Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen wissenschaftlich begutachteten und freigegebenen Fachaufsatz („reviewed paper“).

doi.org/10.37544/1436–4980–2024–03–24

Unterstützung leistungsgewandelter Personen in der manuellen Montage

Auswahlmethode für bedarfsgerechte Assistenzroboter

A. Lottermoser, S. Parpoulas, S. Zeller, J. Berger

ZUSAMMENFASSUNG In diesem Beitrag wird eine Methode vorgestellt, wie basierend auf körperlichen Einschränkungen ein geeigneter Assistenzroboter ausgewählt werden kann. Hierzu werden zunächst die Körperfunktionen einer leistungsgewandelten Person mit den Anforderungen an einen Montageprozess verglichen und ermittelt, an welchen Stellen eine Unterstützung erforderlich ist. Für diese Schritte wird daraufhin ein passender Assistenzroboter und je nach Vorliebe der Person die entsprechende Interaktionsform bestimmt.

STICHWÖRTER

Mensch und Technik, Handhabungstechnik, Industrieroboter

Method for selecting a needs-based assistance robot

ABSTRACT In the context of this article, a method is presented on how to select a suitable assistive robot based on physical limitations. To achieve this, the body functions of a physically challenged person are compared with the requirements of an assembly process, determining when assistance is needed. In the next methodological step, a suitable assistive robot is selected, and, depending on the individual's preference, the corresponding form of interaction is determined.

1 Ausgangssituation und Motivation

Das produzierende Gewerbe in Deutschland unterliegt zunehmend gesellschaftlichen Herausforderungen. Einer der vorherrschenden Trends ist der demografische Wandel. Dieser wirkt sich besonders durch eine höher werdende Altersstruktur in den Unternehmen aus, da immer weniger jüngere Arbeitnehmer nachkommen. Das Risiko krankheitsbedingter Ausfälle steigt statistisch im Alter stark an. Im Jahr 2021 war die Anzahl der Arbeitsunfähigkeitstage der 60- bis 64-Jährigen dreimal so hoch wie die der 30- bis 34-Jährigen. [1] Auch die Anzahl der Berufsunfähigkeiten steigt im Alter signifikant an. Die zweithäufigste Ursache dabei sind Erkrankungen des Muskel- und Skelettsystems. [2] Arbeitnehmer können dadurch ihre aktuellen Tätigkeiten nicht mehr ausführen. Die Folge ist eine Umschulung oder Frühverrentung und damit sowohl für die betroffene Person als auch das Unternehmen ein Verlust der Arbeitskraft und des langjährigen Know-hows.

Zudem wird die Situation in den produzierenden Gewerben durch den anhaltenden Fachkräftemangel noch weiter verschärft. Circa 65 % der Betriebe geben an, dass sie offene, nicht besetzte Stellen haben. [3] Stellen von ArbeitnehmerInnen, die krankheitsbedingt ausfallen, können somit auch nicht oder nur sehr schwer besetzt werden.

Um diesen Trends zu begegnen, bedarf es den Einsatz neuer Technologien, um Arbeitskräfte, die körperliche Einschränkungen erfahren haben, soweit zu unterstützen, dass sie im besten Fall wieder an ihrem ursprünglichen Arbeitsplatz eingesetzt werden können. Diese Unterstützung bieten Assistenzroboter, die bei den Tätigkeiten beispielsweise durch Anreichen und Fixieren der Bauteile unterstützen können. Die Herausforderung dabei besteht allerdings darin, entsprechende Prozessschritte, in denen eine Assistenz notwendig ist, zu identifizieren und dafür ein geeignetes Robotersystem auszuwählen.

Diesen Herausforderungen hat sich das Forschungsprojekt „RobIn4LeMi“ (Robotergestützte Interaktionssysteme für leistungsgewandelte Mitarbeitende) angenommen.

In dem Projekt ist eine Methode entstanden, um basierend auf körperlichen Einschränkungen Prozesse zu identifizieren, die eine Unterstützung erfordern. Hierfür wird ein geeignetes Robotersystem sowie auf Basis persönlicher Präferenzen Interaktionsgeräte ausgewählt und dadurch ein Assistenzroboter-System konfiguriert.

