David Kremer und Sibylle Hermann

ROBOTIK FÜR MENSCHEN MIT BEHINDERUNG

Bericht zur Online-Befragung und zum Praxis-Workshop des Projekts AQUIAS

INHALT

	VERWENDETE ABKÜRZUNGEN	**4**
1.	**ZUSAMMENFASSUNG**	**5**
2.	**ZIELE DER ONLINE-BEFRAGUNG UND DES PRAXIS-WORKSHOPS**	**6**
3.	**ERGEBNISSE DER ONLINE-BEFRAGUNG**	**8**
3.1	Zielgruppe und Durchführung	8
3.2	Organisationsmerkmale	9
3.3	Beschäftigtenmerkmale	11
3.4	Produktionsmerkmale	16
3.5	Produktionsmerkmale der Grundgesamtheit der Werkstätten für Menschen mit Behinderung	18
3.6	Motivation der Einrichtungen für Mensch-Roboter-Kollaboration	21
3.7	Gestaltungskriterien für Mensch-Roboter-Kollaboration	24
3.7.1	Evaluation der Gestaltungskriterien des Projekts AQUIAS	25
3.7.2	Interpretation der Bewertung ausgewählter Kriterien	26
3.8	Produktionsaufgaben mit Potenzial für Mensch-Roboter-Kollaboration	34
4.	**ERGEBNISSE DES PRAXIS-WORKSHOPS**	**38**
4.1	Zielgruppe und Durchführung	38
4.2	Auswahlkriterien für MRK-fähige Produktionsaufgaben	39
4.3	Produktionsaufgaben und ihre Eignung für die Mensch-Roboter-Kollaboration	41
4.3.1	Produktionsaufgabe A: Temperaturfühler montieren	41
4.3.2	Produktionsaufgabe B: Palettenfertigung	42
4.3.3	Produktionsaufgabe C: Umlenkrolle montieren	43
4.3.4	Produktionsaufgabe D: Wandwinkel mit Klammer klipsen	44
4.3.5	Produktionsaufgabe E: Schlauchmontage mit Einfetten	45
4.3.6	Produktionsaufgabe F: Ventilblock entgraten	46
4.3.7	Produktionsaufgabe G: Etiketten auf Weinflaschen aufkleben	47
4.3.8	Zusammenfassung der Aufgabenmerkmale, die gegen Mensch-Roboter-Zusammenarbeit sprechen	49
4.4	Bereits existierender Robotik-Einsatz in Werkstätten für Menschen mit Behinderung	50

5. TREIBER UND BARRIEREN FÜR MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION MIT SCHWERBEHINDERTEN PRODUKTIONSMITARBEITENDEN 53
5.1 Wirtschaftlichkeit 53
5.2 Technische Machbarkeit 56
5.3 Sicherheit 57
5.4 Ergonomie 59
5.5 Arbeitsorganisation 60
5.6 Inklusion 61
5.7 Akzeptanz 62
5.8 Strategie 64

6. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN ZUR MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION FÜR WFBM UND INKLUSIONSUNTERNEHMEN 65
6.1 Empfehlungen für das Management 65
6.2 Empfehlungen für das technische Fachpersonal 66
6.3 Empfehlungen für die Politik 67

7. ANHANG: ERGEBNISSE DES FORSCHUNGSPROJEKTS AQUIAS 68
7.1 Ziel: Mensch-Roboter-Kollaboration für Menschen mit Behinderung neu denken 68
7.2 MRK-Entwurf 1: Hohe Kollaborationsnähe zwischen Mensch und Roboter 69
7.3 MRK-Entwurf 2: Drehteller mit getrennten Arbeitsbereichen für Mitarbeitende und Roboter 70
7.4 MRK-Entwurf 3: Rollenband verringert Taktkopplung zwischen Mitarbeitenden und Roboter 71
7.5 MRK-Entwurf 4: Flexibel höhenverstellbare Tische 72
7.6 Finaler MRK-Arbeitsplatz: Zusätzliches Sicherheitssystem 73

8. QUELLEN 76

VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

APAS	Automatischer Produktionsassistent der Bosch Rexroth AG
AQUIAS	Forschungsprojekt »Arbeitsqualität durch individuell angepasste Arbeitsteilung zwischen Servicerobotern und schwer-/nichtbehinderten Produktionsmitarbeitenden«
bag if	Bundesarbeitsgemeinschaft der Inklusionsfirmen
BAG WfbM	Bundesarbeitsgemeinschaft der Werkstätten für Menschen mit Behinderung
BGHM	Berufsgenossenschaft Holz und Metall
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
REHADAT	Internetportal mit Informationen zur beruflichen Teilhabe
ISAK gGmbH	Inklusionsfirma mit MRK-Pilot im Projekt AQUIAS
LBR	Leichtbauroboter
MRK	Mensch-Roboter-Kollaboration
WfbM	Werkstatt/Werkstätten für Menschen mit Behinderung

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Mensch-Roboter-Kollaboration bietet das Potenzial, Leistungseinschränkungen von Mitarbeitenden auszugleichen und deren Inklusion in die Arbeitswelt zu fördern. Werkstätten für Menschen mit Behinderung (WfbM) und Inklusionsunternehmen sind besonders dafür geeignet, individuelle Unterstützungsfunktionen der Robotik zu entwickeln. Gerade bei einfachen Produktionsaufgaben, wie sie vermehrt in WfbM und Inklusionsunternehmen vorliegen, können Roboter belastende Aufgaben übernehmen. Auch trägt die Anpassung der Robotik an die Anforderungen von Menschen mit Schwerbehinderung dazu bei, die Mensch-Roboter-Kollaboration sicher, intuitiv und nutzbringend zu gestalten, was die Attraktivität dieser Arbeitsform auch für Menschen ohne Behinderung erhöht.

Dieser Bericht stellt die Ergebnisse der Online-Befragung und des Praxis-Workshops vor, die im Anschluss an das Forschungsprojekt AQUIAS geeignete Strategien für die Verbreitung von Mensch-Roboter-Kollaboration in WfbM und Inklusionsunternehmen untersuchten. Darin werden anhand von konkreten Produktionsaufgaben die Chancen und Risiken erläutert, die interessierte WfbM und Inklusionsunternehmen auf dem Weg zum Mensch-Robotik-Arbeitsplatz beachten müssen. Die relevanten Themen sind:

- Wirtschaftlichkeit
- Technische Machbarkeit
- Sicherheit
- Ergonomie
- Arbeitsorganisation
- Inklusion
- Akzeptanz
- Strategie

Aus diesen Inhalten leitet sich ein Prüfprozess ab, den WfbM und Inklusionsunternehmen durchlaufen sollten, bevor sie in Mensch-Roboter-Kollaboration investieren. Hilfestellung geben auch die Handlungsempfehlungen und die Ergebnisse des Forschungsprojekts AQUIAS, die am Ende dieses Berichts aufgeführt sind.

Mensch-Roboter-Kollaboration wird sich dann verbreiten, wenn die Aufgaben dieser Arbeitsform für den Menschen nicht nur sicher, sondern auch attraktiv sind. Dazu trägt eine arbeitswissenschaftliche Gestaltung bei, die sicherstellt, dass der Mitarbeitende anspruchsvolle Aufgaben be- und erhält.

Erleben Sie attraktive Szenarien der Mensch-Roboter-Kollaboration auf unserer interaktiven Webseite **www.aquias.de**

2 ZIELE DER ONLINE-BEFRAGUNG UND DES PRAXIS-WORKSHOPS

Ausgangspunkt der Online-Befragung und des Praxis-Workshops zum Thema »Robotik für Menschen mit Behinderung« war die Frage, wie das Potenzial der inklusionsförderlichen Mensch-Roboter-Kollaboration in die Breite der Werkstätten für Menschen mit Behinderungen (WfbM) und Inklusionsunternehmen gebracht werden kann. Dafür wurden folgende Ziele formuliert:

1) Online-Befragung »Potenziale der Mensch-Roboter-Kollaboration für Werkstätten für Menschen mit Behinderungen (WfbM) und Inklusionsunternehmen« (Kapitel 3)

Die Online-Befragung verfolgte das Ziel,

- die Motivation der Einrichtungen für Mensch-Roboter-Kollaboration zu erfassen,
- die Einsatzvoraussetzungen der WfbM und Inklusionsunternehmen für Mensch-Roboter-Kollaboration zu ermitteln, und zwar in Hinsicht auf
  - Organisations- und Personalstruktur der Einrichtungen,
  - Behinderungsarten und Beeinträchtigungen der Beschäftigten im Produktionsbereich,
  - Segmentierung von Produktion und Produkten
  - sowie die Gestaltungskriterien für Mensch-Roboter-Kollaboration mit schwerbehinderten Mitarbeitenden zu evaluieren, die im Projekt AQUIAS entwickelt wurden.

2) Praxis-Workshop »Einsatzkonzepte für attraktive Mensch-Roboter-Kollaboration mit schwerbehinderten Produktionsmitarbeitenden« (Kapitel 4)

Der Praxis-Workshop diente dazu,

- die Ergebnisse der Online-Befragung mit Vertretern von WfbM und Inklusionsunternehmen zu diskutieren,
- anschauliche Beispiele für typische Produktionsaufgaben von WfbM und Inklusionsunternehmen zu identifizieren,
- die MRK-Fähigkeit dieser Produktionsaufgaben aus technischer Sicht zu klären sowie
- weitere Treiber und Barrieren für Mensch-Roboter-Kollaboration in WfbM und Inklusionsunternehmen zu erfassen.

Die Ergebnisse von Online-Befragung und Praxis-Workshop tragen dazu bei, den WfbM und Inklusionsunternehmen mehr Entscheidungssicherheit beim Einstieg in die Mensch-Roboter-Kollaboration mit schwerbehinderten Produktionsmitarbeitenden zu verschaffen.

Abbildung 1: Die Flyer der Online-Befragung und des Praxis-Workshops zum Thema »Robotik für Menschen mit Behinderung«.

Der Begriff »Mensch-Roboter-Kollaboration« bezieht sich in diesem Bericht auf den Einsatz von Leichtbaurobotern in der industriellen Produktion. Leichtbauroboter haben sich in den letzten Jahren dank ihrer Sicherheitsfunktionen im Feld der Mensch-Roboter-Kollaboration etabliert. Nicht gemeint sind dagegen industrielle Großroboter, die in der Regel für kraftintensive Aufgaben hinter Schutzzäunen eingesetzt werden sowie Roboter, die in nichtindustriellen Bereichen wie Pflege, Medizin, Kundenbetreuung, Unterhaltung oder Militär eingesetzt werden.

Zur besseren Lesbarkeit werden in diesem Bericht neben dem technisch exakten Begriff der »Mensch-Roboter-Kollaboration« (Abkürzung: MRK) auch die Begriffe »Mensch-Roboter-Zusammenarbeit« und »Mensch-Robotik-Arbeitsplatz« verwendet. Ebenso wird alternativ zur Bezeichnung »Beschäftigte mit Behinderung« auch die Bezeichnung »schwerbehinderte Beschäftigte« verwendet.

3 ERGEBNISSE DER ONLINE-BEFRAGUNG

3.1 ZIELGRUPPE UND DURCHFÜHRUNG

Die Online-Befragung »Potenziale der Mensch-Roboter-Kollaboration für Werkstätten für Menschen mit Behinderungen (WfbM) und Inklusionsunternehmen« wurde in der Laufzeit vom 6. August 2019 bis 4. Oktober 2019 bundesweit durchgeführt. Zielgruppen waren Werkstätten für Menschen mit Behinderung sowie Inklusionsunternehmen, die per E-Mail sowie über ihre Verbände zur Online-Befragung eingeladen wurden.

Auswahlkriterium für Werkstätten war zusätzlich, ob sie im Verzeichnis anerkannter Werkstätten für behinderte Menschen (Stand Mai 2019, Bundesagentur für Arbeit) mit dem Arbeitsbereich Metall aufgeführt sind. Das Vorliegen von Metallbearbeitung in einer Werkstatt macht den Einsatz von Robotik wahrscheinlicher, als wenn ausschließlich Dienstleistungen wie Wäscherei, Landschaftspflege oder Gastronomie zum Angebot der Werkstatt gehören.

Teilnehmer der Online-Befragung sind 101 Werkstätten für Menschen mit Behinderung, denen teilweise auch Inklusionsunternehmen angeschlossen sind, sowie 1 reines Inklusionsunternehmen.

Insbesondere seit dem Inkrafttreten des Bundesteilhabegesetzes im Jahr 2018 arbeiten WfbM und Inklusionsunternehmen häufig in einem Verbund. Da reine Inklusionsunternehmen in der Regel deutlich weniger Menschen mit Schwerbehinderung beschäftigen (2018: 13.038 Beschäftigte im Vergleich zu 312.389 in Werkstätten), mit deutlich geringeren Investitionsmitteln als WfbM ausgestattet sind und nur 13,3 Prozent der reinen Inklusionsunternehmen überhaupt Industriedienstleistungen anbieten (Quellen: BAG WfbM 2019, bag if 2019), erklärt sich deren geringere Teilnehmerquote in der Online-Befragung.

Die schwankenden Fallzahlen der folgenden Auswertungen sind durch den Umstand bedingt, dass die Befragten unterschiedlich viele (Online-)Seiten der Befragung beantwortet haben.

3.2 ORGANISATIONSMERKMALE

Die Anzahl der Standorte der teilnehmenden Einrichtungen (WfbM und Inklusionsunternehmen) zeigt Abbildung 2.

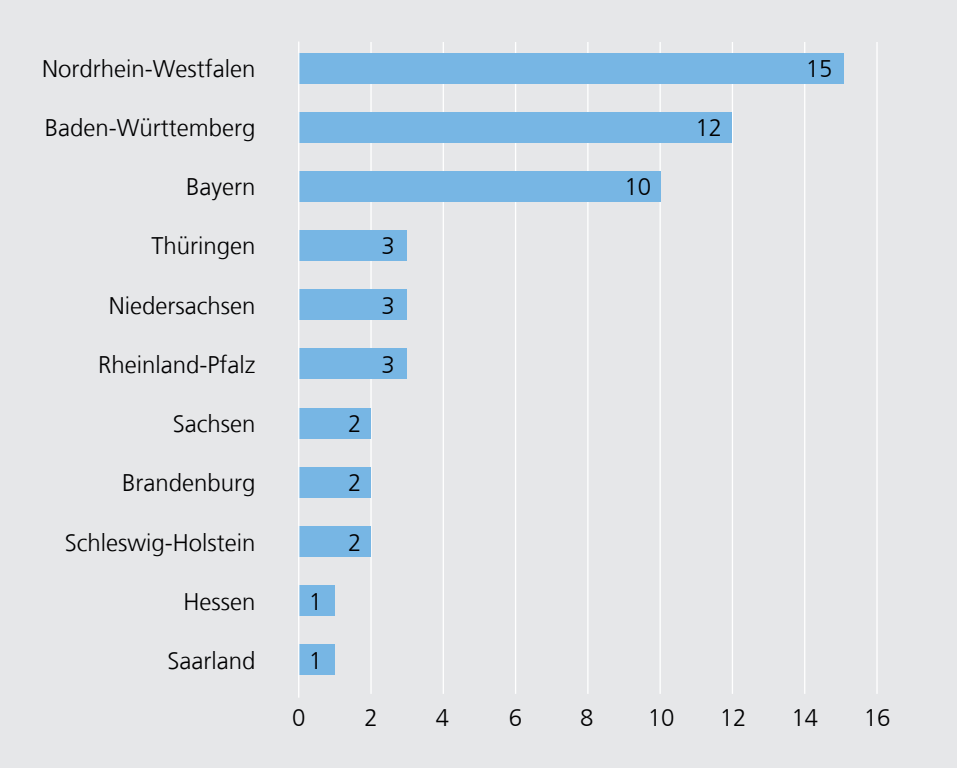
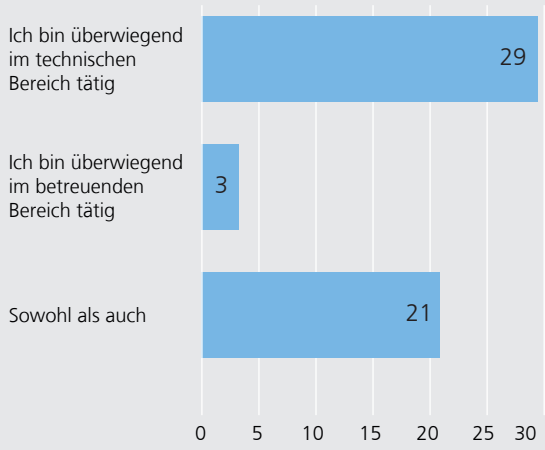


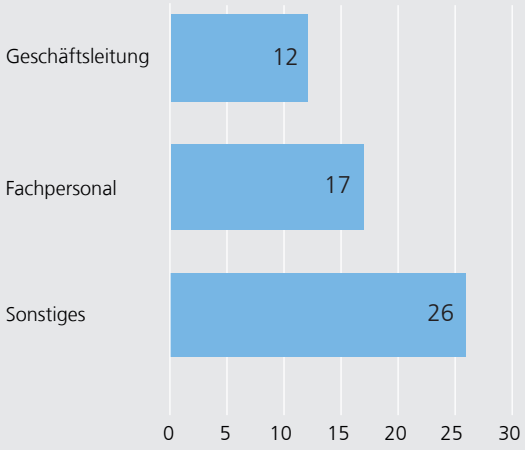
Abbildung 2: Verteilung der teilnehmenden Einrichtungen auf die Bundesländer (N = 54).

Die Verteilung der Stichprobe nach Bundesländern entspricht in etwa der realen Verteilung der WfbM laut Bundesarbeitsgemeinschaft der Werkstätten für Menschen mit Behinderung (BAG WfbM, 2018). Lediglich das Bundesland Niedersachsen ist in der Online-Befragung mit ca. 6 Prozent der Standorte gegenüber ca. 12 Prozent bundesweit laut Bundesarbeitsgemeinschaft der WfbM (2018) in der Stichprobe unterrepräsentiert. Die Bundesarbeitsgemeinschaft der WfbM vertritt 93 Prozent der deutschen WfbM (BAG WfbM 2018).

Die Tätigkeitsbereiche und Positionen der Personen, die die Online-Befragung beantwortet haben, zeigt Abbildung 3.



Tätigkeitsbereich der Befragungsteilnehmer (N = 53)



Position der Befragungsteilnehmer (N = 54)

Sonstiges:
Bereichsleitung (9x)
Einrichtungsleitung (8x)
Technische Leitung (2x)
Projektleitung (2x)
Weitere: Assistenz Leitung, Werkstattrat, k.A.

Abbildung 3: Tätigkeitsbereich und Position der Befragungsteilnehmer.

Die Befragungsteilnehmer sind mit 29 Nennungen überwiegend im technischen Bereich tätig, allerdings mit 21 Nennungen zu einem großen Anteil sowohl im technischen als auch im betreuenden Bereich ihrer Einrichtung aktiv (linker Teil der Abbildung 3). Diese Doppelfunktion ist charakteristisch für die Arbeit des Fachpersonals in WfbM. Dies bietet für die Einführung von Mensch-Roboter-Kollaboration den Vorteil, bei diesem Personenkreis gleichzeitig Wissen über die Produktion und Wissen über die schwerbehinderten Beschäftigten (z. B. behinderungsspezifischer Unterstützungs-/Führungs-/Betreuungsbedarf, Erfassung von Fähigkeiten und Einschränkungen, Qualifizierung, Arbeitsgestaltung sowie medizinische, rechtliche und pädagogische Aspekte) aus einer Hand zu erhalten. Mit 26 Nennungen haben zudem überwiegend Personen aus mittleren Führungspositionen die Befragung beantwortet (rechter Teil der Abbildung 3).

3.3 BESCHÄFTIGTENMERKMALE

Die Krankheitsrate von Menschen mit Behinderung ist im Durchschnitt deutlich höher als bei Menschen ohne Behinderung. Für eine durchgehende Auslastung des Roboters wird daher ein ausreichend großer Pool von Mitarbeitenden benötigt, um kurzfristige Ausfälle kompensieren zu können. Die Anzahl der Einrichtungen, geordnet nach Häufigkeitskategorien ihrer Beschäftigten mit Schwerbehinderung, zeigt Abbildung 4.

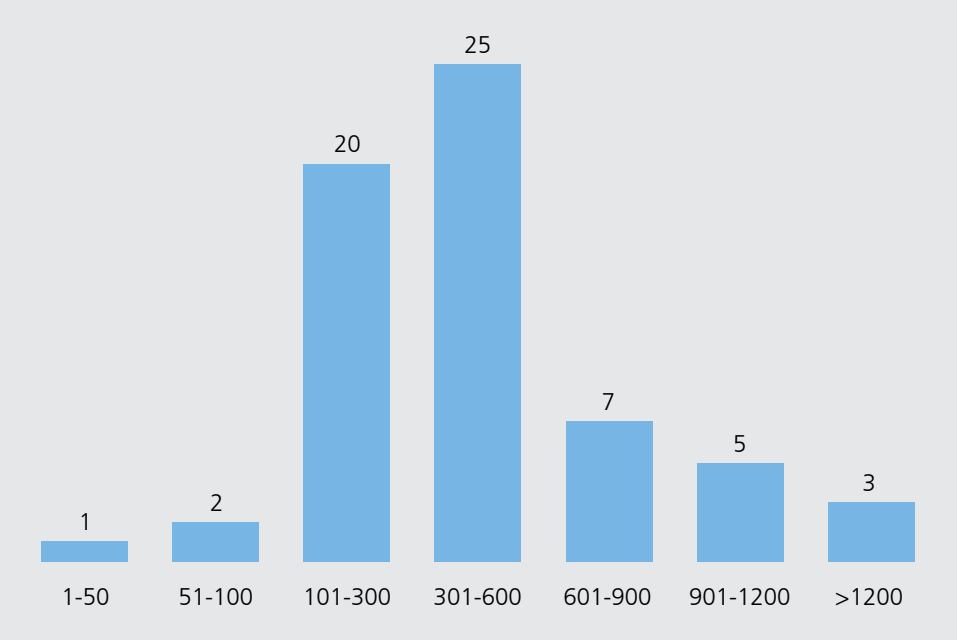


Abbildung 4: Anzahl der teilnehmenden Einrichtungen, geordnet nach Häufigkeitskategorien ihrer Beschäftigten mit Schwerbehinderung (N = 63).

48 Einrichtungen (entspricht 83 Prozent der Gesamtstichprobe) beschäftigen insgesamt bis zu 600 Menschen mit Behinderung. Immerhin 3 Einrichtungen betreuen über 1200 schwerbehinderte Beschäftigte. Abbildung 5 zeigt ebenfalls die Anzahl der Einrichtungen, geordnet nach Häufigkeitskategorien ihrer Beschäftigten mit Schwerbehinderung, hier aber ausschließlich auf den Produktionsbereich der Einrichtungen bezogen.

