

Systemunterstützte Aufgabenallokation in der MRI – Unterstützungsgrad und dessen Auswirkung auf den Menschen

Alina TAUSCH

*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

Kurzfassung: In einem Laborexperiment wurde untersucht, wie sich Aufgabenzuteilungsprozesse in der Mensch-Roboter-Interaktion (MRI) auf das Erleben von Autonomie und Zufriedenheit auswirken. Ausgangspunkt hierfür ist die mögliche Flexibilisierung von Aufgabenallokation beim Einsatz von Robotik, die durch Unterstützungssysteme realisiert werden kann. Dazu wurden 87 Probanden in einem Montageprozess mit einem Roboter einer werkerbestimmten, einer mit Widerspruchs-Möglichkeit versehenen oder einer systembestimmten Allokation ausgesetzt und dazu befragt. Es zeigt sich, dass Autonomie und Zufriedenheit bei Einbindung höher sind und sich Probanden langfristig Einfluss auf die Zuteilung wünschen. Systemgestützte ad hoc-Zuteilungen können ein Mittel sein, Werker einzubinden und Arbeit menschengerecht zu gestalten.

Schlüsselwörter: Arbeitsgestaltung, Mensch-Roboter-Interaktion (MRI), Aufgabenallokation, Unterstützungssystem, Autonomie, Laborexperiment

1. Einleitung

Die Zuteilung von Aufgaben als erster Prozessschritt der psychologischen Aufgabengestaltung (Hacker & Sachse, 2014) ist ein prägender Baustein der Zusammenarbeit von Mensch und Maschine. In der klassischen Automatisierung wird schon bei Aufbau eines Arbeitsprozesses festgelegt, welche Tätigkeiten automatisiert ausgeführt werden sollen. Nach dem Grundprinzip des MABA-MABA (men are better at, machines are better at, siehe Fitts, 1951) werden der Automatisierungsgrad (Deutsches Institut für Normung e.V., 1972) und die konkrete Zuordnung von Tätigkeiten auf Mensch und Maschine festgelegt. Diese Zuordnung ist häufig zwingend, da Maschinen für bestimmte Tätigkeiten konstruiert sind, die sie hochwertiger oder effizienter als der Mensch ausführen können.

Mit dem Einsatz flexiblerer Robotik jedoch werden Zuordnungen weniger eindeutig, es gibt größere Spielräume dessen, was maschinell ausführbar ist, und Anpassungen an Prozessen sind einfacher möglich. In so entstehenden hybriden Systemen mit Teilautomatisierung hat der Mensch eine Einwirkfunktion auf die Systeme (Freudl, 2001), kann also zum Beispiel den Arbeitsprozess der Maschine starten oder Vorgaben zum Vorgehen machen.

Vorstellbar ist nun, dass Allokationsprozesse in die Arbeit selbst integriert werden - als ad hoc Aufgabenallokation (Tausch, Kluge & Adolph, 2020) - und die im Prozess Beschäftigten darauf Einfluss nehmen können. Dieser Einfluss wird limitiert durch Produktionsvorgaben, technische Grenzen oder Zielkennzahlen. Daher ist ein Prozess, der menschlichen Einfluss mit vordefinierten Entscheidungskriterien verbindet, eine mögliche Lösung: Eine systemunterstützte Aufgabenallokation, die die Stärken von Mensch und Technik verbindet, kann dazu beitragen, Aufgabenallokation stärker zu

flexibilisieren, ad hoc möglich zu machen und gleichzeitig Prinzipien menschengerechter Arbeit (siehe z. B. Hacker, 2005) umzusetzen. Dazu können auch Systeme künstlicher Intelligenz eingesetzt werden, um etwa eine adaptive Automation zu ermöglichen (Kaber, Wright, Prinzel & Clamann, 2005).

Hierbei stellt sich die Frage, wie ein solcher, systemunterstützter Allokationsprozess aussehen kann. Hinweise geben die Levels of Automation (Parasuraman, Sheridan & Wickens, 2000), die verschiedene Grade der Automatisierungsunterstützung für Entscheidungen beschreiben. Das Modell ist ein Ausgangspunkt, um Unterstützungsgrade bzw. Kooperationslevel bei der Aufgabenallokation festzulegen.

Ziel dieser Studie ist es nun, verschiedene mögliche Allokationsprozesse mit Systemunterstützung zu vergleichen, vor allem hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Erleben des Menschen. Hier besteht noch eine wesentliche Forschungslücke in der Verbindung der Themenfelder Mensch-Roboter-Interaktion, Aufgabenallokation und der psychischen Folgen von Arbeitsgestaltung.

