

Schnelle Ermittlung sinnvoller MRK-Anwendungen

Auswahlunterstützung in der Montage

Wilhelm Bauer,
Peter Rally und
Oliver Scholtz, Stuttgart^{*)}

Seit einigen Jahren steigt die Anzahl von Roboteranwendungen, bei denen Roboter ohne Schutzzaun, d. h. in einer Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK), betrieben werden. Die Wirtschaftlichkeit dieser Anwendungsfälle ist vor allem in der Montage häufig nicht gegeben. Daher gibt es ein großes Interesse, sinnvolle Applikationen in bestehenden Montagesystemen zu finden. Hierzu gibt es eine Reihe von Instrumenten, welche das Automatisierungspotenzial bestehender Prozesse bewerten, die jedoch sehr aufwändig sind. Daher hat das Fraunhofer-IAO eine Vorgehensweise und Toolunterstützung zur aufwandsarmen Identifikation von sinnvollen MRK-Applikationen entwickelt. ^{**) (}

Motivation

Der Betrieb eines Roboters ohne Schutzzaun ist Voraussetzung für die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK), bei der Mensch und Roboter in einem gemeinsamen Interaktionsraum ohne einen Schutzzaun zusammenarbeiten. Seit 2015/2016 die entsprechenden Normen (EN ISO 10218-1, -2 und die ISO TS 15066) zu den biomechanischen Grenzwerten veröffentlicht wurden, ist eine steigende Anzahl von MRK-Applikationen im industriellen Umfeld zu beobachten. Mit MRK lassen sich Arbeitssysteme und -abläufe völlig neu und optimiert gestalten – in der Fabrikhalle wird der Roboter zum Kollegen [1]. Insbesondere in der Montage, in welcher nur 10 Prozent der bisherigen Roboterapplikationen im Einsatz sind, besteht großer Nachholbedarf. So plant zum Beispiel Volkswagen den Automatisierungsgrad in der Endmontage von ca. 10 Prozent auf deutlich über 50 Prozent zu erhöhen [2].

^{*)} Förderhinweis

Das Projekt ROKOKO wird im Rahmen des Förderprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ zum Themenfeld „Kompetenz Montage – kollaborativ und wandlungsfähig (KoMo)“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Aufgrund der noch recht neuen Technologie rechnet sich der Einsatz von Leichtbaurobotern bislang nur in den wenigsten Fällen in der Montage [3], so Kuka-Chef Till Reuter [5].

Für den Einsatz von Leichtbaurobotern – in einem kollaborativen Einsatz – muss im Unternehmen Know-how aufgebaut werden. Daher entschließen sich viele Unternehmen dies bereits jetzt mit einem realen Anwendungsfall zu tun, um mittelfristig von der Technologie profitieren zu können.

Die meisten bisher in der Montage eingesetzten MRK-Applikationen sind in bereits bestehende Montagesysteme integriert worden [4]. Daher gibt es ein großes Interesse mit den ersten Anwendungsfällen auch die wirtschaftlichsten bzw. die ‚sinnvollen‘ Applikationen in bestehenden Montagesystemen zu finden. Hierzu gibt es eine Reihe von Instrumenten, welche das Automatisierungspotenzial bestehender Prozesse bewerten (z. B. [6, 7]). Diese Instrumente sind zum Teil aufwändig und ihnen fehlt ein abgestuftes Vorgehen, welches nicht sofort mit der detaillierten Analyse der einzelnen Prozesse und Bauteile beginnt, sondern zunächst das grundsätzliche Potenzial aller Montagesysteme gegenüberstellt und die aufwändigen Analysen nur für die Montagesysteme mit dem größten Potenzial durchführt.

Wegen dieser Defizite hat das Fraunhofer IAO eine Vorgehensweise zur Identifikation von sinnvollen MRK-Applikationen

in bestehenden Montagesystemen entwickelt. Das IAO-Instrument betrachtet zu Beginn alle Montagesysteme und filtert stufenweise jeweils die erfolgversprechendsten Fälle heraus: beginnend von der Ebene der Montagehalle über einzelne Montagesysteme, zu einzelnen Arbeitsplätzen und erst zum Abschluss bis auf Ebene einzelner Bauteile und Prozesse.