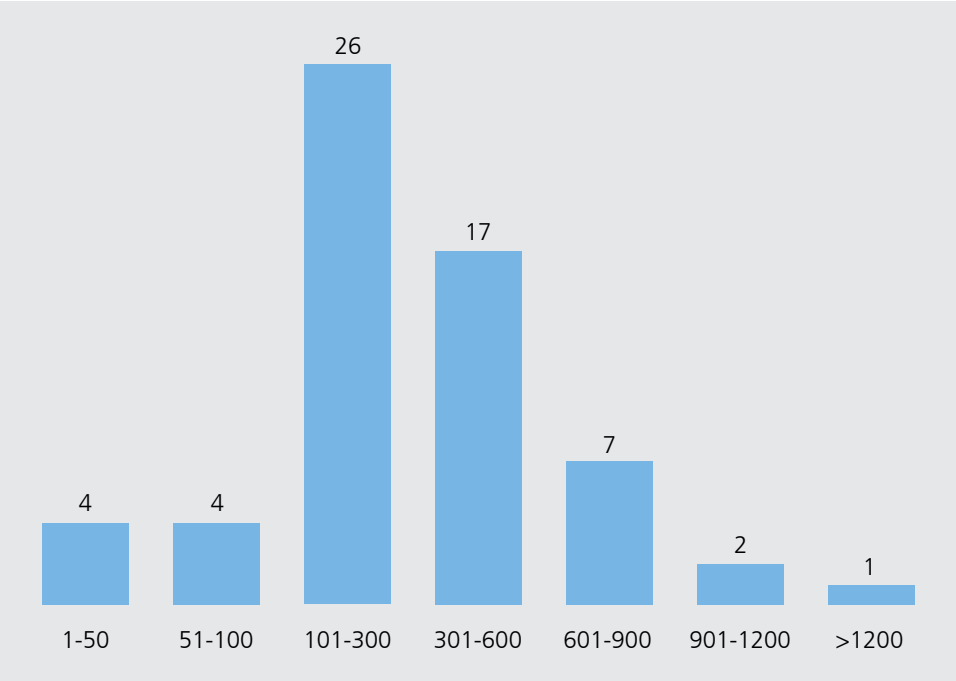


Abbildung 5: Anzahl der teilnehmenden Einrichtungen, geordnet nach Häufigkeitskategorien ihrer Beschäftigten mit Schwerbehinderung, nur Produktionsbereich (N = 61).

51 Einrichtungen (entspricht 88 Prozent) beschäftigen bis zu 600 Beschäftigte mit Behinderung in der eigenen Produktion. Da hier mit der Produktion nur ein einzelner Geschäftsbereich der Einrichtungen betrachtet wird, verschiebt sich die Verteilung der Beschäftigtenzahlen im Vergleich zu Abbildung 4 nach links.

Neben der quantitativ verfügbaren Anzahl der Beschäftigten mit Schwerbehinderung interessiert aus Sicht der Mensch-Roboter-Kollaboration auch, welche Behinderungsarten diese Beschäftigten aufweisen. Abbildung 6 führt die Angaben der Teilnehmer zu den Behinderungsarten auf, die in der Produktion der Einrichtungen am häufigsten vertreten sind. Zusätzlich sind je Behinderungsart Trendaussagen zu den körperlichen und intellektuellen Ausgangsvoraussetzungen der Beschäftigten angegeben, die für die Mensch-Roboter-Kollaboration relevant sind.

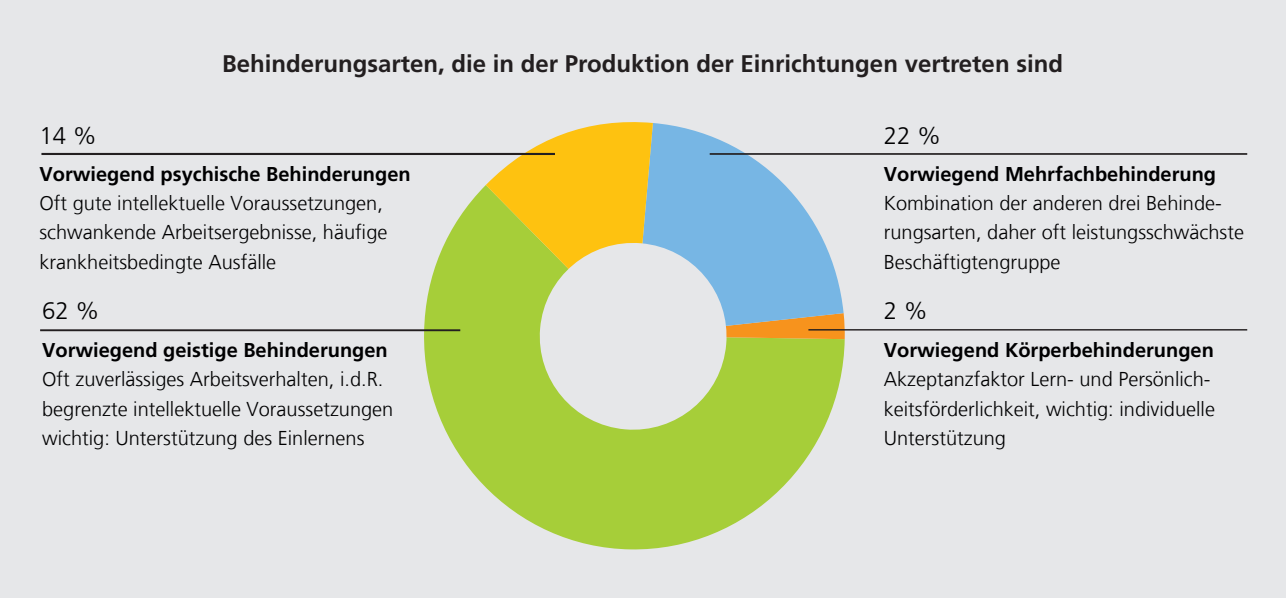


Abbildung 6: Behinderungsarten in der Produktion der Einrichtungen und deren für Mensch-Roboter-Kollaboration relevante Trend-Merkmale (N = 55).

Zwei Kriterien für die Auswahl von schwerbehinderten Beschäftigten für die Mensch-Roboter-Kollaboration sind die Fähigkeit zum intellektuellen Verständnis der Arbeitsschritte und technischen Zusammenhänge am Mensch-Roboter-Arbeitsplatz sowie die Vorhersehbarkeit des Arbeitsverhaltens. Mangelndes Verständnis der Funktionen des Mensch-Roboter-Arbeitsplatzes kann die Sicherheit und Effizienz der Arbeit gefährden, wenn z. B. die Reihenfolge der Bearbeitung eines Werkstücks durch Mensch und Roboter nicht eingehalten wird. Unvorhersehbare Veränderungen des Arbeitsverhaltens sind ebenfalls sicherheitsrelevant, z. B. wenn der Beschäftigte aufgrund von Erschrecken oder eines epileptischen Anfalls unvorhergesehene und/oder schnelle Körperbewegungen ausführt, die zu einem Zusammenstoß mit dem Greifarm führen und durch das Sicherheitssystem nicht aufgefangen werden können.

In dieser Hinsicht differieren die Gruppe der Beschäftigten mit geistiger Behinderung und die Gruppe der Beschäftigten mit psychischer Behinderung: In der ersten Gruppe ist das Arbeitsverhalten tendenziell zuverlässig, allerdings muss das Einlernen oft längere Zeit unterstützt werden, bis der Arbeitsablauf selbstständig beherrscht wird. In der zweiten Gruppe sind die intellektuellen Voraussetzungen für das Erlernen des Arbeitsablaufs tendenziell gut, jedoch kann das Arbeitsverhalten aufgrund psychischer Einschränkungen Schwankungen unterworfen sein, was sich auf Qualität, Ausbringungsmenge und Sicherheit am Mensch-Robotik-Arbeitsplatz negativ auswirken kann.

Wichtig ist, die beschriebenen Merkmale der Behinderungsarten als Trendaussagen zu verstehen, denn Fähigkeiten und Unterstützungsbedarf sind je Beschäftigtem individuell sehr unterschiedlich und müssen immer in der persönlichen Konstellation betrachtet werden. Das gilt auch für die Anwendung von Auswahlkriterien für die Mensch-Roboter-Kollaboration auf Beschäftigte mit Behinderung.

Wie Tabelle 1 zeigt, liegt die Verteilung der Behinderungsarten in der Produktion der teilnehmenden Einrichtungen (Zeile 1) nahe an den Werten der Behinderungsarten in der Grundgesamtheit der Werkstätten (Zeile 2), welche die Daten der BAG WfbM (2019) mit 93 Prozent Organisationsgrad annähernd repräsentieren. Deutlich anders sieht die Lage bei den Behinderungsarten in Inklusionsunternehmen (Zeile 3) aus: Im Vergleich zur Stichprobe weisen diese ca. 55 Prozent weniger geistige Beeinträchtigungen und ca. 9 Prozent mehr psychische Beeinträchtigungen als die Werkstätten auf. Die Kategorie »Andere« umfasst mit 48 Prozent auch, aber nicht ausschließlich, körperliche Beeinträchtigungen. Tabelle 1 enthält im Unterschied zu Abbildung 6 nicht die Kategorie »Mehrfachbehinderung«.

	Körperliche Behinderung	Psychische Behinderung	Geistige Behinderung
1) Daten Online-Befragung – Ebene Produktion	2,3 %	18,6 %	79,1 %
2) Daten BAG WfbM – Ebene Werkstätten gesamt	3,48 %	20,97 %	75,55 %
3) Daten bag-if Inklusionsunternehmen	[49 % „Andere"]	[28 % „Seelische Behinderung"]	23 %

Tabelle 1: Behinderungsarten in der Produktion der teilnehmenden Einrichtungen im Vergleich zu den Grundgesamtheiten der Werkstätten und der Inklusionsunternehmen (Quellen: BAG WfbM und bag-if, 2019).

In Inklusionsunternehmen spielen körperliche und psychische Beeinträchtigungen eine deutlich größere Rolle als in WfbM. Umgekehrt liegen in WfbM mit einem hohen Anteil geistiger Behinderungen andere Voraussetzungen für die Mensch-Roboter-Zusammenarbeit vor als in Inklusionsunternehmen. Die Auswirkungen auf die Fähigkeitsvoraussetzungen und Unterstützungspotenziale der Robotik-Mitarbeitenden sollten bei der Planung und Implementierung berücksichtigt werden.

Die große Bedeutung der geistigen Behinderungen zeigt sich auch in der differenzierten Betrachtung der behinderungsbedingten Beeinträchtigungen, die Abbildung 7 wiedergibt.

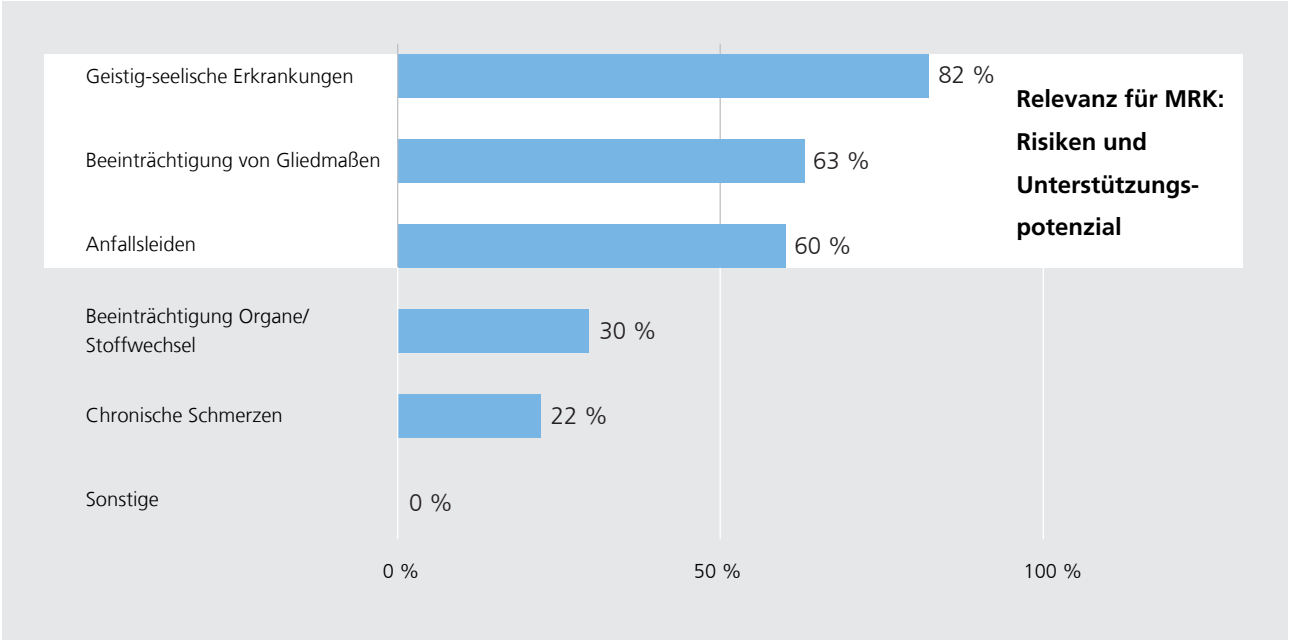


Abbildung 7: Anteil der Einrichtungen, die Personen mit diesen Beeinträchtigungen in der Produktion beschäftigen (Mehrfachnennungen möglich, N=73).

Hier führen mit 82 Prozent die geistig-seelischen Erkrankungen, gefolgt von Beeinträchtigungen der Gliedmaßen und Anfallsleiden. Die Relevanz dieser Zahlen für das Unterstützungspotenzial der Mensch-Roboter-Kollaboration liegt z. B. in der Möglichkeit, manuell einseitig eingeschränkte Personen durch die »dritte Hand« des Roboter-Greifarms zu unterstützen oder Lernschwierigkeiten durch ein unterstützendes Lernsystem auszugleichen, welches an den Roboter gekoppelt ist. Für die obligatorische Gefährdungsbeurteilung zur Mensch-Roboter-Kollaboration spielt dagegen eine Rolle, wie häufig und in welcher Intensität eine Person unter Anfällen leidet, die ihre Wahrnehmung und Handlungsfähigkeit in sicherheitsrelevantem Umfang beeinträchtigen.

3.4 PRODUKTIONSMERKMALE

Für den Einsatz von Mensch-Roboter-Kollaboration sind die Geschäftsbereiche der Eigenproduktion und der industriellen Auftragsarbeiten innerhalb der Einrichtungen besonders relevant. Der Geschäftsbereich Eigenproduktion bietet den Vorteil, für den Robotik-Einsatz geeignete Produkte gezielt in das eigene Sortiment aufnehmen zu können. Auftragsarbeiten hingegen erreichen oft höhere Losgrößen mit identischen Produkten, die einen Robotik-Einsatz wirtschaftlich sinnvoll machen. Dieser kann auch zu den Produktivitäts- und Zeitzielen der Kundenprodukte beitragen. In diesem Bereich fallen oft Montageaufgaben an, die mit Robotern unterstützt werden können. Wie Abbildung 8 zeigt, besitzen 88 Prozent der befragten Einrichtungen einen Geschäftsbereich »Auftragsarbeiten« und 59 Prozent einen Geschäftsbereich »Eigenproduktion«.

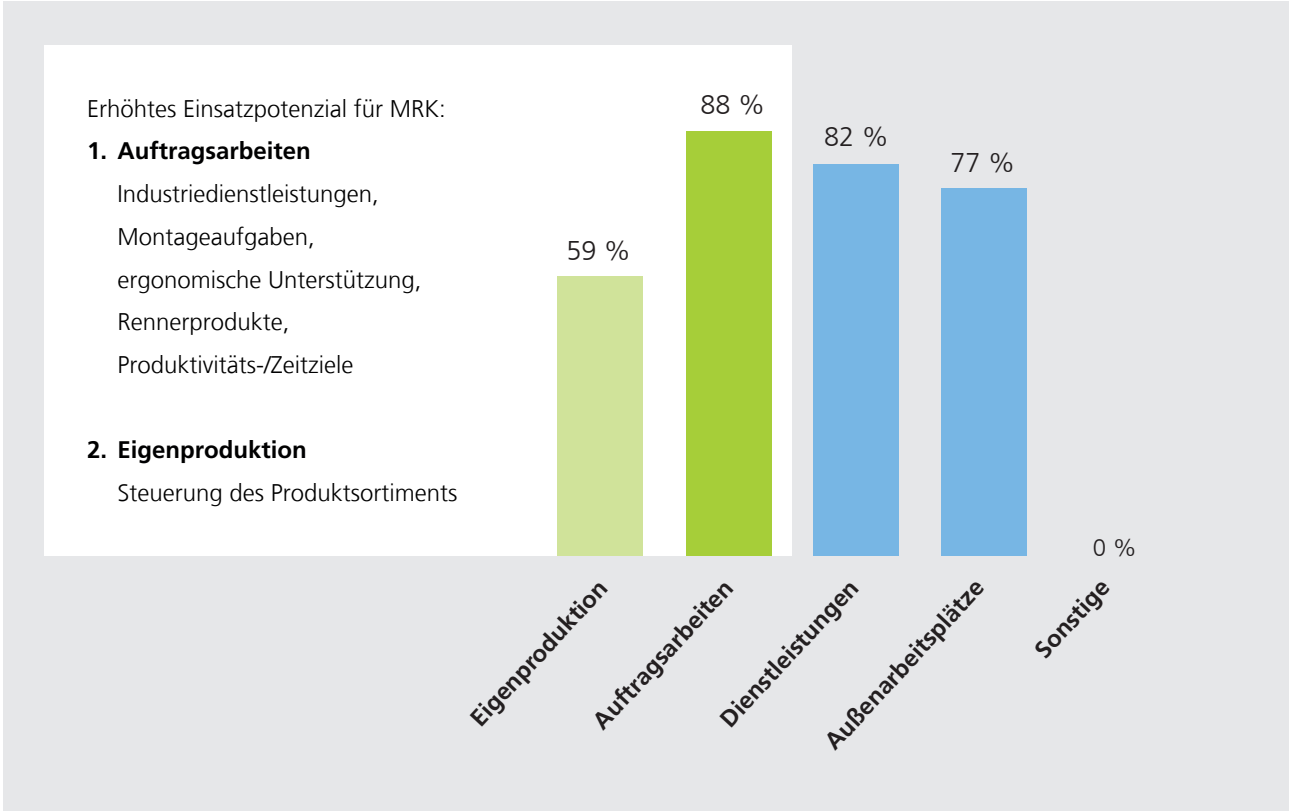


Abbildung 8: Geschäftsbereiche der befragten Einrichtungen und deren Einsatzpotenzial für Mensch-Roboter-Kollaboration (N = 78).

Abbildung 9 zeigt die Arten der Produktion, die in den Geschäftsbereichen Eigenproduktion und Auftragsarbeiten der befragten Einrichtungen existieren. Die meisten Einrichtungen verfügen über alle vier Bereiche. Die in der Montage anfallenden Handling-Aufgaben sind für Robotik-Unterstützung relevant, weil hier oft gleichförmige und repetitive Verrichtungen anfallen. Im Bereich Prüfen/Kontrollieren (wie auch beim Verpacken) sind die Anforderungen an das Handling von Prüfgeräten und Prüfteilen oft anspruchsvoller, hier kann ggf. ein mit Sensoren ausgestatteter Roboter Aufgabenanteile übernehmen. In der Fertigung können zudem Aufgaben mit höherem Krafteinsatz oder Gefährdungspotenzial anfallen, wie z. B. Fügen und Schweißen, die einen Robotik-Einsatz sinnvoll machen. Der Aufgabenbereich Verpacken ist für die Mensch-Roboter-Zusammenarbeit wegen der höheren Handling-Anforderungen tendenziell weniger geeignet.

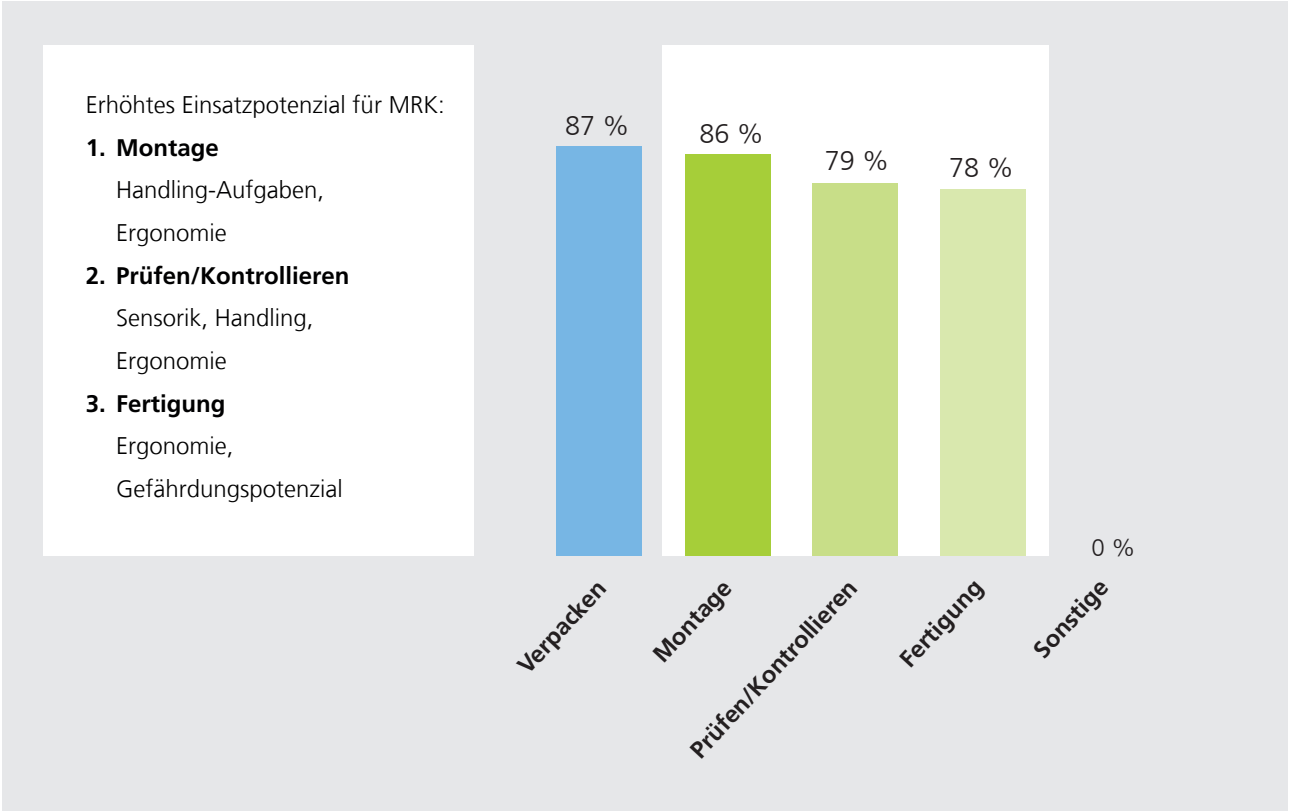


Abbildung 9: Aufgabenbereiche in der Eigenproduktion und bei Auftragsarbeiten und deren Einsatzpotenzial für Mensch-Roboter-Kollaboration (N = 78).

3.5 PRODUKTIONSMERKMALE DER GRUNDGESAMTHEIT DER WERKSTÄTTEN FÜR MENSCHEN MIT BEHINDERUNG

Abbildung 10 zeigt eine zusätzliche Auswertung der Arbeitsbereiche, die in WfbM vorhanden sind und die jeweils unterschiedliches Potenzial für den Einsatz von Robotik besitzen. Die Angaben basieren auf dem Verzeichnis der gesetzlich anerkannten WfbM der Bundesagentur für Arbeit (2019).

