

Maschinen machen Zukunft: **Denn sie wissen, was sie tun**



Links

www.cotesys.org

Was Menschen leisten können, ist beeindruckend“, sagt Prof. Dr. Michael Beetz vom Lehrstuhl Bildverstehen und wissensbasierte Systeme der TUM. Dabei sind es gar nicht die geistigen und körperlichen Höchstleistungen, die ihn interessieren. Er spricht vielmehr von alltäglichen Dingen wie zum Beispiel dem Tischdecken. Das Interesse des Professors an der Küchenarbeit ist vornehmlich wissenschaftlicher Natur. Gemeinsam mit anderen Forschern unterschiedlicher Disziplinen entwickelt er eine besondere Küche: In einer speziell ausgestatteten Küchenzeile soll ein Roboter Menschen bei der Arbeit assistieren. Die „unterstützende Küche (the assistive kitchen)“ ist ein Projekt des Exzellenzclusters Cognition for technical Systems (CoTeSys). „Ziel ist es, technische Systeme zu entwickeln, die wissen, was sie tun“, sagt Michael Beetz. „Die Systeme sollen ihr Tun bewerten und ihr Handeln aufgrund dieser Bewertungen ständig verbessern.“ Man spricht dann von kognitiven technischen Systemen. Ein solches System zeigt überlegtes und gewohnheitsmäßiges Verhalten, das langfristige Ziele

Roboter Johnnie wurde am Lehrstuhl für Angewandte Mechanik der TU München entwickelt. Das Laufen auf ebenem und unebenem Boden sowie um Kurven zu gehen hat er schon gelernt. Ziel der Forscher ist nun, Johnnie mit kognitiven Fähigkeiten auszustatten



Foto: TUM

Kognition	Definition
	Unter Kognition versteht man die mentalen Strukturen und Prozesse eines Individuums. Kognitive Fähigkeiten sind zum Beispiel Wahrnehmung, Überlegung, Lernen und Planen. Kognitives Handeln bedeutet, dass ein Individuum überlegtes und gewohnheitsmäßiges Verhalten zeigt, das langfristige Ziele verfolgt.

verfolgt. Dazu sind kognitive Fähigkeiten nötig: Die Systeme müssen Situationen wahrnehmen, erkennen und einordnen, sie müssen lernen und planen. Diese Fähigkeiten hat jeder Mensch – für technische Systeme wie Roboter müssen sie entwickelt werden. Und das ist nicht einfach.

Der gesunde Menschenverstand hilft

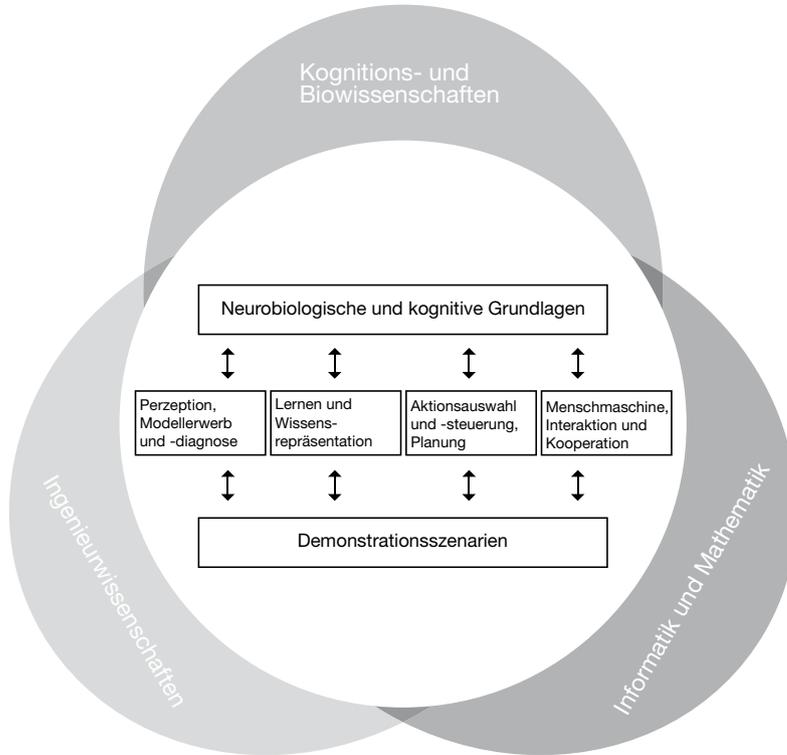
Wenn wir den Frühstückstisch decken, führen wir viele Einzelhandlungen aus: zum Schrank gehen, Schranktür öffnen, Teller herausnehmen, Teller abstellen, Schranktür schließen, Teller wieder aufnehmen und zum Tisch bringen. Sind nicht genügend Teller im Schrank, sehen wir im Geschirrspüler nach und waschen schnell einen ab, wenn die Teller im Geschirrspüler noch nicht gespült sind. Über all das machen wir uns wenig Gedanken, wir können uns nebenbei unterhalten oder Radio hören. Für die ungeplante Situation, nicht genügend Teller im Schrank zu finden, haben wir schnell eine Lösung. Wir wissen auch, dass man besser Tassen mit Henkel statt dünnwandiger Gläser auf den Tisch stellt, wenn man heißen Tee servieren will. All das sagt uns der gesunde Menschenverstand – eine saloppe Umschreibung für unsere kognitiven Fähigkeiten und unser kognitives Handeln, das die menschliche Intelligenz auszeichnet.