Das Instrument wurde im industriellen Umfeld bereits erprobt. Die im Artikel beschriebene Anwendung, welche mithilfe des IAO-Instruments gefunden wurde, wird aktuell in dem Forschungsprojekt ROKOKO in eine MRK-Applikation umgesetzt. Der Artikel beschreibt anhand dieses Anwendungsfalls den Einsatz des Instruments.

Roboter in der Produktion

Der Robotermarkt boomt und Deutschland führt diesen in Europa mit mehr als 300 Roboterinstallationen je 10.000 Arbeitnehmern deutlich vor den anderen europäischen Ländern an. Weltweiter Wachstumstreiber ist allerdings China. Bis 2019 wird China ca. 40 Prozent der weltweiten Roboterinstallationen in Betrieb genommen haben. Insgesamt ist bis 2019 zudem mit einem jährlichen Wachs-

^{**)Hinweis}

Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen von den Mitgliedern des ZWF-Advisory Board wissenschaftlich begutachteten Fachaufsatz (Peer-Review).

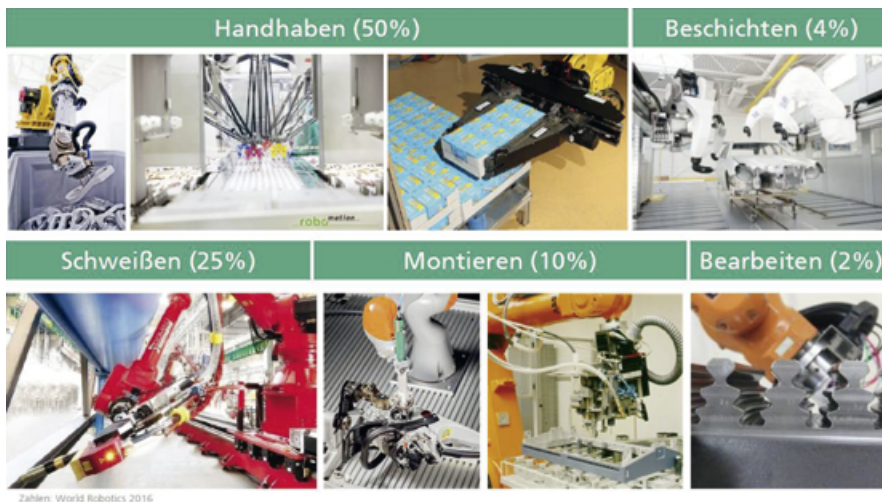


Bild 1. Verteilung von Roboter-Anwendungsfällen (Quelle: Fraunhofer IPA)

tum von ca. 15 Prozent zu rechnen, so dass sich die Anzahl der weltweit eingesetzten Industrieroboter innerhalb von fünf Jahren verdoppeln wird [8].

Die typischen Anwendungsfelder von Robotern sind Handhabungsaufgaben wie „Pick & Place“ oder Palettieren, sowie Schweißen, Montieren oder Lackieren. Bei Industrierobotern sind 50 Prozent aller dokumentierten Anwendungsfälle Handhabungsaufgaben. (Alle Zahlen vom Weltbranchenverband International Federation of Robotics (IFR)).

Roboter in der Montage

Betrachtet man die Montage in Unternehmen, so zeigt sich, dass hier aktuell im Vergleich mit anderen Anwendungsfällen nur wenige Roboter im Einsatz sind. Nur 10 Prozent aller Roboterapplikationen in Unternehmen finden sich – ohne das Schweißen – in der Montage (Bild 1).

Eine Reihe von Projekten in der Montage hatten das Ziel signifikante Verbesserungen in der Ergonomie zu erreichen [9]. Der wesentliche Grund für die geringe Verbreitung von Robotern in der Montage sind viele komplexe Prozesse, von denen nur ein geringer Anteil, wie z.B. Schweißen oder Schrauben von Robotern, gut beherrscht wird. Herausfordernd sind vor allem biegeschlechte Teile (z.B. Dichtungen), ungünstige Geometrien, komplexe Fügeprozesse, ungenaue Positionen der Montageobjekte und die Vielzahl an unterschiedlichen Varianten. Da die Mehrzahl der Montagearbeitsplätze in Deutschland immer noch manuell ist, werden die Teile ungeordnet in Behältern bereitgestellt. Damit ist die Materialbereitstellung an den manuellen Montageplätzen nicht roboter-

