

# Digitale Planung hybrider Arbeitssysteme

## Planungsprozess am Beispiel einer Leichtbauroboter-Zelle

Jochen Deuse<sup>1,2</sup>, André Barthelmey<sup>1</sup>, Vanessa Weißkamp<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Produktionssysteme, Technische Universität Dortmund

<sup>2</sup> Advanced Manufacturing/ Industry 4.0 School of Mechanical and Mechatronic Engineering, Faculty of Engineering and Information Technology, University of Technology Sydney

### 1. Einleitung

Die Entwicklung hin zu individualisierten Produkten stellt insbesondere den Hochlohnstandort Deutschland in Bezug auf die Variabilität in den Produktionsprozessen vor neue Herausforderungen (Delang et al. 2017). Diese können durch konventionelle Automatisierungslösungen aufgrund hoher Flexibilitätsanforderungen nicht bewältigt werden (Berg/Reinhart 2017). Ein großes Potenzial hingegen verspricht eine engere Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter, die bis zur Interaktionsform Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) ausgeprägt werden kann (Müller et al. 2019). Die zu diesem Zweck entwickelten Leichtbauroboter (LBR) rücken daher im Zuge der Digitalisierung und Industrie 4.0 verstärkt in den Fokus. Die Anwendungen solcher Systeme in der Industrie nehmen stetig zu, sind jedoch in den Unternehmen noch nicht flächendeckend verbreitet (Oubari et al. 2018; Selevsek/Köhler 2018). Als Gründe sind insbesondere aufwändige Planungsprozesse, die für einen wirtschaftlichen Einsatz von Arbeitsplätzen mit MRK heute noch zwingend erforderlich sind, zu nennen (Ranz et al. 2017).

Eine im Rahmen des Forschungsvorhabens „KoMPI“ entwickelte digitale Planungsunterstützung für hybride Arbeitssysteme verkürzt diesen Planungsprozess (BMBF 2017). Die Basis der Planungsunterstützung bildet die Software „ema Work Designer“, welche ein realitätsgetreues Abbild von MRK-Systemen ermöglicht. Ziel der Nutzung einer digitalen Simulation ist die zielgerichtete Konzeption der Schnittstellen zwischen Mensch, Technik und Organisation. Auf diese Weise sollen die Stärken des Menschen wie Flexibilität, Kreativität und Sensitivität mit

den Vorteilen des Roboters wie Kraft, Ausdauer und Präzision kombiniert werden, so dass ein sicheres und wirtschaftliches System entsteht.

Die Planungsunterstützung ist in ein ganzheitliches Planungskonzept eingebunden, das alle Interaktionslevel von der Koexistenz bis hin zur Kollaboration berücksichtigt (vgl. Bauer et al. 2016). Zur Sicherung der Anwendungsfreundlichkeit und Eignung für KMU fand während der Entwicklung der einzelnen Schritte ein intensiver Austausch mit Anwenderunternehmen statt.

## 2. Entwicklung der Planungsunterstützung

Die Entwicklung der Planungsunterstützung erfolgte aus der Motivation heraus, dass die Forschung bislang noch nicht signifikant zu einer zielgerichteten und intuitiven Einführung von MRK beitragen konnte. Daher wird in diesem Kapitel zunächst der relevante Stand der Technik skizziert.

### 2.1 Stand der Technik

Das Interesse an hybriden Arbeitssystemen in der Industrie wächst stetig, sodass eine Vielzahl an Unternehmen bestrebt ist, Kompetenzen aufzubauen, um Leichtbauroboter selbstständig in ihre Arbeitssysteme zu integrieren. Insbesondere die Erstintegration ist jedoch oft ein sehr langer und aufwendiger Prozess, der Unternehmen vor große Herausforderungen stellt. Für einzelne Aspekte der Integration, insbesondere der Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Roboter, wurden in der Wissenschaft verschiedene Ansätze entwickelt. In einer frühen Arbeit entwickelte Beumelburg (2005) eine fähigkeitsorientierte Zuteilung, die auf Basis von Beschreibungen der Arbeitsvorgänge und unter dem Einsatz von genetischen Algorithmen eine hinsichtlich verschiedener Zielgrößen (Zeit, Kosten, Ergonomie) optimierte Aufgabenverteilung bestimmt. Takata/Hirano (2011) setzten ebenfalls genetische Algorithmen ein, um die verschiedenen Szenarien manuell, automatisiert und hybrid zu vergleichen.

Andere Ansätze stellen die Simulation von MRK als zentrales Werkzeug in den Mittelpunkt, so z. B. das Forschungsvorhaben „MANUSERV“. Aufbauend auf einer formalen Beschreibung des Arbeitsablaufs werden unter Einsatz der Planungssprache „Planning Domain Definition Language“ (PDDL) automatisierungsrelevante Aspekte konkreten Robotersystemen zugeordnet und Lösungskonzepte vorgeschlagen, die anschließend simuliert werden (Heinze et al. 2016; Hengstebeck et al. 2016). Hierbei werden allerdings die Spezifika unterschiedlicher Interaktionsformen zwischen Mensch und Roboter nicht berücksichtigt, die jedoch einen erheblichen Einfluss auf den Aufbau und die Wirtschaftlichkeit des hybriden Arbeitssystems haben.

Die Wirtschaftlichkeit eines MRK-Systems wird i.d.R. neben den Investitionskosten maßgeblich durch die erreichbaren Zykluszeiten und davon abhängig der erreichbaren Stückzahl bestimmt. Durch die herstellerabhängigen komplexen Robotersteuerungen sowie erforderlichen reduzierten Geschwindigkeiten bei der Annäherung an den Menschen können realistische Zeiten jedoch ohne eine Simulation nur sehr ungenau bestimmt werden. Die Verfahrenwege des Roboters können sich bauart- und herstellerabhängig ebenso wie das Beschleunigungsverhalten unterscheiden. Software, die es ermöglicht, die Bewegungen eines Menschen und eines Roboters gleichzeitig abzubilden, ist erst in den letzten Jahren entwickelt worden und weiterhin Gegenstand der Forschung (Busch 2016; Ore et al. 2015; Ore et al. 2017; Tsarouchi et al. 2017).

Nachteilig an den vorgestellten Vorarbeiten für den praktischen Einsatz von MRK in Unternehmen ist die Fokussierung lediglich eines Teilaspekts bei der Integration von Leichtbaurobotern. So wird z. B. die Auswahl eines geeigneten Arbeitssystems ebenso wenig berücksichtigt wie sicherheitstechnische Aspekte. Ein umfassenderer Ansatz von Schröter (2018) adressiert den gesamten Arbeitsablauf, setzt jedoch keine Simulation ein, so dass in der Planungsphase keine Überprüfung der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit möglich ist.

Im Forschungsvorhaben KoMPI wurde daher eine ganzheitliche Planungssystematik für hybride Arbeitssysteme mit Mensch-Roboter-Kollaboration entwickelt. Die Systematik ist nicht mensch- oder technikzentriert ausgerichtet, sondern definiert ein Arbeitssystem als soziotechnisches System, in dem die Faktoren Mensch-Technik-Organisation sowie die Schnittstellen zwischen diesen gleichermaßen Berücksichtigung finden. Darüber hinaus ist die Planungssystematik praxisnah ausgestaltet, sodass sie leicht in Unternehmen anwendbar ist und durch Simulation ein gesichertes und gut zu visualisierendes Ergebnis liefert. Auf Basis dieser Anforderungen ist ein fünfstufiger Prozess wie in Abbildung 1 entstanden.