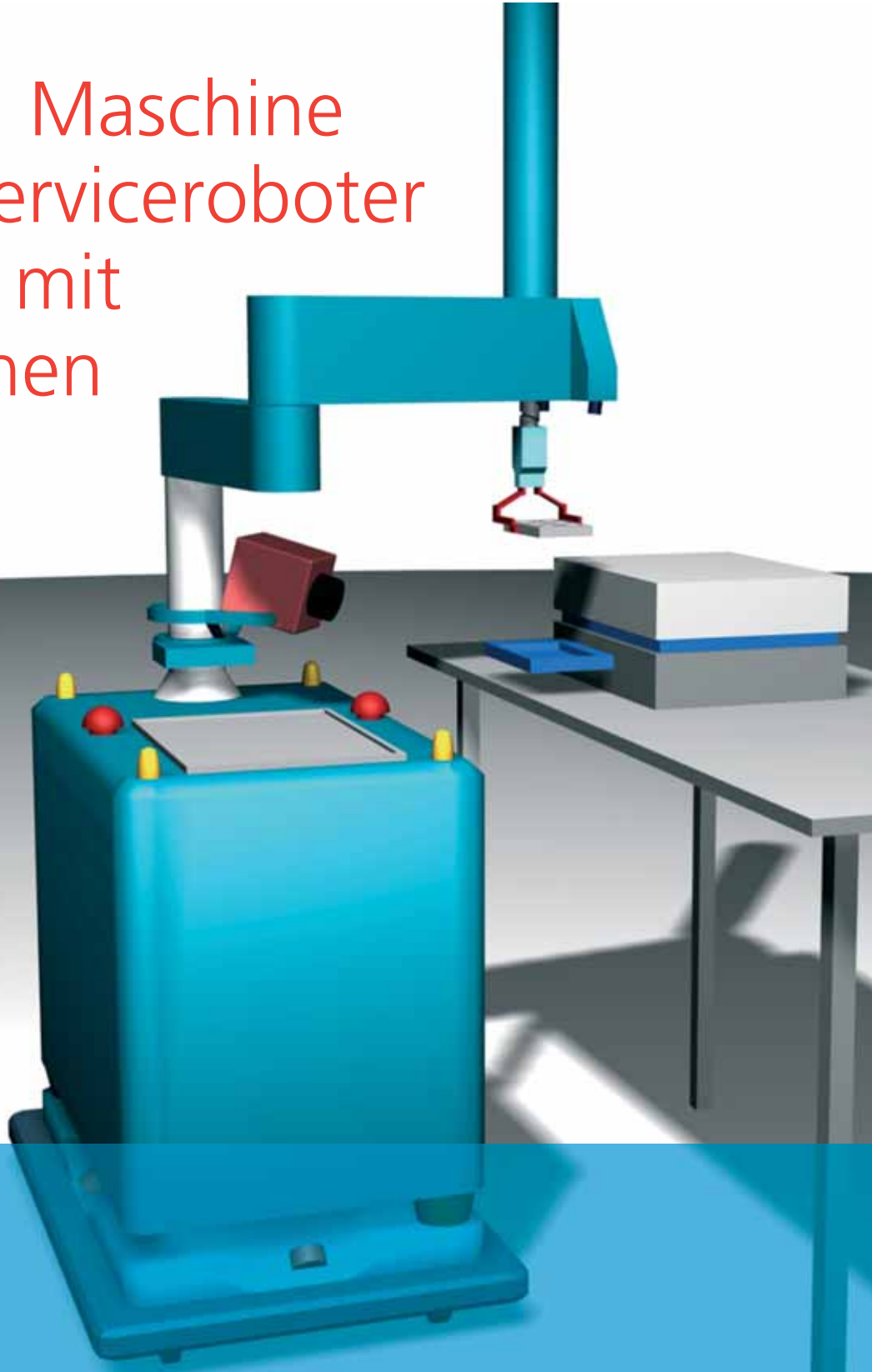


# Mensch und Maschine interaktiv- Serviceroboter kooperieren mit dem Menschen im Labor

Dr. techn. Norbert Elkmann



Multifunktionale, mit dem Menschen interagierende Assistenzroboter gehörten bislang ins Reich der Science-Fiction. Aber nicht mehr lange. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojekts LISA entwickelt das Fraunhofer IFF in Kooperation mit namhaften Partnern einen alltagstauglichen Serviceroboter für den Einsatz im Life-Science-Bereich. Er reagiert auf Sprache, navigiert völlig autonom und ist sehr flexibel. Ein hochmodernes System, das die unmittelbare Zusammenarbeit von Robotern und Menschen praktikabel macht und erstmalig die hohen Sicherheitsanforderungen erfüllt.

In der Fantasie erscheint alles ganz einfach: Weiße Dienstroboter flitzen eifrig die Gänge des wissenschaftlichen Instituts auf und ab. Kleine Serviceeinheiten umkreisen unbeirrt die Wissenschaftler und ihre Gäste, immer auf der Suche nach einer Gefälligkeit, die sie ihnen erweisen können, während ihre humanoid erscheinenden Kumpanen an der Tür geduldig darauf warten, dem Besuch in den Mantel helfen zu dürfen. Und

spielsweise als Industrieroboter erfolgreich ihre Dienste in den Werkhallen der Welt. Sie übernehmen vielfältige Aufgaben, die sie sehr viel besser, präziser und zuverlässiger lösen können als Menschen. Als Teilsysteme erledigen sie in unserer computerisierten Umwelt jeden Tag unscheinbar ihre Arbeit. Neuerdings kugeln sie uns sogar als putzige Staubsaugerautomaten ungelenkt um die Füße. Oder sie erfreuen uns als tanzende Zwerge im Raumfahreroutfit auf japanischen Messepräsentationen.