Übergreifender Forschungsansatz

An der Forschung zur Kognition für technische Systeme sind Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen beteiligt: Grundlagenforschung in der Neurobiologie und den kognitiven Wissenschaften bildeten die Basis für die Ansätze der Ingenieure und Informatiker. Die theoretischen Erkenntnisse der Forscher werden bei CoTeSys in drei praktischen Anwendungen umgesetzt: kognitive Fahrzeuge, kognitive Fabriken und kognitive Roboter. Ein solcher Roboter wird auch in der unterstützenden Küche eingesetzt: RWI B21 ist etwa anderthalb Meter hoch. An seinem runden, blauen Körper sind verschiedene Sensoren angebracht, mit denen er seine Position im Raum berechnen kann. Er kann mit

CoTeSys: Die Forschungsbereiche	Zusatzinformationen zum Exzellenzcluster
CoTeSys ist ein interdisziplinärer Forschungsverbund, der in vielen kleinen Projekten kognitive Fähigkeiten des Menschen erforscht und in technische Systeme implementiert.	

Grafik: edlundsepp nach Vorlage TUM



diesen Lasersensoren auch feststellen, ob ein Mensch in seiner Nähe ist. Zwei Arme mit Gelenken, die sich in unterschiedliche Richtungen bewegen lassen, tragen je eine Greifzange. Wo beim Menschen die Augen sitzen, ist bei RWI B21 eine Stereokamera angebracht.

