

# 03.19

Lizenziert für Frau Sahra Sommer.  
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.  
In Kooperation mit:



70. Jahrgang  
März 2019  
ISSN 2199-7330  
1424

[www.SISdigital.de](http://www.SISdigital.de)

# sicher ist sicher



# MaxiCut<sup>®</sup> ULTRA<sup>™</sup>

## KOMFORTABLE LEISTUNG

[www.atg-glovesolutions.com](http://www.atg-glovesolutions.com)



Einsatz von Exoskeletten in Arbeitssystemen 109

Technische Arbeitserleichterungen  
beteiligungsorientiert gestalten! 116  
Betriebliches Eingliederungsmanagement  
und Datenschutz 126

**ESV** ERICH  
SCHMIDT  
VERLAG

\*EN 388:2016 - 4542C

© Copyright Erich Schmidt Verlag



SARAH SOMMER · PATRICIA HELEN ROSEN · SASCHA WISCHNIEWSKI

# Von der Idee zum routinemäßigen Einsatz – Einführungsbedingungen von Mensch-Roboter-Interaktionen in der Industrie

Für eine erfolgreiche Implementierung einer direkten Zusammenarbeit von Menschen und Robotern in der Industrie ist eine Auseinandersetzung mit vielfältigen Einführungsbedingungen wichtig. Von Fragen der Sicherheitstechnik und einer entsprechenden Gestaltung des robotischen Systems, über die Arbeitsinhalte bis hin zur Qualifikation der Beschäftigten müssen Lösungen gefunden werden, die eine erfolgreiche Implementierung fördern. Dieser Beitrag beschreibt Aspekte, die bei der Einführung der direkten Mensch-Roboter-Interaktion eine zentrale Rolle spielen. Neben einer Darstellung der wichtigsten Anforderungen, werden ausgewählte Erfahrungen von Herstellern, Anwendern, Systemintegratoren, Forschern und Fachkräften für Arbeitssicherheit zusammengefasst dargestellt, die im Rahmen eines Workshops erarbeitet wurden.

## **Mensch-Roboter-Interaktion in der Industrie**

Roboter sind seit Jahrzehnten in der Industrie vertreten und übernehmen innerhalb von Fertigungsprozessen seit jeher monotone, körperlich belastende oder die Sicherheit der Mitarbeiter gefährdende Tätigkeiten. Bereits seit den 1960er Jahren sieht beispielsweise die Automobilindustrie Vorteile eines hohen Automatisierungsgrades in der Produktion [1]. Dennoch erfordert die

Endmontage ein hohes Maß an Geschicklichkeit hinsichtlich verschiedenster Tätigkeiten, die bis zum heutigen Zeitpunkt nur durch den Menschen selbst durchgeführt werden können. Aufgrund dessen wird in der Industrie eine enge Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter zur gegenseitigen und direkten Unterstützung angestrebt. Durch technologische Fortschritte und Weiterentwicklungen von Sensorik, Aktorik sowie computerbasierten Kommunikations- und

Informationstechnologien haben sich die Einsatzmöglichkeiten industrieller Roboter stark erweitert [2]. Unterschiedliche Arten von Robotern können anhand verschiedener Merkmale klassifiziert werden. Der Anwendungsfall, die Fortbewegungsfähigkeit oder Kinematik können als Kategorisierungsmöglichkeit herangezogen werden. Die International Federation of Robotics (IFR) nimmt eine Klassifizierung von Robotern anhand ihrer Anwendungsbereiche in Industrie- und Serviceroboter vor. Der Anwendungsfall kann darüber hinaus noch weiter spezifiziert werden. Demnach unterteilt das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Roboter beispielsweise in Luft- oder Raumfahrtroboter, Lehrrobotern, Medizinrobotern, industriellen Robotern etc. [3]. In Abhängigkeit von den technologischen Eigenschaften und dem Bestimmungszweck können verschiedene Robotertypen für unterschiedliche Interaktionsformen genutzt werden. Es kann zwischen den Interaktionsformen Koexistenz, Kooperation und Kollaboration differenziert werden. Koexistierende Interaktionsformen stellen häufig herkömmliche Roboteranwendungen, wie durch Schutzzäune abgetrennte Roboterzellen dar. Hier treffen Mensch und Roboter episodisch aufeinander, verfolgen aber keine gemeinsame Zielstellung bzw. Aufgabenbearbeitung. Neue Generationen von industriellen Leichtbaurobotern erlauben prinzipiell engere Interaktionsformen wie die Kooperation und Kollaboration, wo (Teil-)Handlungen von Mensch und Roboter in direkter Abhängigkeit zueinander stehen [4].