Konkret war unsere Hypothese, dass eine Aufgabenzuteilung, die durch ein Zuteilungssystem festgelegt wird, sich weniger positiv auf Prozesszufriedenheit und Autonomie auswirkt als systemunterstützte Zuteilungsprozesse, die Werker beteiligen.

Neben dieser Hypothese haben wir explorativ betrachtet, wie Probanden den jeweiligen Allokationsprozess bewerten, welche Prozessgestaltung sie sich wünschen und vor allem, inwiefern sich ihre Ansichten über die Aufgabenzuteilung ändern würden, wenn die Arbeit aus dem Versuch ihr täglicher Beruf wären. Über diese Mischung aus kausalen Wirkzusammenhängen und qualitativen Erkenntnissen erhoffen wir uns ein umfassendes Bild über das Erleben von systemunterstützten Aufgabenallokationsprozessen.

2. Methode

Zur Untersuchung wurde ein Laborexperiment entwickelt, in dem in einer MRI verschiedene Formen systemunterstützter Aufgabenallokation verglichen wurden.

Der Versuchsstand bestand aus einem Arbeitstisch, an dem die Probanden gemeinsam mit einem UR3e-Roboter Werkstücke aus Gewinden, einer Platte und Muttern montieren sollten. Der Roboter war in der Lage, alle Fertigungsschritte, genau wie der Mensch, auszuführen, damit eine Aufgabenallokation vor Beginn des Produktionsprozesses stattfinden konnte. Zu diesem Zweck hatten die Probanden einen Touch-Bildschirm zur Verfügung, auf dem die Allokationssoftware - verbunden mit der Robotersteuerung - bedient werden konnte.

Das Laborexperiment war angelegt als ein 2x3 between-subject design, bei dem die Probanden sich auf sechs Bedingungen verteilen. Die beiden manipulierten Variablen waren „Kooperationslevel“ und „Systemtransparenz“, mit den Ausprägungen werkerbestimmte Allokation, systembestimmte Allokation mit Widerspruchsmöglichkeit und systembestimmte Allokation und transparentes oder intransparentes Allokationssystem. Die UV „Transparenz“ und Interaktionseffekte wurden wegen Probandenmangels durch die Corona-Pandemie nicht ausgewertet.

2.1 Stichprobe

Ausgewertet wurden die Daten von 87 Personen, die sich gemäß Tabelle 1 auf die Bedingungen verteilen. Vergleiche wurden zwischen den jeweils 29 Probanden der drei Kooperationslevel berechnet.

Tabelle 1: Verteilung der Probanden auf die Versuchsbedingungen.

		Kooperationslevel			
		Werker-bes- timmt	Widerspruch	System-bes- timmt	
System- trans- parenz	Transparenz	17	17	17	51
	Intransparenz	12	12	12	36
		29	29	29	87

2.2 Vorgehen

Nach einer Unterweisung in das Versuchsszenario der kooperativen Produktion von Teilen für die Elektroindustrie wurde der Produktionsablauf erläutert. Eine Testmontage wurde gefolgt von einer Erklärung des Roboters und Demonstration der Fertigung durch ihn allein, damit die Probanden einen Überblick über seinen Funktionsumfang erhalten konnten. Die Nebenaufgabe der Qualitätskontrolle wurde erläutert, die immer zu bearbeiten war, während der Roboter einen Schritt im Produktionsprozess bearbeitete. Es folgte die zentrale Manipulation, bei der den Probanden die Zuteilungs-Software mit einem von drei Unterstützungsgraden präsentiert wurde. Sie sollten die Anzeige genau ansehen, und je nach Bedingung Start drücken, nach Belieben widersprechen oder eine Allokationsoption auswählen. Nach Fragebögen zur Allokation wurde 25 Minuten produziert, und im Anschluss eine zweite Fragebogenbatterie ausgefüllt.

2.3 Messinstrumente

Hier werden die zentralen Skalen berichtet, die im Fragebogen verwendet wurden: Autonomie wurde mit dem WDQ in der deutschen Version von Stegmann et al. (2010) auf einer Skala von 1 bis 5 gemessen. Prozesszufriedenheit wurde über fünf selbst entwickelte Items (Skala 1 bis 6) erhoben.

Zudem wurde die erlebte Allokation zur Bewertung gestellt, indem gefragt wurde, ob der jeweilige Prozess (frei bestimmbar, anpassbar, vorgegeben) „eine gute Sache“ sei (Skala 1 bis 5) und ob die Probanden sich eine Veränderbarkeit der Zuteilung während der Arbeit gewünscht hätten (Skala 1 bis 5).