2 Stand der Technik und Forschung

Zur Unterstützung von Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen durch Robotersysteme wurden in den letzten Jahren verschiedene Forschungsaktivitäten durchgeführt, die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

Assistenzroboter zur Unterstützung im Alltag und der Pflege haben in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Dabei wurden verschiedene Systeme in Forschungsprojekten entwickelt und optimiert, wie die „Care-O-bot“-Systeme des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA [4, 5], „Marvin“ aus dem Projekt „AsRoBe“ [6], der mobile Assistenzroboter „Lio“ des Unternehmens F&P Robotics AG [7] oder der Roboter „Rollin Justin“ aus dem aktuellen Projekt „SMiLE2gether“ des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) [8, 9].

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-03-24 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

Diese Systeme unterstützen eingeschränkte Menschen im Alltag oder der Pflege, indem sie beispielsweise Gegenstände vom Boden aufheben, Objekte anreichen oder sich um den Haushalt kümmern.

Auch im produzierenden Gewerbe werden Roboterassistenzsysteme bereits eingesetzt. Im Projekt „AQUIAS“ wird die Mensch-Roboter-Kooperation genutzt, um schwerbehinderte Menschen in der Montage bei der Robert Bosch GmbH zu unterstützen [10, 11]. Auch das Robotersystem „Robbie“, das bei der Ford-Werke GmbH eingesetzt wird, unterstützt eingeschränkte Personen bei Montagearbeiten [12].

Diese Projekte beschäftigen sich mit konkreten Technologien und einem spezifischen Einsatzzweck.

Hierfür bedarf es Experten, die einerseits die Bedürfnisse eingeschränkter Personen kennen und anderseits die technische Lösung spezifisch an die Person anpassen.

Die in diesem Beitrag vorgestellte Methode soll Unternehmen dabei unterstützen, für eine leistungsgewandelte Person einen geeigneten Assistenzroboter, der auch aus den vorgestellten Projekten stammen kann, zu identifizieren, um Personen an einem bestehenden Arbeitsplatz zu unterstützen. Die Forschungsarbeit von [13] hat sich mit der Planung von Montagearbeitsplätzen für leistungsgewandelte Personen beschäftigt. Die Methode in diesem Fachaufsatz baut dagegen auf bestehende Arbeitsplätze und Tätigkeiten auf und soll den Assistenzroboter darin integrieren.

3 Anforderungen und Problemstellung

Wie im vorherigen Kapitel aufgezeigt wurde, existiert aktuell eine Vielzahl an unterschiedlichen Assistenzroboter-Lösungen von verschiedenen Herstellern. Für Unternehmen, die mit Leistungswandlung konfrontiert sind und noch keine oder wenig Erfahrung mit Robotik besitzen, besteht die Herausforderung, den Leistungsgewandelten wieder an dem Arbeitsplatz einzusetzen.

Die Problemstellung liegt darin, dass körperliche Fähigkeiten einer beeinträchtigten Person mit den Anforderungen an einen Prozess verglichen werden müssen, um daraus eine Unterstützung ableiten zu können.

Die Anforderungen sind dabei zum einen, alle relevanten Daten zu identifizieren und strukturiert aufzunehmen. Zum anderen müssen die jeweiligen Personen- und Prozessdaten in Beziehung gesetzt werden, um die Tätigkeiten zu identifizieren, die eine Unterstützung benötigen.

Für diese Prozessschritte sind Robotersysteme zu ermitteln, die das Potenzial besitzen, eine geeignete Unterstützungsleistung aufzubringen.

Die letzte Anforderung besteht darin, dass die ausgewählten Robotersysteme von einer leistungsgewandelten Person akzeptiert werden. Hierfür sind geeignete intuitive Bedientechnologien zur Interaktion zwischen Mensch und Roboter zu identifizieren. Diese müssen zum einen zu den Einschränkungen der Person und zum anderen zu ihren persönlichen Präferenzen passen.

Um diesen Anspruch zu begegnen, wird im folgenden Abschnitt eine Auswahlmethode für bedarfsgerechte Assistenzroboter beschrieben.

4 Methode zur Konfiguration eines bedarfsgerechten Assistenzrobotersystems

In diesem Kapitel wird zunächst eine Übersicht über die Methode gegeben, bevor im weiteren Verlauf die einzelnen Schritte detailliert vorgestellt werden.

4.1 Übersicht der Methodenschritte

Für den Input der Methode werden zum einen Daten zu den Fähigkeiten einer Person und zum anderen Daten zu den Anforderungen an den jeweiligen Prozess benötigt. Diese Daten werden in mehreren Schritten analysiert und abgeglichen, um als Ergebnis der Methode ein konfiguriertes Assistenzsystem zu erhalten, das eine leistungsgewandelte Person in den entsprechenden Prozessschritten unterstützen kann.

