

11.22

In Kooperation mit:



73. Jahrgang
November 2022
ISSN 2199-7330
1424

sicher ist sicher

www.SISdigital.de



Ruhe bewahren

Grundwissen zum Erstellen guter Explosionsschutzdokumente

Von Dr. Wolfgang J. Friedl und Dipl.-Ing. Thomas Keckstein
2022, 234 Seiten, € 49,90. ISBN 978-3-503-20036-8
eBook: € 45,40. ISBN 978-3-503-20037-5

www.ESV.info/19993

Risikokzept für krebs-
erzeugende Stoffe des AGS 464
Augmented Reality unterstützt
Messung von Magnetfeldern 475

Leistungs- und
Verhaltenskontrolle der
Beschäftigten durch Cloud
Plattformen 489

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG



JAN TERHOEVEN · SASCHA WISCHNIEWSKI

Wertschöpfung am Objekt im digitalen Wandel

Bei objektbezogenen Tätigkeiten stellen Objekte den Bearbeitungs- bzw. Handlungsgegenstand der Beschäftigten dar. Hierunter fallen in gängigen Klassifizierungsansätzen insbesondere die Tätigkeitsgruppen Herstellen und Transportieren. Der vorliegende Bericht fokussiert aktuelle Arbeitsbedingungen, den aktuellen Digitalisierungsstand sowie die Schwerpunkte der arbeitswissenschaftlichen Forschung im Kontext dieser objektbezogenen Tätigkeiten.

Objektbezogene Tätigkeiten zeichnen sich dadurch aus, dass materielle Güter, die einem Arbeitssystem als Input zugeführt werden, durch Wertschöpfung in einen anderen Zustand oder hinsichtlich ihres Ortes transformiert werden [1]. Bei der räumlichen Transformation von Objekten handelt es sich insbesondere um Transport- und Lagertätigkeiten. Bei der Zustandstransformation werden insbesondere herstellende bzw. verarbeitende Tätigkeiten betrachtet [2]. Für die beiden abgeleiteten Tätigkeitscluster Herstellen und Transportieren wurden im Rahmen des BAuA-Schwerpunktprogramms „Sicherheit und Gesundheit in der digitalen Arbeitswelt“ die folgenden drei Arbeiten durchgeführt:

1. Analyse der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2018 [3] zu den aktuellen Arbeitsbedingungen objektbezogener Tätigkeiten
2. Analyse der Befragung „Digitalisierung und Wandel der Beschäftigung“ [4] zum aktuellen Digitalisierungsstand in objektbezogenen Tätigkeiten

3. Analyse der derzeitigen Literatur zu objektbezogenen Tätigkeiten und Identifikation von Trends in der arbeitswissenschaftlichen Forschung

Bei den Ergebnissen zu den Arbeitsbedingungen und zum Stand der Digitalisierung wurden die jeweiligen Häufigkeiten bei objektbezogenen Tätigkeiten einer Vergleichsgruppe gegenübergestellt, welche sich aus Beschäftigten mit nicht objektbezogenen Tätigkeiten ergibt. Die im Folgenden vorgestellten Prozentwerte entsprechen dem Anteil der Befragten in einer Tätigkeitsgruppe, die das jeweilige Merkmal bei der Arbeit als häufig auftretend berichten [5].

Hohe Ausprägungen bei physischen Arbeitsbedingungen

Objektbezogene Tätigkeiten zeichnen sich durch hohe physische Arbeitsanforderungen aus. Wie in Abbildung 1 dargestellt, zeigt sich bei den Beschäftigten dabei insbesondere ein häufiges Arbeiten im Stehen. So berichten 75% der Be-

fragten mit herstellenden und 70% der Befragten mit transportbezogenen Tätigkeiten, dass sie häufig im Stehen arbeiten müssen. Im Gegensatz dazu berichten dies in der Vergleichsgruppe lediglich 54% der Befragten. Außerdem führen die Beschäftigten mehrheitlich Tätigkeiten mit den Händen aus, die eine hohe Geschicklichkeit, schnelle Bewegungsabfolgen oder größere Kräfte erfordern und auch das Heben und Tragen schwerer Lasten kommt häufiger vor als in der Vergleichsgruppe.

