

Mein Kollege ist ein Roboter

Akzeptanz der kollaborativen Robotik in Lagerhäusern

Frederic Jacob, Eric Grosse, Stefan Morana und Cornelius J. König, Universität des Saarlandes

Die Lagerhaltung ist in vielen Unternehmen sehr arbeits- und kostenintensiv. Die Digitalisierung und Automatisierung von manuellen Lagerprozessen können die Effizienz steigern, Kosten senken und Mitarbeitende entlasten. Dabei finden kollaborative Roboter, die sich Arbeitsaufgaben mit Mitarbeitenden teilen, zunehmend Anwendung in Lagerhäusern. Der unreflektierte Einsatz solcher Roboter kann jedoch die Akzeptanz der Mensch-Roboter-Kollaboration negativ beeinflussen. Verschiedene Einflüsse wie Angst vor Arbeitsplatzverlust, höherer kognitiver Stress, erwarteter Mehraufwand oder die Sorge vor Verletzungen können die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter behindern und sich negativ auf den wirtschaftlichen Nutzen auswirken. Dieser Beitrag stellt mögliche Barrieren für die Akzeptanz der kollaborativen Robotik in Lagerhäusern vor und diskutiert Handlungsempfehlungen für eine menschenzentrierte, nachhaltige Mensch-Roboter-Kollaboration.

Logistische und industrielle Prozesse befinden sich in einer disruptiven Transformation. Die fortschreitende Automatisierung, gepaart mit allgegenwärtiger Digitalisierung und konsequenter Vernetzung, verändern die gesamte Wertschöpfungskette [1]. Beschleunigt wird dieser Wandel durch verschiedene Makrotrends, wie verkürzte Produktlebenszyklen, der Globalisierung der Märkte, dem demographischen Wandel, dem Wunsch nach Just-in-Time-Lieferungen und der Nachfrage nach individualisierten – nachhaltigen – Produkten [2]. Von besonderer Bedeutung im Kontext dieser Transformation sind Lagerhäuser, als zentrale Dreh- und Angelpunkte der Wertschöpfungsnetzwerke.

Zunehmend werden logistische Prozesse, wie Lagerverwaltung, Inventur, Verpackungsprozesse oder Kommissionierung automatisiert, digitalisiert und vernetzt [3]. Dabei kommt es unter anderem zum Einsatz von autonomen Fahrzeugen, Exoskeletten oder Cloud-Anwendungen [4]. Ziel dieser Bemühungen ist die Steigerung der Produktivität und Flexibilität, die Kostenreduktion sowie die Entlastung der Mitarbeitenden [5]. Eine dieser eingesetzten Technologien, die menschliche Arbeit sowohl substituieren als auch unterstützen kann, ist die kollaborative Robotik [4]. In der Literatur existieren

verschiedene Interaktionsformen zwischen Mensch und Roboter. Die gängigsten unterscheiden zwischen der Koexistenz, der Kooperation und der Kollaboration [6], wobei die Kollaboration die höchste Stufe der Interaktion darstellt [7]. Dabei teilen sich Mensch und Roboter einen Arbeitsplatz und arbeiten gleichzeitig an derselben Aufgabe auf das gleiche Ziel hin [6]. Ein Cobot (von engl. „collaborative robot“, kollaborativer Roboter) arbeitet Seite an Seite mit dem Menschen und zeichnet sich durch eine hohe Komplexität aus [8]. Die Flexibilität des Menschen bei der Ausführung komplexer Aufgaben wird mit der Unermüdlichkeit und hohen Präzision des Roboters bei der Ausführung schwerer oder sich wiederholender Aufgaben kombiniert [9]. Für eine erfolgreiche Implementierung kollaborativer Roboter in logistische Prozesse und eine produktivitätssteigernde Zusammenarbeit ist ein genaues Verständnis des menschlichen Verhaltens bei der Interaktion mit Robotern von zentraler Bedeutung [10]. Das Verhalten und die Leistung von Menschen sind nicht so vorhersehbar wie die von Robotern, da sich Menschen zustandsabhängig verhalten, ähnlich wie bei der Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen [11]. Ein bedeutender menschlicher Faktor ist dabei die Akzeptanz der Zusammenarbeit und der Technologie im Allgemei-