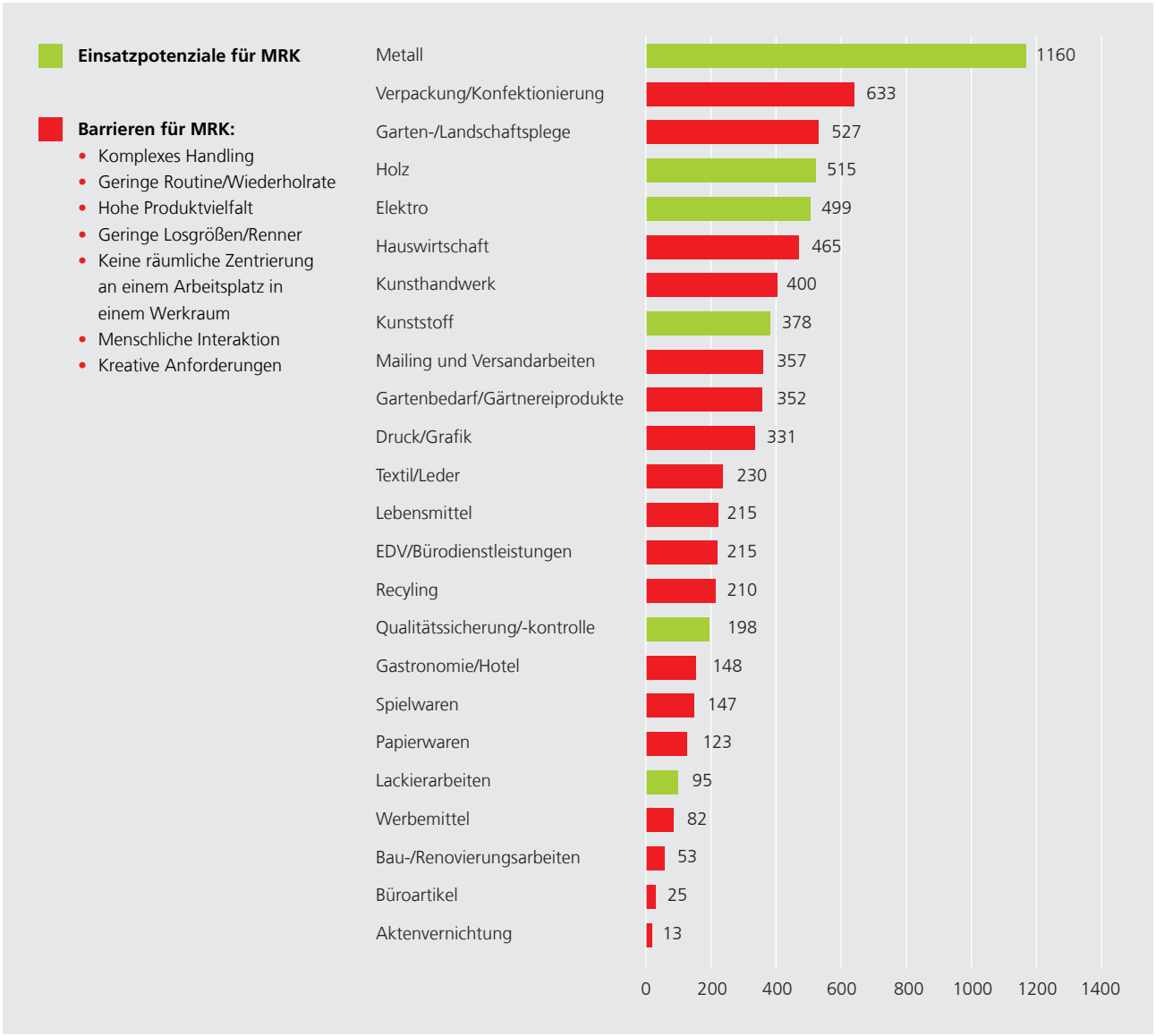


Abbildung 10: Anzahl der Werkstätten mit jeweiligem Arbeitsbereich und deren Einsatzpotenziale bzw. Barrieren für Mensch-Roboter-Kollaboration (Basis: Verzeichnis der gesetzlich anerkannten WfbM der Bundesagentur für Arbeit 2019).

Tendenziell für den Einsatz von Mensch-Roboter-Kollaboration geeignet werden hier die Arbeitsbereiche Metall, Holz, Elektro, Kunststoff, Qualitätssicherung/-kontrolle und Lackierarbeiten eingeschätzt. Diese Bereiche gehören häufig zum Produktionsbereich einer WfbM. Der Bereich Qualitätssicherung birgt das grundsätzliche Potenzial, sensorische Fähigkeiten des Roboters einzusetzen. Lackierarbeiten gehören zu den potenziell belastenden Aufgaben und können ebenfalls ein Argument für den Robotereinsatz sein. Alle diese Bereiche haben gemeinsam, dass die Arbeiten an einem stationären Arbeitsplatz zusammengefasst sind und in einem Raum durchgeführt werden, der gegen Wettereinfluss abgeschirmt und mit gängiger Produktionsausstattung (z. B. Strom, Licht) versehen ist.

Tendenziell ungeeignet sind dagegen die anderen Arbeitsbereiche, z. B.:

- Garten-/Landschaftspflege: Keine räumliche Zentrierung des Arbeitsplatzes, hohe Mobilität erforderlich
- Kunsthandwerk: Kreativ-manuelle Fähigkeiten sind nicht durch den Roboter ersetzbar, geringe Losgröße
- Hauswirtschaft: Wechselnde Einsatzorte und Wege, schnell wechselnde Arbeitsaufgaben
- Recycling: Komplexe Handling-Anforderungen, viele wechselnde Arbeitsgegenstände
- Gastronomie: Menschliche Interaktion ist nicht durch den Roboter ersetzbar, hohe Präzisionsanforderungen beim Greifen von Objekten

Ansätze, humanoide Roboter in Dienstleistungsbranchen einzusetzen, existieren zwar z. B. in Pflege und Einzelhandel. Der Einsatz von Leichtbaurobotern in Arbeitsbereichen mit hoher menschlicher Interaktion ist jedoch aktuell wenig verbreitet. Dies betrifft auch viele Dienstleistungen, die WfbM und Inklusionsunternehmen anbieten.

Wie Abbildung 10 zeigt, besitzen 1.160 WfbM einen Arbeitsbereich Metall, der damit der häufigste Arbeitsbereich der Werkstätten ist. Abbildung 11 stellt dar, welche Teilarbeitsbereiche der Arbeitsbereich Metall umfasst.

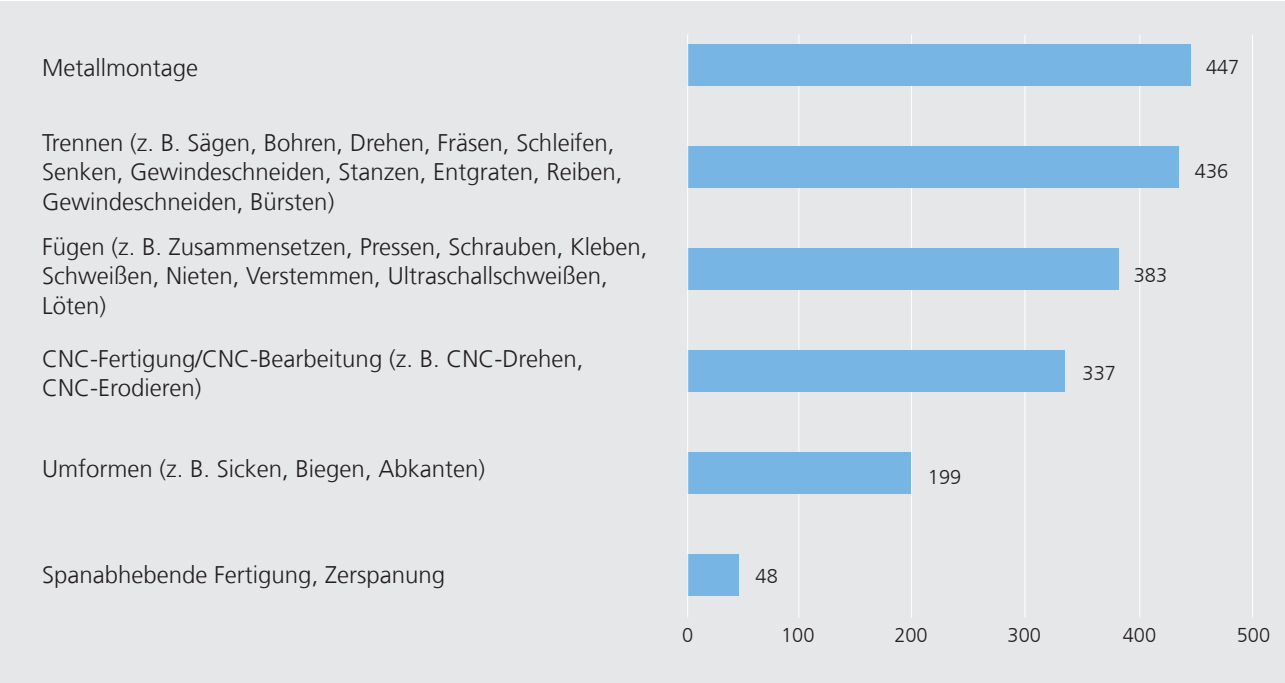


Abbildung 11: Anzahl der Werkstätten mit jeweiligem Teilarbeitsbereich des Arbeitsbereichs »Metall« (Basis: Verzeichnis der gesetzlich anerkannten WfbM der Bundesagentur für Arbeit 2019).

3.6 MOTIVATION DER EINRICHTUNGEN FÜR MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION

Das Interesse der WfbM und Inklusionsunternehmen an Mensch-Roboter-Kollaboration bezieht sich in erster Linie auf die ergonomische Unterstützung der Mitarbeitenden und die Aufwertung der Produktion durch den Robotik-Einsatz (Abbildung 12). Nachgeordnet erscheinen dagegen wirtschaftliche Gründe und Wettbewerbsvorteile.

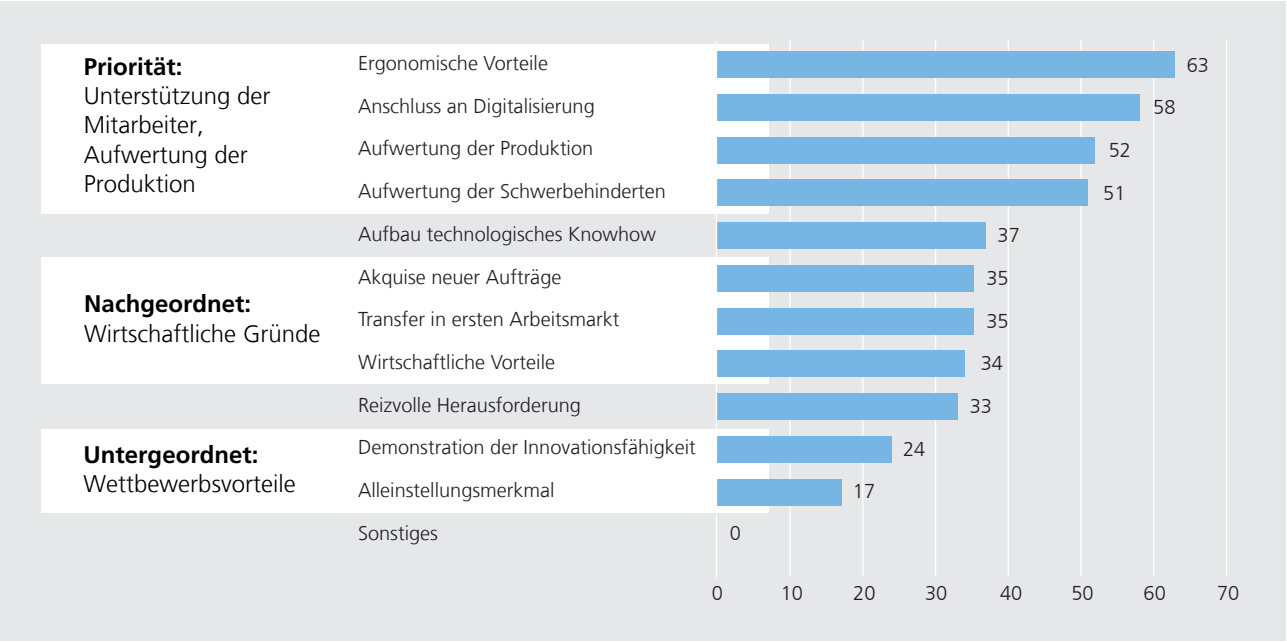


Abbildung 12: Gründe für das Interesse der Einrichtungen an Mensch-Roboter-Kollaboration (N = 116).

Die vier meistgenannten Gründe betreffen die Unterstützung der Mitarbeitenden und die Aufwertung der Produktion. Satzungsgemäß haben WfbM und Inklusionsunternehmen den Auftrag, Menschen mit Schwerbehinderung die Teilhabe am Arbeitsleben durch Qualifizierungs- und Unterstützungsmaßnahmen zu ermöglichen. Die meist einfachen Tätigkeiten mit hoher Gleichförmigkeit und Wiederholrate in der Produktion der Einrichtungen können aber zu gesundheitlichen Belastungen für die Beschäftigten führen. Dieses Belastungsrisiko wird ggf. durch behinderungsbedingte körperliche Einschränkungen verstärkt. Übereinstimmend stehen die ergonomischen Vorteile des Robotik-Einsatzes deshalb an der Spitze der genannten Motivationsgründe.

APAS assistant

Zwar hat das Teilhabegesetz prinzipiell neue Wettbewerber für WfbM zugelassen, faktisch haben die Werkstätten aber – wohl auch durch ihre einzigartige Kompetenzbündelung – weiterhin eine starke Marktposition. Dies steht in Übereinstimmung zu den Ergebnissen der Abbildung 12: So wird die Aufwertung der Produktion und der Beschäftigten mit Schwerbehinderung häufig als Motivationsgrund für MRK genannt (Platz 3 und 4), die wirtschaftlichen Vorteile belegen dagegen nur Platz 8 und die Demonstration der Innovationsfähigkeit sowie Alleinstellungsmerkmale nur Platz 10 und 11.

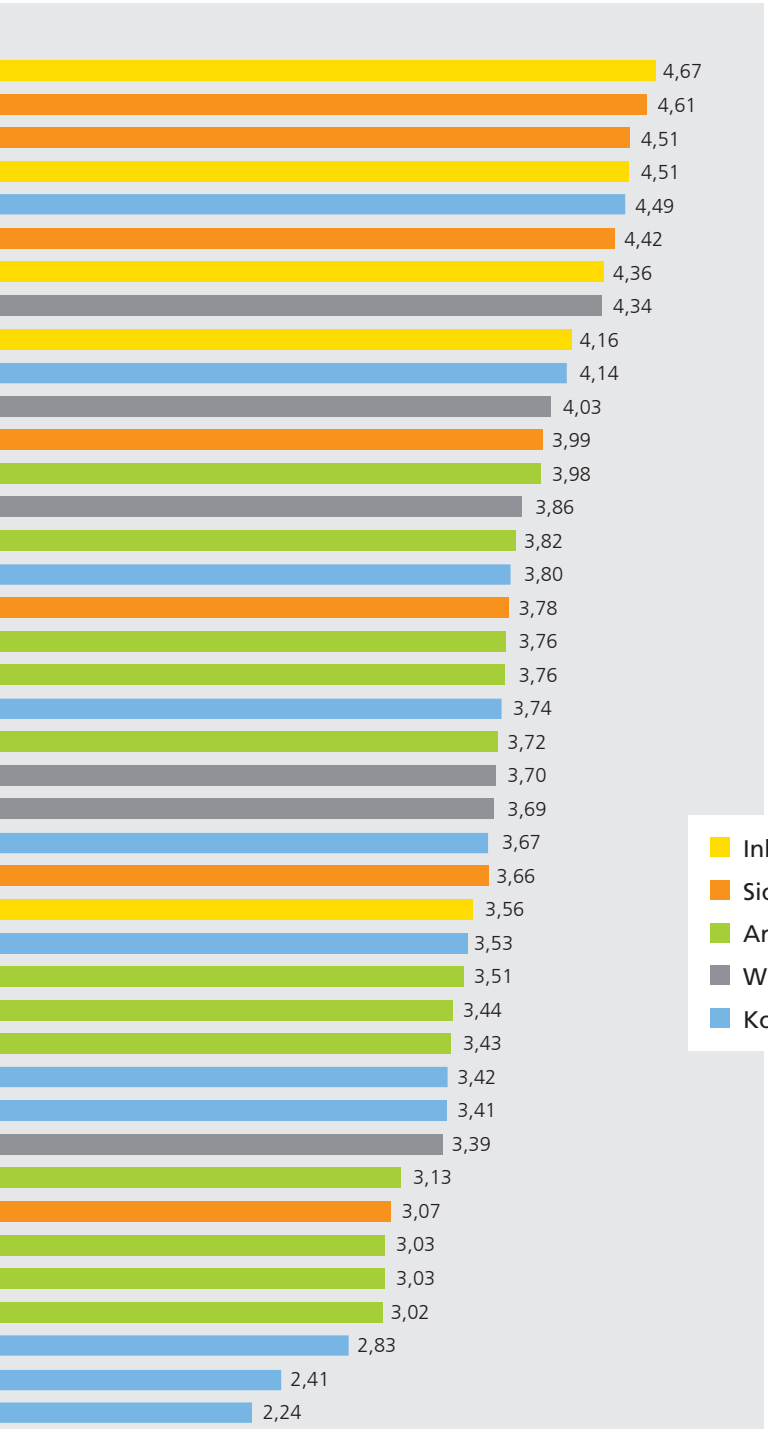
Auf Basis der Ergebnisse kann allerdings nicht unterschieden werden, ob wirtschaftliche Gründe für die Einrichtungen per se der Unterstützung der Mitarbeitenden nachgeordnet sind oder ob speziell der Mensch-Roboter-Kollaboration eher unterstützende als wirtschaftliche Effekte zugeschrieben werden.

Die Themen der Digitalisierung und Automatisierung sind in den letzten Jahren für WfbM und Inklusionsunternehmen immer wichtiger geworden. Die Einrichtungen wollen angesichts der Entwicklungen der Industrie 4.0 nicht den Anschluss verlieren. Während WfbM in der Vergangenheit aufgrund ihrer öffentlichen Förderung oft Marktnischen mit einem konstanten Kundenstamm belegten, steigt im Bereich der Auftragsarbeiten der Wettbewerbsdruck. Zudem führen die Entwicklungen der Industrie 4.0 zum Bedürfnis, technologisch nicht abgehängt zu werden. Wenn Kunden und Kundinnen oder Wettbewerber der Einrichtungen mit immer leistungsfähigerer Technologie diejenigen Arbeiten automatisieren, die bisher an WfbM und Inklusionsunternehmen zur manuellen Bearbeitung vergeben wurden, können diese Aufträge wegbrechen. Dies kann für die Einrichtungen zu einem Preis- und Qualitätsdruck führen sowie zum Bestreben, höherwertige Aufgaben als bisher zu bearbeiten. Inklusionsunternehmen sind diesem Wettbewerbsdruck deutlich stärker ausgesetzt als WfbM, da sie im Vergleich geringere finanzielle Zuschüsse aus der öffentlichen Hand erhalten.

Der Wunsch nach Aufwertung der Produktion durch Robotik lässt sich in Unternehmen der Privatwirtschaft ebenfalls finden. Wichtig ist jedoch, den konkreten Einsatznutzen des Roboters in den Vordergrund zu stellen.

3.7 GESTALTUNGSKRITERIEN FÜR MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION

1) Durch den MRK-Einsatz erweitert sich der Kreis der Beschäftigten, welche diese Aufgabe durchführen können (z. B. nur ein Arm einsetzbar).
2) Der Beschäftigte kann den Bewegungsablauf des Greifarms jederzeit unterbrechen (z. B. Not-Aus).
3) Der Beschäftigte erhält am MRK-Arbeitsplatz keine widersprüchlichen Signale/Informationen.
4) Beschäftigte unterschiedlicher Leistungsfähigkeit können am MRK-Arbeitsplatz arbeiten.
5) Der MRK-Arbeitsplatz ist vor Manipulation der Technik durch Beschäftigte geschützt.
6) Der MRK-Arbeitsplatz verhindert die Umgehung der Sicherheitssysteme durch Beschäftigte.
7) Beschäftigte mit unterschiedliche Behinderungsarten können am MRK-Arbeitsplatz arbeiten.
8) Der MRK-Arbeitsplatz erhöht die Qualität (Produkt/Prozess) des ursprünglichen, manuellen Arbeitsvorgangs.
9) Der MRK-Arbeitsplatz wird partizipativ mit den Beschäftigten zusammen eingeführt.
10) Der Beschäftigte kann anhand von Signalen den Arbeitsstatus des Roboters (z. B. Bereit, Halt, Fehler) erkennen.
11) Der MRK-Arbeitsplatz trägt durch seine Ergonomie präventiv zu niedrigem Krankenstand bei.
12) Der Beschäftigte kann den Bewegungsablauf des Greifarms gut vorhersehen.
13) Auch Beschäftigte mit schwankenden Lern-/Leistungskurven können am MRK-Arbeitsplatz arbeiten.
14) Der MRK-Arbeitsplatz ist Werbung für unsere Einrichtung und unsere Angebote.
15) Der Beschäftigte wird von ungünstigen Haltungen und Bewegungen entlastet.
16) Der Beschäftigte gibt dem Roboter die Geschwindigkeit vor.
17) Unbeabsichtigte Berührung zwischen Beschäftigtem und Greifarm wird vermieden.
18) Der Beschäftigte kann am MRK-Arbeitsplatz alle folgenden Arbeitsaufgaben bearbeiten: Vorbereiten, Durchführen, Kontrollieren, Organisieren.
19) Der MRK-Arbeitsplatz erhöht die Stressbelastung (Zeitvorgaben, Anforderungen) der ursprünglichen, manuellen Arbeitsaufgabe nicht.
20) Der MRK-Arbeitsplatz trägt dazu bei, den Beschäftigten zu aktivieren (z. B. durch Aufforderungssignal).
21) Der Beschäftigte wird am MRK-Arbeitsplatz durch digitale Anleitung beim Einlernen in die Aufgabe unterstützt.
22) Kurze Förderstrecken des Arbeitsmaterials verringern den Platzbedarf.
23) Der MRK-Arbeitsplatz erhöht die Produktivität/Ausbringungsmenge des ursprünglichen, manuellen Arbeitsvorgangs.
24) Trotz Robotereinsatz behält der Beschäftigte die Verantwortung für sein Arbeitsergebnis.
25) Ein Erschrecken des Beschäftigten wird verhindert, z. B. durch ausreichend Abstand zum Roboter.
26) Am MRK-Arbeitsplatz können Nichtbehinderte und Schwerbehinderte zusammen arbeiten.
27) Der Roboter sammelt keine leistungsrelevanten Daten des Beschäftigten (Privacy).
28) Der Beschäftigte wird beim Heben/Bewegen von Gegenständen entlastet.
29) Der Beschäftigte kann zeitweise selbständig zwischen Aufgaben wählen, z. B. Bestücken/Kontrollieren.
30) Der MRK-Arbeitsplatz erhöht die Monotonie (Gleichförmigkeit, Wiederholrate) der ursprünglichen, manuellen Arbeitsaufgabe nicht.
31) Der Roboter unterstützt die Aufsicht des Beschäftigten durch das Fachpersonal (z. B. durch Unterstützung des Einlernens).
32) Der Beschäftigte kontrolliert sein Arbeitsergebnis am MRK-Arbeitsplatz selbst, z. B. Qualität/Menge.
33) Der Verzicht auf Aufbauten und Zuführtechnik am MRK-Arbeitsplatz verringert die Kosten
34) Der Roboter übernimmt ausschließlich belastende Aufgaben des Beschäftigten.
35) Der Beschäftigte kann den Roboter steuern, indem er ihn am Greifarm berührt.
36) Die Beschäftigten können am MRK-Arbeitsplatz miteinander kommunizieren.
37) Die Beschäftigten können am MRK-Arbeitsplatz zwischen Sitzen und Stehen wechseln.
38) Der Roboter verkürzt die Taktdauer des ursprünglichen, manuellen Arbeitsvorgangs nicht.
39) Der Roboter sammelt keine sicherheitsrelevanten Daten der Produktion (Security).
40) Der Roboter sammelt leistungsrelevante Daten der Beschäftigten, um Leistungsschwankungen anzuzeigen.
41) Der Roboter gibt dem Beschäftigten die Geschwindigkeit vor.