Um die Realitätsnähe der Erkenntnisse zu erhöhen und unabhängiger vom labor-experimentellen Setting zu werden, wurden die Probanden offen gefragt, inwiefern sich ihre Ansichten über die Aufgabenzuteilung verändern würden, wenn sie mit dem Roboter an fünf Tagen die Woche zusammenarbeiten würden. Die insgesamt 59 Freitextantworten auf diese Frage wurden mit MAXQDA codiert, wobei die Codings induktiv aus den Antworten abgeleitet wurden. Aus dem Codesystem soll hier der Bereich der Aussagen berichtet werden, die sich auf Dynamik in der Aufgabenzuteilung und den eigenen Einfluss auf die Aufgabenallokation beziehen.

3. Ergebnisse

Wie eine multivariate Varianzanalyse mit den AVs Autonomie und Prozesszufriedenheit und der Kovariate Transparenz zeigt, wirkt sich der Unterstützungsgrad signifikant auf die Outcomes aus, Wilk's $\Lambda = .83$, $F(2, 164) = 4.15$, $p = .003$, $\eta^2 = .09$. Es zeigen sich Auswirkungen sowohl auf Autonomie, $F(2, 83) = 5.81$, $p = .004$, $\eta^2 = .12$,

als auch auf Zufriedenheit mit dem Allokationsprozess, $F(2, 83) = 3.14$, $p = .048$, $\eta^2 = .07$. Die Zufriedenheit ist in der werkerbestimmten Bedingung mit $M = 4.54$, $SD = 1.04$ ähnlich hoch wie in der Widerspruchs-Bedingung mit $M = 4.59$, $SD = 1.01$. In der systembestimmten Bedingung liegt sie bei $M = 3.95$, $SD = 1.17$. Für Zufriedenheit wird ein Post-hoc-Test nicht signifikant, während sich für Autonomie signifikante Unterschiede ($MD = .74$, $p = .008$) zwischen der werkerbestimmten ($M = 2.57$, $SD = 1.04$) und der systembestimmten Bedingung ($M = 1.83$, $SD = 0.74$) in einem Games-Howell-Test zeigen.

3.1 Bewertung des Prozesses der Allokation

In jeder Bedingung wurden die Probanden danach gefragt, ob der jeweilige Zuteilungsprozess „eine gute Sache“ sei. Die System-Bedingung weist mit $M = 3.03$, $SD = 1.15$ einen niedrigeren Mittelwert auf als die Widerspruchs- ($M = 4.48$, $SD = 0.74$) und die Werkerbedingung ($M = 4.45$, $SD = 0.87$). Diese Unterschiede werden bei Testung in einer ANOVA signifikant, $F(2, 84) = 22.67$, $p < .001$, $\eta^2 = .35$.

Die Frage, ob man es gut gefunden hätte, wenn die Zuteilung während der Ausführung der Produktionsaufgabe veränderbar gewesen wäre, wurde im Mittel mit 3.25 ($SD = 1.56$) bewertet. 29 Personen stimmten gar nicht bis eher nicht zu, 12 Personen blieben neutral und 46 Personen stimmten eher bis voll zu.

3.2 Ansichten über langfristige Zusammenarbeit

Die offene Frage nach möglichen Änderungen bei längerfristiger Zusammenarbeit mit dem Roboter ergab zum Themenbereich der Dynamik der Aufgabenzuteilung und des menschlichen Einflusses insgesamt 63 Einzelaussagen. Abbildung 1 zeigt die Codes und Subcodes mit ihren Nennungshäufigkeiten. Diese kumulieren sich nach oben hin. Grau hinterlegt sind die Anzahlen der Codes, die keine eigenen Nennungen aufweisen, sondern nur über Subcodes thematisiert werden.