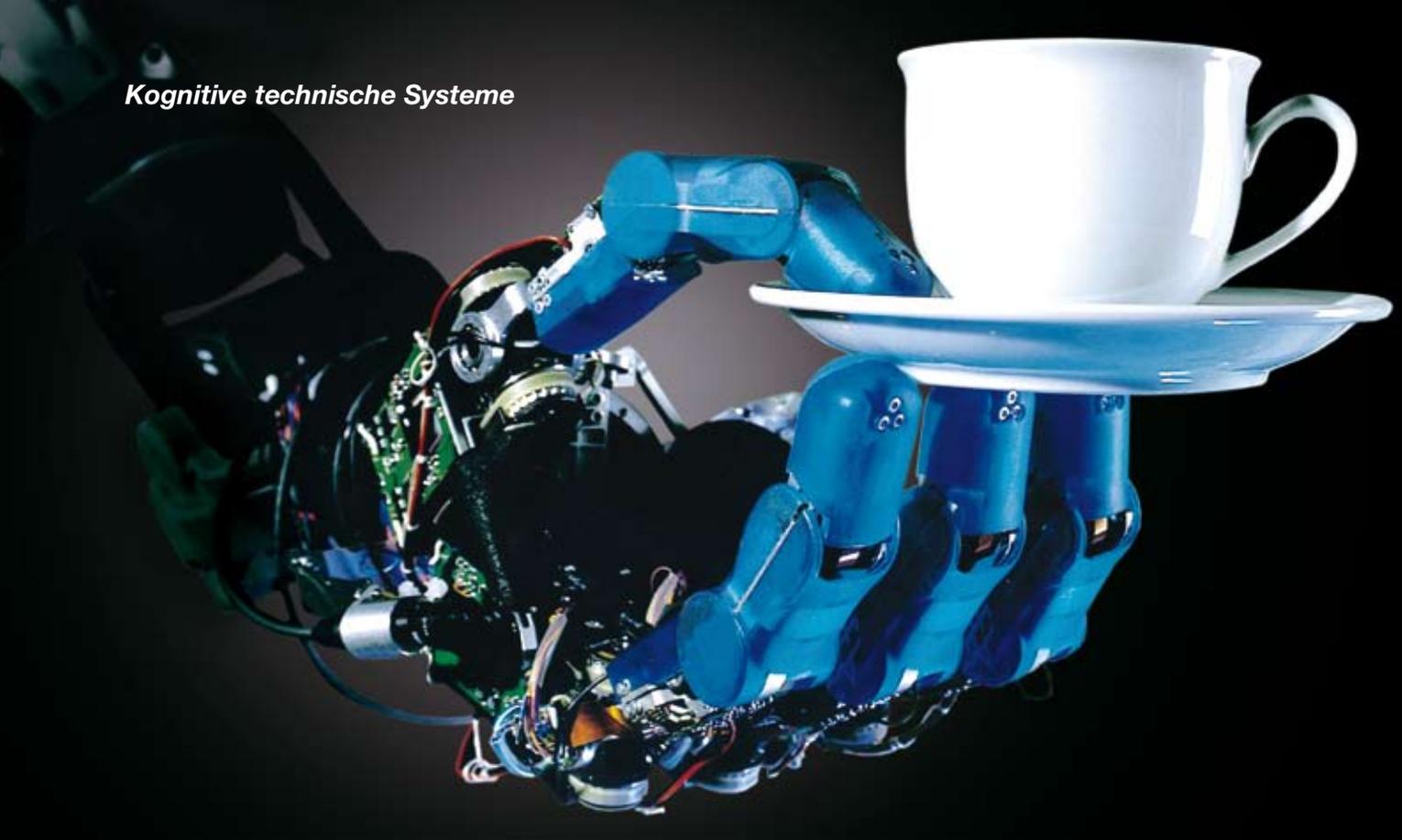
Datensammeln in der Küche

Sein Reich ist eine Küche, die sich auf den ersten Blick kaum von einer ganz normalen Küchenzeile mit Esstisch unterscheidet. Wer genauer hinsieht, entdeckt Kameras an den Wänden und der Decke. Über Lasersensoren, die in die Wände eingelassen sind, werden die Position des Roboters und die Positionen von Menschen, die sich in der Küche bewegen, bestimmt. An den Schranktüren geben Magnetsensoren an, ob die Tür geöffnet oder geschlossen ist. An allen Gegenständen wie Teller, Tassen, Müslikartons und Milchtüten sind RFID-Transponder befestigt. Diese scheckkarten-großen Sender sehen wie kleine Aufkleber mit Metallfäden aus. Auf dem Tisch und den Schrankböden liegen die flachen Lesegeräte für die RFID-Transponder. RFID steht für Radio Frequency Identification (Identifizierung über Radiowellen). Mit dieser Technik kann man

jederzeit feststellen, wo sich ein Gegenstand gerade befindet, wie oft, wohin und wann er bewegt wurde. „In einem ersten Schritt versuchen wir hier, ein Modell der Alltagsaktivitäten eines Menschen in der Küche zu erstellen“, erklärt Michael Beetz. Dazu haben die Forscher einen Handschuh entwickelt, der die Signale der RFID-Sender auswerten kann. So können sie genau aufzeichnen, welches Küchenutensil wie oft benutzt wurde. Außerdem werten Mikrosensoren die Arm- und Beinbewegungen der Küchenbenutzer aus. So entstehen Bewegungsprofile, und die Interaktion mit dem Roboter kann analysiert werden.