Der Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit, die zunehmende Vielfalt von Produkten und der Bedarf einer immer flexibleren Produktion setzen nun wandlungsfähige Fertigungssysteme voraus, die sich rechtzeitig und schnell an ständig ändernde Anforderungen adaptieren lassen. Bis 2020 werden nach Schätzungen des Weltbranchenverbandes IFR insgesamt circa 3,05 Millionen Industrieroboter im Einsatz sein. Von 2016 bis 2017 konnte weltweit ein Anstieg von 30% an ausgelieferten Industrierobotern verzeichnet werden [5]. Deutschland zählt mit 322 Industrierobotern auf 10.000 Beschäftigte zu den führenden Nationen hinsichtlich der Roboterdichte [5]. Im industriellen Kontext zeichnet sich eine Zunahme kooperativer bzw. kollaborierender (Leichtbau-) Roboter ab, wodurch die direkte Interaktion von Mensch und Roboter zunehmend an Bedeutung im produzierenden Gewerbe gewinnt [6].

Neben der Erhöhung der Produktivität und dem Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit können robotische Systeme einen Beitrag zu einer ergonomischen Arbeitsgestaltung leisten. Eine Verbesserung der Arbeitsorganisation kann dabei vor allem unter Berücksichtigung sozio-organi-

satorischer Ansätze erfolgen. Um eine möglichst sinnvolle Strukturierung und Verbindung von Beschäftigten, Arbeitsmitteln und der Arbeitsaufgabe zu ermöglichen, sind die Kenntnis und die Beachtung menschengerechter Arbeitsgestaltungsmaßnahmen vor allem im Kontext neuer Technologien von zentraler Bedeutung. Ein weiteres Kriterium kann die Individualisierbarkeit und Adaptierbarkeit robotischer Systeme an die Bedürfnisse und Eigenschaften der Beschäftigten darstellen [7]. Im Sinne der Kriterien menschengerechter Arbeitsgestaltung bleibt das Ziel erhalten, mit Hilfe technisch-organisatorischer Maßnahmen Beschäftigte zu fordern und zu fördern und so zu einer gesundheits- und persönlichkeitsförderlichen Arbeitsgestaltung beizutragen [8]. Eine erfolgreiche Mensch-Roboter-Interaktion (MRI) kann dann gelingen, wenn menschenzentrierte Gestaltungselemente als Teil wirtschaftlicher Kriterien verstanden werden [9].

### Implementierung robotischer Systeme im Unternehmen

Von der Idee eine neue Technologie oder neue Arbeitsmittel zu verwenden, bis hin zur erfolgreichen Implementierung in betriebliche Strukturen sollten verschiedene Aspekte berücksichtigt werden. Neben rechtlichen Rahmenbedingungen, die beachtet werden müssen, spielen Themen wie Beschaffung, Arbeitsplanung, Nutzerakzeptanz oder Systemevaluation eine Rolle. Der Prozess der Technologieeinführung kann komplex sein und hohe Anforderungen an die beteiligten Akteure stellen. Insbesondere für robotische Systeme, die eine direkte MRI erlauben, gibt es bislang noch wenig erprobte bzw. umgesetzte Anwendungsszenarien in der betrieblichen Praxis [10]. Aus vorhandenen Studien und theoretischen Grundlagen lassen sich erste Ansätze ableiten, die bei der Einführung neuer Technologien und insbesondere bei der Einführung eines solchen robotischen Systems Berücksichtigung finden sollten. Zusätzlich können Gestaltungsempfehlungen aus Studien vergleichbarer Kontexte, wie beispielsweise Studien zur Einführung moderner Fertigungstechniken, genutzt werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Empfehlungen zur menschengerechten Gestaltung immer in Abhängigkeit vom geplanten Anwendungsfall und der jeweiligen Beschaffenheit des robotischen Systems betrachtet werden sollten, wobei der Fokus dieses Artikels auf der direkten Menschen-Roboter-Interaktion im Rahmen einer Kooperation oder Kollaboration liegt. Auf Basis ebendieser Differenzierung können dann Gestaltungsempfehlungen und die Anwendung verschiedener Arbeitsschutzansätze spezifiziert werden.

