

Fehlbare Automation im Arbeitskontext: Wahrnehmung und Auswirkung des Einsatzes eines hilfsbedürftigen Roboters im Produktionsumfeld

Miriam FUNK¹, Andrea SCHEIDIG², Horst-Michael GROSS²,
Sascha WISCHNIEWSKI¹

*¹ Fachgruppe "Human Factors, Ergonomie"
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

*² Fachgebiet Neuroinformatik und Kognitive Robotik
Technische Universität Ilmenau
Helmholtz-Platz 5, D-98693 Ilmenau*

Kurzfassung: Auch zukünftig wird die technische Ausstattung von Service- und Assistenzrobotern für alle Eventualitäten nur schwer zu realisieren sein. Daher wurde im Rahmen eines Feldeinsatzes die Wahrnehmung und Auswirkung eines eigens zu diesem Zweck gestalteten, hilfsbedürftigen Roboters im Arbeitskontext betrachtet. Dazu wurden die Erwartungen und Erfahrungen der Beschäftigten mittels Interviews erfasst. Die Ergebnisse geben erste Hinweise darauf, dass die notwendige Hilfeleistung nicht als zusätzlicher Belastungsfaktor im Arbeitsalltag wahrgenommen wird. Um eine hohe Akzeptanz zu gewährleisten und eine Unterstützungsleistung für die Beschäftigten zu generieren, sind die Planung des Einsatzes und die Gestaltung einer solch fehlerbaren Automation partizipativ umzusetzen.

Schlüsselwörter: Fehlbare Automation, Hilfsbedürftigkeit, Mensch-Roboter-Interaktion

1. Hilfsbedürftige Roboter im Arbeitskontext

Die (technische) Ausstattung von Robotern für alle Eventualitäten gestaltet sich auf Grund dynamischer Umgebungsbedingungen als komplex und herausfordernd. Im Arbeitskontext tragen darüber hinaus wirtschaftliche Erwägungen dazu bei, dass bewusst auf einzelne Funktionalitäten verzichtet wird. Daher werden Service- und Assistenzroboter trotz zunehmender Automatisierung auch künftig zumindest bei Teilaufgaben auf die Unterstützung durch den Menschen angewiesen sein. Ein möglicher Ansatz, diese notwendige menschliche Hilfeleistung zu erhalten, besteht darin, dass der Roboter den Menschen aktiv um Hilfe bittet. Damit sich der Einsatz eines Roboters, dessen Unzulänglichkeiten im Sinne einer fehlerbaren Automation bewusst eingeplant werden, auch lohnt, sollte dieser insbesondere im betrieblichen Kontext nicht als Fehlbelastungsfaktor wahrgenommen werden, sondern mit zusätzlichem Nutzen verbunden sein. Zur Gewährleistung einer menschengerechten Arbeitsgestaltung ergeben sich hier unterschiedliche Fragestellungen hinsichtlich des Einsatzes und der Gestaltung der Interaktion zwischen Mensch und Roboter im Arbeitskontext. Vor diesem Hintergrund untersuchte das BMBF geförderte Forschungsprojekt FRAME (Assistierte "Fahrstuhlnutzung" und "Raumzutritt" für Roboter durch Einbeziehung von Helfern) die Hilfeleistung von Menschen gegenüber Robotern am Beispiel der Türöffnung und

Fahrstuhlnutzung, die immer noch wesentliche Hinderungsgründe für den Einsatz mobiler Service- und Assistenzroboter - auch im industriellen Kontext - darstellen. Im Rahmen des Feldeinsatzes eines hilfsbedürftigen Roboters im Produktionsumfeld wurde im Projektkontext eine Nutzerevaluation im Prä-Post-Design durchgeführt. Folgend werden zunächst die wichtigsten Gestaltungseigenschaften des Roboters sowie der Rahmenanwendung dargestellt. Anschließend wird die Durchführung von Interviews mit Beschäftigten beschrieben, die mit dem Roboter während des Feldeinsatzes in Kontakt gekommen sind, sowie die Darstellung und Diskussion der Ergebnisse.