Eine Übersicht der Methode ist in **Bild 1** dargestellt.

Im ersten Baustein der Methode werden die Daten, die eine leistungsgewandelte Person in das System eingibt, mit den Daten eines Prozessexperten verglichen. Dafür werden sowohl die Körperstrukturen als auch die einzelnen Körperfunktionen hinsichtlich des Muskel- und Skelettsystems herangezogen. Die Anforderungen an den Prozess werden ebenfalls auf Basis der Körperstrukturen und -funktionen erhoben. Als Output des ersten Bausteins werden nach dem Abgleich die Prozessschritte ausgegeben, die eine Unterstützung benötigen.

Im zweiten Baustein der Methode werden diese Prozessschritte als Basis verwendet, um hierfür ein geeignetes Robotersystem auszuwählen. Dabei werden die Informationen der Prozessschritte mit den Leistungsdaten kollaborierender Roboter, die in einer Datenbank zur Verfügung stehen, verglichen.

Das Ergebnis dieses Bausteins ist ein Lösungsraum potenziell einsetzbarer Robotersysteme.

Im letzten Baustein werden die Interaktionspräferenzen mit vorausgewählten Interaktionssystemen, die ebenfalls in einer Datenbank enthalten sind, verglichen.

Als Output in Baustein drei wird ein Lösungsraum potenziell einsetzbarer Interaktionssysteme aufgezeigt.

Das finale Ergebnis der Methode ist die Kombination der gewählten Roboter- und Interaktionssysteme.

4.2 Abgleich von Personen- und Prozessdaten

Im ersten Baustein der Methode werden jeweils eine Personenakte für leistungsgewandelte Personen und eine Prozessakte für die auszuführenden Tätigkeiten unabhängig voneinander angelegt.

Personenakte

In der Personenakte wird der aktuelle körperliche Zustand der Person abgefragt. Im Projekt „RobIn4LeMi“ liegt der Fokus dabei besonders auf den oberen Extremitäten, die sich in Schulter, Oberarm, Ellenbogen, Unterarm und Hand aufgliedern. Die nachfolgend beschriebenen Kriterien werden auf einer Skala zwischen 0 (maximale Einschränkung) und 5 (keine Einschränkung) bewertet. Diese Einteilung ist an die „Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit“ (ICF) angelehnt [14].

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-03-24 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

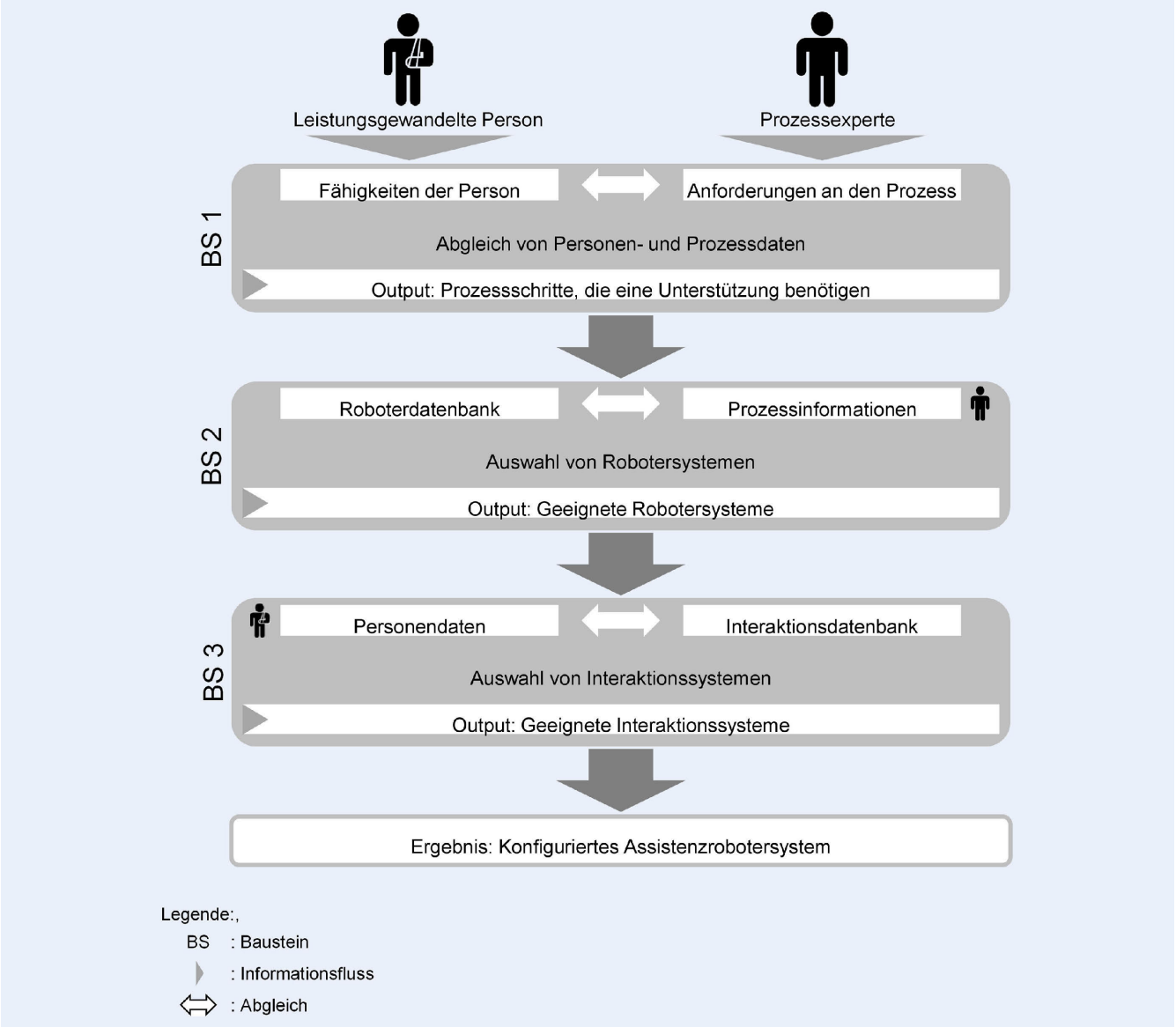

Bild 1. Übersicht der Methode zur Konfiguration eines bedarfsgerechten Assistenzrobotersystems. *Grafik: Fraunhofer IGCV*

Zu den Kriterien gehören die fünf Grundfähigkeiten menschlicher Bewegungen: die Kraft, die aufgebracht werden kann; die Koordinationsfähigkeit des Körperteils; die Schnelligkeit, in der mit dem betroffenen Körperteil gearbeitet werden kann; die Bewegungsfreiheit, die möglich ist und die Ausdauer, mit der die Bewegungen ausgeübt werden können.

Des Weiteren wird hinterlegt, wie gut die jeweilige Hör-, das Seh- und das Sprechvermögen ausgeprägt sind. Ein weiterer wichtiger Aspekt sind der Präzisions- und der Kraftgriff in beiden Händen. Um diese Eigenschaft präzise angeben zu können, wird zum einen die Druckkraft im Daumen und dem Zeigefinger abgefragt, zum anderen muss angegeben werden, ob der Präzisions- sowie der Kraftgriff mit der ausgewählten Hand ausgeführt werden kann.

Diese Daten werden durch die leistungsgewandelte Person selbst auf Basis der Diagnose oder durch einen Betriebsarzt erfasst. Die Einteilung in den entsprechenden Skalenwert wird durch Erklärtexte für Praxisbeispiele unterstützt.

Prozessakte

Ein Prozess besteht aus mehreren Schritten. Welche Voraussetzungen dafür gegeben sein müssen, wird auch hier mit einer Skala von 0 bis 5 durch die Prozessexperten im Unternehmen angegeben. 0 bedeutet in diesem Fall, dass das Kriterium für diesen einzelnen Schritt nicht erforderlich ist und 5 entspricht dem maximalen Ausmaß des Kriteriums. Die Kriterien bestehen aus der für den Schritt benötigten Kraft, der Komplexität, der Zeit, in der die Tätigkeit abgearbeitet werden muss, dem Aktionsradius, der für die Ausführung notwendig ist und der Wiederholungszahl, wie oft ein Prozessschritt ausgeführt werden muss.

Sind sowohl die Personen- als auch die Prozessakte angelegt, werden die Anforderungen des Prozesses mit den Fähigkeiten der Person verglichen. Dafür wird die benötigte Kraft des Prozessschrittes mit der aufbringbaren Kraft der Person im Verhältnis 1:1 verglichen; ebenso die Komplexität mit der Koordination, die Zeit mit der Schnelligkeit sowie der Aktionsradius mit der Bewegungsfreiheit. Die Ausdauer hingegen wird mit einer Kombinati-

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-03-24 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

Tabelle 1. Einteilung der Roboter nach Traglast und Reichweite.