### DIE AUTOREN



**Sarah Sommer**

absolvierte ein Bachelor- und Masterstudium im Fach Psychologie mit dem Schwerpunkt der Klinischen Psychologie an der Ruhr-Universität Bochum und ist heute als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachgruppe „Human Factors, Ergonomie“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin tätig.



**Patricia Helen Rosen**

ist Psychologin und als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachgruppe „Human Factors, Ergonomie“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin tätig. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der Mensch-Roboter-Interaktion.

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Hybr-iT – Hybride Teams in wandlungsfähigen, cyber-physischen Produktionsumgebungen“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. Softwaresysteme und Wissenstechnologien (PT-SW) betreut (Fördernummer: 01IS16026H).

### Sicherheitstechnik

Eine direkte MRI, die ohne trennende Schutzeinrichtungen gestaltet ist, stellt neue Herausforderungen an die sicherheitstechnische Implementierung. Daher liegt ein besonderer Fokus zunächst auf der zu beachtenden Sicherheitstechnik und den gesetzlichen Vorschriften. Herstellerseitig fallen kollaborationsfähige robotische Systeme unter den Geltungsbereich der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG [11]. Laut der Richtlinie ist der einzelne Roboter als unvollständige Maschine zu betrachten. Erst die Summe aus Roboter, Werkzeugen, Werkstücken und Vorrichtungen bildet die Einheit, die bei der Risikobeurteilung betrachtet wird [12]. Diese muss vor dem Inverkehrbringen mit einer EG-Konformitätserklärung und einer CE-Kennzeichnung ausgestattet sein.

Zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens muss spätestens die Risikobeurteilung des Herstellers bzw. des Systemintegrators vorliegen, dies unterscheidet sich nicht von herkömmlichen Maschinen. Allerdings muss bei einem kollaborationsfähigen Roboter die unmittelbare Nähe zwischen Mensch und Roboter berücksichtigt werden und dieser durch entsprechende Schutzmaßnahmen begegnet werden. Wie in der DGUV Information „Kollaborierende Roboter“ ausführlich beschrieben, können traditionelle Schutzmaßnahmen, wie beispielsweise Lichtschranken oder Laserscanner durch neuartige Maßnahmen, wie z.B. Kraft- und Leistungsbegrenzung, ersetzt oder ergänzt werden.

Liegt ein CE-zertifiziertes robotisches System mit entsprechender Risikobeurteilung vor, finden bei der betrieblichen Implementierung, wie auch bei herkömmlichen Maschinen bzw. Arbeitsmitteln, die Betriebssicherheitsverordnungen und entsprechende Technische Regeln Anwendung. Übergeordnetes Ziel ist, Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln zu gewährleisten [13]. Robotische Systeme bieten prinzipiell einen flexiblen Einsatz als Arbeitsmittel, der sich je nach Bedarf anpassen und ändern lässt. Allerdings kann gerade diese Flexibilität Betriebe möglicherweise bei der notwendigen Konformitätserklärung und CE-Kennzeichnung sowie der Gefährdungsbeurteilung (§ 3 Abs. 2, BetrSichV) vor neue Aufgaben stellen. Änderungen und Umgestaltungen des robotischen Systems müssen erneut unter den Aspekten der Maschinenrichtlinie betrachtet werden. Ferner muss geprüft werden, ob die ermittelten Gefährdungen sowie die abgeleiteten Schutzmaßnahmen ihre Gültigkeit behalten. Je nach Art und Umfang des Prozesses kann dies eine Herausforderung für die betriebliche Realität darstellen. Zu berücksichtigen bei der Inbetriebnahme eines robotischen Systems ist in jedem Falle auch die

Technische Regel für Betriebssicherheit 1151, die die Gefährdungen an der Schnittstelle Mensch und Arbeitsmittel, in diesem Falle Mensch und Roboter, konkretisiert.