tauglich (automatisierungsgerecht) [10]. Der Lösungsansatz hierzu, der „Griff in die Kiste“, ist bisher nur mit ausgewählten Teilen möglich bzw. kostenintensiv. Somit müssen die meisten Teile, die von einem Roboter verbaut werden sollen, speziell, d.h. geordnet, bereitgestellt werden. Dies hat zur Folge, dass die Teile vor dem Montageprozess entweder vom Zulieferer oder der internen Logistik automatisierungsgerecht umgepackt werden müssen. Damit geht ein erheblicher Teil der Kosteneinsparungspotenziale, welche durch den Ersatz des Mitarbeiters durch den Roboter erzielt werden, wieder verloren.

Die Montage wird weiter im Automatisierungsniveau hinter den Fertigungsbe-
reichen zurückbleiben.

Vor diesem Hintergrund ist durch die neuen günstigeren Roboter in der Montage zwar eine stärkere Automatisierung zu erwarten, eine Durchdringung von über 90 Prozent wie im Karosseriebau der Automobilhersteller ist jedoch mit den derzeit vorhandenen Technologien

und Kosten aufgrund der oben genannten Herausforderungen nicht darstellbar.

Es gilt daher, für diese neue Technologie die wirtschaftlichsten und sinnvollsten Anwendungsfälle in einer Fabrik bzw. in der Montage zu identifizieren, um nicht gleich zu Beginn die größten Herausforderungen lösen zu müssen.

Schnelle Erhebung der Daten zur Ermittlung des sinnvollsten Anwendungsfalles

Die in anderen Instrumenten verwendeten Kriterien untersuchen in der Regel sofort im Auswahlverfahren eine Vielzahl von detaillierten Eignungskriterien der einzelnen Montageprozesse an den Arbeitsplätzen. Dadurch ergibt sich eine enorme Menge an Daten, die erhoben und ausgewertet werden muss. Die Anwendung der Instrumente ist entsprechend aufwändig.

Die von Fraunhofer IAO erarbeitete Methode basiert daher auf einem stufenweisen Auswahlverfahren, dass die Gesamtmenge an zu ermittelnden Daten reduziert und individuelle Zielsetzungen der Unternehmen berücksichtigt.

Stufenweises Vorgehen zur Ermittlung potenzieller Anwendungsfälle

Die Vorgehensweise beinhaltet dabei drei Auswahlstufen, in denen jeweils die Elemente mit den größten Potenzialen ermittelt werden. Nur diese Elemente gelangen im Anschluss in die nächste Stufe, wo zusätzliche und detailliertere Kriterien erfasst und bewertet werden:

- Montagesysteme,
- Arbeitsplätze sowie
- Prozess- und Bauteile.

Eine schematische Darstellung dieses Vorgehens ist in Bild 2 zu sehen.