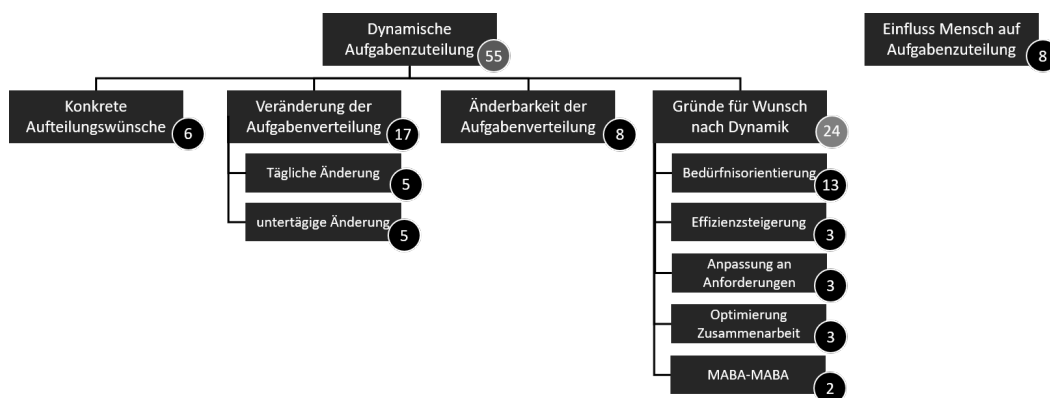


Abbildung 1: Ausgewählte Codes und Subcodes mit Nennungshäufigkeit als Antwort auf die Frage nach Ansichten zu Allokation bei längerfristiger Zusammenarbeit mit dem Roboter.

Betrachtet man beispielhafte individuellen Äußerungen der Probanden, fällt auf, dass viele von ihnen betonen, wie wichtig ihnen eine Dynamik in der Aufgabenzuteilung auf Dauer wäre: „die Aufgabenverteilung würde ich zumindest täglich wenn nicht sogar halbtäglich ändern um gegebenenfalls aus meiner Sicht effizienter zu sein“, „Ich würde es vorziehen, nicht 5 Tage lang dieselbe Aufgabenzuteilung zu befolgen, son-

dern diese von Tag zu Tag variieren zu können“. Hinzu kommt, dass einige der Personen (8 Nennungen) sich auch explizit wünschen, diese Veränderungen in der Zuteilung selbst bewirken zu können: „Wenn die Aufgabe in Vollzeit ausgeführt wird, sollte es auf jeden Fall einen Gestaltungsspielraum bzgl. der Aufgabenverteilung geben“, oder „[es wäre] von Vorteil die Aufgabenverteilung komplett manuell gestalten zu können“.

4. Diskussion

Die Zusammenschau der ausgewählten Ergebnisse zeigt Unterstützung für die Hypothese, dass die Einbindung von Werkern in Allokationsprozesse zu positiven psychischen Outcomes führt. Wir sehen durch Einbindung gesteigertes Autonomieerleben, das als Ressource im Arbeitsprozess wirken kann (siehe z.B. JDR-Theorie von Bakker & Demerouti, 2017), und gesteigerte Zufriedenheit mit dem Zuteilungsprozess. Gleichzeitig zeigt die Bewertung der erlebten Allokationsprozesse, dass die Widerspruchs- und die werkerbestimmte Zuteilung positiver wahrgenommen werden als eine alleinige Systementscheidung.

Die bei Vielen ausgeprägten Wünsche nach einer freien Wahl bei der Zuteilung und nach Variation oder sogar Veränderbarkeit der Aufgabenzuteilung sprechen ebenfalls für die Umsetzung von Partizipation und ad hoc-Allokation. Wichtige Gründe hierfür sind die Berücksichtigung der individuellen Bedürfnisse aber auch Prozessoptimierung, die durch Erfahrungswissen möglich wird.

Zunächst sprechen die Erkenntnisse eine deutliche Sprache in die Richtung, dass eine Aufgabenallokation, die beeinflussbar oder bestimmbar ist, gegenüber einer festgelegten Allokation ohne Einflussmöglichkeit präferiert wird und sie ein Mittel sein kann, um Autonomie am Arbeitsplatz zu fördern. Gerade in Produktionsarbeit, die eher von weniger Freiheiten gekennzeichnet ist, kann eine (teilweise) Verlagerung der Allokation in den Arbeitsprozess Möglichkeiten zu Verbesserung der Arbeitsqualität bieten. Der Vorteil eines Unterstützungssystems für die Allokation dabei ist, dass ein klarer Rahmen vorgegeben werden kann, innerhalb dessen Einflussmöglichkeiten bestehen. So können dem Werker bspw. nur wirtschaftliche Aufteilungsoptionen zur Auswahl gestellt werden oder eine vorgefertigte Lösung kann im Bedarfsfall angepasst werden. Das Experiment zeigt an dieser Stelle, dass auch eine solche Widerspruchs-Lösung positiv wahrgenommen wird und dass die Vorstellungen keineswegs ausschließlich hin zu einer komplett selbstgesteuerten Aufgabenzuteilung gehen.