Höhere körperliche Anforderungen zeigen sich auch daran, dass die Befragten sowohl beim Herstellen (2,4) als auch beim Transportieren (2,7) eine im Mittel deutlich höhere Anzahl an Muskel-Skelett-Beschwerden angeben als in der Vergleichsgruppe (1,8). Zusätzlich beklagen die Beschäftigten beim Transportieren auch eine höhere körperliche Erschöpfung (46%) als andere Beschäftigte (34%).

Weiterhin sind Beschäftigte in objektbezogenen Tätigkeiten deutlich häufiger physikalisch-chemischen Umgebungseinflüssen ausgesetzt als andere Beschäftigte. Beim Herstellen wiegt insbesondere das häufige Auftreten von Lärm (56%) deutlich schwerer als in der Vergleichsgruppe (23%). Beim Transportieren wird dahingegen deutlich häufiger (39%) unter ungünstigen klimatischen Bedingungen, wie z.B. Kälte, Hitze, Nässe, Feuchtigkeit oder Zugluft, gearbeitet als bei übrigen Befragten (20%). Hier ist allerdings auch der Anteil an Personen, die im Freien arbeiten, deutlich höher.

Die Monotonie ist als möglicher Risikofaktor nicht zu vernachlässigen

Bei herstellenden Tätigkeiten zeigen sich hinsichtlich der Arbeitsintensität keine wesentlichen Unterschiede zu anderen Tätigkeiten. Hier berichten 49% der Befragten, dass sie einem starken Termin- oder Leistungsdruck unterliegen und 53% betreuen häufig verschiedene Arbeiten gleichzeitig. Bezogen auf den Handlungsspielraum der Beschäftigten im Subcluster Herstellen zeigt sich, dass mit 47% weniger Personen die eigene Arbeit selbst planen und einteilen können als in der Vergleichsgruppe (66%). Ein ähnliches Bild zeigt sich auch beim Transportieren, wo der Anteil bei 54% der Befragten liegt. Hier wird auch eine Konfrontation mit neuen Aufgaben deutlich seltener berichtet als bei anderen Tätigkeiten (31% vs. 42%).

Wie in Abbildung 2 dargestellt, bekommen in objektbezogenen Tätigkeiten deutlich mehr Beschäftigte Arbeitsziele wie Stückzahl, Leistung oder Zeit klar vorgegeben als in der Vergleichsgruppe. Auch wiederholt sich bei der Mehrheit der Beschäftigten in objektbezogenen Tätigkeiten ein und derselbe Arbeitsvorgang regel-

mäßig. Hinzu kommt, dass bei 38% der Befragten mit herstellenden Tätigkeiten sowie 36% der Befragten beim Transportieren die Arbeitsdurchführung in allen Einzelheiten vorgegeben ist. Hieraus ergibt sich insgesamt ein höherer Anteil an Monotonie gegenüber der Vergleichsgruppe.

Herstellen erfolgt überwiegend an ortsfesten Maschinen

Die Mehrheit der betrachteten Beschäftigten beim Herstellen (57%) gibt an, dass sie häufig Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) bei der Arbeit nutzen. Dies ist allerdings ein deutlich geringerer Anteil als in der Vergleichsgruppe (84%). Eine Aufschlüsselung der IKT-Nutzung zeigt, dass insbesondere das Smartphone seltener genutzt wird als bei anderen Beschäftigten. Die Nutzung weiterer Technologien wie Desktop-PC, Laptop und Tablet-PC entspricht in etwa anderen Tätigkeiten. Bei 42% der Befragten kommt es häufig vor, dass ihnen die Technologie Handlungsanweisungen über den nächsten Arbeitsschritt vorgibt. Allerdings wird die verwendete IKT nur von 41% der Personen als computergestützt eingestuft. 68% der Personen geben eine häufige Nutzung von Werkzeugen, Maschinen, Geräten oder Anlagen an. Dabei liegt ein Schwerpunkt auf ortsfesten Maschinen und Anlagen (66%). Gegenüber der Vergleichsgruppe (25%) nutzen nur 15% der betrachteten Personen häufig Fahrzeuge bei der Arbeit. Dabei geht es insbesondere um die Nutzung von Gabelstaplern.

Zunehmende Bedeutung mobiler Endgeräte beim Transportieren

Beim Transportieren nutzen nur 57% der Befragten bei der Arbeit häufig Informations- und Kommunikationstechnologien. Der Fokus liegt dabei auf der Nutzung von Smartphones. Andere

DIE AUTOREN



Jan Terhoeven
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Human Factors, Ergonomie“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund.



