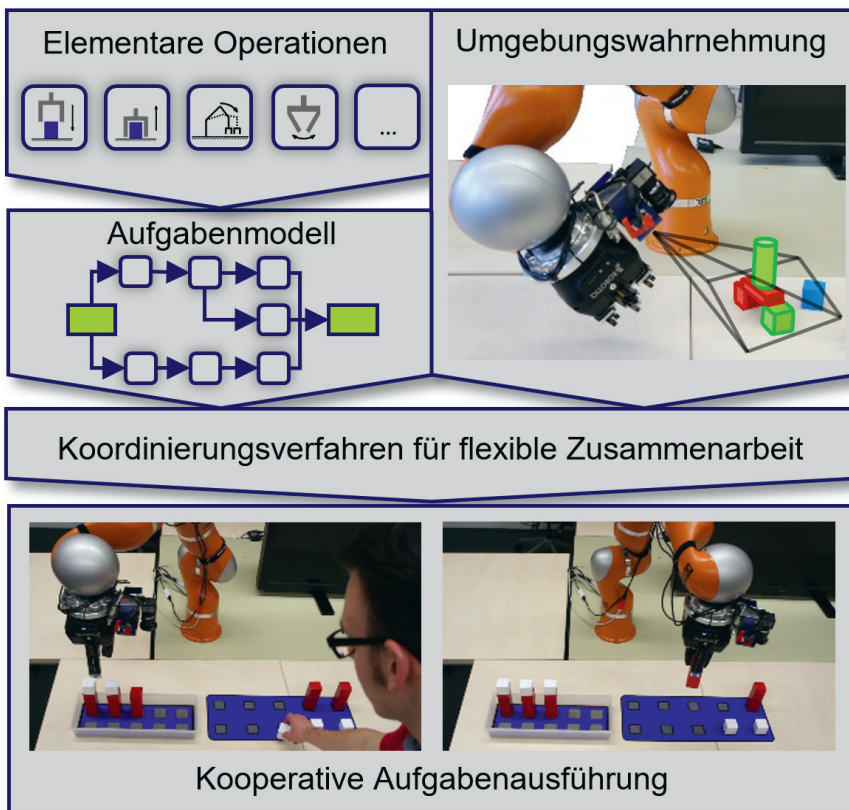


Eine Frage der Abstimmung

Dynamische MRK. Das Projekt FlexCobot des Lehrstuhls für Robotik und Eingebettete Systeme an der Uni Bayreuth will die Mensch-Roboter-Kooperation an die Flexibilität menschlicher Zusammenarbeit annähern. Dazu muss der Roboter erkennen, welche Aufgaben der Mensch schon übernommen hat und was noch zu erledigen ist.



In den vergangenen Jahren hat sich die Mensch-Roboter-Kooperation (MRK) zu einem Trendthema entwickelt, das auch auf dem Feld der Montage und Handhabung zunehmend Beachtung findet. Die Gründe hierfür liegen auf der Hand: Klassische, starr programmierte Robotersysteme mit Schutzzäunen eignen sich kaum für den Einsatz in kleinen und mittleren Unternehmen, die vielfältige Produktvarianten in kleinen Losgrößen fertigen. Um den Anforderungen an den Robotereinsatz im KMU-Sektor zu genügen, werden hybride Teams aus Menschen und Robotern benötigt, die ohne physische Barrieren zusammenarbeiten können. Fortschritte im Bereich der sicheren Mensch-Roboter-Koexistenz (beispielsweise intrinsisch sichere Manipulatoren und Greifersysteme) erlauben in Kombination mit neuen Normen zur Auslegung und Inbetriebnahme hybrider Arbeitsplätze den Einsatz kooperativer Roboter (Cobots) auch im industriellen Umfeld.

Das FlexCobot-MRK-System realisiert ein Koordinierungsverfahren, das auf Basis eines aus elementaren Operationen aufgebauten Aufgabenmodells und Verfahren zur Umgebungswahrnehmung eine flexible Zusammenarbeit von Mensch und Roboter ermöglicht.

(Bild: Uni Bayreuth)

Aktuelle industriennahe Arbeiten zur MRK für Montage- und Handhabungsaufgaben beschäftigen sich meist mit der Planung einer effizienten, fest vor-



Kurz erklärt: Robotik an der Universität Bayreuth

Der Lehrstuhl für Robotik und Eingebettete Systeme der Universität Bayreuth wurde im Jahr 2003 von Prof. Dr. Dominik Henrich gegründet. Er beschäftigt sich mit Robotern als Informationsverarbeitende Systeme, welche ihre Umwelt erfassen, verändern und mit ihr interagieren können. Ein Forschungsschwerpunkt ist die Koexistenz und Kooperation von Mensch und Roboter. Ziel ist es, die strikte räumliche Trennung zwischen Mensch und Roboter aufzuheben, um ihre Stärken synergistisch zu kombinieren. Weitere aktuelle Schwerpunkte liegen in der intuitiven Roboterprogrammierung und -instruierung und der CAD-Rekonstruktion mit handgehaltenen Tiefenkameras. www.ai3.uni-bayreuth.de.

gegebenen Verteilung der Arbeit, die die derzeit noch stark asymmetrischen Fähigkeiten von Mensch und Roboter optimal nutzt. Das Projekt FlexCobot (Flexible Cobot) des Lehrstuhls für Robotik und Eingebettete Systeme an der Universität Bayreuth wagt einen Blick weiter in die Zukunft hybrider Montagesysteme: Zukünftig werden Roboter mit umfangreichen vorprogrammierten und menschenähnlichen Handhabungsfähigkeiten (elementare Operationen) verfügbar sein.

