

# Kollaborierende Roboter in der Produktion

## Akzeptanz durch die Beschäftigten



Jan Klues  
ifaa – Institut für  
angewandte Arbeits-  
wissenschaft

*Kollaborierende Roboter, auch als Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) bezeichnet, arbeiten ohne extra Schutzbereiche direkt mit dem Menschen zusammen. Dadurch werden neue Gestaltungsansätze von Arbeitsplätzen ermöglicht, durch die Arbeit weniger belastend und ergonomisch günstiger wird. Sie schaffen darüber hinaus auch Möglichkeiten zur effizienteren Gestaltung von Arbeitsabläufen und somit zur Steigerung der Produktivität. Eine wesentliche Rolle kommt der sicheren Gestaltung der Zusammenarbeit mit dem Roboter zu – dafür bilden intelligente Software und leistungsstarke Sensorik die Grundlage, aber auch die Auswahl von Werkzeugen und zu bearbeitenden Werkstücken spielt eine wichtige Rolle. Insbesondere dürfen unbeabsichtigte Berührungen zwischen Mensch und Roboter keine Verletzungen hinterlassen. Deshalb sind Höchstgrenzen für Kollisionskräfte gemäß TS/ISO 15066 geregelt und zu beachten (Weber und Stowasser, 2017).*



Antonia Meißner  
YOUSE GmbH

Für die produktive und somit wirtschaftliche Nutzung von MRK-Systemen ist die Akzeptanz durch die Beschäftigten elementare Voraussetzung. Damit geht einher, dass Qualifizierungen zielgerichtet erfolgen müssen. Hersteller, Betreiber und Mitarbeitende tragen gemeinsam die Verantwortung für einen sicheren Einsatz von MRK.

Abb. 1: Mensch-Roboter-Kollaboration bei Miele.

Foto: Miele



Das Angebot an MRK ist umfassend. Beispiele sind der Kuka iiwa, der Sawyer von Hahn Robotics oder der Yumi von ABB. Diese Systeme werden meist an Arbeitsplätzen fest installiert oder auf rollbaren Gestellen flexibel Arbeitsplätzen zugeordnet. Sie werden in unterschiedlichen Branchen für eine Vielzahl von Aufgaben eingesetzt. Dabei variiert die Größe der Roboter und ihrer Werkzeuge. Beispielsweise seien hier Roboter in Krankenhäusern genannt, die mit millimetergenauer Präzision arbeiten, und aktive Exoskelette im Bereich der Logistik, die Menschen körperlich unterstützen. Im Folgenden werden anonymisierte Beispiele aus verschiedenen industriellen Anwendungen beschrieben.

## Anwendungsbeispiele

Das erste Beispiel stellt eine Anwendung für das sensitive Fügen von Zahnrädern in einem Montagewerk dar. Mensch und Roboter arbeiten dafür am selben Arbeitsplatz. Der Mitarbeitende befüllt im ersten Schritt eine dafür vorgesehene Vorrichtung mit Kleinteilen, der Roboter steht in der Zeit still, bis er ein Signal vom Mitarbeitenden bekommt. Dieses Signal kann aus einer Berührung oder Geste bestehen, oder auch aus einem einfachen Knopfdruck. Wurden alle Teile vorbereitet, so beginnt der Roboter mit der Montage komplizierterer Einzelteile. Diese Aufgabe kann der Roboter präziser vornehmen als der Mensch – Abweichungen im Montageprozess werden so ausgeschlossen. Annäherungs- und Drehmomentensensoren ermöglichen es dem Roboter, ungewollte Berührungen zu vermeiden. Greift der Mitarbeitende beispielsweise zwischen das durch den Roboter bewegte Einzelteil und das zu montierende Produkt, so stoppt der Roboter sofort und verhindert so Quetschungen. Ist der Fahrweg wieder frei, fährt der Roboter automatisch fort, ohne dass eine Freischaltung durch den Mitarbeiter nötig wäre.