Bewertung	0	1	2	3	4	5
Traglast	0–3 kg	3–8 kg	8–15 kg	15–25 kg	25–35 kg	>35 kg
Reichweite	400–500 mm	500–700 mm	700–900 mm	900–1200 mm	1200–1500 mm	1500–1900 mm

Tabelle 2. Bewertung der Bauteile.

Bewertung	0	1	2	3	4	5
Gewicht	<100 g	100–500g	500 –1000 g	1000–3000 g	3000– 5000 g	>5000 g
Material	Hohe Druck-festigkeit – Hohe Elastizität	Hohe Druck-festigkeit – Hohe Plastizität	Geringe Druck-festigkeit – Geringe Elastizität	Geringe Druck-festigkeit – Geringe Plastizität		
Form	Geometrische Form	abgeleitete geometrische Form	Freiform			
Größe	<1 cm	1–5 cm	5–10 cm	10–50 cm	50–100 cm	>100 cm
Bereitstellung	Einzelteil	Mehrere definiert liegende Teile	Schütte			
Qualität	Keine Qualitätsan-forderungen	Qualität hinsichtlich Funktion	Qualität hinsichtlich Funktion und Optik			

on aus der Wiederholungszahl, der Kraftanforderung und der Zeit verglichen, da alle dieser Kriterien einen Einfluss auf sie haben.

Das Ergebnis liefert eine Aussage darüber, welche Prozessschritte die Person selbstständig ausführen kann und bei welchen sie Unterstützung benötigt.

4.3 Auswahl von Robotersystemen

Auch im zweiten Baustein der Methode wird das sechsgliedrige Bewertungsschema angewendet. Hierzu wurden zunächst am Markt verfügbare kollaborierende Roboter in Klassen eingeteilt (siehe **Tabelle 1**).

Diese Tabelle stellt einen Auszug aus den beiden wichtigsten Kategorien „Traglast“ und „Reichweite“ dar. Alle Roboter der Datenbank werden in diese Kategorien eingeteilt, um mithilfe eines automatisierten Abgleichs die für den Prozess geeigneten Robotersysteme auszuwählen.

Um diesen Abgleich durchzuführen, werden die Informationen der zuvor ermittelten Prozessschritte herangezogen. Entscheidend ist der Arbeitsradius und zum Abgleich der Traglast das Gewicht des Bauteils.

Die Bauteilinformationen werden separat durch den Prozessexperten in einer eigenen Datenbank erfasst. Die wesentlichen Informationen sind in **Tabelle 2** dargestellt.

Die Anwendungsfälle im Projekt RobIn4LeMi beziehen sich insbesondere auf den Kontext der Montage mit Gewichten von bis zu 5 kg.

Diese Werte werden unter Berücksichtigung eines Endeffektors zur Auswahl eines Robotersystems herangezogen.

Um zudem bestimmen zu können, welcher Automatisierungskomplexität der aktuelle Prozessschritt unterliegt, werden zusätzlich Daten zu „Material“, „Form“, „Größe“, „Bereitstellung“ und „Qualität“ innerhalb der Bewertungsgrößen aufgenommen. Mithilfe des Bewertungsschemas wird ein Mittelwert über diese Kategorien gebildet, um einen Grad der Automatisierungsfähigkeit des Prozessschritts zu erhalten. Je höher der Grad der Bauteilkomplexität, desto schwieriger ist es, diesen Prozessschritt mit einem Roboter zu unterstützen. (in Anlehnung an [15])

Durch die Kombination der Informationen aus Bauteil und Handhabung kann eine automatisierte Aussage getroffen werden, inwieweit ein Roboter in dem Prozessschritt unterstützen kann. Diese Bewertung soll Unternehmen eine erste Einschätzung geben. Für die reale Umsetzung muss eine weitere Detailplanung erfolgen.

4.4 Auswahl von Interaktionssystemen

Der dritte Baustein der Methode befasst sich mit der Auswahl eines passenden Interaktionssystems. Dafür werden gängige Interaktionssysteme durch das sechsgliedrige Bewertungssystem eingestuft. Die Bewertung bezieht sich darauf, wie komplex die akustische, haptische oder visuelle Ein- und Ausgabe ist. Eine Auswahl an Interaktionssystemen ist in **Tabelle 3** dargestellt. Die Personen können angeben, welche Interaktionen sie bevorzugen oder abweisen. Auch diese Präferenzen werden anhand der Skala bewertet. Für die Auswertung des Interaktionssystems werden die Angaben der Person mit den Bewertungen der Interaktionssysteme verglichen. Das Ergebnis liefert eine Liste an geeigneten Interaktionssystemen für die betroffene Person.