3.7.1 Evaluation der Gestaltungskriterien des Projekts AQUIAS

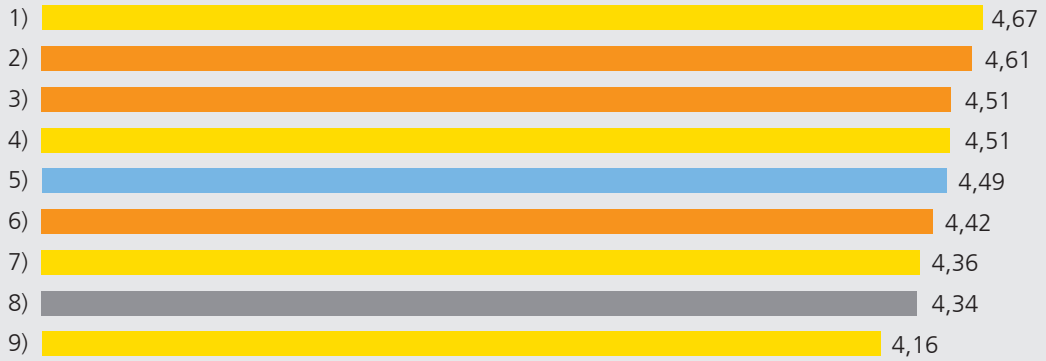
Im Projekt AQUIAS wurden Kriterien für die Gestaltung von Mensch-Roboter-Kollaboration mit schwerbehinderten Produktionsmitarbeitenden entwickelt. Abbildung 13 zeigt, wie die befragten Einrichtungen die Relevanz dieser Gestaltungskriterien einstufen.

Jedes Gestaltungskriterium ist einer der Kategorien Inklusion, Sicherheit, Arbeitsgestaltung, Wirtschaftlichkeit oder Kontrolle zugeordnet und in der Legende der Abbildung 13 farblich markiert. Abbildung 13 zeigt, dass unter den am höchsten bewerteten Kriterien die Kategorien Inklusion (gelb) und Sicherheit (rot) dominieren. Abbildung 14 vermittelt einen näheren Blick auf diese im Spitzenfeld der Verteilung vertretenen Kriterien.

Abbildung 13:
Evaluation der Kriterien für die Gestaltung von Mensch-Robotik-Arbeitsplätzen für Beschäftigte mit Behinderung
(1 = kaum relevant, 5 = sehr relevant, N = 90).

3.7.2 Interpretation der Bewertung ausgewählter Kriterien aus Abbildung 13

In die folgenden Erläuterungen der ausgewählten Merkmale fließen Erkenntnisse ein, die im Projekt AQUIAS und im Praxis-Workshop auf qualitativem Wege gewonnen wurden. Dies hilft, die Ergebnisse der Evaluation in den Arbeitskontext der WfbM und Inklusionsunternehmen einzuordnen.



1) Durch den MRK-Einsatz erweitert sich der Kreis der Beschäftigten, welche diese Aufgabe durchführen können (z. B. nur ein Arm einsetzbar).
2) Der Beschäftigte kann den Bewegungsablauf des Greifarms jederzeit unterbrechen (z. B. Not-Aus).
3) Der Beschäftigte erhält am MRK-Arbeitsplatz keine widersprüchlichen Signale/Informationen.
4) Beschäftigte unterschiedlicher Leistungsfähigkeit können am MRK-Arbeitsplatz arbeiten.
5) Der MRK-Arbeitsplatz ist vor Manipulation der Technik durch Beschäftigte geschützt.
6) Der MRK-Arbeitsplatz verhindert die Umgehung der Sicherheitssysteme durch Beschäftigte.
7) Beschäftigte mit unterschiedliche Behinderungsarten können am MRK-Arbeitsplatz arbeiten.
8) Der MRK-Arbeitsplatz erhöht die Qualität (Produkt/Prozess) des ursprünglichen, manuellen Arbeitsvorgangs.
9) Der MRK-Arbeitsplatz wird partizipativ mit den Beschäftigten zusammen eingeführt.

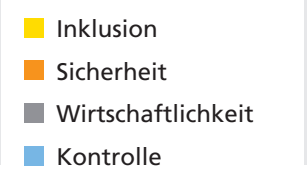


Abbildung 14: Vorrang der Inklusion und Sicherheit in der Spitzengruppe der Nennungen.

Welche Gestaltungskriterien der Inklusion werden am höchsten bewertet? (Abbildung 14)

Die höchste durchschnittliche Bewertung erhält das Gestaltungsziel, den Kreis der Beschäftigten zu erweitern, die eine bestimmte Aufgabe durchführen können (Position 1). WfbM und Inklusionsunternehmen haben satzungsgemäß den Auftrag, Menschen mit Schwerbehinderung die Teilhabe am Arbeitsleben zu ermöglichen. Durch den zunehmenden Wegfall einfacher Aufgaben infolge Automatisierung wird es jedoch immer schwieriger, auch die leistungsschwächeren Mitarbeitenden mit angemessenen Aufgaben zu versorgen.

Die Einrichtungen sehen zudem einen Motivationsanreiz für Leistungsschwächere darin, durch Roboterunterstützung auch anspruchsvollere Aufgaben bearbeiten zu können. Der Mensch-Roboter-Kollaboration wird demnach zugetraut, die Inklusion zu unterstützen, was sich auch in den Kriterien auf den Positionen 4) und 7) widerspiegelt: Beschäftigte mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit und unterschiedlichen Behinderungsarten sollen am Mensch-Robotik-Arbeitsplatz beschäftigt werden. Ein möglicher Zusatznutzen: Wenn das aufgabenbezogene Einsatzspektrum der Beschäftigten größer ist, muss das Fachpersonal bei Produktionsengpässen weniger häufig einspringen, um die erforderliche Stückzahl zu gewährleisten. Ebenfalls zur Kategorie Inklusion gehört die partizipative Einführung der Mensch-Roboter-Kollaboration mit den Beschäftigten (Position 9).

Welche Gestaltungskriterien der Sicherheit werden am häufigsten genannt?

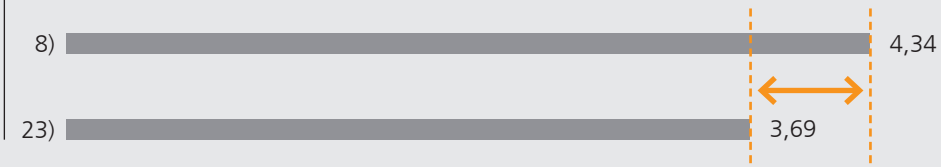
In der Kategorie Sicherheit wird auf Position 2) durchschnittlich am höchsten bewertet, dass Bewegungen des Greifarms jederzeit unterbrochen werden können. Dies ist vor dem Hintergrund der tendenziell höheren Irritierbarkeit von schwerbehinderten Beschäftigten nachvollziehbar. Dass Beschäftigte keine widersprüchlichen Informationen erhalten sollen (Position 3), ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass besonders Menschen mit geistiger Behinderung eine begrenzte Toleranz für komplexe Situationen haben und auf klar strukturierte Arbeitsaufgaben angewiesen sind. Einfache Routineaufgaben, die für Nichtbehinderte monoton erscheinen, können für Beschäftigte mit Schwerbehinderung eine sichere Nische sein, in der sie vor Überforderung geschützt sind.

Die Platzierungen 5) und 6) beziehen sich darauf, dass schwerbehinderte Beschäftigte weder die Technik des Robotik-Arbeitsplatzes manipulieren (Kategorie Kontrolle, Farbe: Blau) noch die Sicherheitssysteme umgehen können sollen. Das weniger vorhersehbare Arbeitsverhalten von Menschen mit geistiger und psychischer Behinderung erklärt die hohe Bewertung dieser

Kriterien. In den Fällen, in denen nichtbehinderte Produktionsmitarbeitende Sicherheitssysteme umgehen, geht es häufig darum, Geschwindigkeitsvorteile zu erzielen, z. B. in der Akkordarbeit. Manipulationen Schwerbehinderter sind dagegen in der Regel weniger vorhersehbar und könnten z. B. Spielen am Roboter, Klettern auf/unter den Arbeitsplatz oder mutwilliges Stoppen des Greifarms beinhalten. Dazu fehlen jedoch konkrete Erfahrungswerte.

Warum ist die Erhöhung der Qualität wichtiger als die Erhöhung der Produktivität? (Abbildung 15)

Die Erhöhung der Qualität durch Robotik-Einsatz (Position 8) wird im Durchschnitt deutlich höher eingestuft als die Steigerung der Produktivität (Position 23). Aus Sicht der Einrichtungen entstehen Qualitätsprobleme in der Produktion oft verhaltensbedingt, d. h. durch unpräzises oder fehlerhaftes Arbeitsverhalten der Beschäftigten. Die Leistungsschwankungen der Mitarbeitenden sind je nach Behinderungsart, Persönlichkeit und Tagesform individuell sehr unterschiedlich. Qualitätsprobleme können auch entstehen, wenn versucht wird, die Ausbringungsmenge zu steigern, und die Beschäftigten durch den höheren Zeitdruck mehr Fehler machen. Um Qualitätsmängel und erkrankungsbedingte Ausfälle von Beschäftigten zu kompensieren, arbeitet das betreuende Fachpersonal oft in der Produktion mit, was bei diesen naturgemäß weniger beliebt ist als die eigentliche Facharbeit. Das Ziel der Produktivitätssteigerung durch Robotik dürfte deshalb – im Vergleich zu Industriebetrieben der Privatwirtschaft – bei WfbM und Inklusionsunternehmen weniger im Vordergrund stehen als die Qualitätssteigerung.



8) Der MRK-Arbeitsplatz erhöht die Qualität (Produkt/Prozess) des ursprünglichen, manuellen Arbeitsvorgangs.

23) Der MRK-Arbeitsplatz erhöht die Produktivität/Ausbringungsmenge des ursprünglichen, manuellen Arbeitsvorgangs.

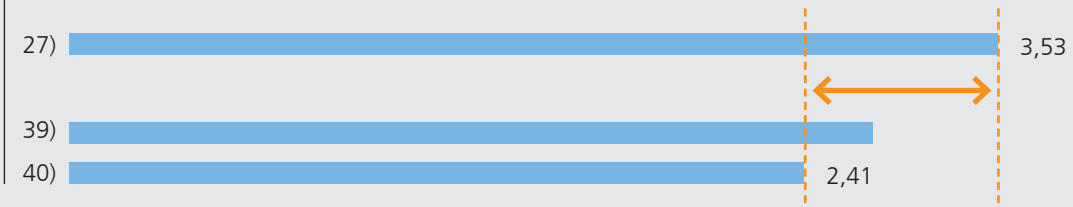
Wirtschaftlichkeit

Abbildung 15: Erhöhung der Qualität wichtiger als Erhöhung der Produktivität.

Warum wird die Frage der Sammlung leistungs- und sicherheitsrelevanter Daten durch den Roboter als wenig relevant bewertet? (Abbildung 16)

Während die allgemeine Frage der Sammlung persönlicher Daten (Privacy) einen Platz im Mittelfeld erhält (Position 27), landet die Frage nach der Sammlung leistungsrelevanter Daten zum Zweck der Identifizierung von individuellen Leistungsschwankungen der Beschäftigten auf dem vorletzten Platz (Position 40). Die meisten Einrichtungen sehen folglich wenig Bedarf, Leistungsschwankungen zu erfassen. Im Workshop wurde dies damit begründet, dass das betreuende Fachpersonal die Beschäftigten mit Schwerbehinderung so gut kennt, dass Leistungsschwankungen auch ohne digitale Erfassung rechtzeitig erkannt werden. Eine einzelne Einrichtung sah dies jedoch anders und berichtete von Fällen, in denen Mitarbeitende erhebliche Leistungsschwankungen hatten, die vom Fachpersonal aber erst nach Ende der Schicht anhand der verringerten Anzahl und Qualität der gefertigten Teile bemerkt wurden. In diesem Fall könnte eine automatische Erfassung dem Vorgesetzten helfen, früher auf veränderte körperliche oder psychische Zustände der betreffenden Person einzugehen, was auch im Interesse dieser Person wäre. Allerdings würden datenschutzrechtliche Bestimmungen in diesem Szenario eine wichtige und begrenzende Rolle spielen.

Die niedrige Relevanz der Sammlung von Produktionsdaten durch den Roboter (Position 39) lässt sich durch den – im Vergleich zu Unternehmen der Privatwirtschaft – oft begrenzten Digitalisierungs- und Technisierungsgrad der Produktion von WfbM und Inklusionsunternehmen begründen. Dies macht einen Missbrauch betrieblicher Daten unwahrscheinlich.



27) Der Roboter sammelt keine leistungsrelevanten Daten des Beschäftigten (Privacy).

39) Der Roboter sammelt keine sicherheitsrelevanten Daten der Produktion (Security).

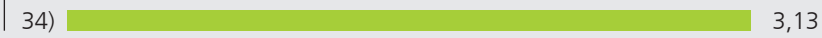
40) Der Roboter sammelt leistungsrelevante Daten der Beschäftigten, um Leistungsschwankungen anzuzeigen.

Kontrolle

Abbildung 16: Bewertung der Datensammlung durch den Roboter.

Warum wird es als wenig relevant bewertet, dass der Roboter ausschließlich belastende Aufgaben übernimmt? (Abbildung 17)

Das mit dem Robotik-Einsatz verbundene Risiko, Arbeitsinhalte der Beschäftigten zu automatisieren, liegt laut Teilnehmern des Workshops nicht im Fokus der befragten Personen. Dies kann dadurch begründet sein, dass in deren beruflicher Rolle der Einsatz von Technologie stets der Unterstützung der schwerbehinderten Beschäftigten dient und nicht deren Verdrängung. In der Entwicklungsphase eines Mensch-Robotik-Arbeitsplatzes ist jedoch die Frage entscheidend, welche Aufgaben des Menschen der Roboter übernimmt und welche Aufgabenanteile beim Menschen verbleiben. An dieser Stelle kann es zu Konflikten zwischen Zielen der Wirtschaftlichkeit, der Qualität und der Arbeitsgestaltung kommen. Dieser Umstand sollte stärker ins Bewusstsein der Einrichtungen gelangen, die eine Mensch-Roboter-Kollaboration in Betracht ziehen. In der Privatwirtschaft amortisieren sich Roboter häufig durch den Wegfall von Aufgaben der Mitarbeitenden und die dadurch erzielten Personaleinsparungen.



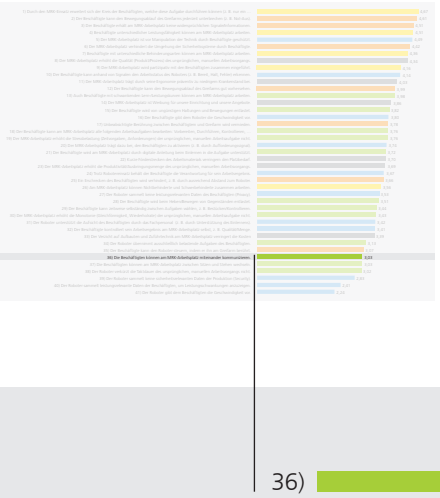
34) Der Roboter übernimmt ausschließlich belastende Aufgaben des Beschäftigten.

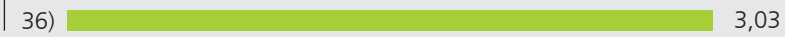
Arbeitsgestaltung

Abbildung 17: Automatisierung von Aufgaben durch den Roboter.

Warum wird die Kommunikation zwischen Beschäftigten am Mensch-Robotik-Arbeitsplatz als wenig relevant betrachtet? (Abbildung 18)

Aus Sicht der Einrichtungen ist es oft eher kontraproduktiv, wenn Beschäftigte an ihrem Arbeitsplatz in der Produktion kommunizieren. Stattdessen soll die Fähigkeit zur Konzentration und zum eigenständigen Arbeiten ausgebaut werden, des Weiteren ist der Geräuschpegel oft bereits durch Maschinen hoch. Zudem können sich Beschäftigte durch Gespräche leicht gegenseitig ablenken, was Qualitätsprobleme zur Folge haben kann. Außerdem sind die Aufgaben in der Regel so durchschaubar, dass eine Hilfestellung durch Kollegen nicht erforderlich ist.





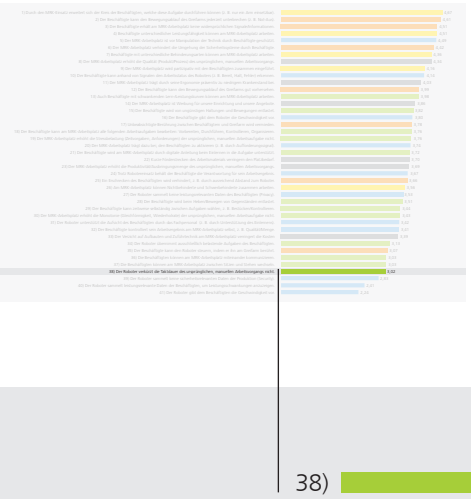
36) Die Beschäftigten können am MRK-Arbeitsplatz miteinander kommunizieren.

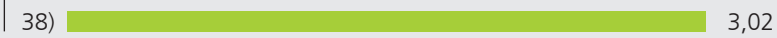
Arbeitsgestaltung

Abbildung 18: Kommunikation am Mensch-Robotik-Arbeitsplatz.

Warum spielt die Verkürzung der Taktdauer durch den Roboter eine geringe Rolle? (Abbildung 19)

In der Privatwirtschaft wird mit dem Roboter-Einsatz häufig eine Verringerung der Taktdauer (Dauer eines vollständigen Arbeitsdurchlaufs) angestrebt, um die Produktivität zu steigern. Dies steht mit dem Ziel der Arbeitsgestaltung in Konflikt, monotone, kurzzyklische und repetitive Aufgaben und deren negative Folgen für Gesundheit und Motivation zu vermeiden. Die durchschnittlich niedrige Bewertung dieses Aspekts in der Befragung kann dadurch erklärt werden, dass viele Produktionsaufgaben von WfbM und Inklusionsunternehmen ohnehin eine sehr geringe Taktdauer aufweisen, die kaum verringert werden kann. Außerdem kann eine lange Taktdauer für Beschäftigte mit Behinderung eine Überforderung darstellen, da sie dann zu viele unterschiedliche Arbeitsinhalte beherrschen müssen.





38) Der Roboter verkürzt die Taktdauer des ursprünglichen, manuellen Arbeitsvorgangs nicht.

Arbeitsgestaltung

Abbildung 19: Verkürzung der Taktdauer durch Roboter vermeiden.

Warum soll der Roboter dem Beschäftigten die Arbeitsgeschwindigkeit nicht vorgeben? (Abbildung 20)

Hintergrund dieser Frage, deren Relevanz in der Befragung unter allen Kriterien durchschnittlich am niedrigsten eingestuft wurde, ist eine Erfahrung des Projekts AQUIAS. Hier wurde festgestellt, dass manche Mitarbeitende mit Behinderung im Schichtverlauf zu einem nachlassenden Arbeitstempo neigen, was z. B. behinderungsbedingt an einer geringeren Fähigkeit zur Selbstbeobachtung und Selbststeuerung aufgrund intellektueller Einschränkungen liegen kann. In diesem Fall wäre – in Grenzen – eine Vorgabe des Arbeitstempos durch den Roboter hilfreich, um die Arbeitsgeschwindigkeit zu stabilisieren, soweit nicht gesundheitliche oder ethische Gründe dagegen sprechen. Der Roboter darf aber mit seiner Taktvorgabe (z. B. durch das Anreichen eines Werkstücks) keinen übermäßigen Stress beim Beschäftigten auslösen. Dazu gehört auch der implizite Aufforderungscharakter, der entsteht, wenn der Roboter seine Bereitschaft signalisiert, vom Beschäftigten bearbeitete Werkteile anzunehmen. Schon der Eindruck, dass der Roboter auf den Input des Beschäftigten »wartet«, kann bei diesem Stress auslösen.

41) Der Roboter gibt dem Beschäftigten die Geschwindigkeit vor.

Abbildung 20: Roboter soll Arbeitsgeschwindigkeit nicht vorgeben.

Aus Sicht der Einrichtungen ist aber ohnehin keine starre Regulierung des Taktes wünschenswert. Die Arbeitsgeschwindigkeit sollte durch das betreuende Fachpersonal eingestellt und angepasst werden. Wenn überhaupt, sollte sich die Taktvorgabe dynamisch an Situationsumstände anpassen. Im Zusammenspiel mit Körperdaten, die in Echtzeit beispielsweise durch eine Smartwatch erfasst werden, ergeben sich hier für die Zukunft interessante Möglichkeiten der individuellen Unterstützung von Beschäftigten mit Behinderung.

3.8 PRODUKTIONSAUFGABEN MIT POTENZIAL FÜR MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION

In der Online-Befragung wurden die teilnehmenden Einrichtungen gebeten, eigene Produktionsaufgaben zu benennen, die möglicherweise für Mensch-Roboter-Kollaboration infrage kommen. Zur Auswahl dieser Produktionsaufgaben erhielten die Teilnehmer Kriterien aus den folgenden zwei Bereichen:

1) Renner-Produkte mit kontinuierlichem Bestelleingang und hoher Stückzahl/ Losgröße

Eine Robotik-Anwendung wird in der Regel auf ein bestimmtes Produkt maßgeschneidert. Deshalb ist es notwendig, dass ein Produkt lange, kontinuierlich und in hoher Stückzahl im Unternehmen bearbeitet wird (Renner-Produkt). Nur dann ist aus wirtschaftlicher Sicht gewährleistet, dass der Roboter nach der Entwicklungs- und Anlaufzeit ausreichend lange produktiv eingesetzt werden kann.

2) Produktionsaufgaben mit folgenden Merkmalen:

- Einfache Montage-/Handling-/Sortieraufgaben
- Entnehmen und Einlegen von Teilen
- Häufig zu haltende/bewegende Gewichte bis 5 Kilogramm
- Gleichförmige, wiederholte, lang andauernde Vorgänge
- Hohe Ansprüche an Genauigkeit/Qualität
- Dosiertes/gleichmäßiges Aufbringen z. B. von Kleber
- Ergonomisch ungünstige Körperhaltungen
- Fett, Schmutz, Staub, Chemikalien
- Sonstige belastende Aufgaben/Gefährdungsrisiko
- Dritte Hand erforderlich

Diese Kriterien beziehen sich auf Leistungsmerkmale und typische Einsatzzwecke von Leichtbaurobotern (vgl. Bauer 2016). Die Gewichtsgrenze für zu hebende Teile von 5 Kilogramm wurde gewählt, um Szenarien mit kostengünstigen Leichtbaurobotern darstellen zu können, da höhere Gewichtsklassen teurer sind. Abbildung 21 zeigt, wie sich die von den befragten Einrichtungen genannten Produktionsaufgaben auf die Kriterien für den Einsatz von Mensch-Roboter-Kollaboration verteilen.

