

Hybride Teams in der digitalen Vernetzung der Zukunft

Anwendung, Architektur und Kommunikation

Sirko Straube, Robotics Innovation Center, DFKI GmbH, Bremen, und
Tim Schwartz, Intelligente Benutzerschnittstellen, DFKI GmbH, Saarbrücken

Eine der Implikationen aus Industrie 4.0 ist das Entstehen einer neuen Zusammenarbeit von Menschen, Robotern und virtuellen Agenten in Teams – der Roboter ist kein Konkurrent, sondern er übernimmt typischerweise andere Aufgaben, die für Menschen sehr aufwändig, schädlich oder gar unmittelbar gefährlich sind. Diese Hybriden Teams müssen effizient kommunizieren, sie sollen flexibel sein und breit einsetzbar. Wie kann man ein solches Team realisieren und welche Besonderheiten und Schwierigkeiten treten dabei auf? Der Beitrag beschreibt den Aufbau und die Eigenschaften Hybrider Teams und schlägt eine entsprechende Systemarchitektur vor, die auf Erfahrungen aus dem aktuellen Forschungsprojekt HySociaTea (FKZ 01IW14001, BMBF) basiert.

Hybride Teams als Konsequenz aus Industrie 4.0

In der Arbeitswelt der Zukunft soll der Mensch wieder zum kreativen Gestalter werden, der mit modernen, vernetzten, technischen Assistenzsystemen bei seiner Arbeit unterstützt wird [1]. Um dies adäquat leisten zu können, werden diese Assistenzsysteme im Zuge der Industrie 4.0 an Autonomie und Proaktivität gewinnen, sodass Menschen, Softwaresysteme (sogenannte Softbots) und Roboter letztendlich als Hybrides Team betrachtet werden können, die an gemeinsamen Zielen arbeiten. Für Menschen und Roboter bedeutet dies, dass die heute noch weitestgehend üblichen Sicherheitszonen verschwinden und eine echte Kollaboration beginnt, bei der beide Hand in Hand und Seite an Seite zusammenarbeiten. Um dies zu ermöglichen, müssen einige Herausforderungen gelöst werden. So müssen Assistenzsysteme z. B. in der Lage sein, neuartige Situationen einzuordnen; sie müssen lernfähig sein, ihre eigenen Handlungen bewerten können und aus den beobachteten Handlungen der Menschen abschätzen können, was diese als nächstes tun werden.

Bei einer hybriden Teamarbeit spielt auch die Soziologie eine starke Rolle, schließlich will sich ein Mensch nicht von einer Maschine bevormunden lassen (Negativbeispiel ist Microsofts Karl Klammer, der als Assistenzsystem angedacht bei den meisten Menschen eher auf Ablehnung ge-

stoßen ist). Es stellt sich auch die Frage nach der Kommunikation in einem solchen Team. Während die künstlichen Teammitglieder elektronisch kommunizieren und dabei sogar ihre intrinsischen Zustände (wie z. B. die geplante nächste Handlung) übertragen können, müssen für den Menschen andere Wege gefunden werden.

Zur Realisierung eines Hybriden Teams müssen einige kritische Hürden überwunden werden, deren konkrete Ausgestaltung unmittelbaren Einfluss auf die Gesamtarchitektur hat:

- eine Plattform für den Informationsaustausch, welche als Schnittstelle für die beteiligten Hardware- und Softwaresysteme dient
- Kommunikationsstandards, die alle einhalten können
- Definitionen für das Zusammenspiel und die Interaktion aller Teammitglieder sowie Rollen und Aufgaben
- Definitionen zur Erzeugung der Weltmodelle und wo sie sich befinden

Aktueller Stand in der Fabrik

Die ersten reellen Einsätze von Industrie 4.0 Technologien finden bereits jetzt in Produktionshallen statt. In der vom BMBF gestarteten Fördermaßnahme „Intelligente Vernetzung in

Hybrid Teams in the Digital Network of the Future – Application, Architecture and Communication

One of the implications of Industry 4.0 is the emergence of a new collaboration between humans, robots and virtual agents as teams – robots are no competitors, but typically take over tasks that are time-consuming, harmful or even extremely dangerous for humans. These Hybrid Teams must communicate efficiently, should be flexible and broadly applicable. How can one implement such a team and what has to be considered? The article describes the organization and properties of Hybrid Teams and proposes a system architecture that is based on experiences from the ongoing research project HySociaTea (FKZ 01IW14001, BMBF).