Dr. Sascha Wischniewski
leitet in der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) die Fachgruppe „Human Factors, Ergonomie“ am Standort Dortmund.

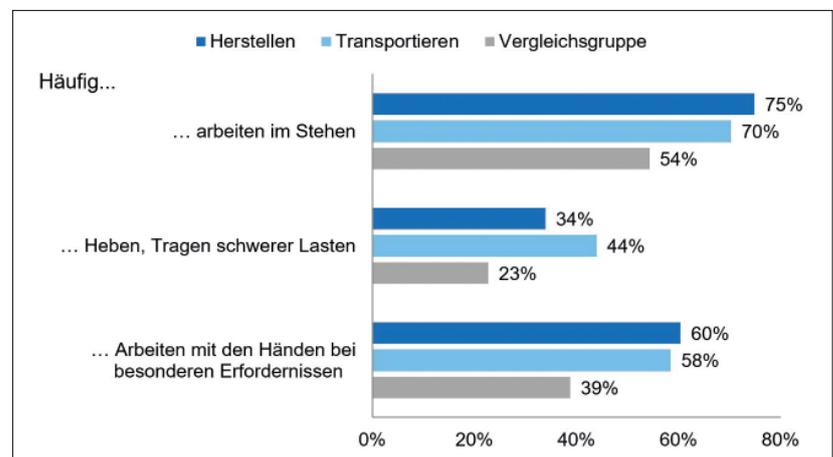


Abb. 1: Physische Arbeitsbedingungen bei objektbezogenen Tätigkeiten.

Anteil von Befragten mit der Angabe „häufig“ (Herstellen n = 1.994, Transportieren n = 4.394, Vergleichsgruppe n = 11.127) [6]

© BAuA

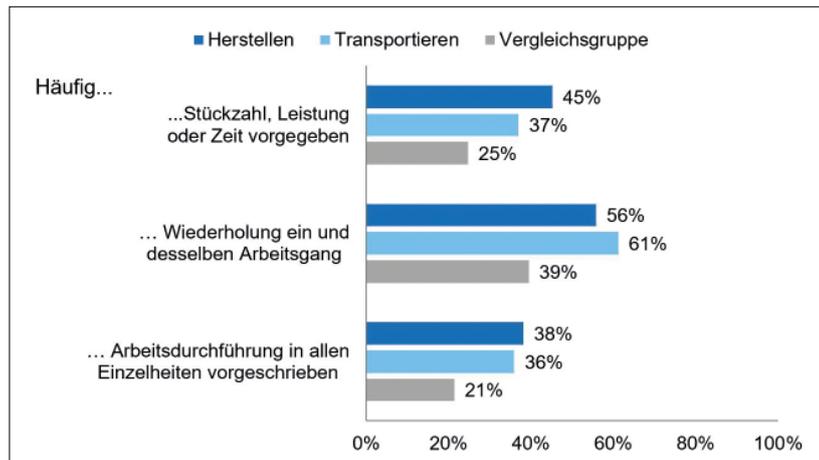


Abb. 2: Monotonie-Einflussfaktoren bei objektbezogenen Tätigkeiten.

Anteil von Befragten mit der Angabe „häufig“ (Herstellen $n = 1.994$, Transportieren $n = 4.394$, Vergleichsgruppe $n = 11.127$) [6]

© BAuA

Technologien wie etwa der Desktop-PC oder der Laptop werden seltener eingesetzt. Eine häufige Nutzung von Werkzeugen, Maschinen, Geräten oder Anlagen erfolgt von nur 1% der Befragten. Demgegenüber nutzen Beschäftigte des Subclusters deutlich häufiger Fahrzeuge bei der Arbeit (88%) als Personen in der Vergleichsgruppe (25%). Insbesondere die häufige Nutzung von

„Monotonie kann in objektbezogenen Tätigkeiten stark ausgeprägt sein.“

LKW (84%) übersteigt den entsprechenden Anteil in der Vergleichsgruppe (11%) deutlich. Aber auch Stapler sowie Bau- und Landwirtschaftsfahrzeuge werden häufiger bei der Arbeit verwendet. Beim Großteil der Beschäftigten kommt es vor, dass ihnen Handlungsanweisungen durch ihre Fahrzeuge vorgegeben werden. Hinsichtlich des Digitalisierungsgrads geben die befragten Beschäftigten an, dass bei etwa 44% ihrer Arbeitszeit computergestützte Technologien zum Einsatz kommen.

