

1 Einführung in die Thematik

1.1 Motivation

Die Planung von Arbeitssystemen in Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) stellt eine vielschichtige und komplexe Aufgabenstellung dar, im Rahmen derer u. a. die Arbeitsinhalte zwischen Mensch und Roboter in sinnvoller Weise aufgeteilt und aufeinander abgestimmt werden müssen. Im Besonderen die Bestimmung von Durchführungszeiten für Roboter ist sehr aufwendig, da entweder 3D-Simulationen erstellt oder praktische Versuche durchgeführt werden müssen. In frühen Phasen der Montageplanung ist der Erstellungsaufwand hierfür oftmals zu hoch, sodass es nicht möglich ist, verschiedene Lösungsvarianten unter wirtschaftlichen und produktiven (sowie ergonomischen) Gesichtspunkten sinnvoll miteinander zu vergleichen.

Die Deutsche MTM-Vereinigung e. V. hat eine Methodik ausgearbeitet, die die Planung von produktiven (sowie ergonomischen) und sicheren Montagearbeitsplätzen für eine Interaktion (direkte Kooperation bzw. Kollaboration) zwischen Mensch und Roboter unterstützt. Hierbei werden die Arbeitsinhalte in effizienter Art und Weise zwischen den Interaktionspartnern Mensch und Roboter „aufgeteilt“, indem ihre Arbeitsschritte in einer gemeinsamen Prozesssprache (auf Grundlage des MTM-Grundsystems MTM-1) beschrieben werden und somit in weiterer Konsequenz prospektiv Durchführungszeiten für beide Ressourcen berechnet werden können. Diese neu entwickelte Prozesssprache MTM-MRK zur Planung und Analyse roboterbasierter Bewegungen ist ein Element der ausgearbeiteten Planungsmethodik. Die Methodik kann sowohl zur Analyse bestehender Anwendungen als auch zur Planung von Arbeitssystemen in Mensch-Roboter-Kooperation verwendet werden und unterstützt so den Anwender in der Planung gesunder und effizienter Arbeitsplätze.

1.2 Problemstellung

Die Neuartigkeit der Prozesssprache MTM-MRK führt dazu, dass nur wenige Menschen überhaupt in der Lage sind, diese korrekt und zielführend zu nutzen. Bisher wurden nur wenige MRK-Applikationen in die Praxis umgesetzt, da es zum einen an Erfahrung hinsichtlich der Umsetzung dieser Systeme fehlt und zum anderen die Planung dieser Systeme sehr aufwendig und komplex ist. Weil Mensch und Roboter ohne Schutzzaun in einem gemeinsamen Arbeitsraum arbeiten, gelten besondere Anforderungen an die Arbeitssicherheit. Auch die Auswahl eines geeigneten Sicherheitskonzepts hat Auswirkungen auf das zu planende Arbeitssystem, sodass es unerlässlich ist, diese Einflüsse in der Planungsphase so früh wie möglich zu erkennen.¹ Um valide Roboterzeiten zu erhalten, wurden bisher entweder aufwendige 3D-Simulationen oder sogar praktische Versuche

¹ Vgl. Schröter, 2016, S. 4

realisiert, die zeit- und kostenintensiv waren. Somit war ein Vergleich von mehreren möglichen Szenarien aus wirtschaftlicher Sicht nicht zweckmäßig. Durch die Implementierung der Prozesssprache MTM-MRK ist es nun möglich, in einer frühen Phase des Produktentstehungsprozesses verschiedene Lösungsvarianten einer Mensch-Roboter-Kollaboration zu simulieren, ohne das geplante Arbeitssystem in einer Simulationssoftware oder gar in der Praxis nachbauen zu müssen. Somit ist es nun möglich, mit relativ geringem Aufwand Arbeitssysteme in MRK zu planen.

1.3 Zielstellung

Neben dem besseren Verständnis der Herangehensweise bei der Entwicklung der Prozesssprache MTM-MRK besteht ein weiteres Ziel dieser Arbeit darin, einen Leitfaden für die Anwendung der MTM-MRK Planungsmethodik zu entwickeln, mit dessen Hilfe der Anwender Montagearbeitsplätze in einer direkten Kooperation zwischen Mensch und Roboter sicher und effizient planen sowie analysieren kann. Um den erarbeiteten Leitfaden einfacher zu begreifen, wird dieser auf verschiedene praktische Anwendungsbeispiele, die Mensch-Roboter-Arbeitssysteme widerspiegeln, angewendet. Durch diese Anwendung wird die neue Prozesssprache MTM-MRK erstmals auf ihre Praktikabilität und Anwendungseignung getestet. Somit können Schlüsse über den aktuellen Status und die zukünftigen Entwicklungsaufgaben von MTM-MRK gezogen werden. Des Weiteren kann anhand der Aufbereitung der Anwendungsbeispiele eine Aussage darüber getroffen werden, inwiefern der Anwender Kenntnisse über die Programmierung von Robotern bzw. deren Bewegungsbahnen und -algorithmen benötigt, um die Planungsmethodik sachgemäß anwenden zu können. Abschließend können aus der Bewertung der Planungsmethodik fehlende Aspekte identifiziert und verschiedene Verbesserungsansätze erarbeitet werden.

1.4 Vorgehensweise

Im ersten Teil der Arbeit wird eine Basis an Hintergrundinformationen geschaffen, indem die notwendigen Begriffe und Definitionen verständlich gemacht werden. Durch die Beschreibung der MTM-Prozessbausteinsysteme, der Systematik der MTM-Prozessbausteine und der Prozesssprache MTM wird der Grundstein für die Herangehensweise bei der Entwicklung der neuen Prozesssprache MTM-MRK gelegt. Weiterhin wird erklärt, welche bestehenden Interaktionsszenarien und Schutzprinzipien der Mensch-Roboter-Kollaboration bereits existieren und welche Unterschiede zwischen ihnen bestehen. Somit werden im ersten Abschnitt der Arbeit die MTM-spezifischen und MRK-spezifischen Grundlagen gelegt, um im weiteren Verlauf auf die Prozesssprache MTM-MRK und deren Anwendung eingehen zu können.

Im zweiten Teil erfolgt die Beschreibung und Erklärung der neuen Prozesssprache MTM-MRK. Die Schilderungen zu ihrer Entwicklung sollen dabei helfen, das gesamte System besser nachvollziehen zu können. Anschließend wird die Entstehung der MRK-Prozess-

bausteine genau beschrieben, sowohl in ihren inhaltlichen also auch in ihren mathematischen Zusammenhängen. Am Ende dieses Abschnitts wird das Excel-Sheet, das bei der Planung und Analyse von Mensch-Roboter-Kooperationsarbeitsplätzen genutzt wird, in seinem Aufbau und in seiner Funktionsweise erläutert.

Im Anschluss an das dritte Kapitel „Die Prozesssprache MTM-MRK“ wird die praktische Anwendung der MTM-MRK Planungsmethodik erläutert. In diesem Segment wird ein Leitfaden geschaffen, der für die Durchführung der Planung bzw. Analyse von Arbeitssystemen, die in Mensch-Roboter-Kollaboration realisiert wurden, verwendet wird. Hierbei erfolgt eine Ergänzung der bekannten MTM-MRK Planungsmethodik, indem die Ablaufbeschreibung nicht nur in Excel, sondern auch in TiCon Mehrstellenarbeit (MSA) realisiert wird (siehe Unterkapitel 4.1). Daran schließt die Aufbereitung der drei Anwendungsbeispiele „Türmontage“, „Kolbenmontage“ und „sensitives Fügen von Kegelradgetrieben“ unter Verwendung des entwickelten Leitfadens an. Am Ende der Arbeit wird die Prozesssprache MTM-MRK im Fazit kritisch bewertet und durch Vorschläge für die Verbesserung und Weiterentwicklung von MTM-MRK ergänzt.