2. Feldeinsatz des Roboters im Produktionsumfeld

Im Rahmen des Projekts wurden ein für das intendierte Szenario passender Roboter sowie eine an die Gegebenheiten des Anwendungspartners angepasste Rahmenanwendung entwickelt. Die zentralen Gestaltungsmerkmale werden in diesem Kapitel dargestellt.

2.1 Technische Gestaltung des Roboters und des Interaktionsprozesses

Auf Grund der aufgezeigten Zielsetzung des Projektes wurde ein Roboter für die Übernahme von Service- bzw. Assistenzfunktionen ohne vorhandene Manipulatoren entwickelt. Um die damit verbundene Hilfsanfrage und die notwendigen Navigationsleistungen zu bewerkstelligen, war der Roboter in der Lage, sowohl Hindernisse und deren Spezifikation (z.B. geschlossene Tür) als auch potenzielle Hilfspersonen in der Umgebung zu erkennen, sich diesen anzunähern sowie eine Interaktion zu initiieren (vgl. auch Backhaus et al. 2018). Dazu wurde mittels Sprachausgabe auf verbale, sowie durch die Verwendung eines Tablets auf nonverbale Kommunikation zurückgegriffen.

Zielsetzung des (verbalen) Dialogs ist es, ein geteiltes Verständnis der Problemsituation aufzubauen und Unsicherheiten auf Seiten des potenziellen Helfers zu reduzieren (Fischer, 2011). In Bezug auf die verwendete Hilfsanfrage konnte eine Reihe vorangegangener Untersuchungen (Budde et al. 2018; Westhoven et al. 2019) zeigen, dass eine höfliche, möglichst direkte Ansprache, die sich an der zwischenmenschlichen Kommunikation orientiert und sozialen wie kulturellen Normen folgt (Meyer et al. 2016), die Akzeptanz des Roboters (Mirnig et al. 2017) und dadurch die Erfolgsaussichten der Hilfsanfrage positiv beeinflussen.

Da im Rahmen des Projektes keine Spracherkennung zum Einsatz kam, wurde ein Tablet an der Basis des Roboters angebracht (vgl. Abbildung 1). Dieses diente als Eingabe- sowie als zusätzliche Ausgabemodalität. In diesem Zusammenhang wurde eine auf die Gestaltung und Funktionalität des Roboters abgestimmte grafische Nutzeroberfläche entwickelt. Um eine schnelle und einfach zu erbringende Hilfeleistung auch für unerfahrene Helfer zu ermöglichen, wurde zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit, der DIN EN ISO 9241 folgend, besonderes Augenmerk auf die Dialogprinzipien der Selbstbeschreibungsfähigkeit und Lernförderlichkeit gelegt. Dazu wurden neben der Verschriftlichung der gesprochenen Dialoge, Piktogramme und Animationen zur visuellen Unterstützung sowie Schaltflächen am seitlichen Rand der Benutzeroberfläche eingebunden, die auf die fehlende Spracheingabe hinweisen und die Umstellung der Sprache sowie die Regulierung der Lautstärke ermöglichen.



Abbildung 1: *Eingesetztes robotisches System*

2.2 Rahmenanwendung und Durchführung des Feldeinsatzes

Bei der Gestaltung der Rahmenanwendung wurden zum einen die technischen Möglichkeiten des Roboters unter Einbeziehung der Hilfsbedürftigkeit, sowie die Gegebenheiten des Anwendungspartners berücksichtigt. Dabei handelt es sich um ein mittelständisches Unternehmen, welches auf die Entwicklung und Produktion von Sensorelementen u.a. für die Automobil- und Elektronikindustrie spezialisiert ist. Die Klein- und Kleinstteile werden in verschiedenen Fertigungsbereichen, verteilt über mehrere Etagen des Standortes, verarbeitet. Der Roboter hatte daher die Aufgabe, Transporte von Materialien und Produkten sowie Postsendungen zwischen den verschiedenen Bereichen und Etagen zu übernehmen. Zusätzlich erfasste der Roboter die Luftqualität in den verschiedenen Bereichen. In Bezug auf die Betrachtung des Arbeitskontextes wurde der Einsatz des Roboters so gewählt, dass dieser für die Beschäftigten eine unterstützende Funktion einnehmen sollte. Bei der damit verbundenen Überwindung von geschlossenen Türen und Aufzügen war der Roboter auf die Hilfeleistung durch den Menschen angewiesen. Der Feldeinsatz erstreckte sich über vier Wochen mit einer Einsatzzeit von vier Stunden täglich und einer kontinuierlichen Begleitung des Roboters.