Physische Unterstützung im Fokus der Forschung

Die Forschung zu objektbezogenen Tätigkeiten untersucht insbesondere die Einsatzmöglichkeiten verschiedener Zukunftstechnologien. Die Mehrheit an Studien befasst sich mit der physischen Unterstützung von Beschäftigten. So zeigen die Ergebnisse einer Fallstudie zur Mensch-Roboter Kollaboration (MRK) in der Kabelbaum-Montage auf, dass der Einsatz von MRK Potenziale bietet, die biomechanische Belastung sowie die Körperhaltung von Beschäftigten bei ihrer Tätigkeit zu verbessern [7]. Auch in anderen Untersuchungen ergibt sich die Schlussfolgerung, dass der Einsatz von MRK verschiede-

ne Risikofaktoren für das Muskel-Skelett-System, wie z.B. ungünstige Körperhaltungen und große physische Lastenhandhabung, abschwächen kann [8].

Auch für das Transportieren zeigen sich viele Studien zu physisch entlastenden Assistenzsystemen. Beim Be- und Entladen der Fahrzeuge sowie beim manuellen Transport zwischen Fahrzeug und Kunde fällt eine große Anzahl von Handhabungsvorgängen durch die Beschäftigten an. Eine Studie hat sich daher mit der ergonomischen Bewertung von Risiken für das Muskel-Skelett-System von Postangestellten mittels Motion Capturing befasst [9]. Die Ergebnisse weisen auf ein erhöhtes Risiko für Muskel-Skelett-Erkrankungen hin, insbesondere im Bereich der Schultern, Hals- und Lendenwirbelsäule. Es wird eine zunehmende Aufmerksamkeit für den Arbeits- und Gesundheitsschutz für Postangestellte gefordert. Mögliche Innovationen in diesem Themenfeld können physische Assistenzsysteme, wie z.B. Exoskelette zur Entlastung der Wirbelsäule [10] oder auch der Einsatz von Robotik für das automatische Beladen von Logistikeinheiten, sein [11].

Neben den technologischen Chancen adressiert eine Studie dahingegen die Sorge, dass ein zunehmender Einsatz von Robotik und Automation zu einer Substitution des Menschen in industriellen Routinetätigkeiten führen kann [12]. Gleichzeitig wird allerdings auch klargestellt, dass der Mensch aufgrund seiner Eigenschaften hinsichtlich Flexibilität und Anpassungsfähigkeit sowie dem Umgang mit Komplexität nicht so einfach durch eine Maschine ersetzbar ist. Weiterhin ergeben sich bei der gegenseitigen Unterstützung von Mensch und Maschine mit ihren jeweiligen Stärken auch wirtschaftliche Potenziale [13].

Kompetenzerwerb und -ausbau mit kognitiven Assistenzsystemen

Ein zweites Themenfeld in der Forschung zu objektbezogenen Tätigkeiten stellt die kognitive Arbeitsassistenz dar. Dabei wird z.B. die Nutzung digitaler Assistenzsysteme beim Herstellen entweder für die Bereitstellung von Arbeitsanweisungen oder für (An-)Lernprozesse untersucht. Im ersten Fall zeigen sich überwiegend Studien, in denen Arbeitsanweisungen über digitale Informationssysteme, wie z.B. Smartphones, Notebooks oder Projektoren, mit Anweisungen auf Papierbasis hinsichtlich verschiedener Faktoren wie Gebrauchstauglichkeit, Beanspruchung und Leistung verglichen werden [9]. Dabei konnte in einer Laborstudie ein projektionsbasiertes AR-Assistenzsystem im Vergleich zu papierbasierten Montageanweisungen zu einer erhöhten Nutzerakzeptanz, einer Leistungsverbesserung sowie einer Reduzierung der Aufgabenkomplexität

führen [14]. Eine weitere Studie vergleicht verschiedene Mensch-Maschine-Interfaces (u.a. Datenbrille, Headset und Smartphone) im Rahmen einer Feldstudie mit insgesamt 67 Beschäftigten aus der Qualitätssicherung [15]. Hier erreichte die Umsetzung auf einem Smartphone die höchste Nutzerakzeptanz. Darüber hinaus wiesen Smartphone und Datenbrille aus Sicht der Teilnehmenden das größte Potenzial auf.