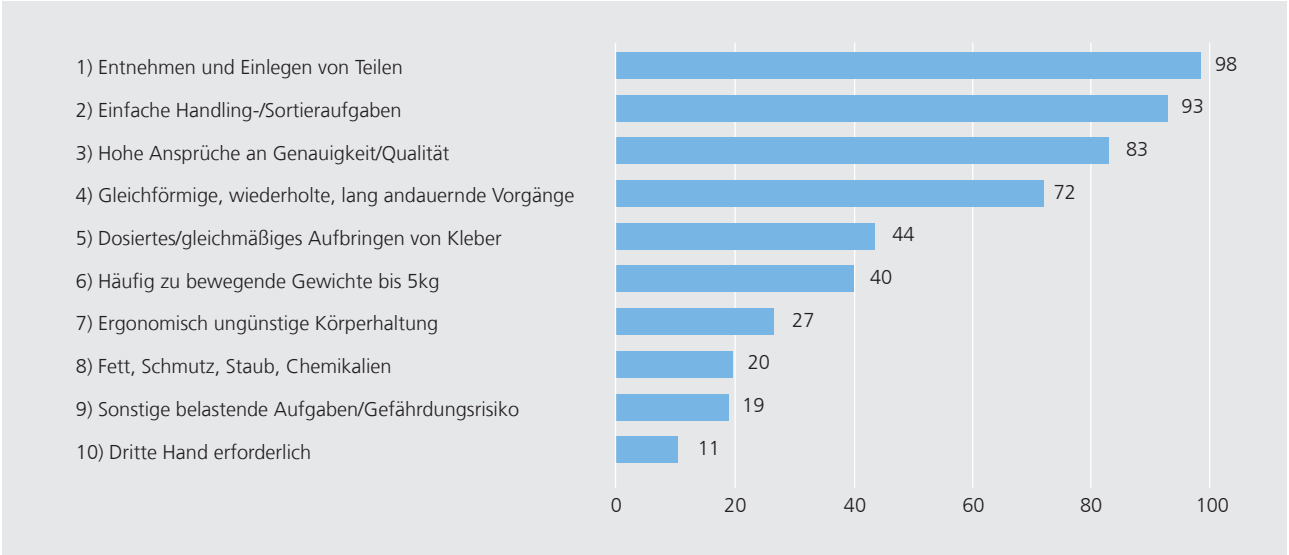


Abbildung 21: Verteilung der Kriterien der Produktionsaufgaben, die von den Einrichtungen für MRK-Einsatz in Betracht gezogen werden (N = 50)..

Die vier am häufigsten genannten Kriterien beschreiben einfache, repetitive und feinmotorisch anspruchsvolle Montageaufgaben, die in der Produktion von WfbM und Inklusionsunternehmen häufig vorkommen. Auf Position 5 bis 10 befinden sich dagegen spezielle Merkmale wie Aufbringen von Kleber oder unergonomische Körperhaltungen.

Die folgende Aufzählung enthält Beispiele für Produktionsaufgaben, die nach Einschätzung der teilnehmenden Einrichtungen den genannten Kriterien für Mensch-Roboter-Kollaboration entsprechen:

- Bierkästen bestücken – manuell aus 20er-Kästen entnehmen, in 11er-Kästen einstecken, die vollen Kästen palettieren
- Aluminiumprofile montieren
- Bauteile von Druckmaschinen herstellen – Hartstahl bearbeiten
- Beutel bestücken: 4 Schrauben, 4 Dübel, 4 Beilagscheiben, 3 verschiedene Hahnstücke und 1 Spritze aus Box entnehmen und in Kunststoffbeutel verpacken
- Chemiekanister-Kappen: Kappen in Vorrichtung einlegen, fräsen lassen, entnehmen, entgraten, in Vorrichtung einlegen, Membran einschweißen, entnehmen, kontrollieren
- Klipse einsetzen
- Dichtringe für Gasdruckfedern montieren (Automotiv, Flugzeugbau)
- Dichtringe konfektionieren (Automotiv)
- Einbauwinkel verpressen

- Einwegpaletten herstellen – Holzteile zutragen und positionieren, manuell druckluftnageln
- Elektromontage: Hängetaster entnehmen und Teile einlegen
- Elektroteile verpacken
- Fahrradtaschenhalterung: Einzelteile zusammensetzen, verpressen, kontrollieren, in Vorrichtung einlegen, Band einführen, verschrauben, entnehmen, kontrollieren
- Falzmaschine bedienen oder händisch Zickzackfalz von Briefen aufbringen
- Fußbodengleiter einlegen und verschrauben
- Fußteile in Stellgetriebe einsetzen
- Garn von einer Rolle entfernen
- Garten-/Landschaftsbau
- Glasplatten auf Holzwerkstoffe kleben (Möbelindustrie)
- Grillanzünder: Holzteile präzise zusammensetzen, Rohteile wachsen
- Gummis abwiegen und verpacken
- Haltekappen aufsetzen und eindrücken
- Halter für Abgassysteme: Gummipuffer montieren
- Hammerkopfschrauben herstellen – Material zuführen, stanzen, bohren, verpressen
- Handhebelpresse: Teile entnehmen, in Presse einlegen, Pressvorgang durchführen, Teil entnehmen
- Holzkeile sortieren und eintüten
- Holzkisten: Montieren, Leim genau/gleichmäßig auftragen, mit Klammergerät zusammenschießen
- Holzschuhlöffel herstellen – Kontur manuell fräsen
- Hydraulikverschraubungen montieren
- Info-Post kuvertieren – Inhalte manuell zusammentragen, einstecken in Kuvert
- Kabel ablängen
- Kartonagen falten
- Klappböcke: Teile in Maschinen einlegen, entnehmen, montieren und kontrollieren
- Klappschwinglager vorbereiten, vernieten, kontrollieren
- Korbwaren: Flechten, binden, knoten, streichen, färben, kontrollieren
- Kriechtunnel montieren, schweißen, lackieren, verpacken
- Kugelpfanne montieren
- Lattenrost montieren
- Lebensmittel verpacken: Bestimmte Anzahl eines Produkts eintüten
- Leere Bierflaschen sortieren – manuell greifen, einstecken, palettieren, 20er-Kästen mit leeren Flaschen abtransportieren
- Leuchten montieren

- Messestand-Bauteile manuell reinigen
- Metallrahmen verpacken
- Metalltransportketten: 50 Meter Kette auf Haspel aufwickeln, Federn mit einer Zange spannen, in Kette einsetzen
- Möbel montieren
- Muttern montieren
- O-Ringe aus Kunststoff montieren
- Polybeutel verpacken
- Rohrschellen montieren
- Rohrverbinder vorbereiten und verschrauben
- Sanitärausstattung kommissionieren
- Sanitärverschraubungen montieren
- Schalterkästen für Kabelfernsehen montieren
- Schlauchbox montieren, teilweise mit Fett
- Schlauchmontage: Schlauch auf Stutzen aufschieben, Schlauchschellen montieren
- Schleifarbeiten durchführen
- Schrauben: Rohling entnehmen, Rohling in Maschine einlegen, Maschine starten, Fräskopf reinigen, Rohling entnehmen
- Siebdruck-T-Shirt: Beutel manuell aufziehen, Druckfarbe manuell rakeln
- Stiftverpackung konfektionieren
- Tampondruckarbeiten durchführen
- Tasten aufsetzen für Fahrzeug-Armaturenbretter für die Automobilbranche
- Teile für Metallbearbeitung einlegen, CNC-Fräsen in Serie
- Verbandtaschen konfektionieren
- Verschiedene Größen und Anzahl von Schrauben verpacken
- Verschlusskappen sortieren
- Warndreiecke montieren
- Wäsche genau zusammenlegen
- Wendeschneidplatten: Sehr kleine Teile entnehmen, zu 10 Stk. in Schachteln verpacken
- Werkzeugträgerkoffer konfektionieren (Elektrogerätehersteller)
- Wertmarken kommissionieren
- Zubehörbeutel für Rahmenproduktion konfektionieren
- Zündkabel: Alle Einzelteile zusammenführen und Endkontrolle durchführen

Im Praxis-Workshop wurden einige dieser Beispiele genauer auf ihre Eignung für die Mensch-Roboter-Zusammenarbeit untersucht.

4 ERGEBNISSE DES PRAXIS-WORKSHOPS

4.1 ZIELGRUPPE UND DURCHFÜHRUNG

Der Praxis-Workshop »Einsatzkonzepte für attraktive Mensch-Roboter-Kollaboration mit schwerbehinderten Produktionsmitarbeitenden« wurde am 24. September 2019 am Fraunhofer IAO in Stuttgart durchgeführt. Zielgruppen waren bundesweit Werkstätten für Menschen mit Behinderung sowie Inklusionsunternehmen, die per E-Mail sowie über ihre Verbände zum Praxis-Workshop eingeladen wurden.

Auswahlkriterium für Werkstätten war zusätzlich, ob sie im Verzeichnis anerkannter Werkstätten für behinderte Menschen (Stand Mai 2019, Bundesagentur für Arbeit) mit dem Arbeitsbereich Metall aufgeführt sind. Das Vorliegen von Metallbearbeitung in einer Werkstatt macht den Einsatz von Robotik wahrscheinlicher, als wenn ausschließlich Dienstleistungen wie Wäscherei, Landschaftspflege oder Gastronomie zum Angebot der Werkstatt gehören.

Teilnehmer des Praxis-Workshops waren Vertreter von 20 Werkstätten für Menschen mit Behinderung, die teilweise auch Inklusionsunternehmen beinhalten, sowie 2 reine Inklusionsunternehmen.

Insbesondere seit dem Inkrafttreten des Bundesteilhabegesetzes im Jahr 2018 arbeiten WfbM und Inklusionsunternehmen häufig in einem Verbund. Da reine Inklusionsunternehmen in der Regel deutlich weniger Menschen mit Schwerbehinderung beschäftigen (2018: 13.038 Beschäftigte im Vergleich zu 312.389 in Werkstätten), mit deutlich geringeren Investitionsmitteln als WfbM ausgestattet sind und nur 13,3 Prozent der reinen Inklusionsunternehmen überhaupt Industriedienstleistungen anbieten (Quelle: BAG WfbM 2019, bag if 2019), erklärt sich deren geringere Teilnehmerquote am Praxis-Workshop.

4.2 AUSWAHLKRITERIEN FÜR MRK-FÄHIGE PRODUKTIONS-AUFGABEN

Analog zur Online-Befragung wurden auch die Teilnehmer des Praxis-Workshops gebeten, eigene Produktionsaufgaben zu benennen, die möglicherweise für Mensch-Roboter-Kollaboration infrage kommen. Zur Auswahl dieser Produktionsaufgaben erhielten die Teilnehmer die identischen Kriterien wie in der Online-Befragung:

1) Renner-Produkte mit kontinuierlichem Bestelleingang und hoher Stückzahl / Losgröße

Eine Robotik-Anwendung wird in der Regel auf ein bestimmtes Produkt maßgeschneidert. Deshalb ist es notwendig, dass ein Produkt lange, kontinuierlich und in hoher Stückzahl im Unternehmen bearbeitet wird (Renner-Produkt). Nur dann ist aus wirtschaftlicher Sicht gewährleistet, dass der Roboter nach der Entwicklungs- und Anlaufzeit ausreichend lange produktiv eingesetzt werden kann.

2) Produktionsaufgaben mit folgenden Merkmalen:

- Einfache Montage-/Handling-/Sortieraufgaben
- Entnehmen und Einlegen von Teilen
- Häufig zu haltende/bewegende Gewichte bis 5 Kilogramm
- Gleichförmige, wiederholte, lang andauernde Vorgänge
- Hohe Ansprüche an Genauigkeit/Qualität
- Dosiertes/gleichmäßiges Aufbringen z. B. von Kleber
- Ergonomisch ungünstige Körperhaltungen
- Fett, Schmutz, Staub, Chemikalien
- Sonstige belastende Aufgaben / Gefährdungsrisiko
- Dritte Hand erforderlich

Diese Kriterien beziehen sich auf Leistungsmerkmale und typische Einsatzzwecke von Leichtbaurobotern (vgl. Bauer 2016). Die Gewichtsgrenze von 5 Kilogramm wurde gewählt, um Szenarien mit kostengünstigen Leichtbaurobotern darstellen zu können, da höhere Gewichtsklassen teurer sind. Tabelle 2 zeigt, wie sich die von den teilnehmenden Einrichtungen genannten Produktionsaufgaben auf die Kriterien für den Einsatz von Mensch-Roboter-Kollaboration verteilen.

Merkmale der Produktionsaufgaben

Nr.	Merkmale	Aufgaben →	1 Temperaturfühler	2 Palettenfertigung	3 Umlenkrolle	4 Wandwinkel	5 Schlauchmontage	6 Ventilblock	7 Weinregal
A	Einfache Montage- / Handling- / Sortieraufgaben		X		X	X			
B	Entnehmen und Einlegen von Teilen		X		X	X			X
C	Häufig zu haltende / bewegende Gewichte bis 5 kg		X		X	X	X	X	X
D	Gleichförmige, wiederholte, langandauernde Vorgänge		X	X	X	X	X	X	X
E	Hohe Ansprüche an Genauigkeit / Qualität					X	X	X	X
F	Dosiertes / gleichmäßiges Aufbringen z. B. von Kleber				X		X		
G	Ergonomisch ungünstige Körperhaltungen			X					
H	Fett, Schmutz, Staub, Chemikalien				X		X		
J	Sonstige belastende Aufgaben / Gefährdungsrisiko							X	
K	Dritte Hand erforderlich						X	X	

Tabelle 2: Merkmale der von den Einrichtungen für MRK vorausgewählten Produktionsaufgaben.

4.3 PRODUKTIONSAUFGABEN UND IHRE EIGNUNG FÜR DIE MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION

Im Folgenden werden die einzelnen Produktionsaufgaben und ihre Eignung für die Mensch-Robotik-Zusammenarbeit beschrieben, wie sie im Workshop von den Robotik-Fachleuten beurteilt wurden.

4.3.1 Produktionsaufgabe A: Temperaturfühler montieren

Ablauf: Der/die Mitarbeitende nimmt abwechselnd eines von zwei Teilen des Temperaturfühlers aus dem linken und rechten Tablett und steckt sie ineinander. Es handelt sich um eine sehr einfache Montageaufgabe, die auch für Schwerst- und Mehrfachbehinderte geeignet sein kann.

Argumente pro Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Einfache Montageaufgabe, Teile werden vorsortiert, geringes Gewicht der Werkteile, gleichförmiger Vorgang, hohe Präzisionsanforderungen (Feinmotorik).

Argumente kontra Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Geringer Umfang der Ist-Aufgabe, die durch Robotik-Einsatz wegrationalisiert würde; geringe Ergonomievorteile durch Roboter zu erwarten.

Bewertung: Keine Mensch-Roboter-Kollaboration empfohlen. Für eine Teilautomatisierung sollte der komplette Arbeitsdurchlauf mit den vor- und nachgelagerten Aufgaben betrachtet werden.

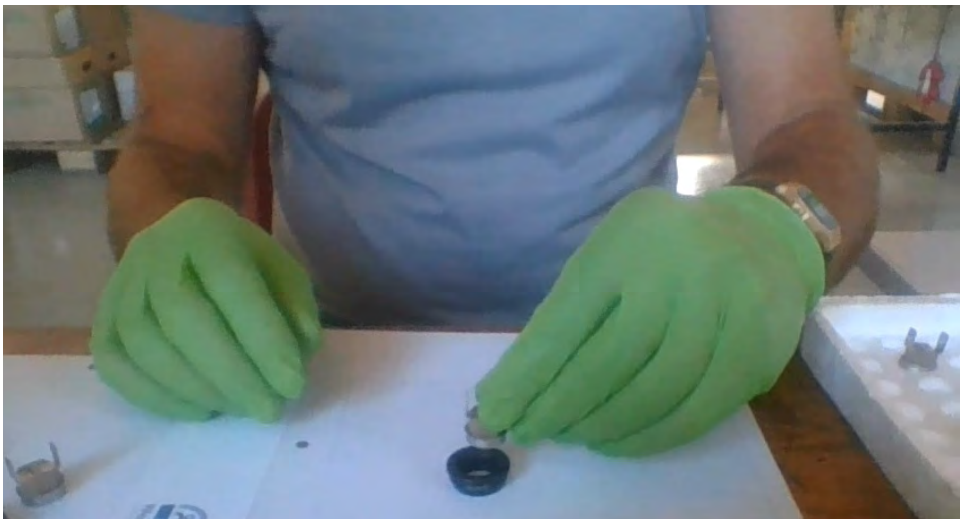


Abbildung 22: Produktionsaufgabe A: Temperaturfühler vormontieren.

4.3.2 Produktionsaufgabe B: Palettenfertigung

Ablauf: Der/die Mitarbeitende legt die Holzelemente der Palette auf einem Tisch zurecht und nagelt diese mit einem Hammer und teilweise mit einem Druckluftnagler zusammen.

Argumente pro Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Die Aufgabe erfordert eine ergonomisch ungünstige Körperhaltung und Belastung.

Argumente kontra Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Unterschiedliche Größe und Gewicht der Werkstücke, dadurch wechselnde Werkzeuge erforderlich, gefährliches Werkzeug (Druckluftnagler) erfordert spezielle Sicherheitslösung. Das abschließende Wuchten der fertigen, schweren Paletten auf einen Stapel kann nicht durch einen Leichtbauroboter übernommen werden.

Bewertung: Keine Mensch-Roboter-Kollaboration empfohlen. Zur ergonomischen Entlastung sollten einfachere Maßnahmen ergriffen werden, z. B. eine variable Seilaufhängung des Druckluftnaglers oder ein kleinerer Tisch, auf dem die Palette von allen Seiten zugänglich ist.

Abbildung 23: Produktionsaufgabe B: Palettenfertigung.

4.3.3 Produktionsaufgabe C: Umlenkrolle montieren

Ablauf: Der/die Mitarbeitende fettet zunächst die Metallachsen der Umlenkrolle ein und steckt sie auf die vorsortierten weißen Kunststoffrädchen auf. Die Rädchen werden anschließend in das Gehäuse der Umlenkrolle eingelegt (nicht im Bild) und mit einer Handhebelpresse mit dem Gehäuse zusammengefügt.

Argumente pro Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Kontakt des Menschen mit Fett, schwieriges Handling der kleinen Werkteile mit Handschuh an Handhebelpresse, repetitive Belastung an Handhebelpresse, einfache Montageaufgabe, gleichförmiger Ablauf.

Argumente kontra Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Geringe Aufgabeninhalte, unterschiedliche Werkteile (Metallstifte, Achsen, Gehäuse) und Arbeitsvorgänge, dadurch unterschiedliche Werkzeuge für Roboterarm erforderlich.

Bewertung: Keine Mensch-Roboter-Kollaboration empfohlen. Es würden keine Aufgabeninhalte für die Mitarbeitenden übrig bleiben. Es sollte die gesamte Prozesskette betrachtet werden.

Abbildung 24: Produktionsaufgabe C: Umlenkrolle montieren.

4.3.4 Produktionsaufgabe D: Wandwinkel mit Klammer klipsen

Ablauf: Der/die Mitarbeitende entnimmt je einen Wandwinkel und eine Klammer aus den Materialkisten, positioniert den Wandwinkel auf der Arbeitsfläche und führt die Klammer durch die beiden Aussparungen des Wandwinkels hindurch, bis die Klammer mittig im Wandwinkel sitzt.

Argumente pro Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Einfache Montageaufgabe, hohe Präzisionsanforderung, gleichförmiger Vorgang.

Argumente kontra Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Geringe Arbeitsinhalte, »Griff in die Kiste« für Roboter technisch sehr anspruchsvoll und teuer.

Bewertung: Mensch-Roboter-Kollaboration mit vorsortierten Teilen technisch vermutlich möglich, aber Wirtschaftlichkeit und Aufgabenerhalt für Mitarbeitende fraglich.

Abbildung 25: Produktionsaufgabe D: Wandwinkel mit Klammer klipsen.

4.3.5 Produktionsaufgabe E: Schlauchmontage mit Einfetten

Ablauf: Der/die Mitarbeitende taucht das Schlauchende und das Anschlussstück des Ventils in eine fettende Flüssigkeit, fügt beides zusammen, positioniert die Anschlussklemme über der Verbindung, zieht die Anschlussklemme mit der Zange zusammen und befestigt die Klemme so über der Anschlussstelle. Es gibt 15 verschiedene Typen von Schläuchen und Ventilen.

Argumente pro Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Kontakt mit Fett, hohe Präzisionsanforderungen, ergonomische Entlastung von Mitarbeitenden mit körperlichen Einschränkungen wahrscheinlich.

Argumente kontra Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Hohe feinmotorische Anforderungen, anspruchsvolles Handling biegeschlaffer Teile.

Bewertung: Mensch-Roboter-Kollaboration bei Beherrschung von Typenvielfalt der Werkteile und Präzisionsanforderungen bei der Feinjustierung der Werkteile technisch vermutlich möglich. Wirtschaftlichkeit und Aufgabenerhalt prüfen.

Abbildung 26: Produktionsaufgabe E: Schlauchmontage mit Einfetten.

4.3.6 Produktionsaufgabe F: Ventilblock entgraten

Ablauf: Die Aufgabe besteht darin, Rückstände in Bohrungen eines Ventilblocks aus Aluminium mithilfe eines Entgratungsmessers zu entfernen. Dazu bewegt der/die Mitarbeitende den Ventilblock manuell so, dass die Grate mithilfe von Auflicht optimal durch ein Mikroskop gesehen werden können. Das Entfernen der Grate muss ebenso gründlich wie vorsichtig erfolgen, um keine Einkerbungen in den Bohrungen zu erzeugen. Der Ventilblock kann je nach Größe ein Gewicht von mehreren Kilogramm haben.

Argumente pro Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Hohe Präzisionsanforderungen, ergonomische Belastung, Unterstützung möglich durch »dritte Hand« des Roboters, die den Ventilblock hält.

Argumente kontra Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Unterschiedliche Größe und Gewicht der Werkstücke, Interaktion des Anreichens mit Auflicht, Mikroskop und variabler Stützunterlage, Schwierigkeit optimaler Sehachsen, abwechselnd variable und fixe Positionierung des Ventilblocks, Verletzungsgefahr durch Entgratungsmesser.

Empfehlung: Mensch-Roboter-Kollaboration bedingt möglich als Dritte-Hand-Anwendung, aber hohe Handling-Anforderungen an die nutzergerechte Positionierung des Ventilblocks.

Abbildung 27: Produktionsaufgabe F: Ventilblock entgraten.

4.3.7 Produktionsaufgabe G: Etiketten auf Weinflaschen aufkleben

Diese Aufgabe repräsentiert die Tätigkeiten in den zahlreichen Dienstleistungsbereichen von WfbM und Inklusionsunternehmen wie Gastronomie, Handel und Reinigungsdienstleistungen. Darin arbeiten Beschäftigte mit Schwerbehinderung mit und für Kunden und Kundinnen.

Ablauf: In einem inklusiven Nahrungsmittelgeschäft bringen Mitarbeitende Etiketten auf Getränkeflaschen auf, räumen Waren aus dem Lager in die Verkaufsregale und beraten Kundinnen und Kunden zur Weinauswahl.

Argumente pro Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Teilweise gleichförmige Aufgaben und hohe Ansprüche an Genauigkeit (Etiketten).