Einen tatsächlich multifunktionalen, interagierenden Alltagsroboter, der ausgestattet mit einem Manipulator sich frei in menschlicher Umgebung bewegt und autonom seinen Dienst tut, gibt es bei uns bislang jedoch noch nicht. Derartigen Ansätzen war in der Vergangenheit bereits mehrfach der kommerzielle Erfolg versagt. Ursächlich hierfür waren die fehlende Alltagstauglichkeit der Apparate, ihre eingeschränkte Funktionalität oder Sicherheit, und eine negative Kosten-Nutzen-Relation.

Damit das nicht immer so bleiben wird, arbeitet das Fraunhofer IFF als Koordinator und Projektpartner gemeinsam mit namhaften Partnern aus Wissenschaft und Industrie am Verbundprojekt LISA. Das Konsortium betreibt die Entwicklung eines modernen, interagierenden Serviceroboters für den Life-Science-Bereich. Dort wird er in den wissenschaftlichen Laboren Routine- und Transportaufgaben übernehmen und die verschiedenen Mess- und Prüfstationen selbstständig bestücken. Zudem ist er in der Lage, die oftmals zeitlich eng vorgegebenen Versuchsabläufe zu überwachen. In problematischen Situationen kann er die Mitarbeiter entsprechend unterrichten oder selbst eingreifen. In all dem interagiert der Roboter intensiv mit dem menschlichen Personal, mit dem er sich auch zu hundert Prozent seinen Arbeitsbereich teilt.

Die Zweckmäßigkeit eines solchen Systems im Life-Science-Bereich ist unbestritten.