Auch der digitalen Informationsversorgung während der Aufgabendurchführung sowie der Nutzung von Multimediainhalten zur Beschreibung von Arbeitsmethoden wird ein großes Potenzial zugeschrieben [16].

Beim Transportieren zeigen sich durch die Digitalisierung vieler Geschäftsprozesse große Chancen wie auch Herausforderungen. Viele digitale Services für den Kunden, wie z.B. Online-Zahlungen oder Track & Trace, nehmen Einfluss auf die Beschäftigten [17]. Durch die inzwischen gängige Sendungsverfolgung, teilweise sogar als Live-Tracking umgesetzt, wird die Arbeitsleistung der zustellenden Person sozusagen gläsern. Darüber hinaus wird die Notwendigkeit einer digitalen Kompetenzentwicklung für die Beschäftigten adressiert [17]. Services wie digitale Bezahlung oder die Umstellung auf elektronische Zustellbenachrichtigungen erfordern den sicheren Umgang mit mobilen, digitalen Endgeräten, die nicht bei allen Beschäftigten vorausgesetzt werden können.

Neue Assistenztechnologien sollten nutzerorientiert eingesetzt werden

Insgesamt zeigt sich bei objektbezogenen Tätigkeiten eine Diversifikation bei den in der Forschung betrachteten Themen zur Digitalisierung in der Arbeitswelt. Die Anzahl an durchgeführten Studien, welche sich mit einem menschenzentrierten Einsatz verschiedener digitaler Zukunftstechnologien in der Arbeitswelt sowie der Ableitung möglicher Gestaltungsempfehlungen auseinandersetzt, ist allerdings gering. Dies kann u.a. daran liegen, dass neue Technologien im Gegensatz zu Computern noch selten produktiv eingesetzt werden. Bei der Untersuchung von Auswirkungen verschiedener Technologien handelt es sich daher zumeist um prototypische Entwicklungen oder ausgewählte Anwendungsfälle.

Gemeinsam haben Herstellen und Transportieren die Auseinandersetzung mit physischen Unterstützungsmöglichkeiten und dem damit verbundenen Einsatz von Robotern oder Exoskeletten. Dies wird den vorhandenen Arbeitsbedingungen von objektbezogenen Tätigkeiten geschuldet sein, bei denen insbesondere physische Anforderungen ausgeprägt sind. Ein menschenzentrierter Einsatz physisch unterstützender Assistenzsysteme kann die Chance bie-

ten, Risiken für das Muskel-Skelett-System der Beschäftigten zu reduzieren. Allerdings sind die Systeme an die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Menschen anzupassen.

Für herstellende Tätigkeiten werden neben der Robotik schwerpunktmäßig digitale kognitive Assistenzsysteme diskutiert. Zunehmend komplexe Montage-tätigkeiten und -produkte zeigen den Bedarf der kognitiven Unterstützung von Beschäftigten auf. In diesem Bereich weisen mobile Endgeräte ein großes Potenzial auf. Eine gezielte, individuell anpassbare Informationsbereitstellung kann während der Aufgabendurchführung als auch in Anlernprozessen mental entlastend wirken. Auch hier gilt es, Assistenzsysteme für die Beschäftigten lernförderlich zu gestalten und an das jeweilige Erfahrungswissen anzupassen.

Beim Transportieren dominiert neben der physischen Belastung insbesondere der hohe Termin- und Leistungsdruck bei den Beschäftigten. Aus Sicht der Arbeitsgestaltung sind für transportierende Tätigkeiten u.a. die Nutzung

„Eine menschenzentrierte neue Assistenztechnologie bietet große Chancen aus Sicht der Arbeitsgestaltung.“

von kognitiven Assistenzsystemen inklusive der digitalen Kompetenzentwicklung von Beschäftigten relevant. Diese können durch intelligenten Informationsaustausch Prozesse verschlanken und notwendige Entscheidungen unterstützen. Es bedarf allerdings einem hohen Maß an Systemtransparenz und der Berücksichtigung des Tätigkeitsspielraums bei den Beschäftigten auf Basis des menschlichen Erfahrungswissens. ■