5 Umsetzung und Evaluation

Im Forschungsprojekt RobIn4LeMi wurde die Methode in ein Software-Tool überführt und bei den Ulrichswerkstätten in Schwabmünchen in mehreren Feldtests erprobt. In dieser

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-03-24 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

Tabelle 3. Bewertung der Interaktionssysteme.

Bewertung Binär	Outputkategorien			Inputkategorien			
	einfacher visueller Output (Lichter und Farben)	komplexer visueller Output (Textausgabe)	einfacher akustischer Output (Töne)	komplexer akustischer Output (Sprachausgabe)	akustische Eingabe (Spracheingabe)	haptische Eingabe mit Druck (Taster)	haptische Eingabe ohne Druck (Touchscreen)
Interaktionssystem 1 (z.B. Ampel)	1	0	0	0	0	0	0
Interaktionssystem 2 (z.B. Tablet)	0	1	1	1	1	0	1
Interaktionssystem 3 (z.B. Taster)	0	0	0	0	0	1	0
Interaktionssystem 4 (z.B. Spracherkennung)	0	0	0	0	1	0	0
Interaktionssystem 5 (z.B. Gestensteuerung)	0	0	0	0	0	0	1

...

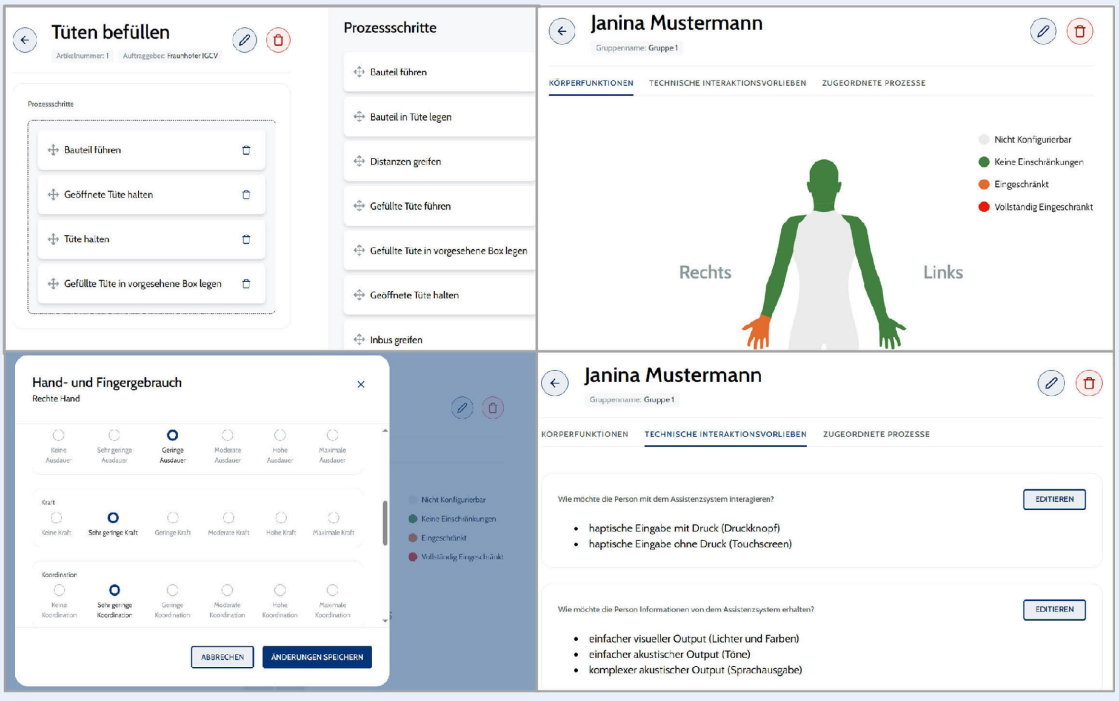

Bild 2. Screens des aktuellen Software-Tools. *Grafik: MaibornWolff GmbH*

Einrichtung arbeiten Menschen mit unterschiedlichen Einschränkungen. Eine der Haupttätigkeiten ist das Kommissionieren von Kleinteilen. Hierfür werden beide Extremitäten benötigt, um Kleinteile aus einer Box zu entnehmen und in eine Tüte zu füllen. Der Prozess und die dazugehörigen Bauteile wurden von den Prozessexperten der Ulrichwerkstätten im Software-Tool angelegt und bewertet.