Keywords:

Hybrid Teams, human-robot collaboration, virtual characters, multimodal interaction, softbots, artificial intelligence



Dr. rer. nat. Sirko Straube arbeitet als Research and Administrative Manager des Robotics Innovation Center am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Bremen.



Dr.-Ing. Tim Schwartz arbeitet als Senior Researcher im Forschungsbereich Intelligente Benutzerschnittstellen am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Saarbrücken.

sirko.straube@dfki.de
tim.schwartz@dfki.de
www.dfki.de/robotik

der Produktion – Ein Beitrag zum Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ [2] wurden in mehreren Pilotprojekten praxisbezogene Anwendungsfälle entwickelt und auf dem Hallenboden getestet. Hierzu gehören sowohl mit zusätzlicher Sensorik aufgewertete Produktionsmaschinen [3] als auch interaktive Handbücher, die an der Werkbank bei der Montage behilflich sind [4]. Auch die direkte Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK), ohne räumliche Trennung oder Schutzzäune, ist keine reine Vision mehr. Mit PART4you wird ein solches System im Audi-Werk in Ingolstadt bereits eingesetzt, um Werkern Kühlmittelausgleichsbehälter in einer ergonomischen Art und Weise und zum richtigen Zeitpunkt anzureichen [5]. Ein wichtiges Thema ist in diesem Zusammenhang die Sicherheit des Menschen, die aktuell zum einen durch erweiterte Sensorik, z. B. berührungssensitive Materialien, zum anderen aber auch durch die Bauart des Roboters, z. B. entkoppelte Motoren, gewährleistet wird. Hier bedarf es entsprechender Richtlinien und Normen, die im Februar 2016 als technische Spezifikation IOS/TS 15066:2016 [6] fertiggestellt wurden. Da man bei einer vollständigen MRK eine Berührung nicht komplett ausschließen kann, werden in der geplanten Norm auch biomechanische Kriterien eine Rolle spielen, mit denen bestimmt wird, welche Arten von Berührungen noch tolerierbar sind. In dem in diesem Beitrag betrachteten Szenario der Hybriden Teams wird es nicht nur einzelne, stationäre Roboter geben, sondern mehrere, teils auch mobile Roboter, die nicht nur mit Menschen, sondern auch miteinander kollaborieren können. Offene Roboterarchitekturen, wie z. B. OROCOS [7], ROS [8], ROS industrial [9], ROCK [10] oder DESIRE [11], betrachten hauptsächlich die direkte Roboteransteuerung inklusive der Verarbeitung der robotereigenen Sensorik. Einfache Mensch-Roboter-Kollaboration, also die Kollaboration zwischen einem Menschen und einem Roboter, lässt sich auch mit Hilfe dieser Architekturen umsetzen. Zur Realisierung komplexer Hybrider Teams sind allerdings neue Ansätze erforderlich, die zwar auf Roboterseite auf bestehende Architekturen aufsetzen können, zusätzlich aber noch eine effiziente und dynamische Einbindung von weiteren, externen Sensoren, Aktoren und IT Systemen ermöglichen müssen.

Anwendungsfelder

Redet man von Industrie 4.0, dann spricht man auch von individualisierten Produkten in der Fabrik der Zukunft. Es geht dabei nicht nur um die Variation einer bestimmten Eigenschaft, sondern es geht um Kleinserienfertigung mit individuell auf den Kunden abgestimmten Produkten. In den meisten Fällen bedeutet dies, dass die Produktionsstraße und evtl. auch der ganze Prozess

umgestellt werden muss. Das ist auf Dauer nicht praktikabel und es ist daher der nächste logische Schritt, dass mobile Roboter zum Einsatz kommen werden, die nicht mehr getrennt vom Menschen, sondern mit diesem zusammen, in sich überschneidenden Arbeitsbereichen agieren. Nur so kann man ganze Produktionen rekonfigurieren – mobile Systeme organisieren sich zusammen mit den Menschen in der Produktion neu und können so Aufträge individueller abwickeln.