### Ergonomie

Hinsichtlich der ergonomischen Gestaltung robotischer Systeme empfiehlt es sich, die in der DIN EN ISO 6385:2016 skizzierten Prozessschritte der Arbeitssystemgestaltung zu berücksichtigen. Die ergonomische Gestaltung einer MRI bietet die Möglichkeit, physische Einwirkungen aufgrund von ergonomisch ungünstigen Montagetätigkeiten (z.B. Überkopparbeit), körperlichen Beanspruchungen bei schweren Gewichten und ungünstigen Bewegungen zu reduzieren oder gar zu verhindern. So können Roboter beispielsweise monotone Arbeitstätigkeiten übernehmen, sodass sich der Arbeitsprozess weniger ermüdend auf die Beschäftigten auswirkt. Jedoch sind auch negative Konsequenzen wie z.B. ein eingeschränkter Handlungs- bzw. Tätigkeitsspielraum denkbar [14]. Die ergonomische zweckmäßige Gestaltung ist somit für den erfolgreichen Einsatz einer MRI wichtig.

Der Einsatz robotischer Systeme und die damit einhergehenden Veränderungen im Arbeitsprozess haben ebenfalls Auswirkungen auf die Arbeitsinhalte und die Arbeitsorganisation. Im Rahmen der Gestaltung, Optimierung und Planung von Leistungserstellungsprozessen (Industrial Engineering) geht es vor allem um die Optimierung von Prozessen und Arbeitsabläufen, sowie um die Optimierung der Zusammenarbeit von Mensch und Maschine. Neben dem Ziel der verbesserten Ergonomie sind ebenfalls die Analyse der veränderten Arbeitstätigkeit als auch des Arbeitsablaufes und die dementsprechende Anpassung weiterer Faktoren (wie z.B. die Zuteilung der einzelnen Aufgaben an die Beschäftigten/den Roboter) bei der Implementierung eines robotischen Systems wichtig.

Die Implementierung von Veränderungen (z.B. durch den Einsatz robotischer Systeme) hat nicht nur technische und produktions- und sicherheitsbezogene Herausforderungen zur Folge, sondern die Folgen der Veränderungen für den Menschen als Anwender und Interaktionspartner des Roboters müssen ebenfalls Beachtung finden. Somit wird dem Einbezug der betroffenen Beschäftigten zur optimalen bzw. erfolgreichen Gestaltung des Einführungsprozesses eine große Relevanz zugeschrieben. Das Wissen und die Erfahrungen der Beschäftigten können während des gesamten Prozesses genutzt werden, um z.B. zu Beginn der Einführung geeignete Use Cases zu identifizieren und Auskünfte darüber zu geben, welche Unterstützung in welcher Situation und zu welchem Zeitpunkt benötigt wird. Des Weiteren können

Unsicherheiten, die die Einführung einer neuen Technologie auf Seiten der Beschäftigten hervorrufen können, direkt thematisiert oder verhindert werden [15]. Diesbezüglich ist es wichtig, die Rationalität für die Implementierung eines robotischen Systems und der damit verbundenen Vorteile zu erläutern [15]. In einem fortgeschrittenen Prozess können die Mitarbeiter anschließend einen ersten Demonstrator beispielsweise im Hinblick auf die Aufgabenangemessenheit oder den erlebten Nutzen einschätzen und Vorschläge für mögliche Verbesserungen machen. Dadurch werden sie zugleich vertrauter im Umgang mit dem robotischen System. Dies kann zusätzlich zu einer erfolgreichen Gestaltung der MRI beitragen und sich positiv auf die Nutzerakzeptanz auswirken.

### Organisationale und personale Treiber

Neben sicherheitstechnischen und ergonomischen Grundlagen, die bei der Implementierung robotischer Systeme berücksichtigt werden müssen, können sowohl auf personaler als auch auf organisationaler Ebene Treiber für die erfolgreiche Implementierung in Anlehnung an *Charalambous, Fletcher & Webb* [16] identifiziert werden. Auf organisationaler Ebene kann die Möglichkeit der Partizipation der betroffenen Mitarbeiter als Treiber für eine erfolgreiche Implementierung fungieren. Ein weiterer wichtiger personaler Faktor ist die Akzeptanz der neuen Technologie durch die Mitarbeiter. Diese kann einerseits durch die bereits angesprochene frühzeitige Partizipation der Mitarbeiter und Kommunikation der Führungsebene über die geplanten Änderungen gefördert werden. Durch ein sichtbares Engagement und eine Unterstützung der Führung im Rahmen dieses Veränderungsprozesses können die Beschäftigten andererseits zusätzlich motiviert werden und eine Fokussierung auf das Ziel stattfinden. Des Weiteren kann die Akzeptanz durch das Wissen und die Kenntnis über die Steuerung des robotischen Systems gesteigert werden. Dies kann durch Trainingsmöglichkeiten mit dem neuen System und durch das Vorhandensein eines System-Experten, der den Mitarbeitern beratend zur Seite steht, unterstützt werden. Das Vertrauen in die neue Technologie hängt unmittelbar mit der Akzeptanz ebendieser zusammen. Dabei kann das Vertrauen durch die eben genannten Faktoren wie dem Wissen über oder einem geübten Umgang mit dem robotischen System entstehen. Weitere Faktoren, die das Vertrauen fördern, können aber auch durch die Morphologie und Funktion des Roboters beeinflusst werden. Zu diesen Faktoren zählen die Geschwindigkeit des Roboters, der Abstand zwischen Mensch und Roboter, die Bewegungsbahnen, der Annäherungswinkel, die Größe des Roboters, die Art, Menge und der Gehalt des Informationsaustauschs, die wahrge-