Acceptance of Human-Robot-Collaboration in Warehouses

Warehousing is a very labor- and cost-intensive task in many companies. Digitization and automation of manual warehouse processes can increase efficiency, reduce costs and relieve employees. Collaborative robots that share work tasks with employees are increasingly used in warehouses. However, the pure techno-centric use of such robots can negatively influence the acceptance of human-robot collaboration. Various influences such as fear of job loss, higher cognitive stress, expected extra effort, or concerns about injuries can hinder human-robot collaboration and negatively impact economic benefits. This paper presents possible barriers to the acceptance of collaborative robotics in warehouses and discusses recommended actions for human-centered, sustainable human-robot collaboration.

Keywords:

warehouse management, collaborative robots, human factors, technology acceptance

Frederic Jacob, B. Sc. studiert Wirtschaft und Recht an der Universität des Saarlandes.

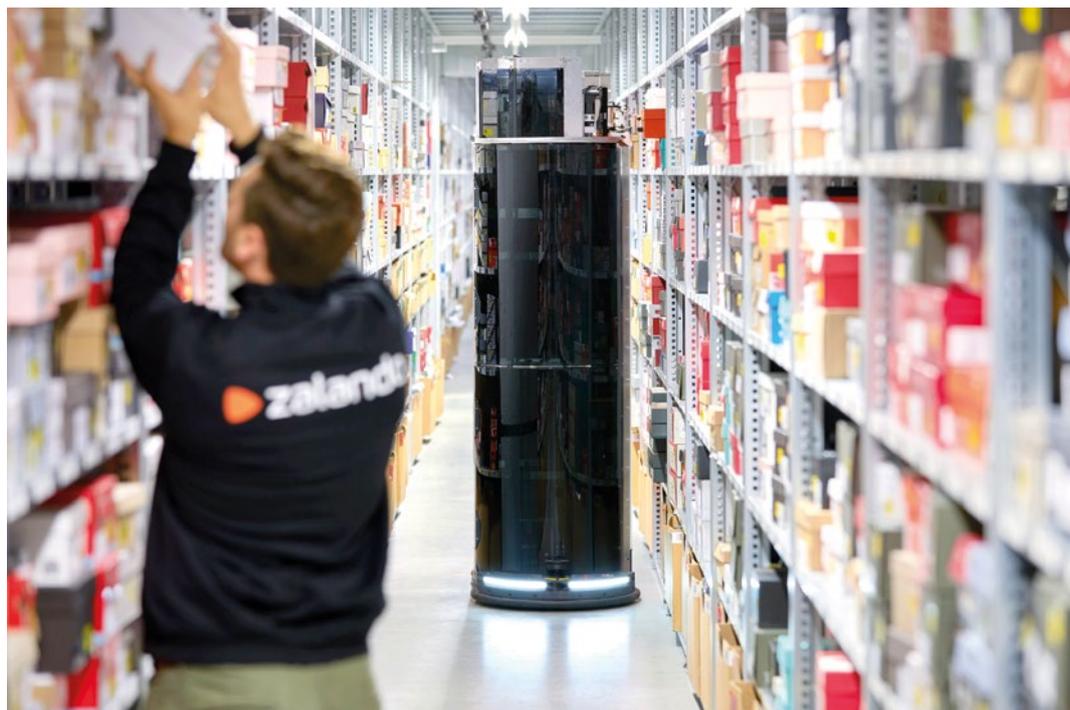
Jun.-Prof. Dr. Eric Grosse leitet die Juniorprofessur für BWL, insbesondere Digitale Transformation im Operations Management, an der Universität des Saarlandes.

Jun.-Prof. Dr. Stefan Morana leitet die Juniorprofessur für BWL, insbesondere Digitale Transformation und Wirtschaftsinformatik, an der Universität des Saarlandes.