Die möglichen Einsatzgebiete für Hybride Teams sind nicht auf die Themen der Industrie 4.0 beschränkt. Hybride Teams können immer dort eingesetzt werden, wo sich durch komplementären Einsatz von Mensch, Roboter, Virtuelle Charaktere und digitaler Vernetzung eine Synergie ergibt, die man durch Einsatz nicht-hybrider Teams nicht erreichen kann. Prominenteste Beispiele sind neben der Produktion auch Einsätze in Katastrophenszenarien oder lebensfeindlichen Umgebungen (wie der Tiefsee oder dem Weltraum). Die tatsächliche Zusammensetzung des Teams ergibt sich dann immer aus der Aufgabe und dem Einsatzort.

Komponenten Hybrider Teams

Agenten: Das Team besteht grundsätzlich aus drei Typen von Agenten: Menschen als Entscheider und Werker mit zentralen Rollen und Aufgaben im Team, mobile autonom agierende Roboter, die unterstützen und bei den Abläufen helfen, und Virtuelle Charaktere (VCs), die ebenfalls die ablaufenden Prozesse unterstützend begleiten und dem Menschen als Schnittstelle zur digitalen Information dienen.

Menschen: Der Mensch unterscheidet sich essentiell von allen anderen Mitgliedern eines Hybriden Teams. Zur Kommunikation mit einer digital vernetzten Welt benötigt er geeignete Schnittstellen und Geräte, um Eingaben zu tätigen und Informationen zu beziehen. Diese Kommunikation sollte so natürlich wie möglich sein, um leicht erlernbar zu sein und nicht von der eigentlichen Arbeit abzulenken. Diese Eigenschaften werden am besten durch massiv multimodale Mensch-Maschine Schnittstellen, die über eine Vielzahl von Ein- und Ausgabemöglichkeiten, wie z. B. Sprache, Gestik, Haptik, Mimik etc., verfügen, realisiert. Zur multimodalen Eingabe werden verschiedene Eingabemodalitäten fusioniert, z. B. die sprachliche Äußerung „Gib mir diesen Schraubenschlüssel“ und eine entsprechende Zeigegeste. Ausgaben können hingegen auf verschiedene Modalitäten verteilt werden, z. B. Sprachausgabe plus bildliche Darstellung. Hierbei besteht die Herausforderung darin, für die aktuelle Situation entsprechende Ausgabekanäle zu bedienen (sie-

he auch [12, 13]). Um im Gesamtsystem digital ähnlich repräsentiert zu sein wie die Roboter (z. B. Position im Raum inkl. Körperhaltung), können Menschen in Hybriden Teams mit tragbaren Sensoren, die die entsprechenden Daten feststellen und über eine geeignete Schnittstelle übertragen können, ausgerüstet werden. Diese Daten können z. B. die autonomen Roboter nutzen, um ihre Handlungen so zu planen, dass sie Menschen aktiv behilflich sein können. Als Teil des Hybriden Teams kann der Mensch gemeinsam mit den Robotern Aufgaben verrichten (und diese teilweise bei Ausfall auch temporär ersetzen); Menschen können aber auch mittels der geeigneten Prozessmanagement-Werkzeuge an einem anderen Ort sein und z. B. über eine duale Realität in das Geschehen aktiv eingreifen oder mittels Teleoperation die Steuerung eines robotischen Agenten übernehmen.

Roboter: Im Gegensatz zum klassischen Industrieroboter sind die Roboter in Hybriden Teams nicht zwingend stationär, sondern mobil und verrichten Manipulationsaufgaben mit einem oder zwei Armen. Zudem werden sie stark an Autonomie hinzugewinnen und Teilaufgaben selbstständig lösen können. Da sie im Team mit dem Menschen überschneidende Arbeitsbereiche haben, ist es wichtig, diese Systeme auch für den Menschen sicher zu machen. Heutzutage erreicht man das vielfach über Leichtbauroboter, die keine hohen Kräfte aufbringen können. Andere Sicherheits-Mechanismen befinden sich in der aktuellen Entwicklung. Roboter können im Fall von Ausfällen eingeschränkt sowohl den VC als auch den Menschen vertreten und sich hier Aufgaben teilen.

Virtuelle Charaktere: Die Virtuellen Charaktere (VC) nehmen in Hybriden Teams eine Sonderrolle ein, da sie nicht physisch sind, d. h. sie können keine Aufgaben übernehmen, die mit direkter Manipulation zu tun haben. Stattdessen ist es die Rolle der VC, die Repräsentation rein softwarebasierter Agenten zu übernehmen. Der erhoffte Vorteil solcher grafisch verkörperter Agenten besteht darin, dass sie eine natürlichere Interaktion erlauben und z. B. durch Mimik und Gestik zusätzliche, durchaus auch emotionale, Inhalte präsentieren können. Gerade bei proaktiven Assistenzsystemen ist es sehr wichtig, dass diese ihre Vorschläge oder auch Warnungen in einer Art und Weise präsentieren, die der Mensch nicht als unangenehm oder sogar belehrend empfindet. Die richtige Balance zwischen realistisch wirkender

und abstrakter Darstellung ist zu finden [14]. Die wichtigste Modalität zur Interaktion mit VCs ist gesprochene Sprache, sowohl zur Ein- als auch zur Ausgabe. Da natürliche Sprache im Gegensatz zur Interaktion über grafische Benutzeroberflächen oder gar per strikt formalisierter Textkonsoleneingaben eher unpräzise ist, werden hier sogenannte Dialogsysteme eingesetzt, die in der Lage sind, fehlende oder missverständliche Information gezielt nachzufragen.

Weitere Komponenten

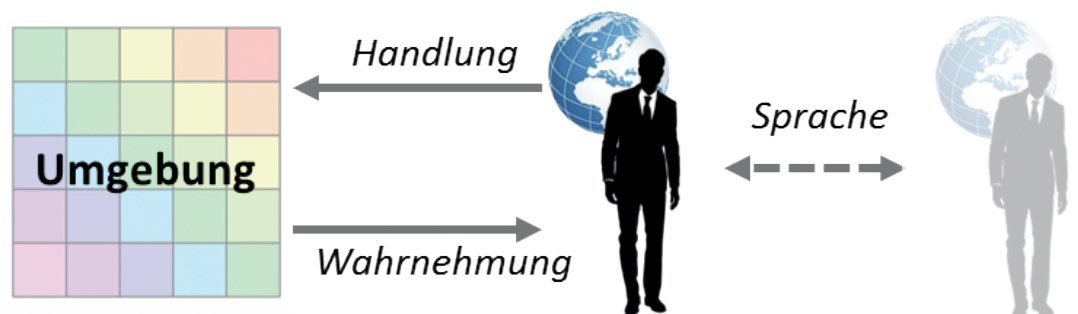
Hinter den Kulissen sind eine ganze Reihe weiterer Systeme beteiligt, die die semantische Spracherkennung und Planung übernehmen, Informationen aus der instrumentierten Umgebung sammeln, auswerten und dem Team zur Verfügung stellen (z. B. „Sensorik A meldet, Vorrat X wird bald zur Neige gehen und muss neu beschafft werden“) sowie eine Vielzahl von Softwarekomponenten, z. B. zur Kartierung und Objekterkennung.

Softbots: Abhängig von der konkreten Anwendung können intelligente und hochspezialisierte Programme als Softbots im Hybriden Team agieren. Sie können Vorhersagen treffen, z. B. über Materialnutzung und -bestände in der Produktion, und entsprechend Vorgänge überwachen. Softbots nutzen die vorhandene Sensorik und Information und operieren im Hintergrund. Ihre Ergebnisse werden z. B. vom VC überwacht und bei Bedarf im Team genutzt.

Prozessmanagement-Werkzeuge: Die Komplexität innerhalb eines Teams kann für die beteiligten Menschen mithilfe von geeigneten Visualisierungen dargestellt werden, die bspw. nur den Verlauf eines Datenstroms anzeigen. Solche Hilfsmittel können für die Steuerung und Transparenz der Abläufe im Team genutzt werden.

Duale Realität: Eine Duale Realität hat grundsätzlich zwei Funktionen. Zum einen kann in ihr sämtliche Information integriert werden, um eine virtuelle Repräsentation des realen Szenarios basierend auf der vorhandenen sensorischen

Bild 1: Situation einzelner Agenten in bisherigen Teams – es gibt eine gemeinsame Umgebung, zu der auch das Team gehört. Die Umgebung enthält die verfügbare Information und der Agent nutzt diese selektiv für sein Weltmodell. Der Informationsaustausch mit anderen Agenten findet im direkten Dialog statt.



Information zu erhalten. Ähnlich den Prozessmanagement-Werkzeugen (die ein Teil der dualen Realität sein können), dient dies der Übersicht. Durch Protokollierung der Ereignisse können sich somit auch neu eintreffende Team-Mitglieder schnell in das Gesamtszenario integrieren. Zum anderen soll eine duale Realität auch die Möglichkeit bieten, Dinge in der realen Welt zu verändern. Einfaches Beispiel: Ein Lichtschalter, der in der virtuellen Realität per Mausklick gedrückt wird, schaltet das Licht ebenso an, wie der real gedrückte Schalter.

Die duale Realität kann auch genutzt werden, um verfügbare Information abzubilden und Beziehungen aufzustellen, um z. B. Verknüpfungen der Ereignisse oder Objekte abzuleiten („Der Schraubenzieher liegt links neben der Werkzeugkiste“). Die Agenten können die Duale Realität quasi fragen und aus ihr Informationen beziehen.

Architektur & Kommunikation

Bei der Entscheidung, wie das Team gebildet wird und wie untereinander kommuniziert wird, sind von Anfang an eine Reihe von Fragen evident, deren Beantwortung entscheidend die Abläufe innerhalb des Teams prägen. Wie läuft die Kommunikation in einem Hybriden Team ab? Wie ist der Mensch integriert? Wer weiß was und wer darf was wissen? Das Team soll flexibel agieren können, es soll auf neue und ungeplante Ereignisse reagieren und einzelne Teammitglieder sollen sich einzeln auch vertreten können.

Ein entscheidender Aspekt bei der Architektur eines solchen Teams ist die Frage nach dem Grad an Kontrolle, die in dem finalen System vorhanden ist und – damit verbunden – nach den Möglichkeiten der Konfliktlösung innerhalb des Teams. Durch die Klärung dieser Frage wird bereits der Grundstein für die Architektur gelegt. Ein guter Weg, sich dieser Frage zu nähern, ist die Betrachtung von Stärken und Schwächen bestehender menschlicher Teams und der Abgleich mit den Möglichkeiten der hinzukommenden neuen Technologien. In bestehenden Teams handeln einzelne Team-Mitglieder entsprechend ihrer jeweiligen Rolle selbst und aufgrund von Informationen aus der Umgebung (zu der auch der Rest des Teams gehört). Informationen und Einschätzungen werden üblicherweise über Sprache geteilt (Bild 1). Diese Eigenschaft soll auch für Hybride Teams gelten, damit diese in der Lage sind, flexibel zu reagieren. Hierbei ist auch zu beachten, dass die Autonomie mit steigender Individualisierung der Produktion zunehmend wichtiger wird. Technische Systeme bieten die Möglichkeit, Datenströme im Netzwerk direkt auszutauschen. Damit haben Hybride Teams zusätzlich zu Spra-

che, Mimik und Gestik prinzipiell die Möglichkeit, unabhängig vom Sichtkontakt weitere Kanäle für Information und Kommunikation zu nutzen.

Aufgaben-Management

Wie in einem Team von Menschen gibt es auch in Hybriden Teams typische Rollen und Aufgaben. Jeder Agent kennt seine Rolle und seine Fähigkeiten, ist aber auch in der Lage, bestimmte Aufgaben anderer Mitglieder zu übernehmen. Das Aufgaben-Management sollte von einer zusätzlichen Komponente übernommen werden, die alle Teilaufgaben vorhält, die erledigt werden müssen, um ein Gesamtziel zu erreichen. Alle Agenten können sich bei diesem Aufgaben-Manager autonom über noch offene Teilaufgaben informieren und diese gemäß ihrer Fähigkeiten belegen. Der Aufgaben-Manager sollte außerdem Prioritäten der einzelnen Aufgaben enthalten – die entsprechende Information kommt typischerweise von einem anderen Agenten oder Softbot. Diese Prioritäten stellen einen zusätzlichen Faktor dar, um zu entscheiden, welche Aufgaben von den Agenten belegt werden. Eine zusätzliche Dynamik entsteht, weil neue Ereignisse die Liste verändern können. Auf diesem Level können auch dezentrale Prozessmanager und Planungsalgorithmen eingreifen und bspw. neue Teilaufgaben generieren oder Agenten anweisen, falls Konflikte auftreten. Das Team entscheidet dann selbst, wie mit dieser Änderung umgegangen wird, d. h. wer wann welche Aufgabe neu übernimmt.

Architektur

Die hier vorgestellte Architektur (Bild 2) stellt eine Möglichkeit der Realisierung dar. Sie ist der Situation in einem Team von Menschen sehr ähnlich und hat doch entscheidende Erweiterungen, die die technischen Möglichkeiten der digitalen Kommunikation nutzen. Um die Autonomie zu unterstützen und die Ausfallsicherheit zu erhöhen, kann jedes Teammitglied aus den vorhandenen Informationen die individuell interessante Information herausfiltern und sich daraus seine eigene Repräsentation, also das eigene Weltbild, ableiten. Um neue oder alte Informationen zu bekommen, können andere Teammitglieder gefragt werden, bzw. können Konflikte im Team ausgehandelt und im Notfall über Rollen geklärt werden.

Redet man von möglichst autonomen Mitgliedern in einem Team und damit auch davon, im Detail möglichst flexibel zu sein, dann bedeutet dies auch, dass alle Agenten eigene Weltrepräsentationen haben, diese einsetzen und – bis zu einem gewissen Grad – verteidigen. Damit wird

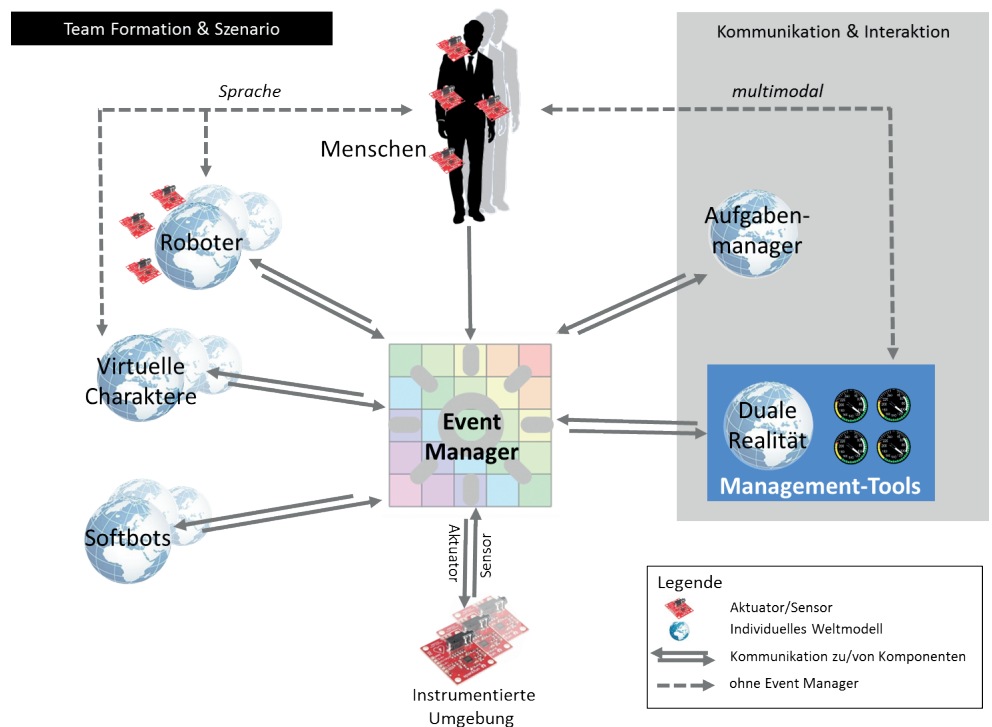
Literatur

- [1] Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftprojekt Industrie 4.0 Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Berlin 2012.
- [2] Bundesministerium für Bildung und Forschung: 32. Bekanntmachung „Intelligente Vernetzung in der Produktion Ein Beitrag zum Zukunftprojekt Industrie 4.0“. URL: http://www.produktionsforschung.de/national/archiv/UCM01_000913, Abrufdatum 26.11.2015.
- [3] Neubauer, C.: Entwicklung und Quantifizierung eines Cyber-Physischen Spamsystems. In: Reinhart, G.; Scholz-Reiter, B.; Wahlster, W.; Wittenstein, M.; Zühlke, D. (Hrsg): Intelligente Vernetzung in der Fabrik – Industrie 4.0 Umsetzungsbeispiele für die Praxis. Stuttgart 2015.
- [4] Pfleger, N.; Becker, T.; Neisens, D.; Schwartz, T.: Eine Entwicklungs- und Ablaufumgebung für das interaktive Handbuch für Cyber-Physische Produktionssysteme. In: Reinhart, G.; Scholz-Reiter, B.; Wahlster, W.; Wittenstein, M.; Zühlke, D. (Hrsg): Intelligente Vernetzung in der Fabrik – Industrie 4.0 Umsetzungsbeispiele für die Praxis. Stuttgart 2015.
- [5] Audi AG: Neue Mensch-Roboter-Kooperation in der Audi-Produktion. URL: <https://www.audi-mediacentre.com/de/pressemitteilungen/neue-mensch-roboter-kooperation-in-der-audi-produktion-1206>, Abrufdatum 12.02.2015.
- [6] ISO/TS 15066:2016 Robots and Robotic Devices – Collaborative Robots. International Organization for Standardization 2016.
- [7] The Orocos Project – Smarter control in robotics & automation. URL: <http://www.orocos.org>, Abrufdatum 29.01.2016.
- [8] Open Source Robotics Foundation: ROS – The Robotic Operation System. URL: <http://ros.org>, Abrufdatum 29.01.2016.
- [9] Open Source Robotics Foundation: ROS industrial. URL: <http://rosindustrial.org>, Abrufdatum 29.01.2016.
- [10] DFKI GmbH: Rock – the Robot Construction Kit. URL: <http://rock-robotics.org>, Abrufdatum 29.01.2016.

das gesamte Team robuster gegen einzelne Ausfälle und es kann flexibler reagieren. Elemente wie die duale Realität stellen hierbei einen doppelten Boden dar, denn sie integrieren die Informationen von allen Teammitgliedern und können somit zumindest mitbenutzt werden, um Konflikte zu lösen und globale Planungsmodulare mit einzubeziehen. Eine wissenschaftliche und technische Herausforderung hierbei ist es, diese Dualweltrepräsentation widerspruchsfrei zu halten.

Die digitale Kommunikation ist eventbasiert, d. h. sie geschieht durch in sich abgeschlossene Nachrichten, die Arbeitsaufträge, aktuelle oder geplante Handlungen, Beobachtungen oder auch rohe Sensordaten enthalten können. Der (digitale) Event-Manager nimmt diese Nachrichten entgegen und verteilt sie wieder im Gesamtsystem (entweder als Broadcast oder via Publish-Subscribe). Softwaretechnisch ist bei diesem Modul stark auf die Interoperabilität zu achten, sodass möglichst viele verschiedene Hardware Plattformen, Betriebssysteme, Programmiersprachen und -dialekte problemlos integriert werden können. In Bild 2 wird auch die Sonderrolle des Menschen ersichtlich: Seine natürliche Sensorik und damit auch seine natürliche Kommunikation muss über entsprechende elektronische Sensorik dem System zugänglich gemacht werden. Umgekehrt müssen aber auch digitale Informationen in für Menschen verständliche Ausgaben umgewandelt werden. Für Sprache als wichtigstes menschliches Kommunikationsmittel geschieht dies durch Sprachsynthese zur Ausgabe und Spracherkennung zur Eingabe. Die Umwandlung digital vorhandener Daten in natürliche Äußerungen und die Umwandlung natürlicher Äußerungen in für Computer verständliche Befehle ist dabei nicht trivial und ein aktives Forschungsfeld. Neben der Sprache werden auch andere Modalitäten eingesetzt, wie Tastatur und Maus, Bildschirmausgaben, Touchbildschirme, Schalter etc.

Elemente, die auf der linken Seite in Bild 2 stehen (meistens Agenten), können grundsätzlich mehrfach vorhanden sein. Die Anzahl hier hängt von der Team-Formation und vom angestrebten Anwendungsszenario ab. Dagegen sind die Elemente auf der rechten Seite typischerweise nur einmal vorhanden, da ihre Anzahl direkt die Art und Weise der Kommunikation und Interaktion beeinflusst.



Fazit

Mit steigendem Grad der Zusammenarbeit zwischen Menschen, Robotern und Softwareagenten werden sich Teamstrukturen bilden, die sogenannten Hybriden Teams. Bei der Implementierung solcher Teams sind eine Reihe von Herausforderungen zu bewältigen, damit i) die Kommunikation innerhalb des Teams flüssig und intuitiv wird, obwohl sehr unterschiedliche Komponenten miteinander Informationen austauschen, ii) die Verteilung der Aufgaben und Aktionen koordiniert abläuft und iii) die Agenten mit künstlicher Intelligenz auch vom Menschen als Teammitglieder mit Rollen und Aufgaben akzeptiert werden. Hybride Teams sind dann durch die individuellen Fähigkeiten in der Lage, sehr effizient die Aufgaben zur Zielerreichung zu teilen.

Schlüsselwörter:

Hybride Teams, Mensch-Roboter-Kooperation (MRK), virtuelle Charaktere, multimodale Interaktion, Softbots, Künstliche Intelligenz

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Projekts „HySociaTea“, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Kennzeichen FKZ 011W14001 gefördert wird. Die Autoren bedanken sich bei Christian Bürckert, Svilen Dimitrov, Michael Feld, Joachim Folz, Peter Hevesi, Dieter Hutter, Christoph Lüth, Bernd Kiefer, Gerald Pirkl, Malte Wirkus und Ingo Zinnikus.

Bild 2: Mögliche Architektur für Hybride Teams – der Mensch sendet über tragbare Sensorik auch aktiv Daten in die digitale Systemarchitektur, das Team kommuniziert untereinander, der Event-Manager ist Kommunikationsschnittstelle und Umgebungssignal zugleich.

[11] Plöger, P.; Pervözl, K.; Mies, C.; Eyerich, P.; Brenner, M.; Nebel, B.: The DESIRE Service Robotics Initiative. In: KI Zeitschrift 4 (2008), Sonderausgabe Humanoide Roboter, S. 29-32.
 [12] Wahlster, W.: Dialogue Systems Go Multimodal: The SmartKom Experience. In: Wahlster, W. (Hrsg.): SmartKom: Foundations of Multimodal Dialogue Systems. Cognitive Technologies Series. Heidelberg 2006.
 [13] Wasinger, R.; Wahlster, W.: The Anthropomorphized Product Shelf: Symmetric Multimodal Human-Environment Interaction. In: Aarts, E.; Encarnação, J. (Hrsg.): True Visions: The Emergence of Ambient Intelligence. Heidelberg Berlin 2006.
 [14] Mori, M.: The Uncanny Valley. In: Energy 7 (1970) 4, S. 33-35.