nommene Arbeitssicherheit, die Zuverlässigkeit des Roboters und die Transparenz seiner Funktionen und Aktionen [16; 17; 18]. Interindividuelle Unterschiede sind weitere Aspekte, die die Akzeptanz und den Erfolg der Implementierung des neuen robotischen Systems beeinflussen. Sowohl Unterschiede in der Technikaffinität als auch persönliche Einstellungen gegenüber neuen Technologien und der Fähigkeit zur Aufmerksamkeitsteuerung können Auswirkungen auf die Akzeptanz haben [15].

### Von der Theorie zur Praxis

Welche Aspekte bei einem ganzheitlichen Einführungsprozess zu berücksichtigen sind, war ebenfalls Inhalt des Kleingruppenworkshops im Rahmen des 4. Workshops zur Mensch-Roboter-Zusammenarbeit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (04.–05. September 2018, Dortmund). Mit 25 Teilnehmern wurde das Thema „Betriebliche Einführungsbedingungen kollaborativer Roboter“ in einem 90 minütigen Kleingruppenworkshop diskutiert. Es waren Hersteller, Anwender, Systemintegratoren, Forscher sowie Fachkräfte für Arbeitssicherheit vertreten. Das Ziel des Workshops bestand darin, für den Einführungsprozess relevante Themen zu strukturieren und zu diskutieren. Diesbezüglich sollten die Teilnehmer anhand vorgegebener Kategorien (duales Arbeitsschutzsystem und betriebliche Instanzen, Industrial Engineering und Interaktionsgestaltung sowie Beschäftigte und Evaluation) zugehörige und, im Rahmen des Einführungsprozesses eines robotischen Systems, wichtige Aspekte identifizieren. Nachdem sich die Workshop-Teilnehmer über die Inhalte der drei Oberkategorien ausgetauscht hatten, brachten sie die einzelnen Unterpunkte in einen Zusammenhang mit dem Einführungsprozess. Als Ausgangspunkt für die Diskussion sollten die Teilnehmer von der Idee ausgehen, einen kollaborativen Roboter in ein fiktives Arbeitssystem einzuführen. Davon ausgehend sollten sie den gesamten Prozess bis hin zur festen Implementierung beleuchten und die zuvor gesammelten Inhalte anhand eines zeitlichen Verlaufs sortieren.

Es zeigt sich, dass die Teilnehmer den Prozess der Technologieeinführung in vier thematische und chronologisch aufeinander folgende Abschnitte gliederten: 1) Strategie, 2) Grobplanung, 3) Feinplanung und 4) Aufstellung im Betrieb.

In der Phase der Strategie sehen die Teilnehmer die Diskussion der Entscheidungsträger über die Gründe (Vor- und Nachteile) des Einsatzes eines robotischen Systems. Des Weiteren sehen sie die frühe Beteiligung von Betriebsräten/Personalräten und die Einbindung der betroffenen Mitarbeiter als essentiell. Die Identifizierung von möglichen Anwendungsfällen, für die sich der Ein-

### DIE AUTOREN



#### Dr. Sascha Wischniewski

Dr. Sascha Wischniewski ist Maschinenbauingenieur und leitet die Gruppe „Human Factors, Ergonomie“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Seine wissenschaftliche Expertise liegt unter anderem in den Bereichen Mensch-Roboter-Interaktion, Anthropometrie und Digitale Ergonomie.