3. Wahrnehmung und Auswirkung des Robotereinsatzes: Interviews

Zur Sicherstellung einer menschengerechten Gestaltung der Interaktion und des Einsatzes des Roboters, mit besonderer Berücksichtigung des Arbeitskontextes, wurden die Perspektiven der Beschäftigten mittels Interviews erfasst. Zum einen wurde auf die Wahrnehmung des Roboters im Rahmen der Hilfeleistung und zum anderen auf die Auswirkung auf die Arbeitssituation fokussiert.

3.1 Durchführung aus Auswertung

Die Interviews wurden mit einer Gruppe von 15 Beschäftigten des Anwendungspartners zu jeweils zwei unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt. Vor Einführung des Roboters wurde die Erwartungshaltung der Beschäftigten erfasst. Im Anschluss an den Feldeinsatz wurden diese zu ihren Erfahrungen, die sie im Umgang mit dem

Roboter gemacht haben, befragt. Dabei wurde auf die Gebrauchstauglichkeit, die Hilfsbereitschaft und auf mögliche Auswirkungen auf die Arbeitsstrukturen wie (erwarteter) Nutzen und (erwartete) Probleme fokussiert. Dazu wurden vornehmlich offene Fragen zu den jeweiligen Themenbereichen formuliert. Zusätzlich kam eine angepasste Version des IsoMetrics (Willumeit et. al. 1996) bestehend aus insgesamt sieben Items - eins pro Dialogprinzip - und einer 5-stufigen Likert-Skala von 1 „stimmt nicht“ bis 5 „stimmt sehr“ und der Möglichkeit „keine Angabe“ zum Einsatz.

Zu Beginn des jeweiligen Befragungszeitpunktes wurden die Beschäftigten über die (rechtlichen) Rahmenbedingungen der Befragung informiert sowie deren schriftliches Einverständnis eingeholt. Außerdem wurden die Beschäftigten zu Beginn des Feldeinsatzes ausführlich über die Funktionalität und Aufgaben des Roboters informiert sowie offene Fragen geklärt. Die Interviews wurden mittels Gesprächsnotizen durch den Interviewer festgehalten und die quantitativen Daten mittels Fragebogen erhoben. Die Auswertung dieser Daten erfolgte deskriptiv und durch Kategorisierung der festgehaltenen Antworten.

3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Mittelwerte und Standardabweichen für die Dialogprinzipien der beiden Erhebungszeitpunkte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: *Erwartungen bzw. Erfahrungen zur Gebrauchstauglichkeit (Mittelwert und Standardabweichung)*

Dialogprinzipien	Erwartungen		Erfahrungen	
	M	SD	M	SD
Aufgabenangemessenheit	2.47	1.06	2.47	1.13
Selbstbeschreibungsfähigkeit	4.33	0.62	4.50	0.65
Erwartungskonformität	4.21	0.89	4.53	0.64
Lernförderlichkeit	4.60	0.51	4.87	0.41
Steuerbarkeit	3.50	0.89	3.64	1.15
Fehlerrobustheit	4.00	1.15	4.43	0.79
Individualisierbarkeit	2.46	1.33	2.09	1.04
Gebrauchstauglichkeit	3.65	1.27	3.79	1.33