FlexCobot beschäftigt sich aus Sicht der Informatik mit der Vision eines datenverarbeitenden Systems, mit dem beliebige, aus elementaren Operationen kombinierte Aufgabenmodelle (zum Beispiel mit Verfahren der Montageplanung erzeugte Präzedenzgraphen) ohne vorherige Programmierung oder Ablaufplanung von Mensch und Roboter gemeinsam ausgeführt werden können. Das zentrale Ziel beim Systementwurf ist eine Annäherung an die Flexibilität, die bei menschlicher Zusammenarbeit beobachtet werden kann: Menschliche Teams können sich dynamisch während der Lösung einer Aufgabe immer wieder neu organisieren, indem Aufgaben neu verteilt werden oder sich die Struktur des Teams verändert. Mit FlexCobot soll diese Flexibilität bezüglich Aufgabenverteilung und Teamzusammensetzung auf die MRK übertragen werden. Dazu werden Mensch und Roboter als gleichberechtigte Partner gesehen, die zu jedem Zeitpunkt in der Lage sind, ihre nächste Operation aus dem Aufgabenmodell so auszuwählen, dass die Aufgabe korrekt gelöst wird (dynamische Planausführung).

Koordinierung als zentrale Herausforderung

Die zentrale Herausforderung bei der Realisierung dynamischer Planausführung ist die Koordinierung des Roboters mit menschlicher Interaktion. Der Roboter muss dazu befähigt werden, auch in der dynamischen Umgebung eines MRK-Szenarios den Arbeitsablauf zu verfolgen und vom Menschen bereits übernommene Teilaufgaben erkennen. Dazu werden vom FlexCobot-System alle Operationen im Aufgabenmodell mit Vor- („Teilbaugruppe A verfügbar“) und Nachbedingungen („Teilbaugruppe A an B montiert“) versehen. Diese Bedingungen lassen Rückschlüsse darauf zu, ob eine Operation aktuell ausgeführt werden kann oder bereits ausgeführt wurde. Herzstück des Systems ist ein Koordinierungsverfahren, das geeignete Perzeptionsoperationen zur Bedingungsabwertung plant

und ausführt, um auf Basis der gewonnenen Sensordaten noch anstehende Operationen im Aufgabenmodell zu identifizieren und auszulösen.

Neben maximaler Flexibilität ist eine weitere Zieldimension von FlexCobot ein kompakter Systemaufbau durch die Beschränkung auf am Roboter angebrachte oder leicht in der

Kurz erklärt: Der MHI e.V.



Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Montage, Handhabung und Industrierobotik e.V. (MHI e.V.) ist ein Netzwerk renommierter Universitätsprofessoren – Institutsleiter und Lehrstuhlinhaber – aus dem deutschsprachigen Raum. Die Mitglieder forschen sowohl grundlagenorientiert als auch anwendungsnah in einem breiten Spektrum aktueller Themen aus dem Montage-, Handhabungs- und Industrierobotikbereich. Weitere Infos zur Gesellschaft, deren Mitgliedern und Aktivitäten: www.wgmhi.de.

Umgebung zu montierende Sensorik. Dies reduziert einerseits Kosten und Initialaufwand für Kalibrierung und Montage, erschwert jedoch andererseits die Perzeption: Informationen über Art und Lage von Objekten, die mit einer am Roboter-Handgelenk angebrachten Kamera gewonnen wurden, können durch menschliches Eingreifen ungültig werden, sobald der Roboter „wegschaut“. FlexCobot begegnet dieser Problematik durch die Verwendung eines alternden Weltmodells: Mit einem unter der Werkbank angebrachten Lidar-Sensor wird die Position von Menschen verfolgt. Die Reichweite der Menschen wird in einem Potenzialfeld kodiert, das beschreibt, wie leicht Objekte von deren aktueller Position aus manipuliert werden können. Aus diesem Potenzial wird für jedes gespeicherte Objekt fortlaufend eine Kennziffer berechnet, die die Verlässlichkeit der Daten bewertet. So kann das System entscheiden, ob Informationen noch gültig sind oder durch einen erneuten Perzeptionsschritt aufgefrischt werden müssen.

Aktuell ermöglicht der FlexCobot-Prototyp die Zusammenarbeit eines Menschen mit einem Leichtbau-Roboter. In weiterführenden Arbeiten werden die verwendete Sensorik erweitert und das Potenzial größerer Teams evaluiert.

*Dominik Riedelbauch,
Prof. Dr. Dominik Henrich/**as*

Projekt FlexCobot

Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Robotik und Eingebettete Systeme,
www.ai3.uni-bayreuth.de