Kontakt  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
Fachgruppe „Human Factors, Ergonomie“  
Friedrich-Henkel-Weg  
1–25,44149 Dortmund  
[info-zentrum@baua.bund.de](mailto:info-zentrum@baua.bund.de)  
[www.baua.de](http://www.baua.de)

satz einer MRI eignet, ist ebenfalls Teil der Strategie des Unternehmens und bereitet die Phase der Grobplanung vor. Ergonomische Aspekte können beispielsweise einen Ansatzpunkt für die Identifikation geeigneter Anwendungsfälle darstellen und somit kann die Strategie der Erhaltung der Arbeitsfähigkeit verfolgt werden. Bei der Auswahl der Anwendungsfälle sollte auch bereits darauf geachtet werden, welche Tätigkeiten genau dem Menschen und welche dem Roboter übertragen werden. Hier können erste Use Cases Aufschluss über eine geeignete Aufgabenverteilung darstellen. Aus arbeitswissenschaftlicher Perspektive sollte bei der Auswahl der Anwendungsfälle insbesondere auf die Passung der Technologie zur Aufgabe geachtet werden [19]. Gleichzeitig sollte die Einführung eines robotischen Systems nicht dazu führen, dass nur noch Resttätigkeiten bei den Beschäftigten verbleiben [20].

In der zweiten Phase des Einführungsprozesses (Grobplanung) sehen die Workshop-Teilnehmer das Thema Beschaffung und Wirtschaftlichkeitsberechnung angesiedelt. Ausgehend davon und hinsichtlich des identifizierten Anwendungsfalles müssen hier die benötigten Schnittstellen des Roboters sowie Sensorik und Werkzeuge spezifiziert werden. In dieser erfolgt also die Entscheidung für ein bestimmtes robotisches System. Als weiterer Punkt sollte im Rahmen der zweiten Einführungsphase ein Plan für die Systemevaluation aufgestellt sowie die Simulation und Arbeitsplanung berücksichtigt werden. Simulationstools können den Prozess der Arbeitsplanung sowie Bewertung ergonomischer Aspekte unterstützen.

Im Rahmen der Feinplanung (dritte Phase des Einführungsprozesses) kommen die Teilnehmer zu dem Schluss, dass gesetzliche und untergesetzliche Regelungen bzw. Normen die größte Rolle spielen. Hier wurden zum einen die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), sowie die konkretisierenden Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) als auch die Maschinenrichtlinie und ISO Normen genannt. Die Workshop-Teilnehmer sehen den herstellerseitigen Prozess der CE-Kennzeichnung, der Risikobeurteilung sowie die Herstellerbetriebsanleitung als weitere wesentliche Aspekte der Feinplanungsphase.

Dieser Abstimmungsprozess ist auch maßgeblich für die vierte Phase des Einführungsprozesses, die Aufstellung im Betrieb. Es gab kontroverse Auffassungen darüber, welcher Akteur für den Probetrieb letztlich verantwortlich ist. Die Mehrheit schrieb diese Aufgabe jedoch dem Hersteller zu. An dieser Stelle sei auf die DGUV-Information „Probetrieb“ hingewiesen, welche Prinzipien der sicheren Inbetriebnahme erläutern [21]. Der letzten Phase des Einführungsprozesses

wird ebenfalls das Thema Unterweisung und Schulung bzw. Qualifizierung der Beschäftigten und letztlich die sichere Inbetriebnahme sowie die offizielle Abnahme durch den Betrieb zugeschrieben. Zeitgleich ist für das jeweilige Arbeitssystem die Gefährdungsbeurteilung (nach ArbSchG) durchzuführen. Prozessbegleitend sollten insbesondere Feedbackschleifen bzw. Evaluationsergebnisse zur Verbesserung des Arbeitssystems bzw. für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess genutzt werden. Abbildung 1 zeigt die erarbeiteten Workshopergebnisse in aufbereiteter und aggregierter Form.

