

# Kooperation von Mensch und Roboter

Die Kooperation von Mensch und Roboter hat in letzter Zeit verstärkt die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Dies zeigt sich beispielsweise in neu eingerichteten Fachkonferenzen, verstärktem Firmeninteresse, überarbeiteten Normen und aktuellen Ausschreibungen von Professuren. Hier wird eine kurze Einführung zur Mensch/Roboter-Kooperation gegeben. <sup>1</sup>

Roboter sind schnell, stark, ausdauernd und positionsgenau (siehe Tabelle). Der Mensch dagegen ist vor allem bei komplizierten Handarbeiten unerreicht geschickt und kann flexibel auf ungeplante Situationen reagieren. Die Kombination beider Stärken verspricht viele Anwendungsmöglichkeiten, wie beispielsweise in Produktion, Dienstleistung, Medizintechnik oder Haushalt (siehe Abbildung 1). Hierbei sind zwei Fragen zu beantworten: Wie kann der Mensch gleichzeitig mit dem Roboter in einem gemeinsamen Arbeitsraum sicher agieren, so dass die bislang üblichen Zäune überflüssig werden? Wie kann der Mensch zusammen mit dem Roboter an einer gemeinsamen Aufgabe intuitiv und effizient arbeiten?

In Science-Fiction sind Roboter häufig menschenähnliche Maschinen. Dieses Bild wurde vor allem von Isaac Asimov (1920 – 1992) geprägt und ist nach wie vor die Idealvorstellung eines Roboters. Asimov hatte diesen Robotern neben übermenschlichen körperlichen und geistigen Fähigkeiten auch die drei Robotergesetze (siehe Kasten Folgeseite) in ihrem tiefsten Inneren fest verankert. Eine Kooperation mit diesen so genannten Androiden wäre von der zwischenmenschlichen nicht zu unterscheiden. Für heutige Roboter können die verschiedenen Formen der Mensch/Roboter-Kooperation entlang dem Grad der Interaktion aufgezeigt wer-

den (siehe Abbildung 2). Hier wird darunter vor allem die mechanische Mensch/Roboter-Interaktion (physical human-robot interaction <sup>2</sup>) verstanden. Dabei drückt sich der Interaktionsgrad auch in dem räumlichen Abstand zwischen Mensch und Roboter aus und hat zwei extreme Ausprägungen: Bei der *vollständigen Separation* sind Mensch und Roboter maximal weit von einander entfernt und der Roboter muss autonom agieren. Als Beispiel sei der Roboter Sojourner auf der Pathfinder-Mission zum Mars genannt. Bei der *vollständigen Integration* besteht keinerlei Abstand mehr und der Roboter ist in den Menschen integriert. Ein Beispiel sind die fiktiven Cyborgs (cybernetic organism), welche Mischwesen aus lebendigem Organismus und Maschine darstellen. Für realisierte Mensch/Roboter-Kooperationen lassen sich folgende Ausprägungen mit zunehmenden Interaktionsgrad identifizieren:

- Bei der **Automation** in der Fabrik regelt die EU-Maschinenrichtlinie 98/37/EG die Anforderungen an Schutzeinrichtungen (Zäune, Lichtgitter, Laserscanner), welche derzeit den Roboter bei Zutritt des Menschen in seinen Arbeitsbereich abschalten. Somit ist eine Kooperation ausgeschlossen.

Ab 2006 lässt die Norm ISO 10218 erstmals auch die Mensch/Roboter-Kooperation bei Begrenzung der Geschwindigkeit, Kraft oder Energie des Roboters zu.

- Bei der **Detektion** wird die Anwesenheit des Menschen im Arbeitsbereich des Roboters mittels Sensoren erkannt und die Geschwindigkeit des Roboters entlang seiner programmierten Bahn reduziert. Mit einer oder mehreren Kameras ist darüber hinaus auch der Abstand zwischen Mensch und Roboter schnell bestimmbar, welcher dann die Geschwindigkeit steuern kann.
- Bei der **Koexistenz** muss der Roboter in die Lage versetzt werden, sensorisch Hindernisse nicht nur zu erkennen, sondern ihnen auch aktiv auszuweichen und Kollisionen zu vermeiden. Somit kann der

Kriterium	Serielle Roboter
Referenzen	ABB, Fanuc, Kuka, Stäubli
Arbeitsraum	0,7 ... 133 m <sup>3</sup>
Genauigkeit	0,02 ... 2 mm
Geschwindigkeit	1 ... 2 m/s
Druckkräfte	25 ... 45 N
Traglast	2 ... 1000 kg
Gewicht	32 ... 2400 kg
Kosten	30.000 ... 80.000 €

Tabelle: Kennzahlen heutiger Industrieroboter

<sup>1</sup> Dieser Beitrag basiert auf dem gleichnamigen Festvortrag des 33. Jahrestages der Uni. Bayreuth am 27. Nov. 2008

<sup>2</sup> Hierzu läuft gerade das EU-Forschungsprojekt PHRIENDS (Physical Human-Robot Interaction: Dependability and Safety).

## Kooperation von Mensch und Roboter

Abbildung 1: Vision der industriellen Mensch/Roboter-Kooperation

Roboter trotz eventueller Behinderung durch den Menschen in gewissen Grenzen an seiner Aufgabe weiterarbeiten.