4.1 Methodische Kritik

Stärke unseres experimentellen Settings war die gute Kontrollierbarkeit des Allokationsprozesses bei gleichzeitiger Realitätsnähe durch einen echten Arbeitsprozess, der kooperativ mit einem Roboter ohne künstliche Eingriffe der Versuchsleitung ablief. So konnten sich die Probanden gut in die Zusammenarbeit mit einem Roboter hineinversetzen. Allerdings limitieren die heterogene Stichprobe überwiegend aus Nicht-Produktionsbeschäftigten und die relativ kurze Dauer des Experiments die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das Verhalten bei Aufgabenzuteilung in der Realität.

Gerade aus diesem Grund wurde versucht, mit eher explorativen Fragen zu verstehen, wie die Probanden sich ihr Verhalten in der Realität vorstellen. Die Diskrepanzen und Gemeinsamkeiten zwischen den quantitativen Ergebnissen als Resultat der Ver-

suchsmanipulation und den Antworten auf allgemeinere und offene Fragen zu Aufgabenallokationsprozessen können interessante Erkenntnisse liefern. An den Stellen, wo die statistischen Analysen unklar bleiben (Effekt von Unterstützungsgrad auf Zufriedenheit), geben die qualitativen Daten zusätzliche und vertiefende Informationen.

4.2 Ausblick und neue Forschungsansätze

Als ein neues Forschungsfeld ergibt sich der Bereich der Adaptivität und Adaptierbarkeit (Vergleich s. z.B. Kidwell, Calhoun, Ruff & Parasuraman, 2012) von Aufgabenallokation. Hier ist es einerseits spannend, sich anzuschauen, wie Arbeitssysteme aussehen können, in denen eine automatische Anpassung der Allokation mit adaptierbaren Elementen kombiniert werden kann. Aus technischer Seite ist hierbei interessant, wie KI-Systeme dazu beitragen können, Arbeit effizienter, aber auch belastungsoptimierter und menschengerechter zu gestalten. Aus arbeitsgestalterischer Perspektive ist es vor allem die Interaktion des Menschen mit einem solchen (KI-)System, die Gestaltung von Informationen und von Entscheidungsspielräumen und das Zusammenwirken von maschinellem Wissen und menschlicher Erfahrung, die neue Perspektiven bereithält. Andererseits interessiert uns, wie sich verschiedene Formen der Dynamik auf das Prozesserleben und die Wahrnehmung der Arbeit auswirken. Hierzu werden aktuell Experimente geplant.

5. Literatur

- Bakker, A. B. & Demerouti, E. (2017). Job demands-resources theory: Taking stock and looking forward. *Journal of Occupational Health Psychology*, 22(3), 273–285. <https://doi.org/10.1037/ocp0000056>
- Deutsches Institut für Normung e. V. (1972, Juli). *Leittechnik - Prozessautomatisierung - Automatisierung mit Prozessrechnersystemen, Begriffe. DIN 19233*. Berlin: Beuth Verlag.
- Fitts, P. M. (1951). *Human engineering for an effective air-navigation and traffic-control system*. National Research Council, Committee on Aviation Psychology.
- Freudl, G. (2001). *Planung von Stückgut-Umschlagbereichen mit Hilfe wissensbasierter Bewertungsmethoden*. München: Herbert Utz Verlag.
- Hacker, W. (2005). *Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Wissens-, Denk- und körperlicher Arbeit* (2. Aufl.). Bern: Huber.
- Hacker, W. & Sachse, P. (2014). *Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Tätigkeiten* (3. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Kaber, D. B., Wright, M. C., Prinzel, L. J. & Clamann, M. P. (2005). Adaptive automation of human-machine system information-processing functions. *Human Factors*, 47(4), 730–741. <https://doi.org/10.1518/001872005775570989>
- Kidwell, B., Calhoun, G. L., Ruff, H. A. & Parasuraman, R. (2012). Adaptable and Adaptive Automation for Supervisory Control of Multiple Autonomous Vehicles. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 56(1), 428–432. <https://doi.org/10.1177/1071181312561096>
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B. & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 30(3), 286–297. <https://doi.org/10.1109/3468.844354>
- Stegmann, S., van Dick, R., Ullrich, J., Charalambous, J., Menzel, B., Egold, N. et al. (2010). Der Work Design Questionnaire. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie A&O*, 54(1), 1–28. <https://doi.org/10.1026/0932-4089/a000002>
- Tausch, A., Kluge, A. & Adolph, L. (2020). Psychological Effects of the Allocation Process in Human–Robot Interaction – A Model for Research on ad hoc Task Allocation. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.564672>



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