Argumente kontra Mensch-Roboter-Zusammenarbeit: Einsatz von Leichtbaurobotern ist außerhalb der Produktion schwierig, Wirtschaftlichkeit des Robotik-Einsatzes ist fraglich (Etiketten); mobile Navigation des Roboters vom Lager in den Verkaufsraum ist technisch sehr aufwendig (Regale pflegen); das Anbieten interaktiver Informationen für Kunden und Kundinnen zu Produkten ist kein Aufgabenfeld von Leichtbaurobotern, sondern von spezialisierten Robotern wie z. B. dem Pepper-Modell.

Empfehlung: Keine Mensch-Roboter-Kollaboration mit Leichtbaurobotern empfohlen. Für Kundeninteraktion werden spezialisierte Roboter empfohlen. Für Aufbringen von Etiketten wird einfachere Teilautomatisierung empfohlen.

Abbildung 23: Produktionsaufgabe B: Palettenfertigung.

Fazit

Insgesamt wurde von den 10 Produktionsaufgaben nur eine Aufgabe (Produktionsaufgabe E) als bedingt geeignet für Mensch-Roboter-Kollaboration angesehen. Dies entspricht dem Verhältnis von Anfragen zu tatsächlich realisierten Mensch-Robotik-Projekten, wie ein im Workshop anwesender MRK-Integrator aus seiner Praxiserfahrung mit Industrieunternehmen berichtete. Tatsächlich münden also nur ca. 10 Prozent aller Einsatzideen in konkrete MRK-Projekte. Die im folgenden Kapitel zusammengefassten Negativ-Kriterien helfen, die Eignung von Produktionsaufgaben für eine MRK-Umsetzung selbst einzuschätzen.

4.3.8 Zusammenfassung der Aufgabenmerkmale, die gegen Mensch-Roboter-Zusammenarbeit sprechen

Die im Kapitel 4.3 beschriebenen Argumente, die im Fall der einzelnen Produktionsaufgaben gegen die Umsetzung von Mensch-Roboter-Zusammenarbeit sprechen, fasst Tabelle 3 zusammen.

Nr.	Kriterien	Problem / Mehraufwand / Kostentreiber
1	Geringer Umfang der IST-Aufgabe	Menschliche Aufgaben werden wegrationalisiert
2	Unterschiedliche Werkteile / Teilaufgaben	Wechselnde Werkzeuge am Greifer erforderlich
3	Gefährliches Werkzeug (Kraft / Kanten)	Erhöhte Anforderungen ans Sicherheitssystem
4	Unregelmäßige Position / Lage der Teile	Roboter benötigt Vorsortierung
5	„Griff in die Kiste“	für Roboter aufwändig / teuer (Sensorik, KI)
6	Zu schwere Werkteile	übersteigen die Tragkraft von Leichtbaurobotern
7	Zu große Zuführwege der Teile	übersteigen die Reichweite des Greifarms
8	Biegeschlaffe Teile	Zu hohe Handling-Anforderungen für Roboter
9	Anspruchsvolle Auge-Hand-Koordination	Zu hohe Handling-Anforderungen für Roboter
10	Distanz zwischen Einsatzorten	Bewegen von Robotern aufwändig / teuer
11	MRK-Einsatz für Aufgabe zu teuer	Einfachere technische / Ergonomie-Lösungen
12	Einsatzbereiche in Service-Bereichen	Leichtbauroboter nur für Produktion ausgelegt

Tabelle 3: Aufgabenmerkmale, die gegen Mensch-Roboter-Zusammenarbeit sprechen.

Für die in Kapitel 4.2 genannten positiven Auswahlkriterien für MRK-fähige Produktionsaufgaben gilt, dass ihr Nichtzutreffen – in der Summe der Kriterien – gegen eine Mensch-Roboter-Kollaboration spricht. Gehört eine Produktionsaufgabe z. B. nicht zu den großvolumigen und dauerhaften Aufträgen, die eine Einrichtung von ihren Kunden und Kundinnen erhält, spricht das gegen den Einsatz von Mensch-Robotik-Kollaboration, da erst eine dauerhafte Auslastung des Roboters seinen Einsatz wirtschaftlich macht.

4.4 BEREITS EXISTIERENDER ROBOTIK-EINSATZ IN WERKSTÄTTEN FÜR MENSCHEN MIT BEHINDERUNG

Das Beispiel der GWW Gemeinnützige Werkstätten und Wohnstätten GmbH, die am Praxis-Workshop teilnahm, zeigt, dass Roboter heute schon in Produktionsbereichen eingesetzt werden können, in denen Beschäftigte mit Behinderung arbeiten (Abbildung 29).

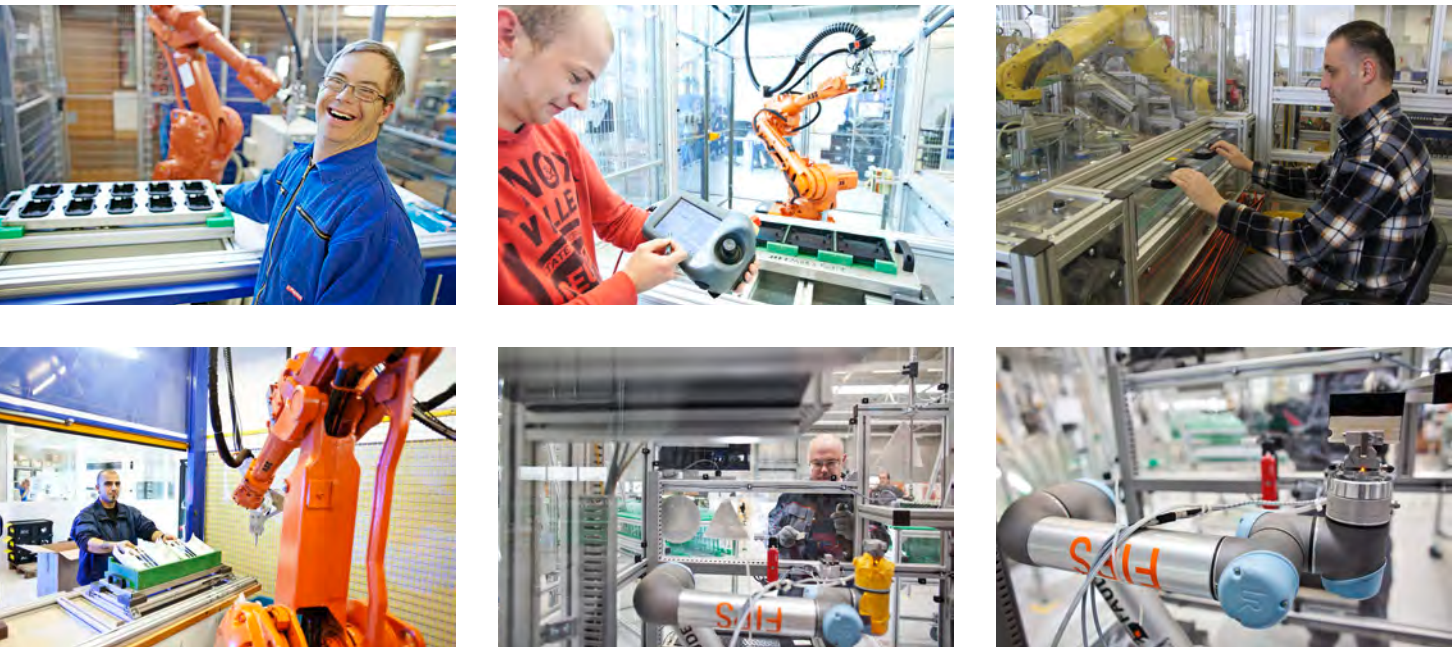


Abbildung 29: Robotik-Einsatz bei den Gemeinnützigen Werkstätten und Wohnstätten GWW (Quelle: GWW).

Der Einsatz der Roboter erfolgt allerdings überwiegend in abgesicherten Zellen, in denen Mitarbeitende durch Schutzzäune o. Ä. getrennt von den Robotern arbeiten. Die Übergabe von Werkteilen zwischen Mensch und Roboter erfolgt dabei nur an gesicherten Übergabestellen bzw. bei Stillstand des Roboters. Diese Zusammenarbeit stellt laut Definition keine Mensch-Roboter-Kollaboration dar, sondern eine sogenannte Koexistenz. Diese und weitere Abstufungen der Kollaborationsnähe zeigt Abbildung 30 (Quelle: Bauer 2016). Während bei der Stufe »Koexistenz« Mensch und Roboter in abgegrenzten Arbeitsräumen arbeiten, überlappen sich diese bei der Stufe »Synchronisiert«. Hier besteht eine zeitliche Verzahnung der Arbeitsaufgaben des Menschen und des Roboters und es wird dasselbe Werkstück in

demselben Arbeitsraum bearbeitet. Die Bearbeitung erfolgt jedoch zeitlich versetzt, sodass sich Roboter und Mensch nie gleichzeitig im Arbeitsraum aufhalten. Dies ändert sich in der Stufe »Kooperation«, in der sich Mensch und Roboter zwar gleichzeitig in demselben Arbeitsraum aufhalten, sich allerdings nicht berühren. Die größte Nähe enthält die Stufe »Kollaboration«, in der sich Mensch und Roboter berühren, was »Hand-in-Greifer-Zusammenarbeit« ermöglicht.

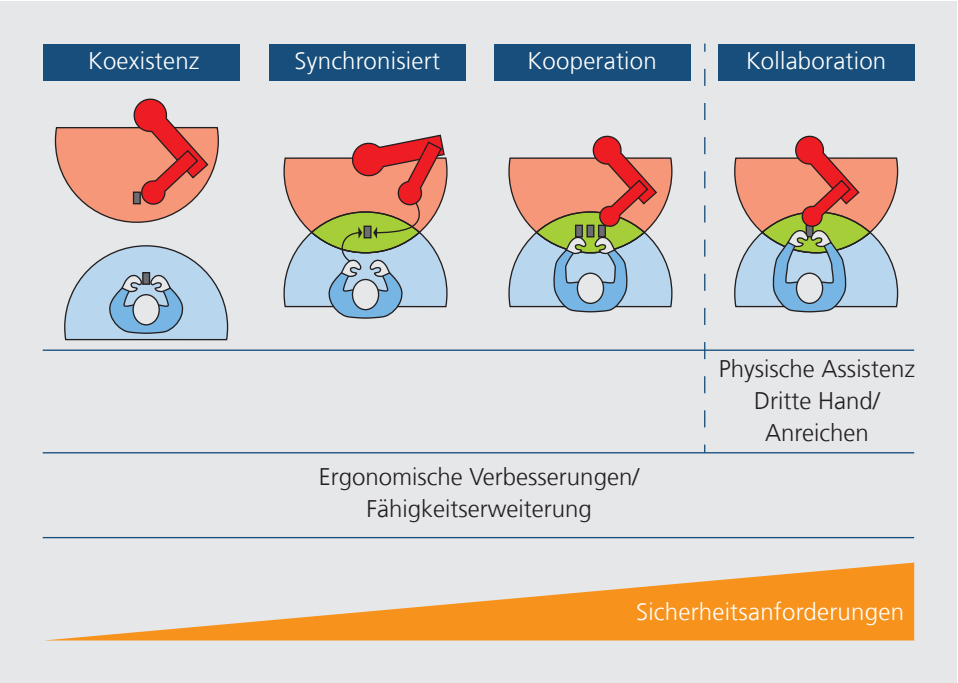


Abbildung 30: Stufen der Nähe der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter sowie Unterstützungspotenziale für Beschäftigte mit Behinderung (Quelle: Erweitert nach Bauer 2016).

Während alle Stufen der Kollaborationsnähe eine Unterstützung von schwerbehinderten Produktionsmitarbeitenden ermöglichen, ist dieses Potenzial in der Stufe »Kollaboration« am höchsten.

Dort wird direkte physische Assistenz möglich, in der z. B. der Roboter der Person Werkteile anreicht, Werkteile für die Bearbeitung durch die Person frei schwebend fixiert (dritte Hand) oder Körperteile der Person für verbesserte Arbeitsdurchführung abstützt.

Allerdings nehmen bei zunehmender Kollaborationsnähe auch die potenziellen Sicherheitsrisiken zu. Je näher sich Mensch und Roboter kommen, desto eher können gesundheitsgefährdende Zusammenstöße und Quetschungen auftreten. Dieser Umstand kann zu erhöhtem Aufwand für zusätzliche Sicherheitssysteme, spezielle Greifer oder sonstige Anpassungen des Arbeitsplatzes führen und die Kosten der Mensch-Roboter-Kollaboration erheblich steigern.

Werkstätten wie die GWW und Inklusionsunternehmen, in denen Roboter bereits verbreitet sind, stellen eine interessante Zielgruppe für Mensch-Roboter-Zusammenarbeit mit hoher Kollaborationsnähe dar. Sie kennen die abgesicherte Form der Mensch-Roboter-Kollaboration und können auf dieser Basis engere Formen der Zusammenarbeit einführen.

5 TREIBER UND BARRIEREN FÜR MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION MIT SCHWERBEHINDERTEN PRODUKTIONSMITARBEITENDEN

Mit der Mensch-Roboter-Kollaboration verhält es sich wie mit allen Technologien: Ihr Einsatz dient keinem Selbstzweck, sondern dem Implementierungsaufwand sollten benennbare Vorteile gegenüberstehen. Die folgenden Erläuterungen beleuchten Treiber und Barrieren der inklusionsfördernden Mensch-Roboter-Kollaboration und fassen die Ergebnisse der Online-Befragung und des Praxis-Workshops »Robotik für Menschen mit Behinderung« zusammen.

5.1 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Barrieren

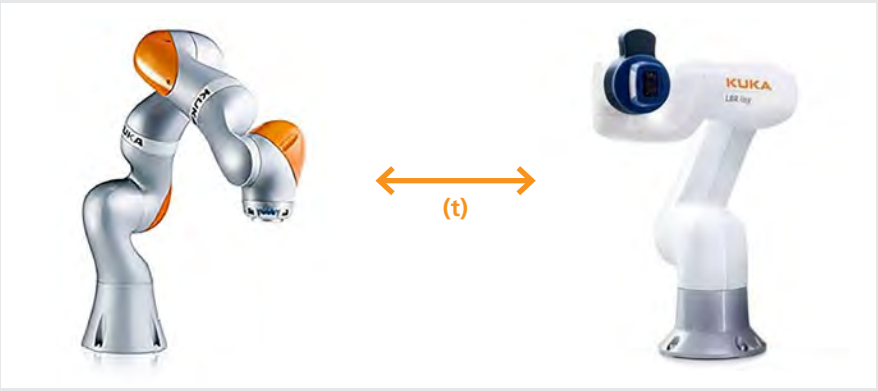
Die Wirtschaftlichkeit des Robotik-Einsatzes ist zum heutigen Zeitpunkt eindeutig die größte Barriere für die Nutzung von Mensch-Roboter-Kollaboration durch WfbM und Inklusionsunternehmen. Zwar stehen vielen Werkstätten Investitionsmittel für Maschinen und Anlagen zur Verfügung, die Kosten für Mensch-Roboter-Kollaboration überschreiten aber meist den gewohnten Rahmen. Geeignete (Leichtbau-)Roboter liegen zum heutigen Zeitpunkt in der Anschaffung bei ca. 30 000 bis 80 000 €, allerdings sollte dieser Betrag nach Meinung der Fachleute mindestens mit dem Faktor 4 multipliziert werden, um die begleitenden Engineering-Maßnahmen (z. B. konstruktive Zusatzaufwände, Ergonomiemaßnahmen, Zuführtechnik, Sicherheitszertifizierung) realistisch zu berücksichtigen. Bei komplizierten technischen oder sicherheitsrelevanten Herausforderungen kann dieser Faktor auch höher liegen. Vor dem Beginn eines MRK-Projekts ist deshalb die erste Frage, ob die betreffende Einrichtung die so geschätzten Mindestkosten aufwenden will und ob sie das Risiko einer Erhöhung der Kosten im Projektverlauf tragen kann. Mit diesem Risiko der Kostensteigerung sind MRK-Projekte aufgrund der unvorhersehbaren Zusatzaufwände behaftet.

Begrenzend wirkt auf die Wirtschaftlichkeit der Mensch-Roboter-Kollaboration im Vergleich zur Privatwirtschaft außerdem, dass WfbM und Inklusionsunternehmen in der Regel geringere Stückzahlen pro Auftrag erhalten sowie selten Drei-Schicht-Modelle und Wochenendarbeit betreiben. Dies verringert im Vergleich die produktiven Betriebszeiten des Roboters und erhöht seine Amortisierungsdauer.

Treiber

Dieser wirtschaftlichen Hürde des Robotik-Einsatzes stehen einige positive Entwicklungen gegenüber. So sind in den vergangenen Jahren sinkende Systemkosten für Robotik-Anwendungen zu beobachten. Beispielsweise werden Sicherheitsfunktionen in den Greifer serienmäßig integriert und Greiferfinger kostengünstig im 3D-Druckverfahren hergestellt. Leichtere Greifer

erlauben die Wahl eines kleineren Robotermodells, das durch die Gewichteinsparung trotzdem die erforderliche Gesamttragkraft aufweist. Durch Standardisierung soll die Konfiguration vereinfacht und die Kundin oder der Kunde stärker zum Designer der persönlichen Robotik-Lösung werden. Insgesamt wird die Angebotspalette der Leichtbaurobotik-Lösungen größer und bedarfsgerechter, wie das Beispiel in Abbildung 31 zeigt.



Kuka iiwa (2013)
Sensitiv, 7 Achsen, Traglast 7 kg
oder 14 kg, bis 820 mm Reichweite,
Preis > 60 T €

Kuka iisy (202X)
Sensitiv, 6 Achsen, Traglast 3 kg,
600 mm Reichweite, Preis > 20 T €
„Kuka wird vorkonfigurierte Applikationsbausteine und Systemkomponenten online anbieten"

Abbildung 31: Beispiel für die zeitliche Kosten- und Funktionsentwicklung von Leichtbaurobotern, die für Mensch-Roboter-Kollaboration geeignet sind (Quelle: KUKA 2019).

Für Anwender, die mit der Reduzierung um eine Achse, der geringeren Reichweite von 600 Millimeter und der maximalen Traglast von 3 Kilogramm zurechtkommen, reduziert sich in diesem Beispiel bei ähnlicher Funktionalität der Preis um zwei Drittel. Zudem werden die zukünftig vorkonfigurierten Bausteine und die online bestellbaren Systemkomponenten die Anpassungsaufwände verringern, die einen Großteil der Kosten für Mensch-Robotik-Arbeitsplätze ausmachen.

Zum Vergleich: Auch bei Großrobotern ist die Kostenreduktion im Zeitverlauf ersichtlich. Diese Roboter sind allerdings in der Regel nicht für die unmittelbare Mensch-Roboter-Kollaboration geeignet (Abbildung 32). Die Darstellung verdeutlicht auch die Kosten, die zusätzlich zum Grundpreis des Roboters durch Peripherie, Engineering und Projektmanagement anfallen.

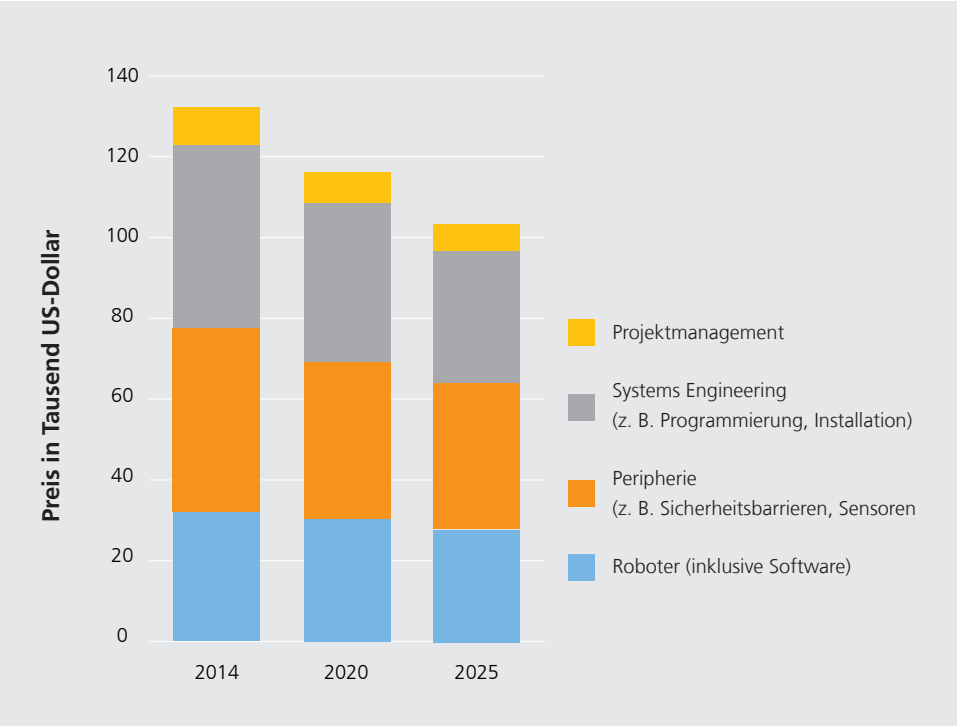


Abbildung 32: Preisentwicklung von Großrobotern. Kosten beziehen sich auf typische Punktschweiß-Roboter in aktuell größter Ausführung in der US-Autoindustrie (Quelle: Fraunhofer IPA 2017 nach IFR, BCG, ABB Group).

Wie die Online-Befragung zeigt, ist die Erhöhung der Produktivität durch den Roboter für die befragten Einrichtungen eher zweitrangig. Im Vordergrund stehen Inklusions- und Qualitätsziele. Dies dürfte MRK-Projekte dieser Einrichtungen vom Druck der Produktivitätssteigerung entlasten. Auch die Anforderungen an die Amortisation der Robotik sind in WfbM und Inklusionsunternehmen tendenziell nicht so hoch wie in Unternehmen der Privatwirtschaft.

5.2 TECHNISCHE MACHBARKEIT

Treiber

Wie die Ergebnisse von Online-Befragung und Praxis-Workshop zeigen, existieren in WfbM und Inklusionsunternehmen viele Produktionsaufgaben, die die Basiskriterien für eine Teilautomatisierung durch Mensch-Roboter-Kollaboration erfüllen (siehe Kapitel 3.7). In der Produktion dieser Einrichtungen herrschen einfache und gleichförmige Aufgaben mit hoher Wiederholrate vor, was einer Teilautomatisierung entgegenkommt.

Ebenso förderlich ist der Umstand, dass Robotik-Anwendungen nicht zwingend einen hohen Digitalisierungsgrad der Produktionsumgebung erfordern - z. B. ist die Anbindung von Robotern an MES- und PPS-Systeme keine Voraussetzung für einen Einsatz. Auch die Umgebungsbedingungen in tendenziell weniger hoch technisierten Produktionen von WfbM und Inklusionsunternehmen eignen sich also prinzipiell für einen Robotik-Einsatz.

Weiterhin birgt eine ganzheitliche (Neu-)Planung von Produktionslinien das Potenzial, Arbeitsplätze für Mensch-Roboter-Kollaboration nutzbringender einzusetzen. Dadurch können Aufwände für Zuführtechnik und Schnittstellen proaktiv vermieden werden, die durch die oft nachträgliche Integration von Robotern in die Produktionslinie entstehen. Auch die automatisierungsgerechte Konstruktion von Produkten kann den Einsatz von Robotern unterstützen.