So muss in der biotechnologischen und pharmazeutischen Forschung heute noch ein überwiegender Anteil der Arbeiten manuell durchgeführt werden. Hierzu gehören insbesondere die Versuchsvorbereitung und die Bestückung bestimmter Stationen, wie z. B. Inkubatoren, Mikroskope, Autoklaven und Pipettierstationen. Die Tatsache, dass die Labormitarbeiter die Geräte und Stationen für ständig neue Versuche (und variable Versuchsabläufe) benötigen, stand einer Automatisierung bislang jedoch entgegen. Durch den Einsatz von Assistenzsystemen können die Stationen hingegen flexibel verkettet werden. Es entstehen »virtuelle« Produktionsstraßen mit dem vollen Funktionserhalt für den normalen Laborbetrieb. Neue Stationen (Messgeräte etc.) lassen sich problemlos in den Ablauf integrieren, ohne dass hierfür ein Umbau oder eine aufwendige Erweiterung und Einbindung einer stationären Automatisierungsstation durchgeführt werden muss. Assistenzsysteme sind zudem auf Grund des häufigen Umgangs der Labormitarbeiter mit gefährlichen Stoffen ideal für Arbeiten bzw. den Transport (auch in Kühlräumen und in Sicherheitszonen und -labors). Neben der Reduzierung von gesundheitsschädlichen oder gesundheitskritischen Arbeiten für das Personal kann die Kontaminationsgefahr der Proben durch den Einsatz von Assistenzrobotern minimiert und die Sterilität verbessert werden.

Für die Akzeptanz eines mobilen und autonom arbeitenden Assistenzroboters, der derart intensiv in den Arbeitsrhythmus des Laborpersonals eingebunden ist, sind jedoch vor allem seine Flexibilität, die intuitive Bedienbarkeit und die Sicherheit entscheidend.

draußen steht, selbstredend, ein mobiles Sicherheitssystem. Es scannt automatisch alle in das Haus tretenden Personen auf ihre Zutrittsbefugnisse, bevor es den Weg freigibt. Doch so ist es, wie gesagt, nur in der Fantasie.

In der Tat haben es Roboter aber bereits heute geschafft, dem Menschen in vielen Belangen zu assistieren. Bislang jedoch ganz anders, als es sich Science-Fiction Autoren für uns wünschen. Seit Jahren verrichten sie bei-

Diese Aspekte stehen daher während seiner Entwicklung besonders im Vordergrund.

Bezüglich der Nutzerführung hat man sich aus diesen Gründen um eine möglichst einfache Variante bemüht, die sich im Alltagsgeschäft eines Labors nicht als unnötig hinderlich erweist. Bisherige Assistenzsysteme waren hier in der Regel zu kompliziert in der Anwendung. Oft setzten sie Programmierkenntnisse voraus, um das System anzulernen oder ihm Befehle zu erteilen. Die Wahl fiel daher auf eine natürliche Spracheingabe und -ausgabe sowie ein Display mit intuitiver Benutzerführung. Hierüber kann das Personal einfach und in ganzen Sätzen mit dem Assistenzroboter kommunizieren, während der sich auf die gleiche Weise an seine menschlichen Kollegen wendet. Hat das System sie einmal nicht eindeutig verstanden, fragt es gezielt nach.

Dem Display werden über die Eingabe von Befehlen hinaus noch weitere Aufgaben zugeordnet. So werden auf ihm auch die Zustände des Systems und seine Abläufe visualisiert. Überdies übernimmt es vor dem ersten Einsatz des Roboters eine wichtige Funktion bei der Navigation und der Zuordnung seiner Arbeitsbereiche.