### Fazit

Ein umfassender Einführungsprozess eines robotischen Systems im Unternehmen kann hinsichtlich der aufgeführten Aspekte (Akzeptanz, Nutzen, Effizienz etc.) förderlich sein. Insgesamt zeigen auch die Ergebnisse des Kleingruppenworkshops, dass verschiedene Akteure aus Forschung und Praxis ebenfalls Vorteile in einer umfassenden Betrachtung mit den entsprechenden vielfältigen Themengebieten sehen und somit die Wichtigkeit eines ganzheitlichen Ansatzes sich sowohl in der Theorie als auch in der Praxis widerspiegelt. Der ganzheitliche Prozess folgt einerseits den rechtlichen Grundlagen und führt andererseits zu einer beschäftigtenzentrierten Implementierung von robotischen Systemen unter Berücksichtigung der Arbeitsgestaltung. Der erwartete Erfolg und die angestrebte Zielerreichung durch den Einsatz einer MRI kann durch die Integration aller Bereiche und aller Beteiligten Personen gefördert werden. Neben sicherheitsrelevanten Vorschriften und allgemeinen Gestaltungsempfehlungen hinsichtlich der Arbeitsorganisation, empfiehlt sich eine vor allem beschäftigtenzentrierte Vorgehensweise. Eine Vernachlässigung humangerechter Gestaltungsempfehlungen kann ein großer Risikofaktor für eine erfolgreiche Einführung neuer Systeme/Technologien sein [1]. Dabei sollte der Mensch, seine individuellen Voraussetzungen, Fähigkeiten und Bedürfnisse im ganzen Prozess Berücksichtigung finden. Somit kann eine möglichst hohe Akzeptanz der betroffenen Beschäftigten und eine erfolgreiche Implementierung des Roboters im Unternehmen erreicht werden.

Zusammenfassend zeigen die hier dargestellten Ergebnisse des Workshops die Bedeutsamkeit eines ganzheitlichen Einführungsprozesses. Diese Vorgehensweise geht auch aus der Theorie hervor und betont die Wichtigkeit eines beteiligungsorientierten und iterativen Vorgehens, um eine sichere, gesunde und wettbewerbsfähige Gestaltung der Arbeit von Beginn an im Fokus zu haben. ■

