

Aufgabengestaltung in der Mensch-Roboter-Interaktion – Tätigkeitsspielräume bei teilautomatisierten Produktionsaufgaben

Patricia H. ROSEN

*Gruppe „Human Factors, Ergonomie“,
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

Kurzfassung: Die Zusammenarbeit von Menschen und Robotern wird sich durch den Einsatz neuer Generationen von Leichtbaurobotern verändern. Ein wesentliches Gestaltungsmerkmal innerhalb dieser neuen Arbeitssysteme ist die Funktionsteilung. Unmittelbar damit verknüpft ist die konkrete Gestaltung von Aufgabenmerkmalen. Vorgestellt wird ein Vorhaben zur Untersuchung des Aufgabenmerkmals Tätigkeitsspielraum in der Mensch-Roboter-Interaktion. Der Fokus des Beitrags liegt auf der Entwicklung der Laboraufgabe. Es ist das Ziel, eine Arbeitsaufgabe zu definieren, die eine deutliche Differenzierbarkeit in den einzelnen Dimensionen des Tätigkeitsspielraums in industrienahen Szenarien aufweist. Der Einfluss der unterschiedlichen Ausprägungen auf die Beurteilung der Arbeitssituation soll laborexperimentell überprüft werden.

Schlüsselwörter: Tätigkeitsspielraum, Mensch-Roboter-Interaktion, Produktionsarbeit, Aufgabenmerkmal, Aufgabenentwicklung

1. Forschungsanlass

Die Digitalisierung kann als einer der derzeit größten Treiber des Wandels der Arbeit betrachtet werden. Innovative Technologien verändern zunehmend die Arbeitswelt. Neue Arbeitssysteme entstehen und diese gilt es menschengerecht zu gestalten. Dabei rückt insbesondere die Gestaltung der Mensch-Technik-Interaktion in den Fokus: Durch neue Generationen von Leichtbaurobotern können gerade im Bereich der Mensch-Roboter-Interaktion neue Formen der Zusammenarbeit entstehen. Die Funktionsteilung innerhalb solcher soziotechnischer Systeme, bestehend aus Mensch und Leichtbauroboter, ist direkt mit der Gestaltung von Aufgabenmerkmalen verbunden. Als zentrales Aufgabenmerkmal kann der Tätigkeitsspielraum betrachtet werden und rückt daher in den Mittelpunkt der Systemgestaltung. Die arbeitspsychologische Forschung bestätigt, dass das Ausmaß des Tätigkeitsspielraums einen wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit sowie das Wohlbefinden von Beschäftigten hat (Rosen 2016). Unklarheit besteht jedoch hingegen immer noch bei der spezifischen Wirkung des Konzepts. Insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden Digitalisierung und dem Einsatz neuer Assistenzsysteme wie Leichtbaurobotern soll daher eine mögliche Veränderung des Tätigkeitsspielraums und dessen Wirkung auf die Beschäftigten untersucht werden.

Der vorliegende Beitrag baut auf den Vorarbeiten auf, die im vergangenen Jahr auf dem Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vorgestellt wurden (Rosen 2017). Der Schwerpunkt dieses Beitrags liegt dabei auf der Erarbeitung und der Ausgestaltung der Arbeitsaufgabe, als unabhängige Variable, im Labor zur Un-

tersuchung der Fragestellung.

Es wird ein experimentelles Studiendesign zur Untersuchung des Aufgabenmerkmals Tätigkeitsspielraum bei teilautomatisierten Tätigkeiten vorgestellt. Ziel des Promotionsvorhabens ist die systematische Variation der einzelnen Tätigkeitsspielraumdimensionen und die Betrachtung der spezifischen Wirkung auf den Menschen innerhalb eines Mensch-Roboter-Interaktionsszenarios. Mithilfe einer differenzierenden Montageaufgabe werden die Dimensionen Zeit- und Methodenspielraum sowie die Produktionsverantwortung und der Entscheidungsspielraum operationalisiert.

