systemdynamik, DLR Oberpfaffenhofen

*Professor Dr. med. Dr. sc. Karl Lauterbach*, Institut für Gesundheitsökonomie, Medizin und Gesellschaft, Universität zu Köln

*Professor Dr. jur. Dr. rer. soc. oec. Erich Schweighofer*, Institut für Völkerrecht (AG Rechtsinformatik), Universität Wien

*Professor Dr.-Ing. Gerhard Schweitzer*, Institut für Robotik, ETH Zürich

*Professor Dr. phil. Dieter Sturma*, Institut für Philosophie, Universität Essen

### Kontakt

Dr. rer. nat. Michael Decker (Projektleiter)  
Europäische Akademie zur Erforschung von  
Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen  
Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH  
Postfach 1460, D-53459 Bad Neuenahr-Ahrweiler  
Tel.: + 49 (0) 2641-754-308  
Fax: + 49 (0) 2641-754-320  
E-mail: michael.decker@dlr.de

«

## E-Government im Aufwind

von Georg Aichholzer und Rupert Schmutzer, Institut für Technikfolgenabschätzung, Wien

**Der wachsende Druck zu Strukturreformen im öffentlichen Sektor sowie eine politisch forcierte Transformation in Richtung Informationsgesellschaft haben neue Initiativen des Einsatzes von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) hervorgerufen, welche in der internationalen Diskussion als "Electronic Government" bezeichnet werden. Das Institut für Technikfolgenabschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ITA) hat dieses Thema in einer aktuellen Studie mit drei Zielsetzungen behandelt: (1) einen Überblick über Entwicklungen im Bereich E-Government im internationalen Kontext zu geben, (2) eine erste Bestandsaufnahme elektronischer Informationsangebote auf Bundesebene in Österreich vorzunehmen, sowie (3) erfolgskritische Realisierungsbedingungen und Vorschläge für sinnvoll erscheinende Pilotprojekte zu prüfen.**