Barrieren

Die technologische Entwicklung setzt WfbM und Inklusionsunternehmen im Bereich der Auftragsarbeiten zunehmend unter Druck. Die wachsende Fähigkeit der Technologie, auch Vorgänge vom Menschen zu übernehmen, die hohe Anforderungen an z. B. Feinmotorik, Hand-Auge-Koordination und Orientierung im Raum enthalten, verändert die Auftragslage tendenziell negativ. Zudem entfallen im Auftragsumfang vor allem die ganz einfachen Aufgaben, deren Bearbeitung schon von Maschinen übernommen werden kann, während komplexere Aufgaben (noch) erhalten bleiben.

Dies kann zu einem Automatisierungs-Dilemma führen: Auf der einen Seite gelangen in der Regel nur solche Aufgaben als Unterauftrag in die Einrichtungen, die auf Kundenseite noch nicht automatisierbar sind. Dies erschwert die Teilautomatisierung der Aufgabe im Rahmen der Robotik-Lösung und kann die technische Umsetzung kostentreibend erschweren oder sogar verhindern. Doch das Automatisierungs-Dilemma enthält noch eine andere Seite:

Gelingt die robotergestützte Teilautomatisierung, besteht die Gefahr, dass der Auftraggeber diese Aufgabe seinerseits robotergestützt automatisiert – die WfbM oder das Inklusionsunternehmen könnte in diesem Fall den Auftrag verlieren.

5.3 SICHERHEIT

Barrieren

Anwendungen der Mensch-Roboter-Kollaboration unterliegen einem detaillierten und aufwendigen Zertifizierungsprozess, der auf technischer Ebene die Sicherheit der Mitarbeitenden garantieren soll, die mit dem Roboter arbeiten werden. Eine Besonderheit ist dabei, dass die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) in ihren Hinweisen zur Gefährdungsbeurteilung von kollaborierenden Robotersystemen Empfehlungen ausspricht, nur gesunde Mitarbeitende für die Zusammenarbeit mit dem Roboter einzusetzen, d. h. Personen, deren körperliche und geistige Leistungsfähigkeit dem Durchschnitt der gesunden Mitarbeitenden entspricht (BGHM 2019). Doch diese Empfehlung bezieht sich auf das Ziel, die Sicherheit des Roboters für alle gesunden Mitarbeitende zertifizieren zu können.

Das Projekt AQUIAS reagierte darauf, indem zusätzlich für alle schwerbehinderten Mitarbeitende, die für die Mensch-Roboter-Zusammenarbeit vorgesehen waren, eine individuelle Gefährdungsbeurteilung erstellt wurde. Darin werden die Gefährdungsrisiken in der Zusammenschau des individuellen Behinderungsbilds jedes einzelnen Mitarbeitenden und der konkreten Anforderungen des Mensch-Robotik-Arbeitsplatzes ermittelt. Dies entlastet die Sicherheitsmaßnahmen von dem Anspruch, die Sicherheit für alle Menschen mit Schwerbehinderung garantieren zu wollen, was aufgrund der extrem unterschiedlichen Behinderungsbilder nicht möglich ist. Die BGHM zertifizierte den Mensch-Robotik-Arbeitsplatz des Projekts AQUIAS für schwerbehinderte Produktionsmitarbeitende als sicher.

In der Zuständigkeit des Betreibers (d. h. hier der WfbM und Inklusionsunternehmen) solcher Arbeitsplätze liegt es, die individuellen Gefährdungsbeurteilungen zu erstellen. Dies setzt eine enge Zusammenarbeit mit dem Hersteller des Roboters, dem Integrator und Sicherheitsfachleuten voraus. Auch die Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) kann im Einzelfall in die Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung eingebunden werden. Die individuelle Gefährdungsbeurteilung sollte sowohl physische als auch psychische Einschränkungen der schwerbehinderten Mitarbeitenden berücksichtigen.

Bei den psychischen Einschränkungen ist von besonderem Interesse, wie vorhersehbar und regelkonform das Verhalten der Mitarbeitenden ist. Die oben beschriebene Standard-Zertifizierung für alle gesunden Mitarbeitenden geht davon aus, dass die Mitarbeitenden sich nach den Prinzipien des gesunden Menschenverstands verhalten. Das schließt z. B. aus, unter oder auf den Mensch-Robotik-Arbeitsplatz zu klettern, sich dem Greifarm in nicht vorgesehener Weise zu nähern oder die Hand auf die Fügestelle zu legen. Die Gewährleistung der Sicherheit wird an dieser Stelle erleichtert, wenn der schwerbehinderte Beschäftigte bereits in der Ausgangsaufgabe zuverlässig mit Maschinen arbeitet, die potenziell gefährdende Kräfte erzeugen.

Je größer die raum-zeitliche Nähe von Mitarbeitenden und Roboter an einem Arbeitsplatz ist, desto höher sind die Sicherheitsanforderungen. In der Regel treibt dies den Aufwand und die Kosten für die technische Sicherheitslösung nach oben.

Treiber

Moderne Sicherheitstechnologie ist in der Lage, die Sicherheitsrisiken der Mensch-Roboter-Zusammenarbeit deutlich zu reduzieren. Wenn z. B. Quetschungen sogar dann ausgeschlossen sind, wenn die Hand auf die Fügestelle gelegt wird, kann auch ungewöhnliches Verhalten der Mitarbeitenden abgesichert werden. Ein offener Aspekt sind jedoch sehr schnelle Körperbewegungen, die z. B. bei spastischen Anfällen auftreten und die die Reaktionszeit des Sicherheitssystems überfordern können.

Für die Sicherheitsbewertung des MRK-Arbeitsplatzes im Projekt AQUIAS war die Funktion der Sensorhaut entscheidend, die den Greifarm des APAS umgibt. Bewegt sich der Greifarm auf ein Hindernis zu, erkennt die Sensorhaut das Objekt ca. 5 Zentimeter vor dem Kontakt und stoppt die Bewegung des Greifarms ab. Im Regelfall wird dadurch eine Berührung zwischen Greifarm und Mitarbeitendem vermieden. Bei Verwendung eines 3 Zentimeter langen Stößels als Fügewerkzeug am Greifer konnte mit der Sensorhaut sogar der Fügevorgang gegen Berührung abgesichert werden. Inzwischen wird die Sensorhaut auch in Kombination mit Robotermodellen anderer Hersteller angeboten.

5.4 ERGONOMIE

Treiber

Roboter werden in der Privatwirtschaft häufig eingesetzt, um Mitarbeitende von körperlich belastenden Aufgaben zu befreien. Im Idealfall wandern nur die belastenden Aufgaben vom Menschen zum Roboter und die restlichen Aufgaben bleiben dem Mitarbeitenden erhalten. Besonderes ergonomisches Potenzial bietet Robotik-Unterstützung für Personen, die körperliche Behinderungen aufweisen. Hier kann im besten Fall der Roboter Einschränkungen des Mitarbeitenden ausgleichen, das Aufgabenspektrum erweitern und die Bearbeitung anspruchsvollerer Aufgaben ermöglichen.

Auf technischer Seite bieten sich viele Potenziale der individuellen Unterstützung von Beschäftigten durch Robotik. Beispielsweise kann in einem digitalisierten Szenario der Mitarbeitende sich am Arbeitsplatz mit einem elektronischen Ausweis (SmartCard) anmelden und dadurch auslösen, dass der Greifarm ihm Werkstücke in der individuell benötigten Höhe anreicht. Wünschenswert ist, dass die Funktionen individueller Assistenztechnologie, wie sie im Inklusionsbereich existieren, in industrielle Leichtbauroboter integriert werden.

Barrieren

Wie die Online-Befragung bestätigte, werden in der Produktion der WfbM und Inklusionsunternehmen häufig Werkteile bearbeitet, die ein relativ geringes Gewicht aufweisen. Dies kann den Ergonomiegewinn schmälern, der durch Robotik-Einsatz erzielt werden kann. Allerdings sind die Aufgaben bei dieser Zielgruppe häufig auch sehr repetitiv und kurzzyklisch, sodass sich die ergonomische Belastung der einzelnen Arbeitsschritte durch die häufigen Wiederholungen zu einer höheren Belastung aufaddiert.

Besonders für die individuelle Unterstützung von Mitarbeitenden durch den Roboter wie z. B. eine Dritte Hand-Funktion ist eine höhere Kollaborationsnähe erforderlich. Hier gilt das schon Erwähnte: Je größer die raum-zeitliche Nähe von Mitarbeitendem und Roboter an einem Arbeitsplatz ist, desto höher sind die Sicherheitsanforderungen. In der Regel treibt eine hohe Kollaborationsnähe den Aufwand und die Kosten für die technische Sicherheitslösung nach oben.

Auf der Seite der psychischen Belastung ist zu beachten, dass Roboter beim Menschen Stress auslösen können. So kann alleine das »Warten« des Roboterarms auf die Zuarbeit des Mitarbeitenden einen impliziten Aufforderungscharakter haben, der Beschäftigte latent unter Druck setzt. Auch können Ängste vor dem sich bewegenden Roboterarm oder vor der Übernahme des eigenen Arbeitsplatzes durch den Roboter entstehen. Für sensible Mitarbeitende können die Arbeitsgeräusche und sogar die optischen und akustischen Signale des Roboters belastend sein. Es ist individuell abzuklären, wie anfällig die betreffenden Mitarbeitenden für Stress sind, welche Kompetenzen zur Stressregulation sie haben und welche Maßnahmen sie dabei unterstützen können.

5.5 ARBEITSORGANISATION

Barrieren

Die Aufgaben in der Produktion von WfbM und Inklusionsunternehmen sind häufig in kleine Einzelschritte pro Mitarbeitendem zergliedert, um sie für Beschäftigte mit Behinderung beherrschbar zu machen. Die Teilautomatisierung dieser einzelnen Aufgabenschritte mit Robotik macht in der Regel wenig Sinn, da zu wenig Aufgabeninhalte für den Mitarbeitenden übrig bleiben. Erforderlich ist in diesen Fällen der Blick auf den gesamten Prozessablauf, der sich über mehrere Arbeitsplätze erstrecken kann. Eine Reorganisation des Gesamtablaufs kann daher erforderlich sein, um den Roboter sinnvoll einzusetzen und Arbeitsinhalte für die Mitarbeitenden zu erhalten.

WfbM und Inklusionsunternehmen haben satzungsgemäß den Auftrag, Arbeit für Menschen mit Behinderungen anzubieten. Roboter automatisieren jedoch einen Teil der Arbeit. Für diese Zielgruppen ist es deshalb eine wichtige Herausforderung, die richtige Arbeitsteilung zwischen Mensch und Roboter zu erreichen. Es dürfen nicht zu viele Aufgaben zum Roboter wandern, da sonst keine Aufgaben für die Mitarbeitenden übrig bleiben.

Treiber

Ziel ist eine milde Teilautomatisierung und die Nutzung von Möglichkeiten, wertschöpfende Zusatzaufgaben zu erzeugen. Solche Zusatzaufgaben können z. B. Sortieraufgaben sein. Mitarbeitende entnehmen dabei Werkstücke aus Vorratsbehältern und sortieren sie auf Tabletts

so vor, dass der Roboter sie in standardisierter Weise greifen kann. Auch kontrollierende, vorbereitende und organisierende Aufgaben können den Aufgabenmix der Mitarbeitenden erweitern.

Eine optimale Arbeitsteilung zwischen Mensch und Roboter kombiniert die Stärken beider Seiten so, dass sie zusammen eine höhere Arbeitsleistung erbringen, als jeder für sich erreichen kann. Die Stärken des Menschen liegen z. B. in der Feinmotorik, der Hand-Auge-Koordination, der Flexibilität, der Orientierung im Raum und der ganzheitlichen Situationsbewertung. Die Stärken des Roboters liegen u. a. in der Präzision, Ermüdungsfreiheit, Kraftaufbringung und Geschwindigkeit. Eine ideale Arbeitsteilung bewirkt, dass die Mitarbeitenden dank des Roboters anspruchsvollere Aufgaben bearbeiten können als zuvor. Gelingt dies, kann die Einrichtung für diese höherwertigen Arbeiten mehr Erlös erzielen.

5.6 INKLUSION

Treiber

Gleicht der Roboter behinderungsbedingte Einschränkungen der Beschäftigten aus, öffnet das die Tür für die Inklusion von schwerbehinderten Produktionsmitarbeitenden in die Arbeitswelt. Durch eine individuelle, d. h. flexible Anpassung des Roboters an die Bedürfnisse der Mitarbeitenden wird das Inklusionspotenzial weiter gesteigert. Dies kann durch einfache Maßnahmen erreicht werden wie eine flexible Anordnung von Material und Werkzeugen am Arbeitsplatz oder höhenverstellbare Tische. Aufwendiger sind individuelle Anpassungen des Roboters an den Mitarbeitenden, wie z. B. individuell gestaltete Greifwerkzeuge, Dritte-Hand-Funktion oder angepasste Bewegungsabläufe des Greifarms. Die Inklusion wird auch gefördert, wenn der Roboter seinen Unterstützungsgrad variieren kann, also z. B. vorübergehend Teilaufgaben übernehmen kann, die Mitarbeitende mit einem höheren Behinderungsgrad nicht bearbeiten können, Mitarbeitende mit einem geringeren Behinderungsgrad aber schon. Die zunehmende standardweise Integration von Sicherheitsfunktionen in Robotik-Produkte wird langfristig dazu beitragen, dass Mitarbeitende mit und ohne Behinderung an denselben Mensch-Robotik-Arbeitsplätzen arbeiten können.

Barrieren

Wie bei jeder Individualisierung gilt auch hier, dass zusätzliche Funktionen zusätzliche Kosten verursachen. Üblicherweise übersteigen die Kosten für die Anpassung der Mensch-Roboter-Anwendung die reinen Anschaffungskosten ungefähr um den Faktor 4 (siehe Kapitel 5.1 Wirtschaftlichkeit der Mensch-Roboter-Kollaboration). Bei zusätzlicher Anpassung an die Bedürfnisse Schwerbehinderter kann sich dieser Faktor weiter erhöhen.

Individualisierte Mensch-Roboter-Kollaboration bietet Vorteile für die Inklusion von Beschäftigten mit Schwerbehinderung in der Arbeitswelt. Allerdings setzt gerade die Individualisierung der MRK eine hohe räumliche, zeitliche und objektbezogene Nähe von Mensch und Roboter voraus (vgl. Abb. 30 in Kapitel 4.4, Typen der Kollaborationsnähe). Die höchste Kollaborationsstufe bietet also die größte Chance für Unterstützung, ist aber durch die höheren Sicherheitsanforderungen auch am teuersten.

Arbeit für die Leistungsschwächsten anzubieten, ist auch für WfbM und Inklusionsunternehmen eine zunehmende Herausforderung. Robotik löst dieses Problem nicht unmittelbar, da sie vorzugsweise die einfachsten Aufgaben vom Menschen übernimmt. Eine Ausnahme stellen vor- und nachgelagerte Aufgaben dar, wenn Mitarbeitende Werkteile für den Roboter griffbereit vorsortieren und nach der Bearbeitung weitertransportieren. Wenn Roboter zukünftig flexibler werden und z. B. durch vereinfachten Greiferwechsel in der Lage sind, unterschiedliche Aufgaben am selben Werkstück zu bearbeiten, wird auch das Aufgabenspektrum der Mitarbeitenden erweitert.

5.7 AKZEPTANZ

Treiber

Roboter sind für die meisten WfbM und Inklusionsunternehmen etwas Besonderes. Auch die Beschäftigten mit Behinderung interessieren sich nach den Erfahrungen des Projekts AQUIAS in erster Linie positiv für die Mensch-Roboter-Kollaboration. Denn wer am Roboter arbeitet, erfreut sich einer gesteigerten Aufmerksamkeit der Führungskräfte und erscheint eventuell sogar auf einem Pressefoto in den Medien. Die langfristige Akzeptanz der Beschäftigten für die Mensch-Roboter-Kollaboration dürfte aber wesentlich davon abhängen, wie attraktiv die Arbeit am Mensch-Robotik-Arbeitsplatz im Vergleich zum Ausgangsarbeitsplatz ist. Damit

rücken die Faktoren Sicherheit, Ergonomie, Arbeitsorganisation und Inklusion in den Blick, die in den vorhergehenden Abschnitten beschrieben wurden.

Partizipation stärkt Akzeptanz – dieser Leitsatz gilt auch bei der Einführung von Mensch-Roboter-Kollaboration. Dafür bestehen in WfbM und Inklusionsunternehmen allerdings besondere Rahmenbedingungen. Die mehrheitlich Beschäftigten mit geistiger Behinderung sind stärker von der Unterstützung des betreuenden Fachpersonals abhängig als nichtbehinderte Beschäftigte in Unternehmen der Privatwirtschaft. Auch die Arbeitsplatzgestaltung dürfte überwiegend in der Hand der Betreuer liegen. Daher sollte die individuelle Kompetenz der Beschäftigten zur partizipativen Bewertung und Gestaltung eines Arbeitsplatzes berücksichtigt werden. Werkstatträte, Personalräte, Schwerbehinderten- und Sicherheitsbeauftragte sollten genauso eingebunden werden wie medizinisches Fachpersonal. Bewährte Methoden zur frühzeitigen Bewertung von Arbeitsplätzen sollten genutzt werden, wie z. B. der Aufbau des geplanten Mensch-Robotik-Arbeitsplatzes mittels Karton (Cardboard Engineering) oder die Nutzung von Prozesssimulationen und virtueller Realität.

Die Akzeptanz des Fachpersonals dürfte auch dann gesteigert werden, wenn die Mensch-Roboter-Kollaboration dazu beiträgt, die in der Online-Befragung ermittelten Qualitätsziele der Produktbearbeitung zu erreichen und dadurch weniger Nacharbeit für die Betreuer anfällt.

Barrieren

Eine wesentliche Partizipationsbarriere in Einführungsprozessen der Mensch-Roboter-Kollaboration liegt in der Komplexität des Themas. Entsprechende Arbeitsplätze müssen aus wirtschaftlicher, technischer, sicherheitsbezogener, ergonomischer, arbeitsorganisatorischer und inklusionsbezogener Sicht betrachtet werden. Diese Komplexität erschwert die Einbindung von Beschäftigten mit Behinderung, insbesondere wenn das technische Fachpersonal sich im laufenden Projekt selbst erst einmal das erforderliche Wissen aneignen muss.

5.8 STRATEGIE

Auf der strategischen Ebene sollten neben den Faktoren, die weiter oben auf wirtschaftlicher und technischer Ebene beschrieben werden, auch die Frage des erforderlichen Know-hows bewertet werden. Zur Entscheidung über die Investition in die Mensch-Roboter-Kollaboration gehört die Frage, ob in den erforderlichen Kompetenzaufbau investiert werden soll. Die Einführung von Mensch–Roboter-Kollaboration wird schon in der Privatwirtschaft oft als »Wissenschaft für sich« erlebt. WfbM und Inklusionsunternehmen sollten sich daher fragen, ob die Mensch-Roboter-Kollaboration ausreichend zu den strategischen Zielen der Einrichtung beiträgt, um die Investition zu rechtfertigen.

Günstige Voraussetzungen für die Einführung von Mensch-Roboter-Kollaboration liegen z. B. vor, wenn die Einrichtung über ausreichende Investitionsmittel verfügt, bereits anspruchsvolle Technologieprojekte bewältigt hat und Fachpersonal einsetzen kann, das sich in das komplexe Thema der Mensch-Roboter-Kollaboration einarbeitet. Weiterhin kann die Zusammenarbeit mit Kundenunternehmen förderlich sein, in deren Produktionslinien bereits Robotik eingesetzt wird. Dadurch kann sich die Möglichkeit ergeben, Roboter kostengünstig zu übernehmen, die beim Kundenunternehmen ausgedient haben.

6 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN ZUR MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION FÜR WFBM UND INKLUSIONSUNTERNEHMEN

Um das Potenzial der Mensch-Roboter-Kollaboration für die Inklusion von Menschen mit Behinderung auszuschöpfen, formuliert das Projekt AQUIAS die folgenden Empfehlungen für das Management und das technische Fachpersonal von WfbM und Inklusionsunternehmen sowie für die Politik.

6.1 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS MANAGEMENT

- Prüfen Sie, ob Sie die zu erwartenden Kosten für einen Mensch-Robotik-Arbeitsplatz aufbringen können. Daumenregel: Anschaffungskosten des Roboters mal Faktor 4. Wenn nicht: Setzen Sie auf die günstige Preisentwicklung der Robotik und wiederholen Sie die Prüfung alle 2–3 Jahre neu.
- Prüfen Sie, ob der zu erzielende Nutzen durch Mensch-Robotik-Zusammenarbeit auf der operativen Ebene gegeben ist, z. B. durch bestehende Ergonomie- oder Qualitätsprobleme. Nutzen Sie auch die Kriterien in Kapitel 3.7 als Quick-Check, um möglicherweise für MRK geeignete Produktionsaufgaben zu identifizieren.
- Prüfen Sie, ob der MRK-Einsatz genutzt werden kann, die bestehende Marktnische zu verlassen und die bestehenden Arbeitsprozesse, Produkte und den Kundenkreis neu auszurichten.
- Prüfen Sie, ob Sie das für die Mensch-Roboter-Kollaboration benötigte Know-how in Form von technischem Personal besitzen oder aufbauen können.
- Bewerten Sie erst danach das Potenzial der Mensch-Roboter-Kollaboration als innovatives Alleinstellungsmerkmal in Markt und Öffentlichkeit.
- Lassen Sie sich von geeigneten Integratoren und Partnern herstellerneutral zu Robotik-Lösungen beraten.
- Binden Sie Partner mit Arbeitsgestaltungskompetenz ein, denn viele Robotik-Hersteller und Integratoren folgen einer Philosophie der maximalen Automatisierung. Dies ist nicht im Interesse von WfbM und Inklusionsunternehmen, die Arbeitsaufgaben für ihre Beschäftigten erhalten müssen.
- Ihre Einrichtung ist als Betreiber des Mensch-Roboter-Arbeitsplatzes für die Gefährdungsbeurteilung verantwortlich. Die Gefährdungsbeurteilung ist neben der CE-Zertifizierung des Robotik-Herstellers bzw. des Integrators die rechtliche Voraussetzung, um den Arbeitsplatz betreiben zu dürfen. In der Gefährdungsbeurteilung werden mögliche Risiken für die Mitarbeitenden und absichernde Maßnahmen dokumentiert. Falls möglich, beziehen Sie die Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) in die Erstellung der Gefährdungsbeurteilung mit ein. Auch spezialisierte Unternehmen unterstützen bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung.

- Falls die Produktionsaufgabe einem Kundenauftrag zugeordnet ist: Prüfen Sie frühzeitig mit den Kunden, wie eine Teilautomatisierung der Bearbeitung des Produkts gesehen wird. Erhöht der Robotereinsatz das Risiko, dass die Produktionsaufgabe zum Kundenunternehmen zurückverlagert wird?