2. Theoretische Aufgabenentwicklung

Ein Kernstück der Arbeit ist die Entwicklung der differenzierenden Montageaufgabe. Die Herausforderung besteht darin, die Operationalisierung der einzelnen Tätigkeitsspielraumdimensionen über eine unterschiedliche Gestaltung der Arbeitsaufgabe herzustellen. Die Ableitung der Arbeitsaufgabe soll dabei eine hinreichende Differenzierung zwischen den einzelnen Dimensionen des Tätigkeitsspielraums haben. Die Facetten des Konstrukts werden aus der Theorie abgeleitet.

Eine theoretische Grundlage stellt dabei die Handlungsregulationstheorie dar (Hacker 1973; Leontjew 1987). Hier werden die Begriffe Tätigkeit und Handlung zueinander in Beziehung gesetzt bzw. voneinander abgegrenzt. Unter Tätigkeiten versteht Hacker „Vorgänge, mit denen Menschen Aufgaben erfüllen“ (Hacker & Sachse 2014, S. 35). Diese sind unmittelbar durch Motive gesteuert (Hacker & Sachse 2014; Ulich 2005). Handlungen hingegen bilden „die kleinste psychologische Einheit der willensmäßig gesteuerten Tätigkeiten. Die Abgrenzung dieser Handlungen erfolgt durch das bewusste Ziel, dass die mit einer Vornahme verbundene Vorwegnahme des Ergebnisses der Handlung darstellt“ (Hacker & Sachse 2014, S. 44). Handlungen sind somit unmittelbar durch Ziele gesteuert (Hacker & Sachse 2014; Ulich 2005). Als letzte Stufe der Tätigkeitsstruktur nennt Hacker jene Teilhandlungen oder Operationen, welche nur unselbständige Bestandteile der Tätigkeit darstellen, „da ihre Resultate nicht bewusst (als Ziel) antizipiert werden“ (Hacker & Sachse 2014, S. 45). Als weitere theoretische Grundlage wird die Konzeption des Tätigkeitsspielraums nach Ulich (2005) herangezogen.

Ulich (2005) beschreibt das Konzept als mehrdimensionales Konstrukt, das sich aus dem Handlungs-, dem Gestaltungs- sowie dem Entscheidungsspielraum zusammensetzt. Er setzt die Dimensionen des Tätigkeitsspielraums und die Struktur von Arbeitstätigkeiten direkt zueinander in eine Beziehung. Diese Relation ist in Abbildung 1 dargestellt ist. Hierbei werden der Tätigkeit das allgemeinere Konzept der Autonomie und der Entscheidungsspielraum zugeordnet. Der Handlungsspielraum wird dagegen der untergeordneten Handlung zugeordnet.



Abbildung 1: Hierarchische Tätigkeitskonzeption nach Ulich (2005)

Ein weiteres Rahmenmodell, welches Facetten des Tätigkeitsspielraum berücksichtigt, beschreibt die Forschergruppe um Wall (Wall et al. 1990). Sie stellen ganz bewusst den Produktionskontext als Anwendungsfeld in den Vordergrund. Die Autoren führen dabei insgesamt fünf Dimensionen für den Produktionskontext ein, die bei der Analyse von Arbeitssystemen zu berücksichtigen sind (Zeitkontrolle, Methodenkontrolle, Produktionsverantwortung, Überwachungsanforderungen und Problemlöseanforderungen). Ausgehend von dem Verständnis von Wall sind für das Konzept des Tätigkeitsspielraums insbesondere die drei Dimensionen Zeitkontrolle, Methodenkontrolle und Produktionsverantwortung relevant und lassen sich ebenfalls zu dem handlungstheoretischen Ansatz in Beziehung setzen. Betrachtet man die theoretischen Grundlagen gemeinsam, können für produktionsnahe Aufgaben vier Dimensionen des Tätigkeitsspielraums abgeleitet werden. Diese sind in Abbildung 2 dargestellt.

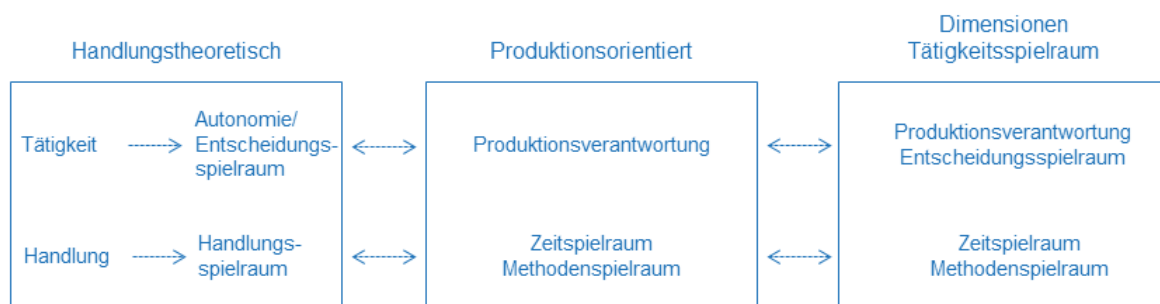


Abbildung 2: Ableitung der Dimensionen des Tätigkeitsspielraums

Der Zeitspielraum beinhaltet die individuelle Möglichkeit das eigene Arbeitsverhalten zeitlich zu planen. Hierunter fällt die Möglichkeit den Beginn und das Ende eines Arbeitsschrittes oder das Arbeitstempo selbst bestimmen zu können (Wall et al. 1990).

Der Methodenspielraum bezieht sich auf die Art und Weise eine Aufgabe auszuführen. Hier liegt der Fokus darauf, ob über Herangehensweisen bestimmt werden kann, ob die Art und Weise wie die Arbeit erledigt wird variiert werden kann und ob die Qualität von dem was produziert wird kontrolliert werden kann (Wall et al. 1990).

Der Entscheidungsspielraum beschreibt das Ausmaß der Autonomie eines Beschäftigten. Hierunter wird der Grad der Entscheidungskompetenz hinsichtlich der Festlegung und Abgrenzung von Tätigkeiten verstanden (Ulich 2005). Konkret fällt hierunter das Mitspracherecht wenn es um die eigene Arbeit geht, die Möglichkeit Initiative zu übernehmen sowie Entscheidungen selbständig treffen zu können, wenn es prinzipiell mehrere Vorgehensweisen gibt (Winfried Hacker 1973). Unter der Produktionsverantwortung wird die Verantwortung verstanden, die Beschäftigte für das Arbeitsergebnis, beispielsweise die Produktqualität, sowie die Produktionsanlagen bzw. Maschinen haben. Wall und Kollegen operationalisieren die Produktionsverantwortung über die Frage, ob eigene Fehlhandlungen oder mangelnde Aufmerksamkeit mit einem teuren Schaden an Geräten oder einem Verlust von Arbeitsergebnissen einhergehen (Wall et al. 1990).

3. Praktische Aufgabenentwicklung

Die Untersuchung der Forschungsfrage erfolgt in einem Laborsetting angelehnt an reale, moderne Produktionsumgebungen. Abgebildet wird hier ein Szenario, das dem Bereich der Kleinserienmontage zuzuordnen ist. Die Aufgabe der Versuchsteilnehmerinnen und Versuchsteilnehmer wird in der Bestückung von Steckbrettern in unterschiedlichen Varianten und unterschiedlicher Komplexität bestehen. Die Produktvarianten unterscheiden sich hinsichtlich der zu verwendenden Verbindungsstecker und Widerstände die auf ein Steckbrett montiert werden müssen. Das Gesamtprodukt wird aus der Kombination zweier Steckbretter zusammengestellt. Eine Komponente (Steckbrett I) ist variantenreich und muss individuell gefertigt werden. Die zweite Komponente (Steckbrett II) stellt eine Konstante dar und wird automatisiert gefertigt. Die zu verwendenden Werkstücke stammen aus dem Bereich der Elektronikfertigung. Diese wurden ausgewählt, da sie eine hinreichende Differenzierungsmöglichkeit hinsichtlich der vier Tätigkeitsspielraumdimensionen erlauben. Das Arbeitssystem besteht aus vier Arbeitsplätzen und beinhaltet zwei Leichtbauroboter. Zwei der Arbeitsplätze stellen Bereiche für die manuelle Montage dar. Ein Arbeitsplatz ist als Mensch-Roboter-Kooperation-Arbeitsplatz ausgelegt, der zweite Arbeitsplatz stellt einen koexistierenden Arbeitsplatz von Mensch und Roboter dar (Onnasch et al. 2016)

Innerhalb der Bearbeitung werden zwei Bedingungen miteinander verglichen. In der ersten Bedingung wiederholt sich der Arbeitsinhalt für die Probanden etwa alle sechs bis acht Minuten. In der zweiten Bedingung wird der Arbeitsinhalt soweit reduziert, dass sich dieser ca. alle zwei bis drei Minuten wiederholt. An der Abbildung der Tätigkeitsspielraumdimensionen ändert sich nichts. Abbildung 3 stellt den aktuellen Laboraufbau dar.



Abbildung 3: Versuchsaufbau Labor (Quelle: Labor)

Im folgenden Abschnitt werden nun die unterschiedlichen Ausprägungen der einzelnen Tätigkeitsspielraumdimensionen durch die geplante Arbeitsaufgabe beschrieben. Dabei kann jede Dimension zwei Ausprägungen annehmen – hoch bzw. niedrig:

- **Zeitspielraum:** In der hohen Ausprägung geben die Leichtbauroboter jeweils ein kurzes Signal, wenn sie mit der Bearbeitung fertig sind und warten dann auf die Eingabe durch den Menschen. Des Weiteren haben die Probanden die Möglichkeit die Bearbeitungsgeschwindigkeit innerhalb eines definierten Korridors anzupassen und auch die Möglichkeit bei beiden Bestückungsmagazinen der Roboter Puffer zu nutzen. In der niedrigen Ausprägung müssen die Probanden sofort reagieren, wenn das Signal für die Übergabe gegeben wird. Weiter haben sie weder die Möglichkeit die Bearbeitungsgeschwindigkeit anzupassen noch Puffer auf- bzw. abzubauen.
- **Methodenspielraum:** In der hohen Ausprägung können die Probanden das Setzen von Verbindungselementen frei wählen. Weiter wird ihnen überlassen, ob sie direkt nach jeder Montage einer Baugruppe eine Qualitätsprüfung durchführen (dieser Prozess ist langsamer, Fehler werden sofort erkannt) oder dieses zu einem späteren Zeitpunkt an der gesamten Baugruppe vornehmen (dieser Prozess ist schneller, Fehler werden erst am Ende detektiert). Hier soll der Prozess an einen fiktiven Prämienlohn¹ gekoppelt werden, der sowohl Qualität (Funktionalität) als auch Quantität berücksichtigt. In der niedrigen Ausprägung ist das Setzen der Verbindungsstecker nicht frei wählbar. Der gesamte Weg aller Verbindungsstecker ist vorgegeben. Darüber hinaus erfolgt nach der Montage aller Baugruppen eine Prüfaufgabe. Ob der Mensch oder der Roboter diese Prüfaufgabe übernimmt ist genau vorgegeben. Auch hier ist der Prozess an einen Prämienlohn gekoppelt, bestehend aus Qualität (Funktionalität) und Quantität.
- **Entscheidungsspielraum:** In der hohen Ausprägung können die Probanden die Reihenfolge des variantenreichen Steckbretts (Steckbrett I) zu Beginn und auch während der Bearbeitung festlegen bzw. variieren. Darüber hinaus können die Probanden nach der finalen Prüfaufgabe beider Baugruppen (Steckbrett I und Steckbrett II) selber entscheiden, wie sie mit dem Prüfergebnis umgehen. Je nach Ausgang der Prüfung (Teil in Ordnung vs. Teil defekt) kann gewählt werden, ob selber eine Korrektur bzw. Reparatur vorgenommen wird, oder das Teil als Ausschuss behandelt wird. Auch hier ist die Aufgabe an einen fiktiven Prämienlohn gekoppelt, bestehend aus Qualität (Funktionalität) und Quantität). In der niedrigen Ausprägung ist die Reihenfolge der Varianten für das Steckbrett I vorgegeben und darf zu keinem Zeitpunkt verändert werden. Des Weiteren ist in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Prüfaufgabe das weitere Vorgehen definiert. Bei fehlerhafter Baugruppe muss immer der fiktive Vorarbeiter (Versuchsleiter) herangezogen werden. Ein eigenständiges Beheben des Fehlers ist nicht möglich.
- **Produktionsverantwortung:** In der hohen Ausprägung erhalten die Probanden eine Einführung in die Arbeitsaufgabe inklusive einer Coverstory. Diese dient als experimentelle Manipulation. Die Versuchsteilnehmerinnen und Versuchsteilnehmer werden dahin gehend instruiert, dass ein Abfall der eigenen Wachsamkeit mit hohen Verlusten von Arbeitsergebnissen einhergehen kann. Es wird betont, dass es unabdingbar ist, dass der Arbeitsaufgabe stets die uneingeschränkte Aufmerksamkeit gewidmet wird. Weiter wird betont, dass ein möglicher Fehler mit sehr kostenintensiven Folgen verbunden ist. In der alternativen Bedingung erhalten die Probanden keine Instruktion mit Coverstory. Es wird also keine explizite Aussage zur Aufmerksamkeit oder zu Fehlhandlungen getroffen.

¹ Der Verweis auf einen Prämienlohn ist lediglich Teil der Versuchsbedingung. Alle Probanden werden für den Versuch gleich entlohnt und im Anschluss aufgeklärt.

4. Ausblick

Aufbauend auf den Überlegungen zur Operationalisierung der Tätigkeitsspielraumdimensionen ergibt sich das weitere Versuchsdesign. Es werden insgesamt drei Untersuchungen geplant. In der ersten Untersuchung sollen die Bedingungen hoch vs. niedrig der vier Dimensionen mittels Between-Subject Design zwischen den Dimensionen sowie Within-Subject Design innerhalb der Dimensionen verglichen werden. Diese erste Studie dient zugleich der Prüfung des Manipulationserfolgs. In einer zweiten Studie wird die Zeit als weitere Variable hinzugezogen. Hier erfolgt nun die Unterscheidung zwischen einem längeren Arbeitsinhalt (ca. sechs Minuten) und einem kürzeren Arbeitsinhalt (ca. zwei Minuten). Dieser Vergleich wird mittels Within-Subject Design betrachtet. Der Einfluss der einzelnen Tätigkeitsspielraumdimensionen in der hohen Ausprägung wird mittels Between-Subject Design ermittelt. Die dritte Studie entspricht vom Design der zweiten Studie, allerdings ist geplant für diese Studie eine Stichprobe realer Produktionsbeschäftigter zu untersuchen. Für das geplante Promotionsvorhaben wird vor Beginn der Untersuchungen das Votum einer Ethikkommission eingeholt.

5. Literatur

- Hacker, W. (1973). Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie : psychische Struktur und Regulation von Arbeitstätigkeiten. Berlin: VDR.
- Hacker, W., & Sachse, P. (2014). Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Tätigkeiten. 3., vollständig überarb. Aufl. Göttingen: Hogrefe.
- Leontjew, A. (1987). Tätigkeit, Bewußtsein, Persönlichkeit, Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag.
- Onnasch, L., Maier, X., & Jürgensohn, T. (2016). Mensch-Roboter-Interaktion - Eine Taxonomie für alle Anwendungsfälle. baua: Fokus, 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Rosen, P. H. (2016). Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt - Handlungs- und Entscheidungsspielraum, Aufgabenvariabilität. baua Bericht, 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Rosen, P. H. (2017). Beanspruchungsoptimale Gestaltung des Tätigkeitsspielraums für moderne Produktionstätigkeiten mit Fokus auf die Mensch-Roboter-Interaktion. Präsentiert auf dem Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft, Brugg Windisch.
- Ulich, E. (2005). Arbeitspsychologie. 6., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart, Schäffer-Poeschel.
- Wall, T. D., Corbett, J. M., Clegg, C. W., Jackson, P. R., & Martin, R. (1990). Advanced manufacturing technology and work design: Towards a theoretical framework. *Journal of Organizational Behavior*, 11(3), 201-219.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

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.

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

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de