Bezüglich der Hilfsbereitschaft gaben alle Befragten im Vorfeld an, die notwendige Hilfeleistung erbringen zu wollen. Als Begründung bzw. Motivation wurden überwiegend die Unterstützung des Projekts, ein allgemeines Technikinteresse sowie die Hilfsbedürftigkeit an sich genannt. Außerdem wurde von einer insgesamt hilfsbereiten Unternehmenskultur berichtet, weshalb nicht davon ausgegangen wurde, dass es diesbezüglich zu Einschränkungen kommt. Diese Erwartungshaltung konnte im Anschluss an den Feldtest bestätigt werden. Die Befragten hatten vornehmlich in Hilfssituationen Kontakt mit dem Roboter, die fast ausschließlich in der Erbringung der Hilfeleistung resultierten. Lediglich zwei der Befragten gaben an, jeweils einmal auf Grund von Zeitdruck und Eile oder „keine Hand frei“ nicht geholfen zu haben bzw. nicht helfen konnten. Auch hier wurde die hohe Hilfsbereitschaft mit der allgemeinen Hilfsbedürftigkeit des Roboters und der Projektunterstützung begründet. Die Ergebnisse in Bezug auf den (erwarteten) Nutzen bzw. die (erwarteten) Probleme im Arbeitskontext sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: *Erwartungen und Erfahrungen bezüglich des Nutzens und der Probleme durch den Einsatz des Roboters*

	Nutzen durch den Robotereinsatz	Probleme durch den Robotereinsatz
Erwartungen	<ul style="list-style-type: none"> • Erfassung der Luftqualität • Übernahme von Transportaufgaben • Wege- und Zeitersparnis 	<ul style="list-style-type: none"> • „Verschwendung“ der Arbeitszeit durch Hilfeleistung • Roboter steht im Weg • Fehlfunktionen • „Fehlende Bewegung“ durch Wegfall von Transportaufgaben
Erfahrungen	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Zeitersparnis durch Übernahme von (kleinen) Transportaufgaben 	<ul style="list-style-type: none"> • Dauer der Hilfeleistung bei der Fahrstuhlfahrt
→ Die Tätigkeit bzw. tägliche Arbeit der Befragten hat sich durch den Einsatz des Roboters nicht verändert		

Darüber hinaus wurden die Teilnehmer gefragt, welche Veränderungen sie für Ihre tägliche Arbeit erwarten bzw. wahrgenommen haben. Dabei deckten sich die Angaben bezüglich der erwarteten Veränderungen mit denen des erwarteten Nutzens. Diese konnten sich jedoch durch den tatsächlichen Einsatz des Roboters nicht bestätigen. Es wurde zwar zum Teil angegeben, dass der Roboter Transportwege übernommen hat, dies hatte jedoch nur unwesentlich Einfluss auf die Arbeitssituation der Befragten und ist nur in geringem Umfang vorgekommen. Zur Wahrnehmung des Roboters bezüglich der Interaktionsgestaltung wurden keine besonderen Auffälligkeiten berichtet. Er wurde insgesamt als gut verständlich und zum Teil auch als höflich beschrieben.

3.3 Diskussion

Die insgesamt hoch ausgeprägte Hilfsbereitschaft in Kombination mit dem überwiegenden Anstieg der Bewertung der Dialogprinzipien im Rahmen der Erfahrungserhebung lassen auf eine grundsätzlich nachvollziehbare, verständliche und zielführende (Interaktions)Gestaltung des Roboters schließen. Hingegen lässt sich vermuten, dass die niedrigen Ausprägungen der Aufgabenangemessenheit und Individualisierbarkeit auf das festumrissene Aufgabenspektrum des Roboters sowie das Unvermögen der Hindernisüberwindung zurückzuführen sind. Allerdings lässt der konstante Wert der Aufgabenangemessenheit über beide Erhebungszeitpunkte auch annehmen, dass die Erwartungshaltung nicht unterschritten wurde, was unter anderem für einen zielführenden Einführungsprozess und die Erzeugung einer realistischen Einschätzung der Systemfunktionalitäten spricht. Ist dies nicht gegeben, kann eine enttäuschte Erwartungshaltung mitunter negative Auswirkungen auf die Akzeptanz und das Vertrauen der Beschäftigten haben, welche wiederum maßgeblichen Einfluss auf die Verwendung bzw. nicht Verwendung des Systems haben (Lee & See, 2004).