6.2 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS TECHNISCHE FACHPERSONAL

- Prüfen Sie, ob einfachere und günstigere Lösungen als ein Roboter zum Ziel führen. Ergonomieprobleme können oft durch Hilfswerkzeuge beseitigt werden, die deutlich weniger als ein Roboter kosten. Vorrang vor einem Robotik-Einsatz hat die grundlegende Optimierung der Produktionsaufgaben hinsichtlich Ergonomie und Effizienz.
- Seien Sie bereit, Ihren Produktionsablauf neu zu strukturieren, um die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Roboter sinnvoll zu gestalten.
- Bevorzugen Sie berührungsfreie Sicherheitssysteme. Berührungen erzeugen insbesondere bei Menschen mit Behinderungen neue Sicherheitsrisiken.
- Führen Sie die Gefährdungsbeurteilung individuell pro Beschäftigtem durch. Betrachten Sie dabei, wie die grundsätzlichen Sicherheits- und Gesundheitsrisiken des Roboters durch die Interaktion mit den individuellen geistigen, psychischen und/oder körperlichen Einschränkungen des Beschäftigten verstärkt oder verringert werden.
- Testen Sie den geplanten Arbeitsplatz möglichst frühzeitig, z. B. durch Cardboard-Nachbau, um entscheidende Gestaltungskriterien schnell zu erkennen.
- Stellen Sie sich auf die Entwicklung mehrerer Szenarien ein, bis der optimale Entwurf für den Mensch-Robotik-Arbeitsplatz gefunden ist.
- Bewerten Sie in einer regelmäßigen Feedbackschleife die Ziele, die der Mensch-Robotik-Arbeitsplatz verfolgt: z. B. technische Machbarkeit, Sicherheit, Ergonomie, Arbeitsorganisation, Inklusion, Wirtschaftlichkeit.
- Falls die Produktionsaufgabe einem Kundenauftrag zugeordnet ist: Prüfen Sie, ob Ihr Kunde oder Ihre Kundin bereits vergeblich versucht hat, die Produktionsaufgabe zu automatisieren. Wenn ja, stellt dies ein erhöhtes Implementierungsrisiko auch für Ihre Mensch-Robotik-Lösung dar.
- Prüfen Sie, ob sich der Mensch-Robotik-Arbeitsplatz individuell an die Beschäftigten anpassen lässt, z. B. durch verstellbare Tischhöhen.
- Prüfen Sie, ob der Roboter für die Funktionen »Anreichen« und »Dritte-Hand« genutzt werden kann, die als Unterstützung für Menschen mit Behinderung Sinn machen können.

6.3 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE POLITIK

- Fördern Sie Mensch-Roboter-Kollaboration, die nicht nur sicher und ergonomisch, sondern auch attraktiv für die Mitarbeitenden ist. Nutzen Sie dazu das arbeitswissenschaftliche Gestaltungswissen.
- Fördern Sie Forschungsprojekte zur Mensch-Roboter-Kollaboration mit hoher Kollaborationsnähe, z. B. Dritte-Hand-Funktionen. Diese bieten ein hohes Unterstützungspotenzial für Mitarbeitende, sind aber gleichzeitig wegen der höheren Sicherheitsaufwände mit einem größeren Forschungsrisiko behaftet.
- Schaffen Sie eine einheitliche Vorgehensweise zur individuellen Gefährdungsbeurteilung für Beschäftigte mit Schwerbehinderung, die in Mensch-Roboter-Kollaboration arbeiten sollen.
- Fördern Sie Forschungsprojekte, die individuell unterstützende Assistenzsysteme in Mensch-Roboter-Arbeitsplätze integrieren. Je höher der Nutzwert für Mitarbeitende durch den Roboter ist, desto größer ist die Akzeptanz.
- Ermöglichen Sie Unternehmen und Einrichtungen, unbürokratisch Zuschüsse zur behinderungsgerechten Ausstattung von Mensch-Robotik-Arbeitsplätzen zu erhalten. Stellen Sie dabei der Investition in assistierende Mensch-Roboter-Kollaboration die erheblichen Kosten der Nichtbeschäftigung von Menschen mit Behinderungen gegenüber.

7 ANHANG: ERGEBNISSE DES FORSCHUNGSPROJEKTS AQUIAS

Grundlage für die Online-Befragung und den Praxis-Workshop, die in diesem Bericht beschrieben werden, sind die Ergebnisse des Forschungsprojekts AQUIAS. Die Ergebnisse werden in diesem Kapitel zusammengefasst.

7.1 ZIEL: MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION FÜR MENSCHEN MIT BEHINDERUNG NEU DENKEN

Ziel des Forschungsprojekts AQUIAS war, für die immer enger werdende Zusammenarbeit zwischen Produktionsmitarbeitenden und Servicerobotik-Systemen Lösungen der Arbeitsteilung zu entwickeln, die Arbeitsqualität und gesunde Arbeitsbedingungen in der digitalen Produktion fördern. Zu diesem Zweck kam das Servicerobotik-System APAS (Automatischer Produktionsassistent) der Firma Bosch Rexroth AG in der Inklusionsfirma ISAK gGmbH zum Einsatz, die überwiegend schwerbehinderte Mitarbeitende beschäftigt.

Der für das Projekt ausgewählte Ausgangsarbeitsplatz befindet sich in der Düsenmontage der Firma ISAK gGmbH (Abbildung 33). Auf einer Handhebelpresse werden zwei Düsenelemente vom Mitarbeitenden lagerichtig positioniert und durch Drücken des Handhebels zusammengefügt (Aufgabe 1). Anschließend führt der Mitarbeitende die zusammengefügten Düsen durch eine Schiene, um die Maßhaltigkeit der Düsen zu prüfen (Aufgabe 2).

Aufgabe 1

- Lagerichtige Positionierung von zwei Düsenelementen auf Handhebelpresse
- Zusammendrücken der zwei Elemente mittels Handhebelpresse

Aufgabe 2

- Prüfen der Maßhaltigkeit der zusammengefügten Düsenelemente mittels Prüfschiene
- Aussondern von fehlerhaften Teilen

Abbildung 33: Ausgewählter Ausgangsarbeitsplatz mit den manuellen Teiltätigkeiten Fügen und Prüfen der Düsenelemente.

Im Folgenden werden die wichtigsten Entwürfe für den Mensch-Robotik-Arbeitsplatz und ihre jeweiligen Vor- und Nachteile vorgestellt.

7.2 MRK-ENTWURF 1: HOHE KOLLABORATIONSNÄHE ZWISCHEN MENSCH UND ROBOTER

Der erste Entwurf zeigt einen Arbeitsplatz, an dem bis zu drei Mitarbeitende mit dem Automatischen Produktionsassistenten APAS der Bosch Rexroth AG zusammenarbeiten können (Abbildung 34).

Abbildung 34: Erster Entwurf des MRK-Arbeitsplatzes: Arbeitsplatz für bis zu 3 Mitarbeitende mit V-förmig angeordneten Leisten für die Düsenbestückung.

Die Kollaborationsnähe zwischen Mensch und Roboter ist in Hinsicht auf die räumliche und zeitliche Aufgabenintegration bewusst hoch gewählt. Die Düsenelemente werden vom Mitarbeitenden auf zwei Leisten mit Positionierungslöchern aufgesteckt, die V-förmig vor ihm angeordnet sind. Ist eine Leiste vollständig vom Mitarbeitenden bestückt, erhält der Roboter über einen Anforderungsknopf vom Mitarbeitenden das Signal, die Düsen zusammenzufügen. Nach dem Arbeitsgang des Roboters entnimmt der Mitarbeitende die gefügten Düsen und schiebt diese wie gewohnt zur Maßhaltigkeitsprüfung durch die Prüfschiene, die mittig in seinem Greifraum angeordnet ist.

Ziel dieses Entwurfs ist neben der hohen Kollaborationsnähe, den Geschwindigkeitsvorteil des Roboters zu nutzen, indem drei Mitarbeitende einem Roboter zugeordnet sind. Weiterhin ermöglicht dieser Entwurf, dass schwerbehinderte Mitarbeitende mit nur einem funktionsfähigen Arm auch nur eine Leiste bestücken müssen, da der neben ihm sitzende Mitarbeitende die andere Leiste auf der beeinträchtigten Seite mit übernehmen und so das Defizit seines Kollegen oder seiner Kollegin ausgleichen kann.

Nachteilig erwies sich bei diesem Entwurf, dass der Roboter – bedingt durch die Nähe zum Mitarbeitenden – im abgesicherten Modus mit 0,5 m/Sekunde nicht die erforderliche Geschwindigkeit erreicht, um drei Mitarbeitende gleichzeitig bedienen zu können. Die Mitarbeitenden hätten oft Wartezeiten, da der Roboter ihre Leisten erst mit Verzögerung nach ihrem Arbeitsgang abfährt. Außerdem erwies sich beim Test mit einem Cardboard-Modell die Nähe des Greifarms zum Mitarbeitenden aus psychischer Sicht als zu groß, was Akzeptanzprobleme nach sich gezogen hätte.

7.3 MRK-ENTWURF 2: DREHTELLER MIT GETRENNTEN ARBEITSBEREICHEN FÜR MITARBEITENDE UND ROBOTER

Der zweite Entwurf des MRK-Arbeitsplatzes bietet für diese Herausforderungen folgende Lösung (Abbildung 35). Hier ist vor dem Mitarbeitenden ein Drehteller angebracht, der auf separaten Bearbeitungsfeldern die parallele Bearbeitung zweier Werkstückträger durch einen Mitarbeitenden und den Roboter erlaubt. Auf jedem Werkstückträger sind die zu bearbeitenden Düsen auf Haltepositionen aufgesteckt. Durch Drehen des Drehtellers um 180 Grad gibt der Mitarbeitende dem Roboter ein elektronisches Signal, dass der fertig bestückte Werkstückträger vom Roboter bearbeitet werden kann.

Als Nachteil dieses Entwurfs erwies sich, dass aus Platzgründen die Prüfschiene seitlich vom Drehteller angebracht ist, was eine 90-Grad-Drehung des Mitarbeitenden zu Beginn jedes Prüfdurchlaufs erfordert. Dies hätte ergonomische Nachteile mit sich gebracht und auch den positiven Aspekt der räumlichen Trennung von Gutteilen und Fehlteilen überwogen. Trotz der verringerten Taktkopplung hätte auch hier der Roboter bei voller Besetzung des Arbeitsplatzes mit drei Mitarbeitenden nicht die erforderliche Geschwindigkeit beim Zusammenfügen der Düsenelemente erreicht, sondern hätte die Ausbringungsmenge der drei Mitarbeitenden indirekt beschränkt. Im dritten Entwurf wurde deshalb die Zahl der Mitarbeitenden, die gleichzeitig am MRK-Arbeitsplatz arbeiten können, auf zwei begrenzt.

Abbildung 35: Zweiter Entwurf des MRK-Arbeitsplatzes: Arbeitsplatz für bis zu 3 Mitarbeitende mit geteiltem Drehteller und der rechts im 90-Grad-Winkel angebrachten Prüfschiene.

7.4 MRK-ENTWURF 3: ROLLENBAND VERRINGERT TAKT-KOPPLUNG ZWISCHEN MITARBEITENDEN UND ROBOTER

Im dritten Entwurf (Abbildung 36) wird eine Rollenbahn als Zuführung eingesetzt, auf der die Werkstückträger mittels Gefälle erst von den Mitarbeitenden zum Roboter und nach automatischer Bearbeitung zurück zu den Mitarbeitenden gelangen. Die Länge der Rollenbahn erlaubt mehr Werkstückträger als in den vorhergehenden Entwürfen, was mehr Puffer und eine geringere Taktkopplung zwischen Mitarbeitenden und Roboter bedeutet. Die größere Entfernung zwischen Mensch und Maschine verspricht außerdem ein verringertes Risiko für Akzeptanzprobleme.

Ein Nachteil dieses Entwurfs bestand darin, dass das Anheben der Werkstückträger (ca. 800 g) auf die Rollenbahn auf Dauer für die Mitarbeitenden ergonomisch zu belastend wäre. Ein alternativer, elektrisch angetriebener Lifter zur Überbrückung der Höhendifferenz hätte zusätzliche Kosten verursacht. Durch das Gefälle der Rollenbahn bestand außerdem das Risiko, dass der Werkstückträger zu stark gegen das Ende der Rollenbahn prallt und durch das ruckartige Stoppen sich die Düsen von ihren Positionen lösen können. Zuletzt mutete der Arbeitsplatz durch die Rollenbahn sehr technisch an und wies eine geringe Kollaborationsnähe zwischen Mensch und Roboter auf.

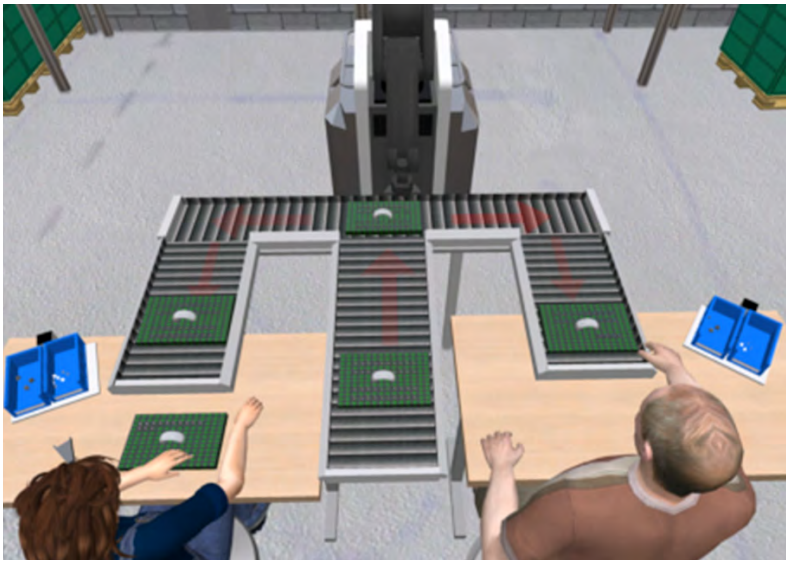


Abbildung 36: Dritter Entwurf des MRK-Arbeitsplatzes: Arbeitsplatz für bis zu 2 Mitarbeitende mit passivem Transport-Rollenband für die Werkstückträger.

7.5 MRK-ENTWURF 4: FLEXIBEL HÖHENVERSTELLBARE TISCHE

Der vierte Entwurf des Arbeitsplatzes für die Mensch-Roboter-Kollaboration sieht zwei parallele Arbeitstische vor, die unabhängig voneinander höhenverstellbar sind (Abbildung 37).

An diesem Arbeitsplatz kommt der Roboter dem Mitarbeitenden auf zweifache Art und Weise entgegen: Zum einen vertikal, denn der Mitarbeitende kann die Höhe des Arbeitstisches jederzeit – auch mitten im Betrieb – nach seinen Bedürfnissen verändern, solange sich der Greifarm auf der gegenüberliegenden Tischfläche befindet. Auch horizontal vereinfacht der Roboter dem Mitarbeitenden die Arbeit, denn er holt den Werkstückträger von der Übergabeposition am Rand des Tisches ab, zieht ihn zu sich und schiebt ihn nach automatischer Bearbeitung zum Mitarbeitenden zurück. Dadurch können behinderungsbedingte Einschränkungen der manuellen Reichweite, wie sie bei Schwerbehinderten oft auftreten, teilweise ausgeglichen werden.

Die Zuführung und die sonstigen Aufbauten sind bewusst auf ein Minimum reduziert, um Kosten und Komplexität möglichst gering zu halten. Anders als bei den vorhergehenden Entwürfen kann der Mitarbeitende hier sein Arbeitsgerät, Materialbehälter und individuelle Arbeitshilfen nach seinen Bedürfnissen räumlich flexibel und zentral in seinem Greifraum anordnen und pro Arbeitsaufgabe (Bestücken, Prüfen) ändern. Weiterhin erlaubt dieser Entwurf, dass auch Mitarbeitende mit nur einem gesunden Arm diese Tätigkeit in der Düsenmontage ausführen können. Am Ausgangsarbeitsplatz mit der Handhebelpresse war dies dagegen nicht möglich.

Abbildung 37: Vierter Entwurf des MRK-Arbeitsplatzes: Arbeitsplatz für bis zu 2 Mitarbeitende mit passivem Transport-Rollenband für die Werkstückträger.

7.6 FINALER MRK-ARBEITSPLATZ: ZUSÄTZLICHES SICHERHEITSSYSTEM

Der vierte Entwurf des MRK-Arbeitsplatzes wurde als Prototyp realisiert und in der Düsenmontage der ISAK gGmbH in den Probebetrieb genommen. Dabei stellte sich heraus, dass die Kraftaufbringung des Roboters auf die Düsenelemente komplexer war als zuerst angenommen. Die Nachgiebigkeit von jeweils Kunststoff-Düsen, höhenverstellbarem Tisch, Werkstückträger mit Kunststoffelementen, Fixier-Stopper der Tischplatte und den Achsen des Greifarms sowie die baulich bedingte ungleichmäßige Position des Kraftaufbringungspunkts auf dem obersten Düsenelement summierten sich und führten zu einer ungleichmäßigen Kraftübertragung. Um den resultierenden Qualitätsverlust des Fügeprozesses zu verhindern, wurden Greifarm und Werkstückträger einer Überarbeitung unterzogen. Die Überarbeitung umfasste u. a.:

- Ausstattung der Werkstückträger mit T-förmigen Düsenträgern aus Stahl mit Fixierpositionen auf der Unterseite
- Ausstattung des Greifarms mit einem Haken, der sich bei jedem Fügevorgang (pro Düse) in die Fixierpositionen der Düsenträger einhakt
- Ersatz des ursprünglichen Stempels für die Kraftübertragung am Greifarm durch einen pneumatischen angetriebenen Aufsatz Anbringung des Stempels am Greifarm mit einem Federsystem, das bei Kollision zu einem Zurückschnappen des pneumatischen Aufsatzes führt

Ziel war es, die Höhenverstellbarkeit der Tische zu erhalten, damit die Mitarbeitenden die Tischhöhe ergonomisch anpassen und dynamisch zwischen Sitzen und Stehen wechseln können (Abbildung 38).

Abbildung 38: Finaler MRK-Arbeitsplatz mit verbesserter Kraftaufbringung.

Da der Aufsatz des Greifers nach der Überarbeitung nicht mehr durch die kapazitative Sensorhaut des Greifarms gegen einen Kontakt mit Menschen abgesichert werden konnte, wurde ein zweites Sicherheitssystem erforderlich. Dieses wurde in Form eines laserbasierten Sicherheitsfensters umgesetzt, das quer über jeden der beiden Arbeitstische verläuft und seitlich durch Plexiglas-Barrieren ergänzt wird.

Nachdem der Roboter im Arbeitsgang die Düsen auf dem vor ihm liegenden Werkstückträger gefügt hat, schiebt er den Werkstückträger mit seinem Greifarm zum Mitarbeitenden hin. Dies hilft dem Mitarbeitenden, den Werkstückträger zu sich zu ziehen, und verhindert ein unergonomisches Verdrehen des Oberkörpers bei gleichzeitigem Vorbeugen. Das laserbasierte Sicherheitsfenster schaltet sich danach ab, bis der Mitarbeitende den Werkstückträger zu sich herangezogen hat, während der Greifarm sich im Stillstand befindet (Abbildung 39).

Abbildung 39: Greifarm schiebt Werkstückträger zum Mitarbeitenden für die Entnahme bei abgeschaltetem Sicherheitsfenster.

Die schwerbehinderten Mitarbeitenden der Inklusionsfirma ISAK weisen teilweise Lernbehinderungen auf. Dies führt zu längeren Einlernphasen und macht eine kontinuierliche Qualitätskontrolle durch die Vorgesetzten erforderlich. Um die Mitarbeitenden beim Einlernen zu unterstützen und die Vorgesetzten von der häufigen Wiederholung der Arbeitsanleitung zu entlasten, wurde ein Lernsystem entwickelt und am MRK-Arbeitsplatz angebracht (Abbildung 40).

Abbildung 40: Lernsystem mit Anzeige des aktuellen Arbeitsschritts am MRK-Arbeitsplatz.

Die Mitarbeitenden können an ihrem Platz über einen Monitor auf das Lernsystem zugreifen. Das Lernsystem kann in zwei Modi betrieben werden: Im Echtzeit-Modus wird dem Mitarbeitenden zur Orientierung der aktuelle Arbeitsschritt in einem kurzen Video angezeigt. Im Lern-Modus kann der Mitarbeitende einzelne Arbeitsschritte anwählen und vertiefende Informationen abrufen.

VORTEILE DES REALISIERTEN MENSCH-ROBOTIK-ARBEITSPLATZES IM ÜBERBLICK

Arbeitsqualität

- Nur belastende Aufgaben wandern vom Menschen zum Roboter
- Lernsystem, Kommunikation

Ergonomie

- Dynamisch anpassbare Tischhöhe
- Roboter gleicht Reichweiten-Einschränkung von Mitarbeitenden aus

Sicherheit

- Sichere Übergabe Werkstückträger
- Integrierte Kollisionsvermeidung

Inklusion

- Robotik-Arbeitsplatz für Schwerbehinderte geeignet
- Integration von Schwerbehinderten in die Arbeitswelt

8 QUELLEN

Bundesagentur für Arbeit (2019): Verzeichnis anerkannter Werkstätten für behinderte Menschen (Stand Mai 2019), *https://www.arbeitsagentur.de/datei/dok_ba015706.pdf* zuletzt aufgerufen am 5.8.2020.

Bundesarbeitsgemeinschaft der Werkstätten für Menschen mit Behinderung (BAG WfbM) (2019): Jahresbericht 2018. *https://www.bagwfbm.de/publications* zuletzt aufgerufen am 5.8.2020.

Bundesarbeitsgemeinschaft der Werkstätten für Menschen mit Behinderung (BAG WfbM) (2018): Entwicklung des Organisationsgrades zum 1. Januar 2018. *https://www.rehadat-statistik.de/statistiken/berufliche-teilhabe/wfbm/bagwfbm/* zuletzt aufgerufen am 5.8.2020.

Bundesarbeitsgemeinschaft Inklusionsfirmen (2019): Inklusionsunternehmen in Zahlen. *https://www.bag-if.de/integrationsunternehmen-in-zahlen/* zuletzt aufgerufen am 5.8.2020.

Bauer, W. (Hrsg.) (2016): Leichtbauroboter in der manuellen Montage – Einfach einfach anfangen. Erste Erfahrungen von Anwenderunternehmen. Studie des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation. IRB-Verlag: Stuttgart. *https://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/presse-und-medien/aktuelles/1757-leichtbauroboter-in-der-manuellen-montage.html* zuletzt aufgerufen am 5.8.2020.

DGUV (2019): Mensch-Roboter-Kollaboration: Risiken und Chancen für die Prävention im Betrieb. Vortrag am Tag der Arbeitssicherheit, 10.–11.4.2019, Fellbach.

Fraunhofer IPA (2017): 1. Stuttgarter MRK-Anwendertag: MRK als Werkzeug in einer Industrie-4.0-Welt, Einführungsvortrag von Martin Hägele.

KUKA 2019: Informationen zum Leichtbauroboter-Modell »Kuka iiwa« *https://www.kuka.com/de-de/produkte-leistungen/robotersysteme/industrieroboter/lbr-iiwa* und zum Modell »Kuka iisy« *https://www.blog.kuka.com/2019/01/31/lbr-iisy/* zuletzt aufgerufen am 5.8.2020.

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt AQUIAS wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm »Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen« unter dem Förderkennzeichen 02L14A110 gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

AQUIAS
Teilhabe durch Robotik

Laufzeit des Projekts AQUIAS: 1.10.2015 – 31.12.2019

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Fraunhofer IAO

David Kremer
Tel.: +49 711 970-2223
E-Mail: david.kremer@iao.fraunhofer.de

Fraunhofer IPA

Sibylle Hermann
Tel.: +49 711 970-2020
E-Mail: sibylle.hermann@iao.fraunhofer.de

ISAK GmbH

URN-Nummer

urn:nbn:de:0011-n-6032462
Online verfügbar als Fraunhofer-ePrint
http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-603246.html

rexroth
A Bosch Company

Titelbild

Ludmilla Parsyak, © Fraunhofer IAO

Erleben Sie attraktive Szenarien der Mensch-Roboter-Kollaboration auf unserer interaktiven Webseite: *www.aquias.de*

© Fraunhofer IAO, 2020