Informationshappen für intelligente Roboter

Mit den gesammelten Daten lassen sich nun Programme für den Roboter schreiben. Die Informatiker können zum Beispiel dem Befehl, eine Kanne vom Tisch zu nehmen und sie auf der Arbeitsplatte der Küche abzustellen, verschiedene Parameter zuordnen. „Wenn wir nicht sehen, ob in einer Kanne noch Kaffee ist und deshalb ihr Gewicht nicht kennen, heben wir sie zunächst vorsichtig an. Erst dann entscheiden wir, mit wie viel Kraft und Schwung wir die Kanne anhe- ▶



Die Realisierung kognitiver Fähigkeiten in technischen Systemen stellt große Anforderungen an die Roboter. Mit einer Vielzahl von

ben – ausschlaggebend sind dabei unsere Erfahrungswerte, mit deren Hilfe wir eine Art Wahrscheinlichkeitsannahme machen“, erklärt Michael Beetz. Manchmal schlägt dieser Prozess fehl, und wer schon einmal eine halb volle Kaffeekanne mit zu viel Schwung vom Tisch genommen hat, kennt das Ergebnis: Flecken auf dem Tischtuch.

Ein Küchenroboter ohne kognitive Fähigkeiten würde die Kanne immer mit derselben Kraft vom Tisch heben, da er nicht auf sich verändernde Situationen vorbereitet ist. Der intelligente Roboter RWI B21 geht ähnlich wie der Mensch vor: Über seine Sensoren erfährt er, wie viel die Kanne wiegt – und wie viel Kaffee noch darin ist. Aus einer Auswahl an Parametern wählt er nun einen Wert, der zu dem gemessenen passt: Er nimmt die Kanne weder zu schnell noch zu langsam vom Tisch. „Menschen können gut mit Situationen umgehen, die sich verändern und die nur zum Teil bekannt sind“, sagt Michael Beetz. „Über unsere Sinne nehmen wir Situationen wahr, schätzen sie ein, blenden Unwichtiges aus und wägen die Konsequenzen unseres Handelns ab.“

Können Roboter aus Erfahrung lernen?

Um mit neuen Situationen zurechtzukommen und Lösungen zu finden, muss der Roboter lernen können. „Lernen bedeutet, dass Informationen gesammelt und gegebenenfalls neu geordnet und bewertet werden“,

Gelenken und Sensoren muss die menschliche Fingerfertigkeit und Feinfühligkeit nachgebildet werden

erklärt Prof. Dr. Beetz. Deckt ein Küchenroboter mit kognitiven Fähigkeiten den Tisch für vier statt für eine Person, bringt er beim ersten Mal die vier Teller einzeln zum Tisch, stellt dann aber fest, dass sein Handeln nicht effizient ist. Also nimmt er beim nächsten Mal einen Stapel von vier Tellern mit. Genauso wird er mit den Gläsern verfahren – und dabei feststellen, dass sich Gläser nicht wie Teller aufeinander gestellt transportieren lassen.

Förderungswürdiges Projekt

„Durch die Entwicklung von kognitiven Fähigkeiten werden technische Systeme zuverlässiger, flexibler, anpassbar und leistungsfähiger“, beschreibt Michael Beetz die Vorteile. „Unsere Küche erfüllt einerseits eine wichtige soziale Aufgabe, indem sie alte oder behinderte Menschen im Alltag unterstützt. Andererseits sind gerade diese vermeintlich simplen Aufgaben eine große Herausforderung für uns.“ Die Arbeit von Prof. Dr. Beetz und seinen Kollegen von der TU München, der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU), der Universität der Bundeswehr (UBM), des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrttechnik (DLR) und des Max-Planck-Instituts für Neurobiologie (MPI) hat auch die Kommission für die Exzellenzinitiative überzeugt. CoTeSys wurde im Rahmen der ersten Runde der Exzellenzinitiative des Bundes als eines von 17 Exzellenzclustern gefördert.

Andrea Veyhle