- Bei der **Führung** nimmt der Mensch den Roboter „an die Hand“ und bewegt ihn zu gewünschten Positionen oder entlang bestimmter Bahnen. Die Vorgabe der Roboterbewegungen kann beispielsweise über Joystick, Kraftsensorik oder Gesten erfolgen. Gleichzeitig muss hier und bei den folgenden Kooperationsformen die Sicherheit des Menschen gewährleistet sein.
- Bei der **Instruktion** wird eine Bewegungssequenz von dem Menschen programmiert, welche dann der Roboter beliebig oft wieder-



holen kann. Für einfache Bewegungen ist die Instruktion durch die einmalige Führung des Roboters möglich. Komplexere, aber dennoch intuitive Programmierungen des Roboters werden derzeit untersucht.

- Bei der **Intervention** werden Eingriffe am Menschen durch den Roboter unterstützt bzw. vorgenommen<sup>3</sup>. Diese Eingriffe dienen der Diagnose oder Therapie bis zur Rehabilitation. Naturgemäß ist bei der robotergestützten Diagnose bzw. Therapie der Interaktionsanteil des Menschen relativ klein.
- Bei der **Prothetik** werden Teile des Menschen durch künstlich geschaffene, funktionell ähnliche Produkte ersetzt oder unterstützt. Der Roboter-Einsatz reicht hier von den außen getragenen Exoprothesen (z.B. künstliche Hände), welche in gewissen Grenzen die Handlungsfähigkeit wieder herstellen, bis hin zu Exoskeletten, welche als komplette äußere Stützstruktur zur Unterstützung bzw.

Verstärkung des Trägers dienen. Insgesamt ist zu beobachten, dass das Spektrum der möglichen Interaktionsformen weitgehend abgedeckt ist. Sowohl zur der Frage der Sicherheit als auch der Kooperation gibt es Ansätze. Die Kooperation selbst ist leider nur vage definiert, auch ist die Erkennung der Intention des Menschen unklar.

Allgemein nimmt in der Robotik die Informatik eine immer größere Rolle ein. An der Universität Bayreuth wird sie am Lehrstuhl für Angewandte Informatik III (Robotik und Eingebettete Systeme) gelehrt und erforscht. Studierende können sich mit der Robotik z.B. im Rahmen des Bachelor- bzw. Masterstudiums in Angewandter Informatik beschäftigen. Weiterhin ist die aktive Mitarbeit in aktuellen Forschungsprojekten und Industriekooperationen möglich. ■

### Die drei Gesetze der Robotik

(I. Asimov: *The Caves of Steel*, p 177-179, 1942)

1. Ein Roboter darf keinen Menschen verletzen oder durch Untätigkeit zu Schaden kommen lassen.
2. Ein Roboter muss den Befehlen eines Menschen gehorchen, es sei denn, solche Befehle stehen im Widerspruch zum ersten Gesetz.
3. Ein Roboter muss seine Existenz schützen, solange dieser Schutz nicht dem ersten oder zweiten Gesetz widerspricht.

<sup>3</sup> Siehe auch das DFG-Schwerpunktprogramm SPP 1124 "Medizinische Navigation und Robotik" von 2002 bis 2008

Für weitere Informationen siehe: [www.ai3.uni-bayreuth.de](http://www.ai3.uni-bayreuth.de)

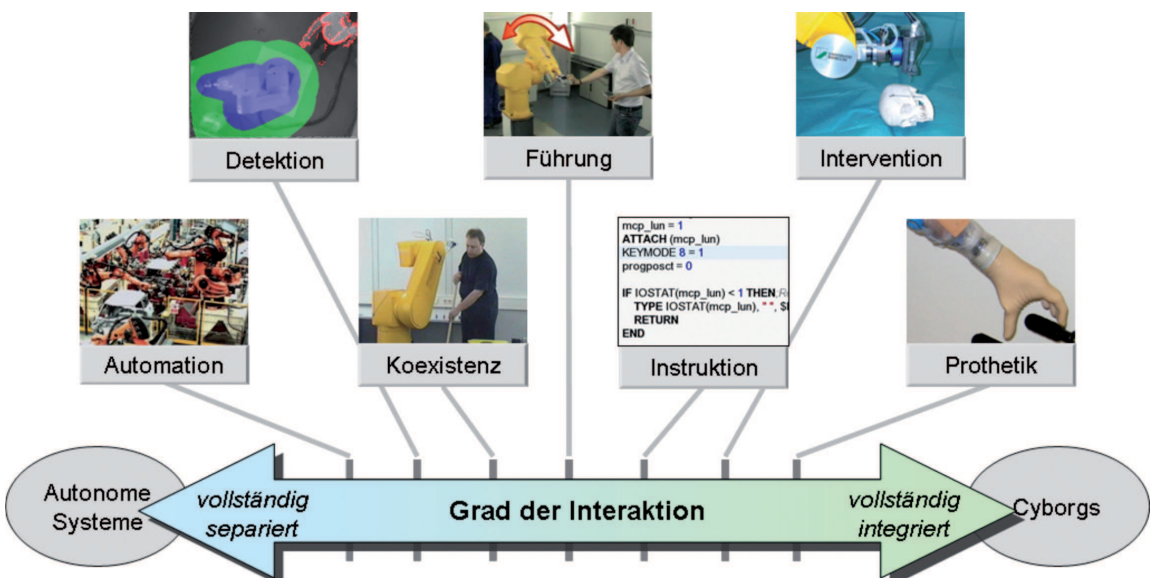


Abbildung 2: Formen der Mensch/Roboter-Kooperation