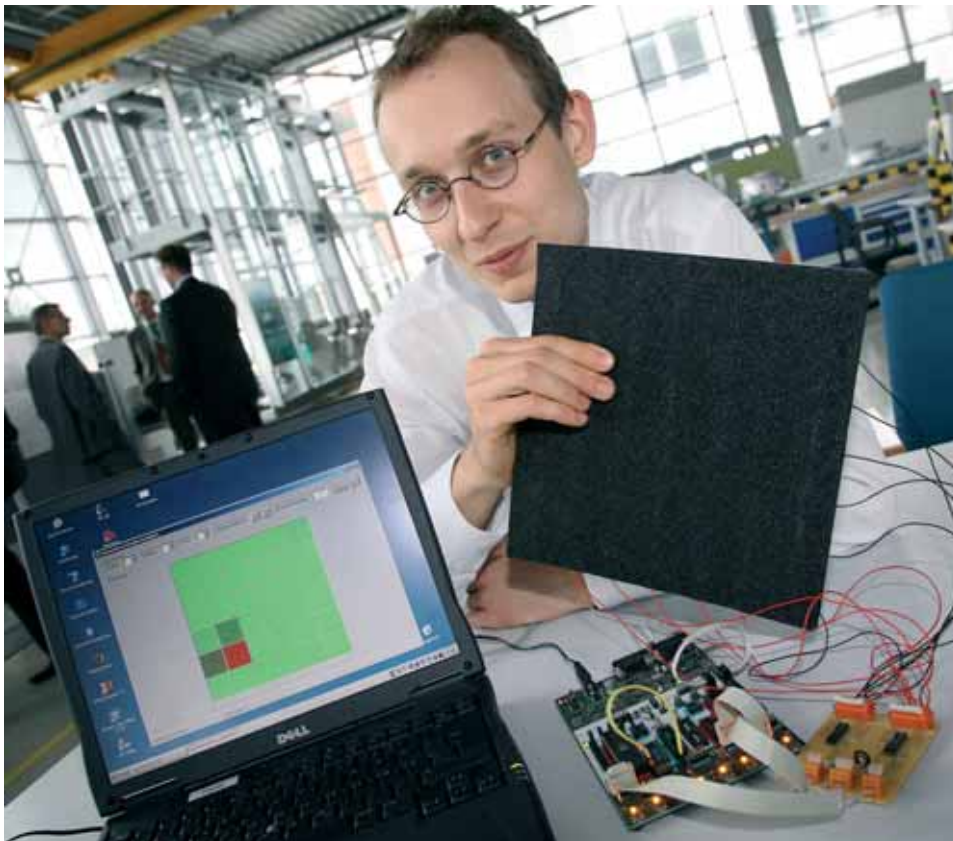
Dieser navigiert, ähnlich dem Menschen, indem er sich zuallererst im Raum orientiert und seine Position ständig mit den festgehaltenen Raumdaten in Beziehung setzt. Hierzu findet, über einen integrierten 3-D-Laserscanner, eine dreidimensionale Umweltmodellierung statt. Die dabei entstandenen Informationen werden wiederum visualisiert und auf dem Display ausgegeben. Auf dieser Grundlage können ihm seine zukünftigen Arbeitsbereiche und die jeweils zu erledigenden Aufgaben zugewiesen werden.

Die spätere räumliche Orientierung des Roboters erfolgt über die Auswertung von 2-D-Laserscannerdaten, ein kombiniertes 2-D-/3-D-Kamera-system sowie hochsensible Sensoren zur Kollisionserkennung.

Da das Assistenzsystem auf einer mobilen Plattform untergebracht ist und sich im Einsatz frei bewegen soll, wurde ein besonderes Augenmerk auf die Sicherheitsanforderungen gelegt. Deren Erfüllung ist die Grundvoraussetzung dafür, dass der Roboter in der vorgesehenen Weise eingesetzt werden kann. Dies betrifft nicht nur den Schutz des Laborpersonals vor Einklemmen und Stößen durch die mobile Plattform und den Manipulator. Es dürfen auch keine Glasflaschen mit Chemikalien oder andere Laborutensilien umgestoßen werden. Daher ist eine umfangreiche Sicherheitssensorik in das Assistenzsystem integriert.

Besonders kompliziert war die Erstellung der Eigensicherheit des Manipulators, also des Aktionsarms des Roboters. Dieser ermöglicht ihm seine typischen Handhabungsfunktionen. Um durch seine Bewegungen keine Schäden an Mensch und Material zu verursachen, ist er mit verschiedenen Systemen zur Kollisionserkennung und -vermeidung ausgestattet. Es wurde mit einer »taktile Haut« ausgestattet – eine Eigenentwicklung des IFF. Dabei handelt es sich um eine berührungsempfindliche Oberfläche, die dem System präzise meldet, wo und wie stark sie berührt wurde. Eine sehr elegante und innovative Lösung für ein besonderes Problem, die sich auch noch weiterführender Anwendungen erfreuen wird.

Aber was ist, wenn der Roboter trotz aller Maßnahmen letztlich doch einmal nicht mehr ausweichen könnte? In dem Fall sorgen seine optimierte Konstruktion, die Antriebswahl und -auslegung für die Vermeidung von Schäden. Die auftretende kinetische Energie ist so gering, dass der Mensch auch bei Berührung nicht verletzt werden kann.



Eine künstliche Haut für LISA. Dipl.-Ing. Markus Fritzsche hat eine taktile, das heißt berührungsempfindliche Oberfläche entwickelt.  
Foto: Viktoria Kühne



Das System zur Kollisionserkennung und -vermeidung wurde bereits zum Patent angemeldet. Dipl.-Ing. Markus Fritzsche und Projektleiter Dr. techn. Norbert Elkmann stellten es auf den 11. IFF-Wissenschaftstagen erstmals der Fachwelt vor. Foto: Viktoria Kühne

Die Erfolgsaussichten des Projektes werden als äußerst positiv eingeschätzt. Die Biotechnologie ist eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts mit entsprechender volkswirtschaftlicher Bedeutung. Für eine Vielzahl von forschenden Life-Science-Unternehmen existieren zwar etablierte Verfahren zur Durchsatz-erhöhung. In vielen sind diese handelsüblichen Ansätze jedoch nicht einsetzbar. Ihre Abläufe und Versuchsreihenfolgen sind oft sehr unterschiedlich und müssen häufig kurzfristig den aktuellen Testergebnissen angepasst werden. Für diese Firmen ist der Einsatz von Assistenzsystemen

viel zweckmäßiger als andere Automatisierungsanlagen oder -strategien zur Erhöhung des Durchsatzes und der Effektivität. Ihr autonomer sowie zeitlich und räumlich höchst flexibler Einsatz macht diese Systeme besonders effizient, befreit die Labormitarbeiter von wenig produktiven Transportaufgaben und macht Labortätigkeiten rund um die Uhr möglich. Zudem entlastet es das Personal bei gesundheitsgefährdenden Tätigkeiten und gewährleistet eine kontinuierliche und nachvollziehbare Versuchsdurchführung. Es verspricht optimale Bedingungen zum Einhalten von vorgegebenen Zeiten im Versuchs-

ablauf und flexible und effiziente Einsatzmöglichkeiten – vom Einzelversuch bis zum Hochdurchsatzbetrieb. Und das bei gleichem Laborlayout und verbesserten Bedingungen im Labor hinsichtlich Sterilität und Kontaminationsgefahr.

Der praktische Einsatz eines interaktiven Assistenzroboters der ersten Generation ist in absehbarer Zeit also mehr als wahrscheinlich. Durch seine einfache Benutzerführung und die Berücksichtigung aller Sicherheitsregeln wird er eines der ersten komplexen, interaktiven Robotersysteme sein, das sich frei in unmittelbarer Umgebung des Menschen bewegen und mit ihm kooperieren wird. Seine Wirtschaftlichkeit erhält er außerdem nicht nur durch die positive Kosten-Nutzen-Relation. Die Erfahrungen aus seiner Entwicklung und seinem Einsatz werden zudem auch Anwendungen in anderen Bereichen zu Gute kommen. Seine Entwicklung ist dann nur der erste Schritt für weitere Generationen von Robotersystemen, die uns sicherlich bald auch im Alltag wiederbegegnen könnten.

#### Förderhinweis

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzeptes »Forschung für die Produktion von morgen« (Förderkennzeichen 02PB2170 bis 02PB2177) gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT) betreut.

#### Kontakt:

Dr. techn. Norbert Elkmann  
Geschäftsfeld Robotersysteme  
Telefon +49 (0) 391/4090-222  
Telefax +49 (0) 391/4090-93-222  
Norbert.Elkmann@iff.fraunhofer.de