Anhand der Mitarbeiterin *Janina Mustermann* wird die Methode beziehungsweise das Software-Tool exemplarisch beschrieben. *Janina* kann aufgrund einer Spastik in der rechten Hand Tätigkeiten, die beide Hände erfordern, nicht durchführen. Allerdings ist sie mit der anderen Hand sehr geschickt und könnte mit einer Unterstützung die Kleinteil-Kommissionierung gut durchführen. *Janina* gibt gemeinsam mit ihrer Betreuerin die erforderlichen Daten in der Personenakte des Tools ein. Mithilfe der hinterlegten Beispiele zur Ausführung von bestimmten Tätigkeiten kann sie selbstbestimmt die Kategorien befüllen.

Sind die einzelnen Körperfunktionen gespeichert, werden im nächsten Schritt die „Technische Interaktionsvorlieben“ festgelegt. Um mit dem Assistenzsystem zu interagieren, möchte *Janina*

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-03-24 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

gerne haptische Eingaben benutzen. Die Ausgaben des Assistenzsystems möchte sie als einfachen visuellen Output bekommen. Die Möglichkeit eines einfachen oder komplexen akustischen Outputs lehnt sie ebenfalls nicht ab.

Die Ulrichswerkstätten können nun *Janina* den zuvor angelegten Prozess zuordnen und das Tool ermittelt, ob und in welchem Schritt eine Unterstützung notwendig ist. Den Ulrichswerkstätten wird ausgegeben, dass eine Unterstützung beim Anreichen und Fixieren der Schüttgutkisten erforderlich ist. Hierfür schlägt das Tool mehrere Robotersysteme mit einer Traglast von 5 kg und eine Reichweite von 900 mm vor. Für die Interaktion werden mechanische Taster und ein Tablet empfohlen.

Die grafisch aufbereitete Ausgabe der Unterstützungssysteme im Tool befindet sich aktuell noch in der Entwicklung und wird im nächsten Iterationsschritt umgesetzt. Die einzelnen Oberflächen des Software-Tools sind in **Bild 2** dargestellt.

Die Ulrichswerkstätten haben durch die Methode somit Assistenzmöglichkeiten zur gezielten Unterstützung von Personen und Prozessen erhalten.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Forschungsprojekts RobIn4LeMi wurde eine Methode entwickelt und umgesetzt, um es Unternehmen zu erleichtern, Personen mit einer körperlichen Beeinträchtigung durch die Unterstützung eines Assistenzroboters wiedereinzusetzen.

Hierzu werden die Fähigkeiten einer Person erfasst und mit den Anforderungen eines Prozesses automatisiert verglichen. Wenn ein Prozessschritt nicht mehr von der Person ausführbar ist, wird untersucht, ob der Schritt mithilfe eines Assistenzroboters unterstützt werden kann.

Zusätzlich werden mithilfe der Methode geeignete Interaktionsmöglichkeiten ausgewählt, um den Roboter intuitiv bedienen zu können.

Die Methode wurde in ein Software-Tool überführt und gibt Unternehmen automatisiert einen Lösungsraum potenzieller Technologien zur Unterstützung aus.

Im nächsten Schritt wird die Ausgabe des Lösungsraums geeigneter Technologien umgesetzt und der Abgleich der einzelnen Daten weiter verfeinert. Im Forschungsprojekt wird dieses Tool in Feldtests weiter evaluiert und iterativ optimiert.

Mithilfe der Methode und des Tools soll Unternehmen zukünftig die Möglichkeit gegeben werden, leistungsgewandelte Personen gezielt einzusetzen, um so den aufgezeigten Trends und aktuellen Herausforderungen begegnen zu können.

LIZENZ

Dieser Fachaufsatz steht unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)

FÖRDERHINWEIS

Das Projekt RobIn4LeMi (DIK0213/01) wird durch das Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert.