Ein anderes Praxisbeispiel zeigt, dass sich Mensch und Roboter indirekt einen Arbeitsbereich an einem Fließband teilen.

jede/r die Chance erhält, in direkten Kontakt mit dem Roboter zu treten.

Um Mitarbeitende nicht in ein ungewolltes gefühltes Abhängigkeitsverhältnis zum Roboter zu bringen und sie dadurch zu demotivieren, muss das System eine maximale Prozessstabilität aufweisen. Nur ein technisch unanfällig MRK-System sowie eine optimale Arbeitsaufteilung halten die Motivation der Mitarbeitenden hoch und ermöglichen effiziente Prozesse. Weil Kollaboration bedeutet, dass Mensch und Roboter Arbeitsschritte in Produktionsprozessen gemeinsam ausführen, besteht auch die Gefahr, dass sich Mitarbeitende bei der Zusammenarbeit mit dem Roboter gelangweilt fühlen, wenn dieser zu langsam arbeitet. In diesem Fall sinkt ihre Arbeitsmotivation und -zufriedenheit und dies wirkt sich wiederum negativ auf die Akzeptanz von MRK aus.

Nutzerfreundlichkeit und Ergonomie sind wichtige Themen für die Mitarbeitenden – insbesondere, weil sie ihre Montage-tätigkeiten über den ganzen Tag hindurch ausführen. MRK sollte daher die unterschiedlichen körperlichen Anforderungen adressieren und eine einfache Handhabung aufweisen, um die Motivation der Mitarbeitenden zu fördern. Durch die nutzerfreundliche und flexible Gestaltung mit intuitiven Steuerungsmöglichkeiten – angepasst an die Rahmenbedingungen – können unterschiedliche Bedürfnisse adressiert werden. Auch Größe, Bewegungsgeschwindigkeit und Gewicht sollten in einem akzeptablen Verhältnis zueinander stehen.

## Unternehmensbezogene Faktoren – Unternehmenskultur, Partizipation und Implementierungsprozess

Die Implementierung von MRK ist ein Veränderungsprozess und daher gilt es auch die eigene Unternehmenskultur zu betrachten. Eine Status-quo-Analyse der Unternehmenskultur ist ein guter Ausgangspunkt für eine erfolgreiche Implementierung von MRK. Durch eine vertrauensvolle Unternehmenskultur, in der Wertschätzung, Kommunikation und Partizipation nicht nur auf dem Papier existieren, sondern auch gelebt werden, wird das Vertrauen zwischen Mitarbeitenden und Führungskräften gestärkt – dies wiederum kann sich bei Veränderungsprozessen monetär auszahlen.

Ungeklärte Verantwortlichkeiten und mangelnde Vorbereitung können zu unnötigen Komplikationen im Implementierungsprozess führen und so das Vertrauen der Mitarbeitenden in dessen Gelingen leicht zunichtemachen. Der Implementierungsprozess ist mit der Installation des Roboters nicht abgeschlossen. Eine gute Betreuung muss vor allem in der Anfangsphase sichergestellt sein.

Ein frühzeitiges Informieren der Mitarbeitenden über die Implementierung von MRK kann Ungewissheit reduzieren. Wichtig ist in diesem Kontext, auf die Gestaltung der Kommunikationswege und -mittel am geeignetsten sind, sollte von Fall zu Fall entschieden werden. Starke externe Partner gewährleisten eine hohe Professionalität und durch ihren Blick von außen decken sie oftmals blinde Flecken im Unternehmen auf.

Informieren allein reicht jedoch nicht aus – Mitarbeitende sollten frühzeitig und ausreichend in geplante Veränderungsprozesse integriert werden, denn nur so kann wertvolles und wichtiges Feedback zur Umsetzung von MRK eingeholt werden. Prozesse und Methoden der Partizipation (wie bspw. User-Centered Design oder Design Thinking) sind geeignete Instrumente, um den Partizipationsprozess zu gestalten. Auch hier kann eine externe Unterstützung zielführend sein, wenn intern Erfahrungswerte fehlen. Durch eine gelebte Partizipationskultur und eine zunehmende Beteiligung der Belegschaft verbessern sich die innerbetriebliche Kommunikation und damit das gesamte Betriebsklima. Dies fördert die Identifikation der Mitarbeitenden mit dem Unternehmen und deren Arbeitszufriedenheit – alles wichtige Faktoren, die wiederum einen Einfluss auf die Akzeptanz von MRK haben.