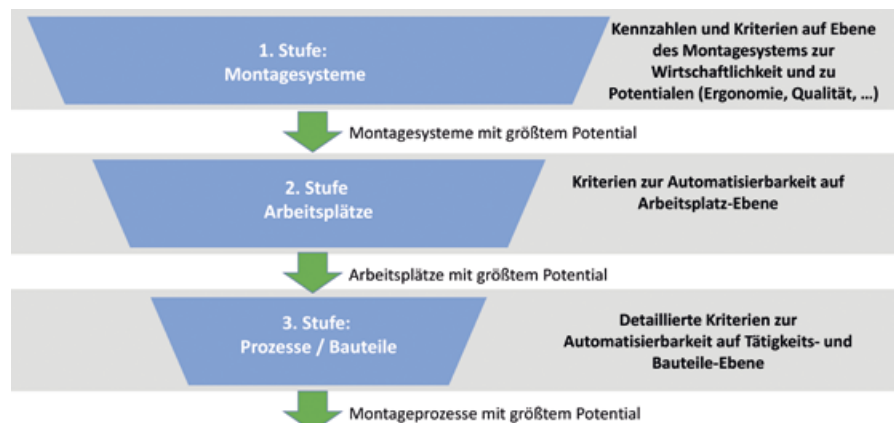


Bild 2. Stufenweise Auswahlstrategie

Kriterium	
1 Systemdaten	
1.0	Vormontage
	Hauptmontage
1.1 Takt (min)	
1.2 Anzahl der MA	
1.3 Gesamtmontagezeit (min)	
1.4 Anzahl Arbeitsplätze im Montagesystem	
1.5 Jahresmenge (Tausend-Stück/a)	
1.6 Restlebenszyklus bevor das Produkt ausläuft (Jahre)	
1.7 Ähnliche Nachfolgeprodukte	ja
	nein
1.8 Schichtmodell bzw. Kapazitätsauslastung	1-Schicht
	2-Schicht
	3-Schicht
	3-Schicht mit WE
2 Besondere Problemlage	
2.1 Ergonomie	
2.2 Qualität	
2.3 Fett	
2.4 Schmutz	
2.5 Hygiene	
2.6 Lernen	
2.7 Leistungseingeschränkte MA	
2.8 Sonstiges	

Bild 3. Montagesystemdaten und Problemlage

Auswahlstufe: Montagesystemebene

Auf der Montagesystemebene werden Daten bzw. Kriterien im Hinblick auf drei Schwerpunkte abgefragt:

- ausgewählte klassische Planungsdaten des Systems und Problemlage,
- Vorbereitungsgrad der Materialbereitstellung und
- Potenziale.

Klassische Planungsdaten des Systems und Problemlage

Von der Vielzahl der klassischen Planungsdaten wurden die Daten auf der Ebene des Montagesystems mit besonderem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Automatisierung, wie z. B. Stückzahlen, restliche Zeit bis das Produkt ausläuft, Anzahl Schichten, Taktzeit des Montagesystems, Anzahl Produktvarianten, ausgewählt. Ergänzend wird gefragt, ob eine besondere Problemlage im jeweiligen Montagesystem vorliegt, für die der Robotereinsatz ggf. eine Lösung darstellen kann (Bild 3).

Vorbereitungsgrad der Materialbereitstellung

Liegen die Teile und das Produkt im Montagesystem bereits geordnet und damit

direkt greifbar für einen Roboter vor, so kann hinsichtlich der Materialbereitstellung einfacher automatisiert werden. In den manuellen Montagesystemen ist dies die Ausnahme. Fast alle Teile liegen ungeordnet vor und müssen in den meisten Fällen noch aufwändig geordnet werden. Daher wird – nach einer Besichtigung des Montagesystems – nach dem geschätzten Anteil der verschiedenen Bereitstellungsordnungen (geordnet, ungeordnet, ...) der Bauteile als Durchschnittswert für das gesamte Montagesystem gefragt. Analog wird der geschätzte

Anteil der Bereitstellungsordnungen für das Basisteil (Produkt) erhoben. Die Positionierung eines Basisteils ist innerhalb eines Montagesystems häufig gleich – zum Beispiel mit/ohne Werkstückträger. Ergänzend mit dem abgefragten Anteil an intern hergestellten oder extern

zugelieferten Teilen können die Montagesysteme verglichen werden. So wird zum Beispiel erkennbar, bei welchen Systemen bereits am meisten Material robotertauglich bereitgestellt wird und damit weniger Aufwand erforderlich ist.

Potenziale

Die möglichen Potenziale, die mit dem Robotereinsatz erschlossen werden können, werden abgefragt. Die Potenziale betreffen Verbesserungen in Punkto Ergonomie und Potenziale in speziellen Tätigkeiten, in denen der Roboter seine Stärken ausspielen kann, wie Qualitäts- und Prozesssicherheit (z. B. „dosiertes Aufbringen“, Aufbringen einer konstanten und planmäßig verteilten Klebemenge). ‚Typische‘ automatisierbare Tätigkeiten, wie „Pick & Place“ oder „Einlegen und Entnehmen“ werden als Potenziale abgefragt. Weiterhin sind hohe Potenziale zu erwarten, wenn besondere Einsatzanforderungen vorliegen, wie z. B. „Engpass in der Linie“. Mit der Reduzierung der Taktzeit am Engpass-Arbeitsplatz durch den Robotereinsatz wird der gesamte Linien-Output erhöht.

Fallbeispiel

Über drei Produktgruppen hinweg wurden insgesamt 12 Montagesysteme analysiert (Bild 4).

Für die Auswahl sind folgende Faktoren ausschlaggebend:

- günstige Voraussetzung in der Materialbereitstellung (hohe Prozentwerte),
- Mehrfachnennungen bei den Potenzialen (grüne Felder in der Tabelle) und
- geringe Anzahl oder keine Hemmnisse.

Kriterium		Montagesysteme											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Materialbereitstellung	Basisteile in geordneter Position	gering / kein	100%	92%	10%	65%	10%	10%	45%	20%	30%	25%	100%
		mittel	0%	8%	70%	35%	30%	0%	45%	20%	70%	5%	0%
		hoch	0%	0%	20%	0%	60%	90%	10%	60%	0%	70%	0%
	Bauteile in geordneter Position	gering / kein	14%	36%	60%	100%	0%	0%	50%	5%	30%	100%	0%
		mittel	29%	22%	20%	0%	10%	30%	45%	15%	70%	0%	50%
		hoch	57%	42%	20%	0%	90%	70%	5%	80%	0%	0%	50%
Ergonomie	Schwere Teile oder hohe Kräfte	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hohem statischen Anteil oder Zwangshaltung	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gesundheitsgefährdende Prozesse	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Substanzen können auf Hände kommen	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Besonders hohes Potential	Pick and Place	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	Einlegen und Entnehmen	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	Dosiertes aufbringen	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Unterstützung für leistungseingeschränkte MA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hohes Potential	Engpässe in der Linie	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dritte Hand erforderlich	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ähnliche und langandauernde Tätigkeiten	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Hemmnisse	Qualitäts- und Prozesssicherheit	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Höhenverstellbarer Tisch	1	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0

Bild 4. Ergebnis des Montagesystem-Checks

Nach dieser Logik wurden die in Bild 4 mit einem Kreuz gekennzeichneten Systeme vom Projektteam ausgewählt und in der Arbeitsplatzebene weiter analysiert.

Auswahlstufe: Arbeitsplatzebene

Auf der Arbeitsplatzebene werden zwei Datengruppen abgefragt:

- Planungsdaten auf Ebene des Arbeitsplatzes und
- Potenziale.

Planungsdaten auf Ebene des Arbeitsplatzes

Von der Vielzahl der klassischen Planungsdaten wurden die Daten auf der Ebene des Arbeitsplatzes mit besonderem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Automatisierung ausgewählt, wie die Anzahl der verschiedenen Teile, Werkzeuge, Schrauben und der benötigten Bits in Bild 5. Für eine erste schnelle Reihenfolgebildung der Arbeitsplätze gilt: Je höher die Anzahl an Teilen oder Werkzeugen am Arbeitsplatz, umso schwieriger wird es den Roboter auszulasten.

Potenziale

Anschließend werden, wie auch schon beim Montagesystem-Check, Daten zum Basisteil, zur Materialbereitstellung und zu MRK-Potenzialen erhoben, nun allerdings mit dem Fokus auf den ausgewählten Arbeitsplätze.

Arbeitsplatz-/Prozessbezeichnung:

maximaler Greifraum für Roboter (falls schon abschätzbar):

Anzahl verschiedene Teile am Arbeitsplatz:

Anzahl verschiedene Werkzeuge:

davon Anzahl Schrauben:

Anzahl benötigter Bits:

Substanzen am AP:

Bemerkung:

Bild 5. Wesentliche Daten zum Arbeitsplatz

Fallbeispiel

Am Beispiel des 2. Montagesystems (System B), das 15 Arbeitsplätze hat, konnten insgesamt fünf Arbeitsplätze mit Potenzial (grüne Felder unterhalb der Materialbereitstellung) identifiziert werden, dabei waren zwei Arbeitsplätze (B7, B8) mit höherem Potenzial, sodass diese beiden Arbeitsplätze in die weitere Auswahl genommen wurden (Bild 6).

Ausschlaggebend für die Auswahl sind analog zur Montagesystemauswahl:

- günstige Voraussetzung in der Materialbereitstellung (hohe Prozentwerte),
- Mehrfachnennungen bei den Potenzialen (grüne Felder in Bild 6) und
- geringe Anzahl oder keine Hemmnisse.

Nach dieser Logik wurden die in Bild 6 mit einem roten Kreuz gekennzeichneten Arbeitsplätze vom Projektteam ausgewählt und in der Prozess- und Bauteilebene weitergeführt.