LITERATUR

- [1] Ulich E. (2005). *Arbeitspsychologie*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- [2] Dyckhoff H. (2006). *Produktionstheorie. Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft*. Berlin Heidelberg: Springer.
- [3] Lück M., Hünefeld L., Brenscheidt S., Bödefeld M., Hünefeld A. (2019). *Grundauswertung der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2018. Vergleich zur Grundauswertung 2006 und 2012. 2. Auflage*. Dortmund: BAuA.
- [4] Arntz M., Dengler K., Dorau R., Gregory T., Hartwig M., Helmrich R., Lehmer F., Matthes B., Tisch A., Wischniewski S., Zierahn U. (2020). *Digitalisierung und Wandel der Beschäftigung (DiWaBe): Eine Datengrundlage für die interdisziplinäre Sozialpolitikforschung. Datenreport und Forschungspotenzial*. Mannheim: ZEW.
- [5] Terhoeven, J. (2021). *Informationsbezogene Tätigkeiten im digitalen Wandel. Arbeitsmerkmale und Technologieeinsatz*. Preprint. Dortmund: BAuA.
- [6] Terhoeven J., Certa M., Wischniewski S. (2022). *Objektbezogene Tätigkeiten*. In: Tisch A., Wischniewski S. (Hrsg.): *Sicherheit und Gesundheit in der digitalisierten Arbeitswelt. Kriterien für eine menschengerechte Gestaltung*. Nomos: Baden-Baden. 133–183.

- [7] Gualtieri L., Palomba I., Merati F.A., Rauch E., Vidoni R. (2020). Design of Human-Centered Collaborative Assembly Workstations for the Improvement of Operators' Physical Ergonomics and Production Efficiency: A Case Study. *Sustainability*, 12, 3606.
- [8] Realyvasquez-Vargas A., Arredondo-Soto K., García-Alcaráz J. L., Márquez-Lobato B. Y., Cruz-García J. (2019). Introduction and configuration of a collaborative robot in an assembly task as a means to decrease occupational risks and increase efficiency in a manufacturing company. *Robotics and Computer-integrated Manufacturing*, 57, 315–328.
- [9] Silva L., Rosa C., Paulo I., Mattos N., Giracca C., Merino G., Merino E. (2020). Ergonomic Assessment of Musculoskeletal Risks in Postal Workers Through Motion Capture, a Case Study. In: Arezes P., Baptista J. S., Barroso M. P., Carneiro P., Cordeiro P., Costa N., Melo R., Miguel A. S., Perestrelo G. (Eds.): *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene: Proceedings Book of the SHO2020*. 85–88.
- [10] Madinei S., Alemi M. M., Kim S., Srinivasan D., Nussbaum M. A. (2020). Biomechanical evaluation of passive back-support exoskeletons in a precision manual assembly task: 'expected' effects on trunk muscle activity, perceived exertion, and task performance. *Human Factors*, 62(3), 441–457.
- [11] Grambo P., Mullick T., Furukawa T., Matoba M., Nasu Y. (2019). Automatic Sorting-and-Holding for Stacking Heterogeneous Packages in Logistic Hubs. *IFAC-Papers OnLine*, 52(10), 109–114.
- [12] Pfeiffer S. (2016). Robots, Industry 4.0 and Humans, or Why Assembly Work Is More than Routine Work. *Societies*, 6(2), 16.
- [13] Minow A., Böckelmann I. (2020). Beanspruchung, objektive Leistung und Gebrauchstauglichkeit bei simulierten Montageprozessen mit digitalen Arbeitsanweisungen. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*, 70, 47–56.
- [14] Uva A. E., Gattullo M., Manghisi V. M., Spagnulo D., Cascella G. L., Fiorentino M. (2018). Evaluating the effectiveness of spatial augmented reality in smart manufacturing: a solution for manual working stations. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 509–521.
- [15] Borisov N., Weyers B., Kluge A. (2018). Designing a Human Machine Interface for Quality Assurance in Car Manufacturing: An Attempt to Address the „Functionality versus User Experience Contradiction“ in Professional Production Environments. *Advances in Human-Computer Interaction*, 9502692.
- [16] Fletcher S., Johnson T., Adlon T., Larreina J., Casla P., Parigot L., Alfaro P., Otero M. (2020). Adaptive automation assembly: Identifying system requirements for technical efficiency and worker satisfaction. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105772.
- [17] Otsetova A. (2019). Digital Transformation of Postal Operators – Challenges and Perspectives. *Transport and Communications*, 7(2), 15–20.