## Zusammenfassung und Fazit

Die Einführung von MRK kann von Seiten der Beschäftigten als Chance oder als Bedrohung gesehen werden. Deshalb ist es wichtig, dass die Unternehmen einen Beitrag dazu leisten, dass MRK als positiv wahrgenommen wird und die Beschäftigten die Vorteile kollaborierender Roboter verstehen und nutzen lernen. Eine Schritt-für-Schritt-Anleitung gibt es hierfür jedoch nicht, weil die Implementierung immer betriebspezifisch erfolgen muss. Deshalb gilt es den Veränderungsprozess individuell und mit den Mitarbeitenden gemeinsam aktiv zu gestalten. ■

»Das Forschungsprojekt »SafeMate« wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm »Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen« (Förderkennzeichen: 02P15A084) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.«

## Autoren-Kontakt

**Jan Klues**  
ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft  
Tel.: 0211 542263-42  
E-Mail: j.klues@ifaa-mail.de

**Antonia Meißner**  
YOUSE GmbH  
Tel.: +49 89 2155 6347  
E-Mail: antonia.meissner@youse.de

**Prof. Dr.-Ing. Sascha Stowasser**  
ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft  
Tel.: +49 211 54226315  
E-Mail: S.Stowasser@ifaa-mail.de

**Dr. Angelika Trübswetter**  
YOUSE GmbH  
Tel.: +49 30 2017 9800  
E-Mail: angelika.truebswetter@youse.de

**Dr. rer. pol. Marc-André Weber**  
ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft  
Tel.: +49 211 542263-36  
E-Mail: m.weber@ifaa-mail.de



Abb. 2: MRK-Anwendung in der Montage von Bedienblenden für Waschautomaten im Miele-Werk Gütersloh.

Foto: Miele

zunächst die beteiligten Personen und die zu verrichtenden Tätigkeiten zu betrachten (Schäfer und Kepler 2013). Beispielsweise akzeptieren Mitarbeitende ein MRK-System innerhalb einer spezifischen Arbeitsumgebung, wenn die folgenden Faktoren, welche die Akzeptanz der Mitarbeitenden beeinflussen, berücksichtigt werden:

- Erstens: Mitarbeiterbezogene Faktoren wie Alter oder Persönlichkeit. Diese sind jedoch kaum beeinflussbar.
- Zweitens: Roboterbezogene Faktoren wie Aussehen oder Bedienbarkeit. Diese sind gut beeinflussbar.
- Drittens: Unternehmensbezogene Faktoren wie die Umsetzungsstrategie, soziale Einflüsse oder die Unternehmenskultur. Diese sind teilweise, aber oft nur langfristig, beeinflussbar.

### Empfehlungen zur Umsetzung von MRK

Die Implementierung von MRK ist ein Veränderungsprozess, den es systematisch und behutsam zu organisieren und gestalten gilt. Unterschiedlichste äußere Faktoren wirken auf die Mitarbeitenden ein und beeinflussen deren Einstellung gegenüber MRK. Die Einteilung in mitarbeiter-, MRK- und unternehmensbezogene Faktoren ermöglicht Orientierung im Hinblick auf die konkrete Gestaltung des Implementierungsprozesses von MRK und fokussiert hier die durch das Unternehmen beeinflussbaren Aspekte.

### Mitarbeiterbezogene Faktoren – Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten und in Roboter

Die Förderung der Mitarbeitenden sowie eine wertschätzende Kommunikation beeinflussen das Kompetenzerleben der Mitarbeitenden. Je mehr Selbstvertrauen diese aufweisen, desto motivierter sind sie und umso zuversichtlicher stehen sie auch dem Umgang mit neuen Tätigkeiten gegenüber.

Es braucht Raum für die Äußerung von Bedenken und Ängsten – nur, wenn diese ausreichend adressiert und diskutiert werden, können Abwehrhaltungen aufgebrochen oder vermieden werden. Zudem fühlen sich viele Mitarbeitende sicherer, wenn sie besser mit der Funktionsweise des Roboters vertraut sind, weil sie beispielsweise an Arbeitsplätzen in Pilotbereichen eigene Erfahrungen sammeln und direkt mit dem MRK-System interagieren können.

Eine Übergangsphase im Implementierungsprozess ermöglicht es den Mitarbeitenden, sich mit dem System und dem neuen Arbeitsablauf vertraut zu machen. Anfangs muss damit gerechnet werden, dass nicht sofort die gewünschte Produktivität eintritt, sondern die Fehleranfälligkeit noch relativ hoch ist. Die Mitarbeitenden sollten in dieser Phase aktiv in den Optimierungsprozess einbezogen werden, um die Vertrauensbildung zu unterstützen. Pilotbereiche und -projekte können hier zielführend sein, um Erfahrungen zu sammeln und Akzeptanz in der Belegschaft zu gewinnen.

### Roboterbezogene Faktoren – Arbeitssicherheit, Prozessstabilität, Flexibilität und Nutzerfreundlichkeit

Die Sicherheit des Menschen im MRK-System steht an oberster Stelle. Für eine maximale Sicherheit sind eine Gefährdungsanalyse sowie eine Risikobeurteilung unerlässlich. Sicherheitsrichtlinien und -anforderungen, wie beispielsweise die ISO/TS 15066 (MRK-Sicherheitsanforderungen) oder EN ISO 13849 (Sicherheit von Maschinen), sind zu beachten.

Gezielte Schulungen und Trainings für die Belegschaft geben weitere Sicherheit und bauen die entsprechende Kompetenz im Umgang mit MRK auf. Kleingruppen eignen sich hierbei insbesondere, da die vermittelten Informationen besser erinnert werden und



Die Aufgabe des Roboters ist die Befestigung mehrerer aufeinander gelegter Einzelteile in einem schwer zugänglichen Bereich eines Produktes mithilfe von Schrauben. Bevor er die Schrauben festzieht, überprüft er, ob die Einzelteile auf dem Montageband ordnungsgemäß übereinanderliegen. Er erkennt, wenn die Einzelteile nicht angemessen angeordnet sind, und handelt dann entsprechend. Durch leichte Berührung der Bauteile mit dem Ende des Schraubenaufsatzes positioniert der Roboter die Einzelteile in der richtigen Lage. Erkennt der Roboter, dass die Positionierung stimmt, beginnt er mit der Montage. Die Arbeit des Roboters wird aus Qualitätsgründen von Fachpersonal geprüft. Dafür muss es den Arbeitsbereich des Roboters betreten. Drehmomentsensoren im Roboterarm werden eingesetzt, um ungeplante Kollisionen zu erkennen und den Roboter im Bedarfsfall zu stoppen. Außerdem kann der Mitarbeiter dem Roboter seine Anwesenheit mitteilen, indem er den Arm des Roboters mit etwas Druck berührt. Der Roboter stoppt daraufhin, sodass der Mitarbeitende die Qualitätskontrolle vornehmen kann. Nach Abschluss der Kontrolle kann der Mitarbeitende durch die gleiche Berührung des Roboters dessen Arbeit fortsetzen.