Für eine detailliertere Betrachtung wurden aus den 104 analysierten Arbeitsplätzen sieben mit besonderen Potenzialen oder als Vertreter einer ähnlichen Gruppe (wie J7 als Vertreter für 16 mögliche Schraubfälle) ausgewählt. Vier davon lohnen sich mit einem Automatisierungsexperten noch weiter untersucht zu werden und wurden im Prozess- und Bauteilcheck genauer betrachtet.

Auswahlstufe: Prozess- und Bauteilebene

Die Daten und Eigenschaften der Prozesse und der Bauteile werden getrennt, aber nach der gleichen Logik und Granularität erhoben.

Prinzipiell wurden die Potenziale von der Arbeitsplatz-Ebene übernommen und mit den klassischen Bewertungs- und Eignungskriterien für eine Automatisierbarkeit von Prozessen ergänzt. Erst

			Arbeitsplätze														
Kriterium			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Materialbereitstellung	Basisteil liegt geordnet vor	gering/kein	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	100%	100%	100%
		mittel	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
		hoch	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Bauteil liegt geordnet vor	gering/kein	80%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	50%	50%	0%	0%	17%	50%	100%	100%
		mittel	20%	0%	10%	50%	50%	0%	0%	45%	0%	0%	100%	0%	50%	0%	0%
		hoch	0%	100%	90%	50%	50%	100%	0%	5%	50%	100%	0%	83%	0%	0%	0%
	Herkunft der Bauteile	intern	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		extern	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ergonomie	Schwere Teile oder hohe Kräfte		0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
	Hohem statischen Anteil oder Zwangshaltung		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gesundheitsgefährdende Prozesse		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Substanzen können auf Hände kommen		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Besonders hohes Potential	Pick and Place		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Einlegen und Entnehmen		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dosiertes aufbringen		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Unterstützung für leistungseingeschränkte MA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hohes Potential	Engpässe in der Linie		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Dritte Hand erforderlich		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ähnliche und langandauernde Tätigkeiten		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Qualitäts- und Prozesssicherheit		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hemmnisse	Höhenverstellbarer Tisch		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

✗ ✗

Bild 6. Ergebnis des Arbeitsplatz-Checks

Stufe 3: Prozess-Check (1/2)

Montagungsplan: B
Arbeitsplatz: B
Stand: 01.09.2017

Bezeichnung: Prozess-Check (1/2)
Prozessbeschreibung: ...

Prozess	Prozess 1	Prozess 2	Prozess 3	Prozess 4	Prozess 5	Prozess 6	Prozess 7	Prozess 8	Prozess 9	Prozess 10	Prozess 11	Prozess 12	Prozess 13	Prozess 14	Prozess 15	Prozess 16	Prozess 17	Prozess 18	Prozess 19	Prozess 20	Prozess 21	Prozess 22
Prozess 1: ...																						
Prozess 2: ...																						
Prozess 3: ...																						
Prozess 4: ...																						
Prozess 5: ...																						
Prozess 6: ...																						
Prozess 7: ...																						
Prozess 8: ...																						
Prozess 9: ...																						
Prozess 10: ...																						
Prozess 11: ...																						
Prozess 12: ...																						
Prozess 13: ...																						
Prozess 14: ...																						
Prozess 15: ...																						
Prozess 16: ...																						
Prozess 17: ...																						
Prozess 18: ...																						
Prozess 19: ...																						
Prozess 20: ...																						
Prozess 21: ...																						
Prozess 22: ...																						

Bild 7. Prozesscheck

jetzt, wenn nur noch wenige Arbeitsplätze in der Auswahl sind, wird die Vielzahl an Kriterien abgefragt.

Für den wirtschaftlichen Einsatz besonders relevant ist die Abfrage, ob der zu automatisierende Prozess parallel zum Mitarbeiter oder gemeinsam mit dem Mitarbeiter ausgeführt werden kann. Ist dies der Fall, entstehen keine Wartezeiten des Mitarbeiters.

Auf der Teileebene werden eher Negativ-Kriterien, wie z.B. scharfe Kanten oder fehlende Greifflächen, erfragt.

Fallbeispiel

Für einen der ausgewählten Arbeitsplätze zeigt Bild 7 das Ergebnis des Prozesschecks.

Ausgewählt wurden die Arbeitsplätze mit den meisten grünen sowie wenigsten gelben oder roten Feldern. Für die drei ausgewählten Prozesse zeigt Bild 8 den durchgeführten Bauteilcheck.

Beim Bauteilcheck sollten keine roten Felder mehr auftreten. Ist dies der Fall,

ist der Aufwand zur Automatisierung genauer zu untersuchen.

Für die spätere Planung sollten die Zeiten der Prozesse und die Gewichte der Teile bereits jetzt dokumentiert werden. Sind die am besten zu automatisierenden Anwendungsfälle noch nicht eindeutig zu ermitteln, so sind mehrere Anwendungsfälle parallel weiter zu planen und insbesondere mittels Wirtschaftlichkeitsrechnung zu vergleichen. Die Zeiten und Gewichte dienen dabei zum einen als Basis für die Wirtschaftlichkeitsrechnung und zum anderen als Basis für die Auswahl des Leichtbauroboters, bei welcher die Traglast einen wesentlichen Faktor darstellt.

Arbeitsplatz B8, der hier als Fallbeispiel angeführt wurde, bietet die Möglichkeit, eine Kollaboration im Sinne der Zusammenarbeit von Mensch und Roboter zu realisieren, weshalb er unter den vier am höchsten gerankten Arbeitsplätzen als Fallbeispiel für das Projekt ROKOKO ausgewählt wurde.

Zusammenfassung und Ausblick

Der schnelle MRK-Potenzial-Check hat sich bisher in drei Anwendungsfällen bei den Partnerunternehmen im Forschungsprojekt ROKOKO und einem weiteren KMU bewährt.

Solange bei der neuen Technologie „MRK“ noch kein umfangreiches Erfahrungswissen in den Anwenderunternehmen und bei den Systemintegratoren verfügbar ist, ist es sinnvoll, mit einfachen und strukturierten Kriterien nach wirtschaftlichen und sinnvollen Anwendungsfällen zu suchen. Diese Hilfestellung kann der schnelle MRK-Potenzial-Check des IAO geben.

Zur weiteren Entscheidungsunterstützung wäre es hilfreich, wenn ein Investitionsrahmen für die gefundenen Anwendungsfälle verfügbar wäre. Vor diesem Hintergrund entwickelt das Fraunhofer IAO aktuell eine „schnelle Invest-Ab-schätzung“, die mit wenigen Kriterien

Stufe 3: Bauteil-Check (2/2)

Montagungsplan: B
Arbeitsplatz: B
Stand: 01.09.2017

Bezeichnung: Bauteil-Check (2/2)
Bauteilbeschreibung: ...

Prozess	Prozess 1	Prozess 2	Prozess 3	Prozess 4	Prozess 5	Prozess 6	Prozess 7	Prozess 8	Prozess 9	Prozess 10	Prozess 11	Prozess 12	Prozess 13	Prozess 14	Prozess 15	Prozess 16	Prozess 17	Prozess 18	Prozess 19	Prozess 20	Prozess 21	Prozess 22
Prozess 1: ...																						
Prozess 2: ...																						
Prozess 3: ...																						
Prozess 4: ...																						
Prozess 5: ...																						
Prozess 6: ...																						
Prozess 7: ...																						
Prozess 8: ...																						
Prozess 9: ...																						
Prozess 10: ...																						
Prozess 11: ...																						
Prozess 12: ...																						
Prozess 13: ...																						
Prozess 14: ...																						
Prozess 15: ...																						
Prozess 16: ...																						
Prozess 17: ...																						
Prozess 18: ...																						
Prozess 19: ...																						
Prozess 20: ...																						
Prozess 21: ...																						
Prozess 22: ...																						

Bild 8. Bauteilcheck

und Anforderungsermittlungen einen Investitionsrahmen für den Anwendungsfall liefert.