Prof. Dr. Cornelius J. König leitet den Lehrstuhl für Arbeits- und Organisationspsychologie an der Universität des Saarlandes.

eric.grosse@uni-saarland.de
www.uni-saarland.de/lehrstuhl/grosse

Bild 1: Beispiel für eine Mensch-Roboter-Kollaboration mit autonomen mobilen Robotern bei Zalando (Bildnachweis: Magazino GmbH).



nen. Sie hat einen entscheidenden Einfluss auf die Generierung von nachhaltigen Produktivitäts- und Flexibilitätssteigerungen in Lagerhäusern. Kommt es zu Akzeptanzproblemen, ist es möglich, dass sich die erwartete Produktivitätssteigerung nicht einstellt oder sich gar die Investition in die Cobots nicht amortisiert – man spricht von „Phantomgewinnen“ [12].

Dieser Beitrag bietet einen Überblick über die Akzeptanz der Mensch-Roboter-Kollaboration in Lagerhäusern und identifiziert kritische Faktoren und Lösungsansätze, um Fallstricke in der praktischen Anwendung zu vermeiden.

Einsatzbeispiele und Chancen

Roboter können heutzutage nahezu in allen Lagerprozessen eingesetzt werden. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz von Drohnen zur Inventur [13]. Neben Drohnen finden bereits in vielen Unternehmen fahrerlose Transportsysteme oder autonome mobile Roboter Anwendung. Diese unterstützen bspw. als Kleinladungsträger den Menschen bei der Versorgung von Produktionsarbeitsplätzen mit Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen. Auch im Rahmen der Kommissionierung kann der Mensch durch Roboter unterstützt werden. So folgen diese bspw. dem Menschen und transportieren die kommissionierte Ware zur Packstation [11] oder führen Kommissionieraufträge gar völlig autonom durch (Bild 1). Ein weiteres Einsatzbeispiel sind mobile Roboter, die ganze Regale direkt zu den Kommissionierenden transportieren, welche dann die Entnahme und Quittierung der Ware vornehmen (Bild 2).

Es ist unbestritten, dass der Einsatz kollaborativer Roboter in Lagern zu einer Produktivitätssteigerung führen kann [14]. Studien zeigen, dass durch die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter Produktivität, Flexibilität und Qualität der Lagerprozesse teils deutlich erhöht werden [9]. Dies führt zu verkürzten Lieferzeiten und spart Kosten ein. Neben diesen Leistungsaspekten verringert die Mensch-Roboter-Kollaboration zudem die physische Arbeitsbelastung des Menschen. Gerade im Kontext der Kommissionierung fallen häufig manuelle, repetitive und sequenzielle Aufgaben an, es müssen schwere Gegenstände getragen und gehoben werden, oftmals in unergonomischen Körperhaltungen, was das Verletzungsrisiko erhöht und zu Arbeitsausfällen führen kann. Diese Tätigkeiten können durch den Roboter unterstützt oder vollständig übernommen werden [2], was die Arbeitsbelastung und Verletzungsrisiken reduzieren kann [14].

Akzeptanz der Nutzung von Technologien

Unter der Technologieakzeptanz versteht man den psychologischen Zustand eines Individuums in Bezug auf seine freiwillige oder beabsichtigte Nutzung einer bestimmten Technologie [15]. So wird bspw. erforscht, wie die Nutzung von Technologien nachhaltig gefördert werden kann und welche Faktoren die Akzeptanz und Nutzung von Technologien behindern oder erleichtern [16]. Ein empirisch erfolgreich getestetes Modell ist die „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)“ [17]. Danach haben die „Leistungs-