Im dritten Beispiel geht es um die psychische Entlastung des Menschen. Die hierzu betrachtete Aufgabe besteht im repetitiven Testen von Leiterplatten; diese Aufgabe birgt ein hohes Fehlerpotenzial, da die Leiterplatten nach einer Messung richtig sortiert werden müssen. Zudem sind sie sehr empfindlich, da sie leicht brechen oder verschmutzt werden können. Feinarbeit wie diese ermüdet Mitarbeitende, weil die Arbeitshandlungen als monoton wahrgenommen werden und somit nach Stunden der Wiederholung Fehler passieren können – das erhöht den Stresspegel und wirkt sich negativ auf die psychische Gesundheit aus. Diese Probleme löst ein kollaborierender Roboter, indem er die Platten mit immer gleicher Kraftaufwendung und einem weichen Greifaufsatz aus ihrem Behälter nimmt und für den Mitarbeitenden auf ergonomischer Höhe hält. Dieser muss lediglich die Messung vornehmen. Im Anschluss sortiert der Roboter die getestete Leiterplatte abhängig vom Messergebnis automatisiert ein. Dank der kollaborativen Eigenschaften der Roboter eignen sie sich für eine Positionierung am Arbeitsplatz des Mitarbeitenden. Das spart nicht nur Kosten, sondern auch Zeit, da so die Verfahrenswege der Roboter kurzgehalten werden. Sensorische Drehmomentüberwachung sorgt

dafür, dass es nicht zu Quetschungen beim Greifen und Ablegen kommt. Annäherungssensoren verhindern zudem eine Kollision mit dem Mitarbeitenden auf den festgelegten Bewegungsbahnen des Roboterarms.

Zuletzt wird ein Anwendungsbeispiel vorgestellt, bei dem Mitarbeitende durch die Unterstützung eines kollaborativen Roboters körperlich entlastet werden. Bei einem Automobilhersteller werden Längsträger verstärkt, indem sie mit Verstärkungsplatten verschweißt werden. Vor dem Einsatz einer MRK mussten die Mitarbeitenden diese Platten per Hand in die richtige Position heben, was mit hoher körperlicher Belastung und schlecht kalkulierbaren Taktzeiten verbunden war. Jetzt übernimmt ein kollaborativer Roboter die richtige Positionierung der Verstärkungsplatten. Der Mitarbeitende sorgt für eine ausreichende Anzahl an Platten am Arbeitsplatz und übernimmt die Qualitätskontrolle nach dem Montagevorgang. Seine Sicherheit wird jederzeit durch eine Vielzahl an Sicherheitssystemen gewährleistet. Neben den bereits erwähnten Annäherungs- und Drehmomentsensoren verfügt dieser Roboter außerdem über eine Arbeitsfeldüberwachung, welche die Geschwindigkeit des Roboterarms drosselt, sobald ein Mitarbeitender in den vorher definierten Bereich greift oder ihn betritt.

## Akzeptanz kollaborierender Roboter

Für die produktive und somit wirtschaftliche Nutzung von MRK-Systemen ist die Akzeptanz durch die Beschäftigten elementare Voraussetzung. Akzeptanz jedoch ist ein individuelles und veränderbares Konstrukt – das heißt: Die Konfrontation mit einem MRK-System kann bei Mitarbeitenden zu sehr unterschiedlichen Einstellungen und Verhaltensweisen führen. Zudem bestehen Unterschiede hinsichtlich der Akzeptanz je nach Kontext – etwa, wenn die Nutzung freiwillig oder verpflichtend ist. Im Arbeitskontext ist die Nutzung eines MRK-Systems im Rahmen der Arbeitsgestaltung verpflichtend vorgegeben, sodass das Nutzungsverhalten allein kein hinreichender Indikator für Akzeptanz ist. Stattdessen muss die Einstellung zur Nutzung eines MRK-Systems direkt untersucht werden, da sie die tatsächliche Zufriedenheit der Beschäftigten widerspiegelt (Brown et al. 2002).

Um Akzeptanz in einem konkreten Anwendungsfall zu untersuchen, ist es sinnvoll,



Sascha Stowasser  
ifaa – Institut für  
angewandte Arbeits-  
wissenschaft



Angelika Trübswetter  
YOUSE GmbH



Marc-André Weber  
ifaa – Institut für  
angewandte Arbeits-  
wissenschaft