■ Literatur

1. Bauer, W.: Arbeitsgestaltung der Zukunft. wt Werkstattstechnik online 107 (2017) 6, S. 386
2. Brosig, M.: Transformation der Automatisierungsansätze: die Sicht der Volkswagen AG, in Assistenzrobotik und Mensch-Roboter-Kollaboration. 20. IFF-Wissenschaftstage, 21.–22. Juni, Fraunhofer-IFF, Magdeburg 2017
3. Bauer, W.; Bender, M.; Braun, M.; Rally, P.; Scholtz, O.: Roboter ohne Schutzzaun in der Montage – Stand der Anwendungen in deutschen Montagen. wt Werkstattstechnik online 106 (2016) 9, S. 616–621
4. Bauer, W.; Bender, M.; Braun, M.; Scholtz, O.: Leichtbauroboter in der manuellen Montage – einfach einfach anfangen. Fraunhofer IAO, Stuttgart 2016
5. Pretzlaff, H.: Die Roboter verlassen ihren Käfig. Stuttgarter Zeitung, 14. Juni 2017, Nr. 135
6. Linsinger, M., Sudhoff, M.; Lemmerz, K.; Glogowski, P.; Kuhlentötter, B.: Task-based Potential Analysis für Human-Robot Collaboration within Assembly Systems. 3. MHI-Fachkolloquium, 2018
7. Naumann, M.: MRK wirtschaftlich und werkgerecht geplant, Teil 1: Technische Perspektive. In: Tagungsband „Roboter in der Automobilindustrie“, Ingolstadt, 09.–10.11.2016
8. International Federation of Robotics (IFR), „Executive Summary World Robotics 2017 Industrial Robots“, IFR, 2017
9. Bauer, W.: Industry 4.0 – An Economy Based on the Internet of Things. University of Technology of Troyes, France, June 28–30, 2016

10. Bauer, W.; Bender, M.; Rally, P.: Mitarbeiterorientierte Mensch-Roboter-Kollaboration – Partizipative Gestaltung von Mensch-Roboter-Kollaborationen führt zu akzeptierten Arbeitsplätzen. wt Werkstattstechnik online 106 (2016) 3, S. 100–105

■ Autoren dieses Beitrags

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Wilhelm Bauer, geb. 1957, studierte Maschinenbau an der Universität Stuttgart. Geschäftsführender Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO Stuttgart und stellvertretender Institutsleiter am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart sowie Vorsitzender des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung. Als Institutsleiter führt Professor Bauer eine Forschungsorganisation mit etwa 650 Mitarbeitern. Er verantwortet dabei Forschungs- und Umsetzungsprojekte in den Bereichen Innovationsforschung, Technologiemanagement, Industrie 4.0, Leben und Arbeiten in der Zukunft, Smarter Cities. Als Mitglied in verschiedenen Gremien berät er Politik und Wirtschaft. In 2012 erhielt Prof. Bauer die Ehrung des Landes Baden-Württemberg als »Übermorgenmacher« und ist seit 2016 Technologiebeauftragter des Landes Baden-Württemberg.

Dipl.-Ing. Peter Rally, geb. 1956, studierte Maschinenbau und technische Kybernetik an der Universität Stuttgart und danach am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart. Arbeitsschwerpunkte im Bereich produzierender Unternehmen sind Arbeitssystemstrukturierung, Wertstrom-Engineering, Planung und Gestaltung von Montagesystemen sowie die Be-

rücksichtigung des Menschen bei der Planung von Leichtbauroboter-Applikationen in der Montage.

Dipl.-Ing. Oliver Scholtz, geb. 1966, studierte Maschinenbau an der Universität Karlsruhe. Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart. Arbeitsschwerpunkte im Bereich produzierender Unternehmen sind Ergonomische Arbeitsplatzgestaltung, Planung und Gestaltung von Montagesystemen sowie die Berücksichtigung des Menschen bei der Planung von Leichtbauroboter-Applikationen in der Montage.

■ Summary

Quick Determination of Meaningful MRK Applications – Selection support for applications in assembly systems. For several years now, the number of robot applications in which robots are operating without a safety fence, in so called human-robot collaboration (HRC), has been increasing. The economic efficiency of these applications is often not feasible, especially in assembly systems. Therefore there is a great interest to find 'useful' applications in existing assembly systems. For this purpose, there are a number of instruments which evaluate the automation potential of existing processes, but which are very complex. For this reason, the Fraunhofer IAO has developed a „procedure and tool support for quick identification of MRK applications“.

Bibliography

DOI 10.3139/104.111970

ZWF 113 (2018) 9; page 554–559

© Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG

ISSN 0032–678X