In Bezug auf den Arbeitskontext lässt sich insgesamt keine Veränderung bzw. Auswirkung durch den Robotereinsatz feststellen. Das bedeutet einerseits, dass es nicht zu einer Arbeitserleichterung durch die Übernahme von Transportaufgaben gekommen ist. Andererseits wird jedoch von den Befragten die Erbringung der Hilfeleistung auch nicht als zusätzlicher Belastungsfaktor berichtet. Dies wird durch die insgesamt positive Wahrnehmung der Mensch-Roboter Interaktion unterstrichen.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass es sich bei diesem

Feldeinsatz um eine erste Annäherung an den Einsatz fehlbarer Automation im Rahmen der Robotik handelt und das System nur in eingeschränktem Umfang (Laufzeit, Begleitung) zum Einsatz gekommen ist.

4. Fazit

Aus den berichteten Befunden lassen sich erste Hinweise ableiten, dass auch die Verwendung von hilfsbedürftigen Robotern bei umfassender Planung, frühzeitiger Einbeziehung und gewissenhafter Einführung, einer menschengerechten Arbeitsgestaltung nicht entgegensteht. Dabei sollte insbesondere bei der Verwendung fehlbarer Automation eine gute Passung zwischen Technologie und Aufgabe gewährleistet sein. Sowohl der direkte als auch der indirekte Nutzen einer solchen Technologie sollte klar kommuniziert, sowie für alle Beteiligten erkennbar und greifbar sein. Um die erwarteten Potenziale realisieren zu können, sollten die Beschäftigten durch einen umfangreichen Einführungsprozess und iterativen Anpassungsprozess frühzeitig mit einbezogen werden. Auch die Gestaltung der Interaktion zwischen Mensch und Roboter ist von zentraler Bedeutung, um einen menschengerechten, motivierenden und zielführenden Interaktionsprozess im Arbeitskontext zu gewährleisten und eine Fehlbelastung der Beschäftigten zu vermeiden.

5. Literatur

- Backhaus N, Rosen P, Scheidig A, Gross HM, Wischniewski S (2018) "Somebody help me, please?!" Interaction design framework for needy mobile service robots. In: EEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO). Genoa, Italy.
- Budde V, Backhaus N, Wischniewski S (2018) Needy Robots - Designing Requests for Help Using Insights from Social Psychology. In: IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO). Genoa, Italy.
- DIN EN ISO 9241 (1992) Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)
- Fischer K (2011) How people talk with robots: Designing dialogue to reduce user uncertainty. AI Magazine, 32(4).
- Lee D, See K A (2004) Trust in automation: Designing for appropriate reliance. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 46:50-80.
- Meyer J, Miller C, Hancock P, de Visser EJ, Dorneich M (2016) Politeness in Machine-Human and Human-Human Interaction. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting.
- Mirnig N, Stollnberger G, Miksch M, Stadler S, Giuliani M, Tscheligi M (2017) To err is robot: How humans assess and act toward an erroneous social robot. Frontiers in Robotics and AI, 4 (21).
- Westhoven M, Budde V, Backhaus N, Rosen P, Wischniewski S (2019) Gestaltung unterstützungsbedürftiger Robotersysteme. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: baua:fokus.
- Willumeit H, Gediga G & Hamborg KC (1996) IsoMetrics(L): Ein Verfahren zur formativen Evaluation von Software nach ISO 9241/10. Ergonomie und Informatik, 27: 5-12.

Hinweis: Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt FRAME „Assistierte "Fahrstuhlnutzung" und "Raumzutritt" für Roboter durch Einbeziehung von Helfern“ wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger VDI/VDE Innovation + Technik GmbH betreut (Förderkennzeichen: 16SV7834).



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit HUMAINE gestalten

67. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie (WiPs)
Ruhr-Universität Bochum

Institut für Arbeitswissenschaft (IAW)
Ruhr-Universität Bochum

3. - 5. März 2021

GfA-Press

Bericht zum 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 3. - 5. März 2021

**Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum
Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2021
ISBN 978-3-936804-29-4

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Screen design und Umsetzung

© 2021 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de