Literatur

[1] Techniker Krankenkasse (Hrsg.): Gesundheitsreport 2022 – Arbeitsunfähigkeiten. Stand: 2022. Internet: www.tk.de/resource/blob/2125010/da11bbb6e19aa012fde9723c8008e394/gesundheitsreport-au--2022-data.pdf. Zugriff am 07.02.2023

[2] Franke und Bornberg (Hrsg.): BU-Leistungspraxisstudie 2022. Stand: 2022. Internet: www.franke-bornberg.de/fb-news/pressemitteilungen/bu-leistungspraxis-rating-2022. Zugriff am 07.02.2024

[3] Ahlers, E.; Quispe Villalobos, V.: Fachkräftemangel in Deutschland? Befunde der WSI -Betriebs- und Personalrätebefragung 2021/22. WSI Report Nr. 76. Stand: 2022. Internet: www.boeckler.de/fpdf/HBS-008345/p_wsi_report_76_2022.pdf. Zugriff am 07.02.2024

[4] Kittmann, R.; Fröhlich, T.; Schäfer, J. et al.: Let me Introduce Myself: I am Care-O-bot 4, a Gentleman Robot. In: Pielot, M.; Diefenbach, S.; Henze, N. (Hrsg.): Mensch und Computer 2015 – Tagungsband. De Gruyter 2015, S. 223–232

[5] Hans, M.; Graf, B.; Schraft, R. D.: Robotic home assistant Care-O-bot: past-present-future. IEEE ROMAN 2002. 11th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication. Proceedings, Berlin, Germany, 2002, pp. 380–385

[6] Weber-Fiori, B.; Stähle, B.; Pfiffner, S. et al.: Marvin, ein Assistenzroboter für Menschen mit körperlicher Behinderung im praktischen Einsatz. In: Pfannstiel, M. A.; Krammer, S.; Swoboda, W. (Hrsg.): Digitale Transformation von Dienstleistungen im Gesundheitswesen. Wiesbaden: Springer Gabler 2017, S. 269–285

[7] Miseikis, J.; Caroni, P.; Duchamp, P. et al.: Lio – A Personal Robot Assistant for Human-Robot Interaction and Care Applications. IEEE robotics and automation letters 5 (2020) 4, pp. 5339–5346

[8] Borst, C.; Wimbock, T.; Schmidt, F. et al.: Rollin' Justin – Mobile platform with variable base. 2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Kobe, 2009, pp. 1597–1598

[9] Hagengruber, A.; Suchenwirth, L.: SMiLE2gether: A prototype of a holistic ecosystem for robotic care assistants. In: Rubeis, G.; Hartmann, K. V.; Primc, N. (Hrsg.): Digitalisierung der Pflege. Interdisziplinäre Perspektiven auf digitale Transformationen in der pflegerischen Praxis. Göttingen: V&R unipress 2022, S. 227–236

[10] remer, D.; Herrmann, S.: Arbeitsplätze für die Mensch-Roboter-Kollaboration inklusionsförderlich und wirtschaftlich gestalten. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2018., doi.org/10.21934/baua:fokus20180221

[11] Kremer, D.; Hermann, S.; Henkel, C.: Mensch-Roboter-Kollaboration für Schwerbehinderte als Beitrag zur Inklusion in der Arbeitswelt. Interact Conference 3 (2018), doi.org/10.14464/awic.v3i0.284

[12] Ford-Werke GmbH: Kollaborativer Roboter namens Robbie hilft gesundheitlich eingeschränktem Ford-Mitarbeiter bei der Montagearbeit. Stand: 27.05.2022. Internet: www.waz.de/wirtschaft/presseportal/kollaborativer-roboter-namens-robbie-hilft-gesundheitlich-eingeschraenktem-ford-mitarbeiter-bei-der-montagearbeit-id235459567.html. Zugriff am 07.02.2024

[13] Spillner, R.: Einsatz und Planung von Roboterassistenz zur Berücksichtigung von Leistungswandlungen in der Produktion. München: Herbert Utz Verlag 2015

[14] DIMDI: ICF – Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit. Stand: 2005. Internet: https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/icf/icfhtml2005/. Zugriff am 07.02.2024

[15] Michniewicz, J.: Automatische simulationsgestützte Arbeitsplanung in der Montage. Dissertation, TU München, 2019

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-03-24 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Albrecht Lottermoser, M.Sc.
Foto: Fraunhofer IGCV

Sophia Parpoulas, B.Sc.

Stefan Zeller, B.Sc.

Dr.-Ing. Julia Berger

Fraunhofer-Institut für Gießerei-,
Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV
Am Technologiezentrum 10, 86159 Augsburg
Tel. +49 821 / 90678-152
albrecht.lottermoser@igcv.fraunhofer.de
www.igcv.fraunhofer.de

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-03-24 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY