



Prof. Martin Buss: „Wir müssen auch fragen, ob ein Roboter eines Tages lieben darf und wer das entscheidet“

Können Roboter lieben?

Noch nicht. Aber vielleicht bald? Ein Philosoph und ein Ingenieurwissenschaftler im Gespräch über Chancen und Grenzen des Verhältnisses von Mensch und Maschine

Erst durch Fähigkeiten wie Wahrnehmung, Überlegung, Lernen und Planen werden komplexe technische Systeme zu Maschinen, „die wissen, was sie tun.“ Der Exzellenzcluster Kognition für Technische Systeme, kurz: CoTeSys, untersucht, wie Roboter mit solchen kognitiven Fähigkeiten ausgestattet werden können. Ziel ist es, Maschinen zu entwickeln, die in komplexen Situationen „richtig“ handeln. Wie autonom werden solche Maschinen sein? Werden Menschen die technischen Neuerungen akzeptieren? Und können Roboter irgendwann lieben? Christiane Haupt im Gespräch mit dem Sprecher des Clusters CoTeSys Prof. Dr. Martin Buss und dem Wissenschaftsphilosophen Prof. Dr. Klaus Mainzer.

Herr Prof. Buss, Herr Prof. Mainzer, ein britischer Sketch: Auf einer Einkaufsstraße steht eine Personenwaage, die angeblich sprechen kann. Als ein Passant Münzen einwirft, sagt sie allerdings nicht nur sein Gewicht in Kilo und Gramm, sondern ge-

steht ihm auch ihre Liebe. Der Passant, dem das peinlich ist, versucht die Waage zum Schweigen zu bringen, doch die Waage beteuert immer lauter, dass sie ihn liebt. Schließlich ist es dem Mann so unangenehm, dass er sie mit nach Hause nimmt. Herr Prof. Buss, müssen wir uns darauf einstellen, dass uns so etwas eines Tages mit Robotern passiert? Können Roboter Gefühle haben, ja sogar lieben?

Buss: Das ist eine interessante Frage. Doch eigentlich müssten wir sie anders stellen: Die Frage ist vielmehr, ob Roboter eines Tages lieben dürfen und wer das entscheidet. Ist das Zusammenleben mit einer Maschine religiös, ethisch und philosophisch überhaupt vertretbar? Momentan beschäftigen uns solche Fragen in der Robotik tatsächlich und das Zusammenleben von Mensch und Roboter in der Zukunft wird weltweit diskutiert. Aber vielleicht sollte Herr Mainzer diese Frage beantworten...

Prof. Klaus Mainzer: „Wir sind heute dabei, mit der Technik die Evolution fortzusetzen“

Link
www.cvl-a.de www.cotesys.org

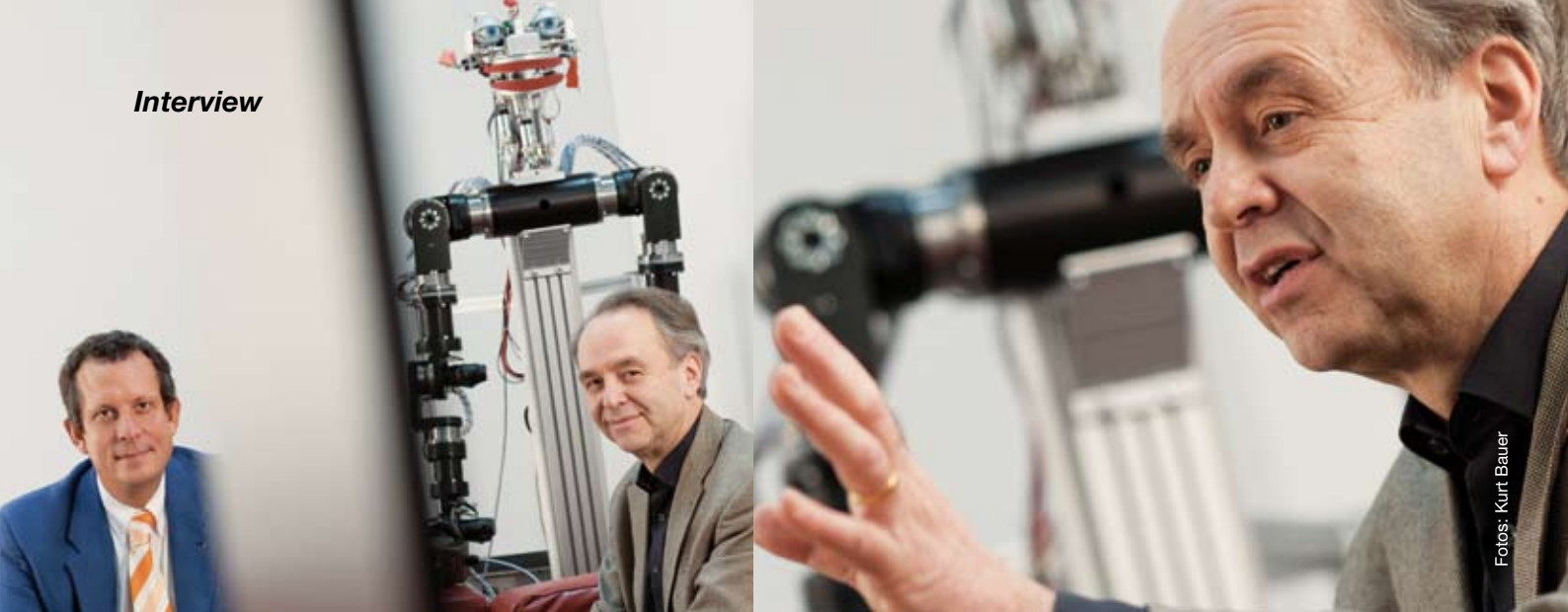
Mainzer: Dieses Jahr feiern wir den 200. Geburtstag von Charles Darwin und die Entdeckung der Evolution. Meiner Meinung nach sind wir heute dabei, mit der Technik die Evolution fortzusetzen. Ein Roboter als Lebenspartner mag eine Vision sein, die für unsere Generation schockierend ist. Aber ich kann mir vorstellen, dass es in späteren Jahrhunderten denkbar und möglich sein wird, dass Maschinen Bewusstsein und damit auch Gefühle haben. Die Sensorik bei Robotern ist schon recht weit fortgeschritten. Und das sind die ersten Schritte hin zu Empfindungen. Denken sie an die Evolution: Die hat mit einfachsten Mikroben angefangen und daraus hat sich relativ schnell unsere Lebensform entwickelt. Das kann man auch auf die Robotik übertragen. Hier forscht man erst seit 20 Jahren. Was die Wissenschaft in dieser Zeit entwickelt hat, ist erstaunlich.

Buss: Das Bild der Evolution gefällt mir nicht so gut, weil ich dabei immer Hollywood vor Augen habe. Nehmen Sie zum Beispiel die Filme Terminator oder Ma-

trix, da geht es darum, dass Roboter den Menschen eliminieren oder als Energiequelle anzapfen. Darum kann es in der Robotik nicht gehen, und es ist auch nicht meine Vision, dass Menschen von Maschinen verdrängt werden. In meiner fachlichen Heimat, der Automatisierungstechnik, gab es auch lange Zeit die Angst, dass der Mensch durch Maschinen ersetzbar ist. Das ist natürlich nicht der Fall. Vielmehr war das Ziel der Ingenieure, die Qualität der Arbeit für den Menschen zu erhöhen und unangenehme Aufgaben an Maschinen zu delegieren. Die Robotik folgt der gleichen Vision. Es geht uns darum, die Lebensqualität des Menschen zu steigern, nicht darum, den Menschen zu ersetzen.

CoTeSys forscht an den so genannten „denkenden“ Maschinen. Herr Buss, um was geht es in diesem Exzellenzcluster genau?

Buss: Wir beschäftigen uns in der Forschung mit dem geschlossenen Regelkreis Perzeption – Kognition – ▷



Fotos: Kurt Bauer

Kurzbiografien

Prof. Dr. Martin Buss studierte in Darmstadt Elektrotechnik und wurde an der kaiserlichen Universität Tokio promoviert. 2000 habilitierte Buss sich an der TUM und folgte dann dem Ruf an die TU Berlin auf den Lehrstuhl für Regelungssysteme. Seit 2003 hat er den Lehrstuhl für Steuerungs- und Regelungstechnik der TUM inne. Neben der Weiterentwicklung von klassischen Methoden der Regelungs-, Steuerungs- und Systemtheorie ist Buss besonders am praktischen Einsatz der regelungssystemtechnischen Entwurfs- und Analyseverfahren in Mechatronik, Robotik, Medizintechnik, Kommunikationstechnik, Telepräsenz- und Mensch-Maschine-Systemen interessiert. Er ist Koordinator des Exzellenz-Clusters Kognition für Technische Systeme (CoTeSys) und Sprecher des Sonderforschungsbereichs Wirklichkeitsnahe Telepräsenz und Teleaktion.

Prof. Dr. Klaus Mainzer studierte Mathematik, Physik und Philosophie an der Universität Münster und habilitierte sich dort 1979 im Fach Philosophie. 1980 erhielt er ein Heisenberg-Stipendium und wurde 1981 auf den Lehrstuhl Grundlagen und Geschichte der exakten Wissenschaften der Universität Konstanz berufen. Von 1988 bis 2008 war er Professor für Wissenschaftsphilosophie an der Universität Augsburg. Dann wurde er zum wissenschaftlichen Direktor der neu gegründeten Carl von Linde-Akademie der TUM ernannt und gleichzeitig auf den neu gegründeten Lehrstuhl für Philosophie und Wissenschaftstheorie berufen. Er beschäftigt sich aus philosophischer Perspektive mit komplexen Systemen, dem Paradigma der Selbstorganisation, der Chaostheorie und künstlicher Intelligenz.

Aktion. Wir studieren den Menschen, der in der Lage ist, mit Sensorik die Welt wahrzunehmen, darüber zu reflektieren und auf Basis dieser Wahrnehmung und auf der Grundlage seines Wissens Entscheidungen zu fällen, die schließlich zu einer Aktion in der physikalischen Welt führen. Das geht zurück auf das Gebiet der Künstlichen Intelligenz (KI). Die KI hatte zwar große Erfolge in der theoretischen Forschung, aber wenig Erfolg in der praktischen Umsetzung. Heute verfolgen wir die These, dass es einen Körper braucht, damit sich Intelligenz entwickeln kann. Man spricht von der „embodied intelligence“. Das heißt, dass man nur durch Anfassen und Wahrnehmung der Umgebung und durch Aktion in dieser Umgebung Intelligenz entwickeln kann.

Mainzer: In der klassischen KI ist man lange Zeit von der falschen Hypothese ausgegangen, dass der Geist vom menschlichen Körper separierbar ist. Und man dachte, dass man den Geist formal in einer Software abbilden könnte. Inzwischen hat man festgestellt, dass das Denken sehr stark von der Sensorik abhängt. Und das bei jeder Art von Denken! Selbst wenn wir Mathe-

matik betreiben, ist das bei uns emotional unterfüttert. So funktioniert der menschliche Geist und deswegen kommen wir auch so gut zurecht. Unsere Sensorik und unsere Erfahrungen helfen uns in hochkomplexen Situationen, die wir überhaupt nicht als komplex empfinden. Eine Maschine hat zum Beispiel große Schwierigkeiten, einen Bleistift auf den Fingern zu balancieren. Die Freiheitsgrade sind physikalisch so groß, dass dies in keinem Programm umgesetzt werden kann.

Buss: Normalerweise sind in einem klassischen automatisierungstechnischen System Entscheidungen fest vorprogrammiert. Ingenieure überlegen sich die möglichen Abfolgen eines Prozesses sowie Randbedingungen, die den Prozess negativ beeinflussen. Jede Eventualität wird vorher durchdacht. Das führt zu einem Programm für diesen fest vorgegebenen Ablauf. Mögliche Probleme, die den Prozess behindern könnten, werden mit wenn-dann-Abläufen in diesem Programmcode verzweigt. Das funktioniert für den Autobau oder für eine Rakete, die in die Erdumlaufbahn geschossen werden soll. Eine Küche zum Beispiel ist wesentlich



komplexer. Bisher ist es nicht gelungen, ein Programm für das Ein- und Ausräumen einer Spülmaschine zu schreiben. Das versuchen Forscher schon seit 20, 30 Jahren, aber sie sind bisher kläglich gescheitert. Wir möchten weg von diesen deterministischen Sequenzen, hin zu einer statistischen Erfolgswahrscheinlichkeit. Ziel ist, dass es in einer Mehrheit der Fälle gut funktioniert.

Mainzer: Das ist ja bei uns Menschen auch der Fall. Wir sind auch nicht die perfekten Spülmaschineneinräumer. Vielmehr lösen wir die Aufgaben mehr oder weniger gut. Aber das reicht ja, um in der Welt zurechtzukommen.

CoTeSys entwickelt ja auch Roboter, die zum Beispiel das Ausräumen einer Spülmaschine planen und lernen können. Wie autonom können Roboter werden?

Buss: Das ist eine sehr komplexe Frage, die sich eigentlich auf unser ganzes Gespräch bezieht. Die Frage ist: Wie autonom soll er sein? Was ist technisch möglich? Und wie autonom darf er sein? Ich beantworte es mal von der technischen Seite. Ich bin sehr stolz auf die zwei Postdocs Dr. Kolja Kühnlenz und Dr. Dirk Wollherr an meinem Lehrstuhl. Die waren in der Lage, einen Roboter zu bauen, der allein den Weg von der Uni zum Marienplatz gefunden hat. Er fand den Weg ohne Karte oder GPS, nur durch Befragung der Passanten. Für diesen Weg brauchte er zwar fünf Stunden, aber das Tolle war, dass er in dieser Zeit völlig autonome Entscheidungen aufgrund der Aussagen der Passanten getroffen hat.

Das klingt noch weit entfernt davon, dass Roboter tatsächlich Aufgaben in unserer Welt übernehmen können. Von welchem Zeitraum sprechen wir, wenn wir darüber nachdenken, Roboter zu Hause einzusetzen?

Mainzer: Ich habe über Zielvorgaben gelesen, die das japanische Technologieministerium herausgegeben hat: Das Ziel ist, bis 2010 einen Roboter zu bauen, der wie ein Mensch gehen kann. Bis 2015 soll ein Roboter Greifaufgaben wie ein Mensch lösen können. Für 2020 ist die Zielvorgabe, dass Roboter mit Menschen zusammenleben können. Das sind schon sehr realistische Zeiträume, die wir alle vermutlich noch miterleben können.

Buss: Im akademischen Umfeld werden wir in fünf bis zehn Jahren deutliche Fortschritte erleben. Wie sich das in Produkte umsetzen lässt, die bezahlbar sind, das ist noch eine andere Frage. Die Japaner wollen 2050 mit einer Robotermannschaft gegen den amtierenden Weltmeister im Fußball antreten. Dafür müssen noch deutliche technologische und theoretische Fortschritte erzielt werden.

Denken dann Roboter genauso wie Menschen, wenn sie auch wie Menschen Fußball spielen können?

Buss: Aus meiner Sicht ist es ein Glück, dass wir das Prinzip des menschlichen Gehirns noch nicht kennen. Sonst könnte man es einfach in Halbleiter gießen und man hätte eine Maschine, die eine Millionen Mal schneller denken kann als der Mensch. Wenn das Prinzip mal bekannt ist, dann müssen wir wohl wirklich aufpassen. Allerdings wird es in den Rechenleistungen enorme Fortschritte geben. Der handelsübliche Computer wird schon 2051 mehr Rechenleistung als ein menschliches Gehirn haben und 2057 mehr als alle lebenden Menschen zusammen.

Mainzer: Tatsächlich lässt sich die Rechenkapazität des Gehirns abschätzen: Wenn wir von ca. 10^{11} Neuronen pro Gehirn und im Durchschnitt 10^3 synap- ▷

Interview

tischen Verbindungen pro Neuron ausgehen, sind wir bei 10^{14} synaptischen Verbindungen im Gehirn. Leider ist das Gehirn mit 200 Rechenoperationen pro Sekunde relativ langsam. Jedenfalls erhalten wir dann etwa 2×10^{16} Operationen für das gesamte Gehirn als Rechenkapazität.

Nun kommt das Mooresche Gesetz ins Spiel, nach dem sich die Rechenkapazität unserer Computer alle zwölf Monate – manche sagen 18 Monate – verdoppelt. Je nachdem wie man dieses Wachstumsgesetz ansetzt, könnte die Rechenkapazität des Gehirns bereits in den zwanziger Jahren von einem normalen Laptop überholt werden. Aber man darf nicht vergessen, dass im menschlichen Gehirn nicht alles Rechenleistung ist. Unsere Gefühls- und Vorstellungswelt ist durch die menschliche Gehirntätigkeit möglich. Das in einem Computer umzusetzen, ist noch mal ein Quantensprung.

Buss: Schwierig ist auch der Bereich der Aktorik, der künstlichen Muskeln. Ein ungelöstes Problem ist das Eigengewicht zum Tragfähigkeitsverhältnis. Beim Menschen ist das super. Unsere Beine wiegen nur einen kleinen Teil unseres Körpergewichts, aber wir können unseren Körper damit tragen. In der Robotik ist das genau anders herum. Der Roboter wiegt zehnmal so viel,



Helfer im Alltag: Nicht nur im Haushalt könnten schon bald intelligente Roboter arbeiten. Auch ihr Einsatz in der Altenpflege wird bereits getestet

wie er tragen kann. Da müssen wir noch einen Faktor 100 überwinden. Das wird eine der großen technologischen Herausforderungen.

Wenn das so schwierig ist, warum möchte man dann überhaupt den Roboter immer menschenähnlicher machen?

Mainzer: Es gibt natürlich Roboter, die haben keine Ähnlichkeit mit dem Menschen. Das hängt immer mit der Funktion zusammen, für die sie gebaut werden. Wenn ein Roboter Kanäle säubern soll, dann braucht er keine menschliche Gestalt. Vielmehr sind sein Aussehen und sein Reaktionsvermögen dieser Funktion angepasst. Die Vorentscheidung, Roboter menschenähnlich zu bauen, hängt nicht davon ab, dass man den Menschen ersetzen möchte. Man baut sie deshalb ähnlich wie den Menschen, weil es einfacher ist, solche Geräte in die Lebenswelt des Menschen einzupassen. Nehmen Sie ein einfaches Beispiel: Ein Roboter, der auf zwei Beinen laufen kann anstatt auf irgendwelchen Rollen oder Schienen, kann unsere Treppen benutzen und braucht keine extra gebaute Rampe, um sich fortzubewegen.

Wie ähnlich kann ein Roboter dem Menschen werden? Werden wir in einigen Jahrzehnten womöglich gar nicht mehr erkennen können, ob es sich um einen Menschen oder eine Maschine handelt?

Buss: Es gibt die wissenschaftliche Hypothese des Uncanny Valley – zu Deutsch „unheimliches Tal“. Wenn Sie ein Koordinatensystem haben, auf der einen Achse die Menschenähnlichkeit und auf der anderen Achse die Akzeptanz, dann kommt es zu einem spannenden Phänomen: Die Akzeptanz der Maschine steigt, je menschenähnlicher sie wird. Aber irgendwann, kurz bevor der Roboter dem Menschen ganz ähnlich ist, gibt es einen Einbruch, der in negativer Akzeptanz endet. Was man daraus lernt, ist, dass man im Bestreben um Anthropomorphologie, um Ähnlichkeit mit dem Menschen, nicht zu weit gehen sollte. Sonst kehrt sich Akzeptanz ins Gegenteil um.

Mainzer: Mein Eindruck ist, man sollte kein Design vortäuschen, das nicht durch Funktion gerechtfertigt ist. Beispielsweise ein Roboter, der die Funktion hat, bettlägerige Patienten zu wenden, wird mit einem Gesicht ausgestattet. Das Gesicht könnte beim Patienten die Illusion wecken, dass er mit diesem Gerät kommunizieren kann wie mit dem Pflegepersonal. Die Enttäuschung könnte dann groß sein, wenn die Maschine nicht adäquat reagiert. Das Design soll ansprechend sein, natürlich, auch kein martialischer Apparat, vor



dem man Ängste entwickelt, aber andererseits so, dass nicht falsche Hoffnungen entstehen.

Roboter als Pflegepersonal – Japaner sind stark an solchen Maschinen für die Pflege von alten Menschen interessiert. Ist die Technikbegeisterung in Japan so viel ausgeprägter?

Mainzer: Das müssten Sie einen Japanologen fragen! Aber ich habe gelesen, dass es in Japan bis vor kurzem kein ausländisches Pflegepersonal gab. Es war ein ungeschriebenes Gesetz, dass Japaner nur von Japanern gepflegt werden dürfen. In Japan kommt es – ähnlich wie bei uns in Deutschland – zu einem Mangel an Pflegepersonal. Vielleicht daher die Motivation, technische Geräte zum Einsatz zu bringen.

Buss: Ich denke, dass hat nicht allein etwas mit der kulturellen Prägung zu tun. Ich habe von einer Umfrage unter älteren Menschen in Deutschland gehört, die allein ohne Familienanschluss zu Hause leben. Von den Befragten konnten sich dreiviertel der Personen vorstellen, mit einem Roboter zusammenzuleben. Das fand ich schon ein überraschendes Ergebnis.

Mainzer: In der Not vergisst der Mensch schon mal seine kulturelle Prägung. Aber ich denke mir: Wenn die Geräte qualitativ gut funktionieren, in der Mensch-Maschine-Aktion akzeptabel sind und dazu das Leben erleichtern, dann werden das die Menschen sicher akzeptieren.

„Viele Menschen haben ein ungutes Gefühl, wenn sie an die Folgen der Technologie für die Zukunft denken. Es besteht die Gefahr, dass die Gesellschaft ohne ausreichende Vorbereitung nur sehr

schlecht damit umgehen wird“ – was halten Sie von der These?

Mainzer: Dieses Zitat würde ich mit einem Fragezeichen versehen! Die Mehrheit der Menschheit ist leider nicht daran interessiert, wie etwas funktioniert. Wer ist schon heute in der Lage, ein Telefon zu erklären? Wichtig ist es, dass es funktioniert. Wir Menschen vertrauen auf Technik. Deswegen ist es so wichtig, dass gute Produkte mit hoher Qualität entwickelt werden. Dann fühlen sich Menschen auch nicht überfordert.

Buss: Ich glaube auch an den ökonomischen Erfolg. Wenn Technik das Leben erleichtert und bezahlbar ist, werden die Menschen sie verwenden. Und ganz ehrlich: Wenn es billiger sein wird, den Patienten mit gut funktionierenden Robotern im Krankenhaus oder im Altenheim zu versorgen als mit Pflegekräften, werden die Pflegekassen nicht lange überlegen.

Herr Buss, Hand aufs Herz: Möchten Sie mit einem Roboter zusammenleben?

Buss: Ach, ich habe jeden Tag so viele Roboter um mich! Ich glaube, zusammenleben möchte ich frühestens mit einem, wenn ich mal pensioniert bin.

Und was machen Sie dann, wenn er zu Ihnen sagt: „Ich liebe dich!“?

Buss (lacht): Ich würde nachschauen, wer das programmiert hat.

Herr Prof. Buss, Herr Prof. Mainzer, vielen Dank für das Gespräch.

Interview: Christiane Haupt