Literatur

- [1] Winkelhaus, S.; Grosse, E. H. (2020) Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. In: International Journal of Production Research 58 (2020) 1, S. 18-43.
- [2] Maderna, R.; Poggiali, M. u. a.: An online scheduling algorithm for human-robot collaborative kitting. In: IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). 2020.
- [3] Winkelhaus, S.; Grosse, E. H. u. a.: Towards a conceptualization of Order Picking 4.0. In: Computers & Industrial Engineering 159 (2021), 107511.
- [4] Firesscu, V.; Gaspar, M.-L. u. a.: Collaboration Between Humans and Robots in Organizations: A Macroergonomic, Emotional, and Spiritual Approach [Brief Research Report]. In: Frontiers in Psychology 13 (2020), 855768.
- [5] Scherf, J.: Was ist Logistik 4.0? Alles zum Thema Digitalisierung & Logistik. URL: www.mm-logistik.vogel.de/was-ist-logistik-4-0-alles-zum-thema-digitalisierung-logistik-a-692722, Abrufdatum 02.04.2022.
- [6] Hentout, A.; Aouache, M. u. a.: Human-robot interaction in industrial collaborative robotics: a literature review of the decade 2008–2017. In: Advanced Robotics 33 (2019) 15-16, S. 764-799.
- [7] Aaltonen, I.; Salmi, T. u. a.: Refining levels of collaboration to support the design and evaluation of human-robot interaction in the manufacturing industry. In: Procedia CIRP 72 (2018), S. 93-98.

erwartung“, die „Anstrengungserwartung“, der „soziale Einfluss“ und „erleichternde Bedingungen“ einen direkten Einfluss auf die Verhaltensabsicht und das Nutzungsverhalten gegenüber einer Technologie. Moderiert werden diese Faktoren durch die Eigenschaften der menschlichen Nutzer, wie deren „Geschlecht“, „Alter“, „Erfahrung“ und die „Freiwilligkeit der Nutzung“. Im Fokus des Modells steht die Wahrnehmung des Einzelnen, um abzuschätzen, ob eine Technologie vom Menschen akzeptiert sowie genutzt wird. Daneben haben weitere Faktoren einen Einfluss auf das menschliche Verhalten. So können rechtliche und datenschutzrechtliche Bedenken [16], die (wahrgenommene) Arbeitssicherheit [18] und psychosoziale Faktoren [12] die Akzeptanz fördern oder hemmen.

Akzeptanz der kollaborativen Robotik in Lagerhäusern

Studien gehen davon aus, dass Cobots in Bezug auf die Anstrengungserwartung und leichtere Arbeitsbedingungen der Akzeptanz zuträglich sind. Die Kollaboration und Arbeitsteilung mit Robotern erhöhen die Produktivität der Mitarbeitenden und verbessern die Qualität der Arbeitsleistung [2]. Zudem können durch Cobots schwere Arbeiten in unergonomischen Körperhaltungen übernommen werden [19]. Eine entsprechende Kommunikation der zu erwartenden Vorteile mit allen Stakeholdern ist hier bereits vor der Einführung der Roboter zu empfehlen [12].

Stellt die Kollaboration mit Robotern für den Menschen ein Risiko für die körperliche Unversehrtheit dar, so beeinflusst dies das Vertrauen und folglich die Akzeptanz hinsichtlich der Zusammenarbeit. Die Arbeitssicherheit umfasst dabei zwei Aspekte: die allgemeine und die wahrgenommene Arbeitssicherheit [20]. Die allgemeine Sicherheit wird durch Sicherheitsvorkehrungen bei der Entwicklung und Implementierung von Robotern gewährleistet. So sind strenge Abstands- und Geschwindigkeitsvorschriften [20], ein fundiertes Risikomanagement [21] und die menschliche Absichtserkennung [22] essenziell zur Vermeidung von Kollisionen. Die wahrgenommene Sicherheit ist dagegen schwer fassbar. Diese umfasst die menschliche Wahrnehmung des Gefährdungsgrads und das definierte Komfortniveau des Menschen [23]. Eine zentrale Rolle spielt die Mensch-Roboter-Kommunikation. Wenn der Mensch Position und Wege des Roboters kennt, vor unvorhergesehenen Ereignissen gewarnt und mit wichtigen Informationen versorgt wird, steigert dies die wahrgenommene Sicherheit [20]. Die Informationsversorgung und Kommunikation sollte bereits im Planungs- und Implementierungspro-

zess der Cobots in den Fokus gerückt werden.

Daneben haben rechtliche Rahmenbedingungen einen entscheidenden Einfluss auf die Sicherheit. Einschlägige Sicherheitsnormen, wie ISO 10218 und ISO/TS 15066:2016, regeln zwar die Sicherheitsaspekte und -standards in der Mensch-Roboter-Interaktion und -Kollaboration, werden jedoch häufig als nicht ausreichend kritisiert [23]. Auch die Cybersicherheit gewinnt im Kontext der Digitalisierung und Vernetzung der Prozesse zunehmend an Relevanz. Werden Sensoren manipuliert oder Sicherheitsalgorithmen deaktiviert, kann dies zu unvorhersehbaren Kollisionen und Schäden führen. Zum anderen gewährleistet eine Cybersicherheitsstrategie den Schutz durch den Roboter und Sensoren generierter, personenbezogener und sensibler Daten [24]. Für Unternehmen ist es im Kontext des zunehmenden Robotereinsatzes, der stetig wachsenden Zahl generierter Daten und der Zunahme an Cyberangriffen unerlässlich, sich rechtzeitig mit Cybersicherheit zu befassen sowie entsprechende Sicherheitskonzepte und -vorkehrungen zu etablieren.

Schwer greifbar ist häufig der erhebliche Einfluss psychosozialer Faktoren auf die Akzeptanz [12]. So können sich bspw. Über- bzw. Unterforderung, Stress, mangelnde Beteiligung, Demotivation oder auftretende Ängste negativ auf die Akzeptanz der Zusammenarbeit auswirken. Eine weit verbreitete Angst ist die Sorge vor dem Verlust des eigenen Arbeitsplatzes durch den Einsatz von Robotern [14, 25], was ein wesentliches Hindernis für die Einführung von Cobots darstellt [18]. Es ist von entscheidender Bedeutung, zwischen herkömmlichen Robotern und Cobots zu unterscheiden, da letztere die Mitarbeitenden in kollaborativen Szenarien eher unterstützen als ersetzen [18]. Dieser zentrale Unterschied sollte möglichst frühzeitig an die Belegschaft kommuniziert werden.

- [8] Berx, N.; Decré, W. u. a.: Identification and classification of risk factors for human-robot collaboration from a system-wide perspective. In: *Computers & Industrial Engineering* 163 (2022), 107827.
- [9] Andronas, D.; Apostolopoulos, G. u. a.: Multi-modal interfaces for natural Human-Robot Interaction. In: *Procedia Manufacturing* 54 (2021), S. 197-202.
- [10] Donohue, K. L.; Özer, Ö. u. a.: Behavioral Operations: Past, Present, and Future. In: *SSRN Electronic Journal* (2019).
- [11] Pasparkis, A.; de Vries, J. u. a.: In Control or under Control? Human-Robot Collaboration in Warehouse Order Picking. In: *SSRN Electronic Journal* (2021).
- [12] Neumann, W. P.; Winkelhaus, S. u. a.: Industry 4.0 and the human factor – A systems framework and analysis methodology for successful development. In: *International Journal of Production Economics* 233 (2021), 107992.
- [13] Spurk, A.; Grosse, E. u. a.: Drohnen in der Intralogistik: Chancen und Barrieren. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 117 (2022) 7-8, S. 503-507.
- [14] Lambrechts, W.; Klaver, J. S. u. a.: Human Factors Influencing the Implementation of Cobots in High Volume Distribution Centres. In: *Logistics* 5 (2021) 2.
- [15] Hendrick, H.W.: Human Factors in Organizational Design and Management. In: Hancock, P.A. (Hrsg.): *Advances in Psychology* 47. North-Holland 1987.
- [16] Alaiad, A.; Zhou, L.: The determinants of home healthcare robots adoption: An empirical investigation. In: *International Journal of Medical Informatics* 83 (2014) 11, S. 825-840.

Bild 2: Beispiel für mobile Roboter, die ganze Regale zu den Kommissionierenden transportieren (Bildnachweis: tristan vankann/fotoetage).



- [17] Venkatesh, V.; Morris, M. G. u. a.: User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. In: MIS Quarterly 27 (2003) 3, S. 425-478.
- [18] Baumgartner, M.; Kopp, T. u. a.: Analysing Factory Workers' Acceptance of Collaborative Robots: A Web-Based Tool for Company Representatives. In: Electronics 11 (2022) 1, 145.
- [19] Fukushima, Y.; Asai, Y. u. a.: DigiMobot: Digital Twin for Human-Robot Collaboration in Indoor Environments. IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2021.
- [20] Chadalavada, R. T.; Andreasson, H. u. a.: Bi-directional navigation intent communication using spatial augmented reality and eye-tracking glasses for improved safety in human-robot interaction. In: Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 61 (2020), 101830.
- [21] Hata, A.; Inam, R. u. a.: AI-based Safety Analysis for Collaborative Mobile Robots. In: 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2019.
- [22] Ivsic, B.; Sipus, Z. u. a.: Analysis of Safe Ultrawideband Human-Robot Communication in Automated Collaborative Warehouse. In: 14th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 2020.
- [23] Vitolo, F.; Rega, A. u. a.: Mobile Robots and Cobots Integration: A Preliminary Design of a Mechatronic Interface by Using MBSE Approach. In: Applied Sciences 12 (2022) 1, 419.
- [24] Khalid, A.; Kirisci, P. u. a.: Security framework for industrial collaborative robotic cyber-physical systems. In: Computers in Industry 97 (2018), S. 132-145.
- [25] Lorson, F.; Fügner, A. u. a.: New team mates in the warehouse: Human interactions with automated and robotized systems. In: ISE Transactions (2022), S. 1-18.
- [26] Niu, Y.; Schulte, F. u. a.: Human Aspects in Collaborative Order Picking – Letting Robotic Agents Learn About Human Discomfort. In: Procedia Computer Science 180 (2021), S. 877-886.
- [27] Jost, J.; Kirks, T. u. a.: Safe Human-Robot-Interaction in Highly Flexible Warehouses using Augmented Reality and Heterogenous Fleet Management System. In: IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (ISR), 2018.
- [28] Petković, T.; Puljiz, D. u. a.: Human intention estimation based on hidden Markov model motion validation for safe flexible robotized warehouses. In: Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 57 (2019), S. 182-196.
- [29] Szafir, D.; Mutlu, B. u. a.: Designing planning and control interfaces to support user collaboration with flying robots. In: The International Journal of Robotics Research 36 (2017) 5-7, S. 514-542.
- [30] Fruggiero, F.; Lambiase, A. u. a.: Cognitive Human Modeling in Collaborative Robotics. In: Procedia Manufacturing, 51 (2021), S. 584-591.
- [31] Breque, M.; De Nul, L. u. a.: Industry 5.0 : towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Publications Office, 2021.

Viele Mitarbeitende haben generell Vorurteile gegenüber Robotern und stehen Veränderungsprozessen kritisch gegenüber [14]. Persönliche Präferenzen, Organisations- und Führungskultur sowie die Kommunikation spielen eine zentrale Rolle. Es gilt die Mitarbeitenden in den Planungs- und Implementierungsprozess einzubinden, umfangreich zu informieren und zu schulen [12, 14]. Zudem ist es wichtig, eine ausgewogene Teamstruktur und eine nachvollziehbare Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Roboter zu schaffen [25]. Das Gefühl der Selbstbestimmung sollte für die Mitarbeitenden erhalten bleiben und das Gefühl des Kontrollverlusts beim Einsatz von Cobots vermieden werden [18]. Neben der Arbeitsteilung gibt es bereits Ansätze, bei denen der Roboter die Rolle eines „fürsorglichen Kollegen“ übernimmt [26]. Erkennt dieser Stress, Überforderung oder Unterforderung des Menschen, kann er sein Verhalten entsprechend dem menschlichen Wohlbefinden anpassen. Nach dem UTAUT-Modell hat auch der soziale Einfluss, d. h. die Meinung Dritter, einen direkten Einfluss auf die Akzeptanz. So wurde bspw. festgestellt, dass die erfolgreiche Einführung von Cobots weitestgehend vom Teamleiter oder der Teamleiterin abhängt [14].

Schließlich sollten benutzerfreundliche Schnittstellen implementiert werden, die eine zielgerichtete Steuerung, Koordination und Kommunikation ermöglichen. Diese haben einen direkten Einfluss auf Leistung, Aufwand, wahrgenommene Arbeitssicherheit und psychosoziale Faktoren. Durch Schnittstellen, wie Augmented Reality (AR), können die Mitarbeitenden mit Informationen über die Position und den Fahrweg von Robotern informiert werden. Dies reduziert deren Stresslevel [27] und vermindert die Angst vor Kollisionen [28]. Durch benutzerfreundliche Schnittstellen werden Menschen zudem in die Lage versetzt, die Roboter intuitiver zu steuern und zu koordinieren. Dies hat einen direkten Einfluss auf die Produktivität und die wahrgenommene Anstrengung.

Zusammenfassend lässt sich jedoch sagen, dass weitere v. a. interdisziplinäre Studien unter realen Bedingungen notwendig sind, die eine Einführung von Cobots in Lagerhäusern über einen längeren Zeitraum beobachten.

Kognitive Kompetenzen als Voraussetzung der erfolgreichen Kollaboration

Kognitive Kompetenzen sind für die Akzeptanz der Mensch-Roboter-Kollaboration von zentraler Bedeutung. Die Zusammenarbeit mit Robotern stellt Mitarbeitende vor teilweise unbekannte

kognitive Herausforderungen, bspw. aufgrund fehlender Erfahrungswerte, die es zu bewältigen gilt. Die Anforderungen ändern sich bei der Programmierung, Planung, Steuerung und Kommunikation [29]. Es werden neue sprachliche, technische und organisatorische Kompetenzen relevant. Daher sollten zunächst Anforderungsprofile erstellt, der (Weiter-)Bildungsbedarf identifiziert und kritische kognitive Faktoren ermittelt werden, bspw. in einer Interaktionsanalyse [30]. Ist der Bedarf und das Defizit bekannt, kann das Management mit geeigneten (Weiter-)Bildungskonzepten, Schulungen, Einführungsveranstaltungen und Unterweisungen auf den neuen Kompetenzbedarf reagieren. Entsprechend qualifizierte Mitarbeitende können ihre Leistungspotenziale entfalten und dem Roboter mit weniger Sorgen und Ängsten begegnen.

Unternehmen sollten die Planung, Implementierung und Koordination von kollaborativen Robotern in Lagerhäusern als ganzheitlichen Ansatz betrachten. Neben Leistungs- und Kostenfaktoren müssen auch menschliche Faktoren in den Fokus gerückt werden. Die identifizierten kritischen Faktoren sollten bei der Planung berücksichtigt werden. Die Wahrnehmung der Menschen spielt dabei eine wichtige Rolle. So sollten die bekannten Vorteile von Cobots, wie Leistungssteigerung, Aufwandsreduktion und Verbesserung der Arbeitsergonomie, kommuniziert werden. Grundsätzlich empfiehlt sich, den Schulungsbedarf vor und nach der Einführung regelmäßig zu ermitteln und entsprechende Qualifizierungsangebote zur Verfügung zu stellen. Dies ermöglicht die vielseitige Verbesserung der Arbeitsbedingungen, die Generierung von Produktivitätsgewinnen und wirkt verschiedenen psychosozialen Faktoren wie Überforderung oder auftretenden Ängsten entgegen. Schnittstellen sollten in Zusammenarbeit mit den Beschäftigten nutzerfreundlich gestaltet werden. Wenn Mitarbeitende die Umsetzung aktiv mitgestalten und selbst Verantwortung übernehmen können, wirkt sich dies positiv auf die Akzeptanz aus. Auch mit Gewöhnungseffekten (d. h. der Cobot wird nach anfänglichem Widerstand doch zum geschätzten Kollegen) ist zu rechnen. Darüber hinaus können verschiedene Softwareanwendungen wie Flottenmanagement-, Risikomanagement- oder Zuteilungssysteme eingesetzt werden, um die Zusammenarbeit zu verbessern. Die Mitarbeitenden sollten dabei aber, ganz im Sinne der Vision einer „Industrie 5.0“, immer im Mittelpunkt der Überlegungen stehen [31].

Schlüsselwörter: Lagermanagement, Kollaborative Roboter, Menschliche Faktoren, Technologie-Akzeptanz