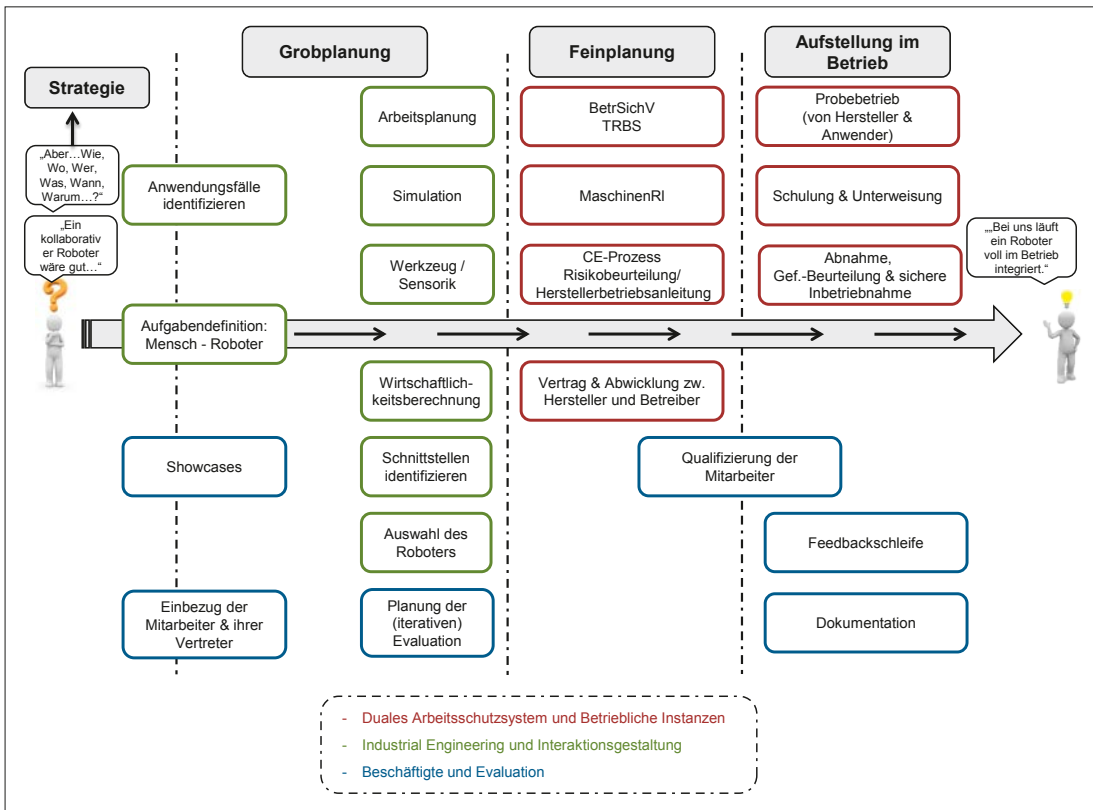


Abb. 1: Ergebnisse des Kleingruppenworkshops

## LITERATUR

- [1] Charalambous, G., Fletcher, S. & Webb, P. (2016a). Identifying the key organisational human factors for introducing human-robot-collaboration in industry: An exploratory study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 81 (9–12), 2143–2155.
- [2] Fletcher, S. R. & Webb, P. (2017). Industrial robots ethics: facing the challenges of human-robot collaboration in future manufacturing systems. In: "A World with Robots: International Conference on Robot Ethics: ICRE 2015"; 159–169.
- [3] Types of Robots (o.D.). Accessed Jan. 22, 2019. <https://robots.ieee.org/learn/types-of-robots/>
- [4] Onasch, L., Maier, X. & Jürgensohn, T. (2016). Mensch-Roboter-Interaktion – Eine Taxonomie für alle Anwendungsfälle. Dortmund: BAUA.
- [5] International Federation of Robotics, (2018). *World Robotics – Industrial Robots*. VDMA.
- [6] Botthof, A. & Hartman, E. A. (2015). *Zukunft der Arbeit in der Industrie 4.0*. Springer: Berlin, Heidelberg.
- [7] Busch, F., Hartung, J., Thomas, C., Wischniewski, S., Deuse, J. & Kühlenkötter, B. (2013). Individualisierte Arbeitsassistenz in der Produktion. *Gestaltung gesunder, sicherer und wettbewerbsfähiger Arbeit in der industriellen Produktion*. *Industrie Management*, 29 (3), 7–10.
- [8] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). *Arbeits- und Forschungsprogramm 2018–2021. Forschung für Arbeit und Gesundheit*. 1. Auflage. Dortmund.
- [9] Schiele, G. & Hallwachs, U. (2013). *Robotereinsatz Menschengerecht Geplant: Planung des Industrierobotereinsatzes unter technischen, arbeits- und sozialwissenschaftlichen Gesichtspunkten*. Berlin: Springer.
- [10] Görke, M., Blankemeyer, S., Pischke, D., Oubari, A., Raatz, A. & Nyhuis, P. (2017). Sichere und akzeptierte Kollaboration von Mensch und Maschine. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 112 (1–2), 41–45.
- [11] Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung) – Amtsblatt der Europäischen Union L 157/24.
- [12] DGUV (2017). *Kollaborierende Robotersysteme – Planung von Anlagen mit der Funktion „Leistung- und Kraftbegrenzung“*. DGUV Information. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung.
- [13] BetrSichV – Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebs-sicherheitsverordnung – BetrSichV), vom 03. Februar 2015.
- [14] Rosen, P. H. & Wischniewski, S. (2017). *Task Design in Human-Robot-Interaction Scenarios – Challenges from a Human Factors Perspective*. *Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Human Factors and Systems Interaction*: 71–82.
- [15] Wilson, M. (2015). *Implementation of robot systems. An introduction to robotics, automation, and successful systems integration in manufacturing*. Elsevier.
- [16] Charalambous, G., Fletcher, S. & Webb, P. (2016b). *Development of a human factors roadmap for the successful implementation of industrial human-robot-collaboration/Human-automation collaboration in manufacturing: identifying key implementation factors*. *Proceedings of the AHFE International Conference on Human Aspects of Advanced Manufacturing*: 195–206.
- [17] Reinhardt, J., Pereira, A., Beckert, D. & Bengler, K. (2017). *Dominance and movement cues of robot motion: A user study on trust and predictability*. *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*: 1493–1498.
- [18] Ososky, S., Sanders, T., Jentsch, F., Hancock, P. & Chen, J. Y. (2014). *Determinants of system transparency and its influence on trust in and resilience on unmanned robotic systems*. *Proceedings of SPIE 9084, Unmanned Systems Technology XVI*, 90840E.
- [19] Goodhue, D. L. & Thompson, R. L. (1995). *Task-technology fit and individual performance*. *MIS quarterly*, 213–236.
- [20] Hirsch-Kreinsen, H. & Weyer, J. (2014). *Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“*. *Soziologisches Arbeitspapier*, 38.
- [21] DGUV (2016). *Probetrieb – von Maschinen und maschinellen Anlagen*. DGUV Information. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung.