



# Teaming mit Robotern – Prinzipien nachhaltig menschengerechter Arbeitsgestaltung

Alina Tausch<sup>1</sup> · Annette Kluge<sup>1</sup>

Angenommen: 18. Oktober 2023 / Online publiziert: 2. November 2023  
© The Author(s) 2023

## Zusammenfassung

Der Einsatz zunehmend autonomer und kollaborativer agierender sozialer Roboter oder Cobots kann und sollte als Chance für die menschengerechte Gestaltung von mit Technologien angereicherten Arbeitsplätzen verstanden werden. Dazu gilt es, den Einsatz menschenzentriert zu gestalten und unter anderem drei wesentliche Voraussetzungen sicherzustellen: (1) die Gestaltung der Arbeit von Menschen mit Robotern im Sinne einer Teamarbeit, (2) eine dynamische Zuteilung von Aufgaben und (3) die Anpassbarkeit von Robotern durch Beschäftigte. Zu diesen Aspekten präsentieren wir jeweils drei Handlungsempfehlungen, die in einem Anwender-/innenschema so aufbereitet werden, dass sie bei der Gestaltung von Mensch-Roboter-Arbeitsplätzen mit einfachen Entscheidungsschritten berücksichtigt werden können. Dadurch sollen Arbeitsgestalter/-innen, Betriebsrät/-innen und Interessensvertreter/-innen befähigt werden, für nachhaltig menschen-gerechte Arbeitsbedingungen zu sorgen.

**Schlüsselwörter** Mensch-Roboter-Interaktion (MRI) · Teaming · Arbeitsgestaltung · Partizipation · Aufgabenallokation

## Teaming with robots—principles of sustainable humane work design

### Abstract

The application of increasingly autonomous and collaboratively acting robots or cobots can and should be seen as an opportunity for the humane design of jobs enriched with technologies. This requires three prerequisites: (1) designing the collaboration of humans and robots as teamwork, (2) assigning tasks dynamically, and (3) adaptability of the robots by employees. For each of these aspects, we present three recommendations for action, which are prepared in a user scheme in such a way that they can be considered in the design of human-robot workplaces with simple decision-making steps. This is intended to enable work designers, works councils and interest groups to ensure sustainable, humane work conditions.

**Keywords** Human-robot interaction (HRI) · Teaming · Work design · Participation · Task allocation

Industrie 4.0 als technische Revolution wandelt sich zu Industrie 5.0 durch die Berücksichtigung des Menschen, der bei autonomer Fertigung weiterhin „in the loop“ ist (Nahavandi 2019). Damit wandeln sich auch die Konzepte von Arbeitsplätzen und -tätigkeiten (siehe z. B. Tausch und Kluge 2023a). Vormalig stark segmentierte Produktionen mit

eng umgrenzten Arbeitsplätzen für Menschen und einzelnen Produktionsschritten, die fest bestimmten Maschinen zugeordnet sind, werden abgelöst von dynamischeren und interaktiveren Systemen. Für Beschäftigte in der Produktion kann das zum Beispiel bedeuten, dass nun jede Mitarbeiterin und jeder Mitarbeiter selbst von A bis Z verantwortlich ist für die Produktion eines Produkts. Mit dem eigenen kollaborativen Roboter, den er oder sie flexibel für die verschiedenen Produktionsschritte einsetzen kann, ist eine solche ganzheitliche Gestaltung möglich. Die Beschäftigten strukturieren dabei, möglicherweise mit weiterer technischer Unterstützung, die Arbeitsabläufe und teilen die einzelnen Tätigkeiten zu. So können sie stets dynamisch

---

✉ Alina Tausch  
Alina.Tausch@ruhr-uni-bochum.de

<sup>1</sup> Lehrstuhl Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44780 Bochum, Deutschland

auf sich verändernde Produktionsanforderungen reagieren, die eher die Regel als die Ausnahme sind.

Diese Entwicklung hin zu Industrie 5.0 wird von einem neuen Megatrend gefördert, der womöglich noch größeres Umwälzungs-Potenzial für Rollen und Tätigkeiten in der Arbeitswelt hat als die Digitalisierung mit der Einführung mächtiger Software und flächendeckender Einbindung in digitale Systeme: technische Autonomie. Schnell fortschreitende technologische Entwicklungen in den Bereichen von Robotik und intelligenter Systeme schaffen neue Rollen für Technologien fernab der physisch und funktionell klar umgrenzten Maschine. KI kann als adaptives Unterstützungssystem dienen (Davenport und Kirby 2016) oder sogar als Teampartner verstanden werden (Berretta et al. 2023a). Das bringt nicht nur neue technische Möglichkeiten mit sich, sondern auch neue Herausforderungen der Gestaltung der Zusammenarbeit mit solchen Technologien (Berretta et al. 2023b).

Der vorliegende Beitrag widmet sich insbesondere den Veränderungen, die mit der Einführung physisch verkörperter und zunehmend autonomer Roboter für Beschäftigte einher gehen. Am Beispiel der Basisarbeit erläutern wir, welche Stellschrauben hilfreich sein können, die neue Qualität einer Zusammenarbeit mit teilautonomen Robotern so auszugestalten und zu nutzen, dass davon nicht nur Wirtschaftlichkeit und Effizienz profitieren, sondern auch und vor allem die Beschäftigten.

## 1 Zusammenarbeit mit Robotern

Der Einsatz von Robotik in der Arbeitswelt ist nicht neu und gängige Praxis für die Automatisierung einzelner Tätigkeiten. Neuer ist jedoch der Einsatz in Form von Mensch-Roboter-Interaktion, die kooperierend oder kollaborierend verläuft (siehe Onnasch et al. 2016). Mit zunehmendem Autonomiegrad von Robotern wird es möglich, Roboter flexibler für verschiedenartige Aufgaben einzusetzen – gleichzeitig erlauben kleiner Baugrößen und mobile Plattformen eine räumlich mobile Nutzung an verschiedenen Einsatzorten. Gerade der Einsatz platzsparender Cobots oder auch sozialer Roboter in direkter Nähe zum Menschen bietet sich für Unternehmen an, da er relativ nahtlos in bisher rein manuelle Arbeitsabläufe integriert und ohne große räumliche Umgestaltung umgesetzt werden kann (siehe zum Beispiel Nördinger 2020). Das verändert die Nutzung von Robotik von festen Arbeitsschritten zugeordneten Maschinen zu dynamischen Ausführungs-Gehilfen. Tätigkeiten aus dem Basisarbeits-Spektrum (siehe Bovenschulte et al. 2021) von produzierender Fließband-Arbeit über Gebäudereinigung bis hin zu Hilfsarbeiten im Pflegebereich, lassen sich aufgrund tendenziell geringerer Kompetenzanforderungen und des

häufig hohen Anteils manueller Aktivität besonders zielführend durch Roboter unterstützen.

Der Einsatz autonom agierender, physischer Roboter bringt dennoch einen Wandel mit sich, der auf vielen Ebenen Potenziale, aber auch Risiken für das Erleben und die Wirkung von Arbeit darstellt und beinhaltet. Da der Mensch in der Arbeitswelt weiterhin eine entscheidende Rolle spielt, liegt es an Arbeitsgestalter/-innen und Interessensvertreter/-innen, dazu beizutragen, nicht in eine Abwärtsspirale aus vermehrtem Einsatz zunehmend intelligenter Technologien und dem Verbleib immer unattraktiverer Resttätigkeiten zu geraten. Vielmehr müssen Arbeitswissenschaftler/-innen, -schützer/-innen und -gestalter/-innen gezielt darauf hinwirken, dass die Chancen durch Cobots und unterstützende intelligente Software genutzt werden – auf eine Art und Weise, die der Arbeitsausführung UND dem Menschen zugutekommt. Für diesen Ansatz geben wir in diesem Beitrag konkrete Handlungsempfehlungen für Arbeitsgestalter/-innen und Arbeitsschützer/-innen. Die Potenziale neuer Technologien sollen im Sinne einer *joint optimization* (Vecchio und Appelbaum 1995) genutzt werden, dass nicht nur Unternehmen wirtschaftlich von ihrem Einsatz profitieren, sondern auch der Mensch durch gestärkte und neu entstehende Ressourcen an seinem Arbeitsplatz.

Ziel ist es, dass gerade diejenigen Beschäftigten, deren Arbeit eher arm an Ressourcen wie Autonomie oder Ganzheitlichkeit ist (siehe z. B. Job Characteristics Model von Hackman und Oldham 1973), durch den Einsatz von Mensch-Roboter-Teaming Ressourcen dazu gewinnen und Gesundheit, Individualisierbarkeit und Beteiligung gefördert werden. Gleichzeitig sollen bestehende Ressourcen erhalten bleiben und auch Aspekte wie die Arbeits-Identität der Personen (siehe Berretta et al. 2023b) geschützt werden. Dafür bieten wir konkrete Handlungsempfehlungen zum Einsatz von Robotern und ein Anwendungs-Schema für Arbeitsschützer/-innen und -gestalter/-innen, das bei der Umsetzung der Empfehlungen hilft.

### 1.1 Industrieroboter, Cobots und Soziale Roboter

Um ein Verständnis dafür zu entwickeln, wie Roboter sich auf die Beschäftigungsverhältnisse auswirken können, muss man sich zunächst ein Bild davon machen, was Roboter für Möglichkeiten bieten. *Roboter* allgemein werden von der Internationalen Normungs-Organisation ISO definiert als „a programmed actuated mechanism with a degree of autonomy to perform locomotion, manipulation or positioning“ (International Standardization Organization [ISO], 2021, zitiert nach International Federation of Robotics [IFR], 2023), mit einer Spezifikation für Industrieroboter als automatisch gesteuerte, reprogrammierbare und für verschiedene Zwecke einsetzbare Manipulatoren an statischer Position oder

in mobiler Form, bei denen sich mehrere Achsen programmieren lassen (ISO 2021). Diese Definition bezieht sich explizit auf klassische *Industrierobotik*, und blendet dabei den Aspekt der Schnittstelle zu einem möglicherweise mit dem Roboter interagierenden Menschen aus (Bartneck und Forlizzi 2004).

Eine andere Herangehensweise verfolgt die Idee der Cobots, die kleiner und agiler gestaltet und ohne Einhausung einsetzbar sind, um mit dem Menschen zusammen arbeiten zu können. Colgate et al. (1996) haben diese Idee als *Cobot* betitelt, eine Mischung aus dem kollaborativen Element und dem Wort Roboter. Während sein Durchbruch in den späten 1990er-Jahren an der fehlenden technischen Umsetzbarkeit, insbesondere an der fehlenden Balance zwischen Sicherheit und Leistungsfähigkeit, scheiterte (Cusano 2022), erfreuen sich Cobots heute zunehmender Beliebtheit in der industriellen Anwendung (International Federation of Robotics 2022). Sie können flexibler, teils auch mobil eingesetzt werden und verfügen häufig über Features wie das *Teachen* durch Handführung oder das Programmieren mit vorgefertigten Apps, was die Einrichtung und kontinuierliche Veränderungen an den ausgeführten Aufgaben auch durch Nicht-Expert-/innen erleichtert.

Zur etwa gleichen Zeit wie bei den Cobots beginnt die Entwicklung von *sozialen Robotern*, kleinen Maschinen zur Begleitung und Unterstützung von Menschen im privaten Bereich (Cusano 2022). Sie werden definiert als (teil-)autonome Roboter, die mit Menschen interagieren und kommunizieren, indem sie deren Verhaltensnormen folgen (Bartneck und Forlizzi 2004). Feil-Seifer und Mataric (2005) unterscheiden drei Kategorien sozialer Robotik: Assistive Roboter (AR) sind solche, die Menschen – häufig in physischer Art und Weise – unterstützen (z. B. Care-O-Bot, Hans und Graf 2004), sozial interaktive Roboter (SIR) haben den Aufgabenfokus der Interaktion (wie z. B. Kismet vom MIT), und sozial assistive Roboter (SAR), die den Menschen spezifisch durch soziale Interaktion unterstützen, zum Beispiel bei der Rehabilitation oder beim Lernen (z. B. die Roboter-Robbe Paro). Forschung dazu fokussiert vor allem auf die Kommunikation mit Menschen und Aspekte der Morphologie bzw. der wahrgenommenen Ästhetik (Hegel et al. 2005, 2009) und zumeist auf die Interaktion mit den Endnutzer/-innen. Für Arbeitsschutz und Arbeitsgestaltung von mindestens ebenso großer Bedeutung ist die Interaktion der Roboter mit den Beschäftigten. Diese stellen eine weitere relevante Nutzengruppe dar, die die Besonderheit aufweisen, dass die Nutzung nicht immer selbstgewählt und aus intrinsischer Motivation oder Interesse heraus erfolgt, sondern aus der dienstlichen Notwendigkeit heraus.

## 1.2 Einsatzbeispiele für soziale Roboter und Cobots

Soziale Roboter sind in ihrer Gestaltung auf ihre Interaktionspartner ausgerichtet, werden aber häufig von Personal in sozialen Berufen bedient, gesteuert und eingesetzt, beispielsweise in der Pflege (siehe auch Bendel 2018) oder im Bildungsbereich. Viele der Tätigkeiten dort sind als Basisarbeit zu klassifizieren, oder als vergleichbare geringqualifizierte Tätigkeiten mit einem hohen Anteil physischer Arbeit, die ortsfest ausgeführt wird (Bovenschulte et al. 2021). Ein Einsatz sozialer Roboter in der Pflegehilfe kann zum Beispiel darin bestehen, dass diese bei den Mahlzeiten in einem Pflegebereich bei der Verteilung von Speisen und Getränken assistieren oder diese ganz übernehmen. Bei medizinischem Fachpersonal ist es denkbar, dass mobile Roboter als intelligente Systeme beispielsweise bei der Pflegedokumentation unterstützen. Fragen, die dabei entstehen, sind, inwieweit und wie stark sie dabei auch soziale Elemente der Tätigkeit übernehmen, wer über ihren Einsatz bestimmt, wie mit Fehlern und Störungen umgegangen wird und ob die Perspektive eher darin liegt, Personal zu ersetzen oder zu unterstützen und für andere Tätigkeitsanteile Zeit zu schaffen. Bei der Gestaltung sozialer Roboter werden solche Fragen häufig nicht mitgedacht (Tausch et al. 2020).

Industrieroboter und Cobots kommen in Deutschland bisher vor allem in der Automobil- und Autoteile-Branche sowie in der Metall- und Maschinenbaubranche zum Einsatz, zumeist für Handhabungs-, Schweiß- und Montageaufgaben (International Federation of Robotics 2022). Cobots machen einen zunehmenden, wenn auch weiterhin geringen Anteil der in der Industrie eingesetzten Robotik aus. In 2021 nahm der Einsatz kollaborativer Roboter um 50% im Vergleich zum Vorjahr zu, auf nun 39.000 Geräte (International Federation of Robotics 2022). Gemäß Prognosen können Cobot-Systeme für etwa 100 Mio. Montage- und Logistik-Prozesse in Unternehmen eingesetzt werden, für die die klassische industrielle Robotik nicht geeignet war (Bloss 2016). Das bedeutet, dass Cobots zunehmend in Arbeitsbereiche vordringen werden, die historisch oder aktuell noch von Menschen, häufig speziell von Basisarbeitenden, besetzt werden. In der Industrie sind Basisarbeitsplätze vor allem solche, die viel physische Tätigkeiten beinhalten, an denen die Arbeit bereits fragmentiert und daher problemlos aufteilbar ist (z. B. Fließbandarbeit) und die von einfachen manuellen Operationen und standardisierten Vorgängen geprägt sind. Der Einsatz von Cobots ist aber auch in qualifizierten Berufen denkbar, beispielsweise in Werkstattfertigungen in der Elektroindustrie, wo Beschäftigte entsprechend ihrer aktuellen Aufgaben den Cobot für stark standardisierte Tätigkeiten hinzuziehen könnten. Komplexe, manuell anspruchsvolle oder mit Problemlösen verbundene Anteile könnten weiterhin selbst ausgeführt werden.

## 2 Forderungen nachhaltig humaner Gestaltung von Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

Grundlegendes Ziel psychologischer Arbeitsgestaltung ist es, Arbeitsplätze so zu transformieren, dass sie nachhaltig nicht nur ausführbar und schädigungsfrei, sondern auch belastungsoptimiert und sogar individuell förderlich sind (siehe Kriterien menschengerechter Arbeit nach Hacker und Richter 1980). Dies muss auch für Arbeitsplätze gelten, an denen mit Cobots und sozialen Robotern gearbeitet wird.

Dafür ist die systematische Betrachtung und Gestaltung von Mensch-Roboter-Zusammenarbeit aus der Perspektive der *Menschzentrierung* (auch *Humanzentrierung*) wesentlich. Diese Perspektive sieht den Menschen als zentralen Rollenträger innerhalb komplexer soziotechnischer Systeme (Huchler 2015). Anders als inhaltlich fokussierte Theorien wie das Job-Demands-Resources-Modell (Bakker und Demerouti 2007) stellt die Menschzentrierung eher einen viel referenzierten, aber wenig klar definierten und ausdifferenzierten (Huchler 2015) Blickwinkel auf Arbeit dar. Die Offenheit dieser Perspektive macht sie jedoch kombinierbar mit konzeptionellen Ansätzen wie der Soziotechnik (Emery 1993). In einer menschenzentrierten Gestaltung eines soziotechnischen Systems werden die Dimensionen der Technik, der Menschen und die sie verbindende Arbeitsorganisation gemeinsam optimiert (Appelbaum 1997), und zwar orientiert am Menschen als zentralem Anker und Ausgangspunkt der Gestaltung. Dabei helfen können klassische Modelle wie die Kriterien menschengerechter Arbeit (Hacker 2005), das Job-Demands-Resources-Modell (Demerouti et al. 2001) und die SMART-Kriterien der Arbeitsgestaltung (Klonek und Parker 2021b).

Diese Modellannahmen um Ressourcen und Wirkweisen von Arbeitsgestaltung auf den Menschen können, übertragen auf die Gestaltung von Mensch-Roboter-Interaktion und ergänzt um spezifische neue Modelle und empirische Forschung, dazu beitragen, menschengerechte Arbeit mit Robotern zu schaffen.

Im Folgenden formulieren wir zu diesem Zweck Prinzipien zur Gestaltung von Arbeit mit Robotern. Diese sind die aus unseren Forschungsinteressen und auf Basis des Stands der empirischen Forschung wesentlichen, aber sicherlich nicht hinreichenden, Ansatzpunkte hierfür. Gleichzeitig existieren bereits einige, mehr oder weniger spezifische, Handlungsempfehlungen für die Gestaltung von Mensch-Software-Interaktion (siehe z. B. Interaktionsprinzipien in DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2010) oder Mensch-Roboter-Interaktion (z. B. Wischniewski et al. 2019, Wilkinson et al. 2021), die übertragbar und anwendbar sind. Unsere hier gemachten Empfehlungen verstehen sich als Ergänzung und Konkretisierung und stellen insofern eine subjektive, aber empirisch und konzeptionell begrün-

dete, Zusammenstellung von Aspekten dar, die gleichzeitig in Zukunft von weiteren Forschenden um deren zentrale Erkenntnisse ergänzt werden sollte.

Zur Sicherung von Nachwuchs und zur nachhaltigen Gesunderhaltung und Förderung von Arbeitsfähigkeit müssen vor allem drei zentrale Bereiche menschengerecht gestaltet werden:

1. die sozialen und Interaktionsbeziehungen zwischen Menschen und Robotern,
2. die Organisation von Arbeit und insbesondere der Verteilung von Aufgaben auf menschliche und technische Akteure und
3. die nutzendenzentrierte Gestaltung der eingesetzten Roboter. Diese Bereiche müssen so gestaltet sein, dass sie Adaptierbarkeit und Beteiligung von Seiten der Beschäftigten zulassen, die so das technische System und die Organisation ihren Bedürfnissen und auch ihren Erfahrungen entsprechend anpassen können.

Wir formulieren daher für eine nachhaltig menschengerechte Zusammenarbeit mit Robotern folgende Gestaltungsprinzipien:

1. Menschliche Arbeit mit robotischen Interaktionspartnern muss als Teamarbeit konzeptualisiert werden,
2. Die Zuteilung der Aufgaben auf die Interaktionspartner muss dynamisch und partizipativ umgesetzt werden.
3. Beschäftigte brauchen Möglichkeiten, Roboter an ihre eigenen Bedürfnisse anzupassen.

Gleichwohl diese Prinzipien und die zugehörigen Handlungsempfehlungen für die Gestaltung der Zusammenarbeit mit Cobots und sozialen Robotern generell Gültigkeit haben sollten, sind vor allem die Empfehlungen mit einem spezifischen Blick auf die Basisarbeit entworfen worden (siehe ursprüngliche Veröffentlichung von Tausch und Kluge 2023b). Sie adressieren dort typische Herausforderungen wie soziale Isolation durch Ersetzen einzelner Beschäftigter durch Roboter oder geringe Kompetenzen für die eigenständige Entscheidungsfindung, und finden besonders „barrierearme“ Wege zur Umsetzung, die mit möglichst geringen Kosten und Aufwand einher gehen, um sie umsetzbar zu machen auch in Arbeitsbereichen, in die traditionell nicht viel Geld für Mitarbeitendenbindung investiert wird. Gleichzeitig sind unsere Empfehlungen vor allem dort relevant, wo Roboter besonders „unkompliziert“ und mit geringerem Aufwand zum Einsatz kommen können oder einen besonders hohen Return on Investment versprechen, was häufig Basisarbeit betrifft, aber auch für andere Arbeitsbereiche zutreffend ist.



### 3 Handlungsempfehlungen und Anwender-/innenschema zur Gestaltung von Mensch-Roboter-Teaming

Diese drei zentralen Veränderungen werden in den folgenden drei Unterkapiteln beschrieben und jeweils von drei theoretisch und empirisch gestützten Handlungsempfehlungen begleitet, zu denen wir Forschungsergebnisse und vielversprechende Ideen für die zukünftige Umsetzung schildern. Um die Umsetzung unserer Forderungen praktisch zu unterstützen, haben wir ein Anwender-/innenschema entwickelt, das (1) Arbeitsgestalter/-innen dabei helfen soll, Roboter angemessen in bestehende Arbeitssysteme einzuführen oder deren Einsatz menschengerecht umzugestalten, (2) Betriebsrät/-innen und weiteren Interessensvertreter/-innen aufzeigen soll, bei welchen Punkten und an welchen Entscheidungen sie sich beteiligen und die Perspektive der Beschäftigten einbringen sollten, und (3) Arbeitswissenschaftler/-innen hilft, Forschungsperspektiven zu entwickeln und konkret relevante Gestaltungsaspekte zur Untersuchung zu identifizieren.

Aufbauend auf der Argumentation zu den insgesamt neun Handlungsempfehlungen enthält das Schema wichtige Entscheidungs-Knotenpunkte und Empfehlungen zu Entscheidungen und Aspekten, die im Prozess der Gestaltung von Mensch-Roboter-Teaming Berücksichtigung finden sollten. Diese gehen teilweise über die Handlungsempfehlungen hinaus. Das grafisch visualisierte Anwender-/innenschema zu den drei Forderungen findet sich jeweils vor der Ausdifferenzierung der zugehörigen Handlungsempfehlungen und wird in Kap. 4 anhand eines Beispiels verdeutlicht.

#### 3.1 Eine Team-Perspektive einnehmen

Die Idee der Mensch-Roboter-Interaktion an sich ist keine neue – schon 2007 definieren sie Goodrich und Schultz (2007) als Untersuchungsfeld für die Nutzung von Robo-

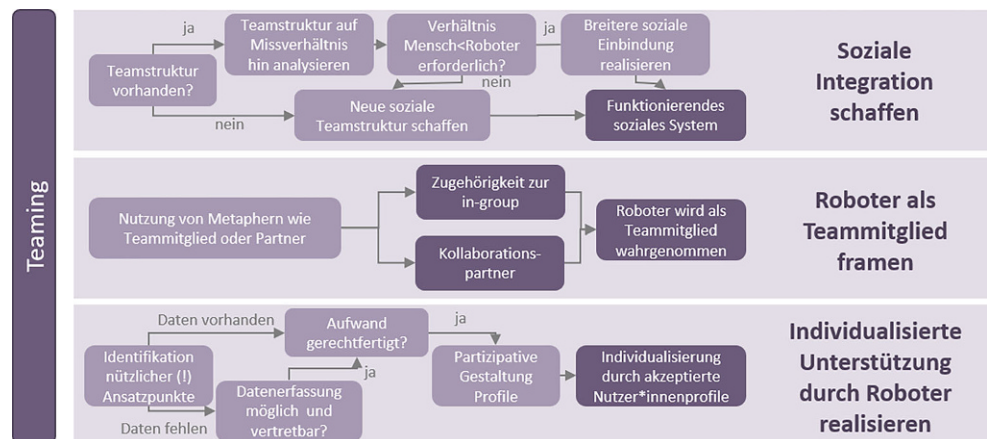
tern durch oder zusammen mit Menschen – mit der Voraussetzung der Kommunikation miteinander. Allerdings geht die Idee, Mensch und Roboter als Team anzusehen, einen deutlichen Schritt weiter als dass sie nur miteinander interagieren. Wie Castro et al. (2021) differenzieren, stellt Interaktion eine Oberkategorie dar, innerhalb derer der Bereich der Kollaboration die gemeinsame Arbeit mit jemandem an etwas charakterisiert (Grosz 1996). Kollaboration wiederum ist ein wichtiger Bestandteil von Teaming, das generell als die Interaktion zweier oder mehrerer unabhängiger Individuen (oder Agenten im technischen Kontext) gesehen wird, die gemeinsam ein Ziel erreichen wollen und dabei ein „Wir-Gefühl“ erleben (Kauffeld 2001). Die Bildung eines Mensch-Roboter-Teams bedingt folglich, dass sich eine soziale Entität herausbildet (Rix 2022). Teaming geht damit über die reine Zusammenarbeit hinaus, führt zu Synergieeffekten und zu einer neuen, sozialeren, partizipativeren und ermächtigenden (im Sinne des Empowerment) Zusammenarbeit.

Dieses neue Verständnis von Menschen und Robotern als eine Einheit, die jeweils ihren eigenen Beitrag zu einer Aufgabe leisten, aber das in steter Interaktion, sich gegenseitig unterstützend und auch adaptiv aneinander anpassend (Mukherjee et al. 2022), verändert die sozialen Strukturen eines Arbeitssystems. Gleichwohl es auch Skeptizismus zur Teaming-Perspektive von Menschen und Technologien gibt und diese mit vielen Herausforderungen verbunden ist (Natarajan et al. 2023), ist es unsere Überzeugung, dass die Schaffung eines neuen, einzigartigen Mensch-Roboter Teams (im Sinne von bspw. McNeese et al. 2023) ein gelungener Weg ist, Zusammenarbeit menschengerecht zu gestalten. Aus dieser Sichtweise ergeben sich drei Handlungsempfehlungen zur Umsetzung von Mensch-Roboter-Teaming (siehe Abb. 1) für Systemgestalter/-innen und Arbeitsschützer/-innen:

1. *Vermeiden Sie Isolation – stellen Sie die soziale Integration sicher und lassen die Beschäftigten mit einem*

**Abb. 1** Anwender-/innenschema mit Handlungsempfehlungen zur Umsetzung von Teaming in Mensch-Roboter-Teams

**Fig. 1** User scheme with action recommendations for implementing teaming in human-robot teams



- Roboter nicht allein zurück:* Sich vorzustellen, wie ein/-e Raumpfleger/-in allein auf einer Praxissetage eines Arzthauses zurückbleibt, mit der Unterstützung zweier Roboter, aber ohne weitere Kolleg/-innen oder Gesprächspartner/-innen vor, während und nach der Schicht macht deutlich, wie wichtig soziale Einbindung ist und dass sie nicht durch die Einführung von Robotern verloren gehen darf. Gerade dann, wenn einzelne Arbeitsplätze durch den Robotereinsatz automatisiert werden, bleiben mitunter einzelne Beschäftigte zurück, die nun einen oder mehrere Roboter an ihrer Seite haben, mit denen sie zusammenarbeiten. Dies führt zu einer Reihe von Problemen von fehlenden Gesprächen über eine fehlende Identifikation mit der eigenen Gruppe bis zur sozialen Isolation. Eine Studie von Savela et al. (2021) zeigt, dass die Identifikation mit einer Arbeitsgruppe signifikant schlechter ist in einem Team bestehend aus einem Menschen und vier Robotern, als in einem Team mit gegensätzlichem Verhältnis. Es kommt also darauf an, wie das Verhältnis von Menschen und Robotern innerhalb eines Teams ist und, so die Vermutung, auch darauf, dass einzelne Menschen nicht allein unter Robotern verbleiben. Sollte eine solche Konstellation durch die Arbeitsprozesse erforderlich werden, müssen Alternativen zur sozialen Einbindung gefunden werden. Das kann die Einbindung in ein größeres Team bedeuten und die Rotation an Arbeitsplätzen, sodass die Beschäftigten Teil eines größeren Mensch-Roboter-Teams sind und soziale Einbindung besteht, auch wenn phasenweise ausschließlich mit Robotern gearbeitet wird. Denn gleichzeitig zeigt eine Studie von Bröhl et al. (2019) zur Akzeptanz der Kollaboration mit Robotern, dass soziale Implikationen des Einsatzes signifikant mit der Wahrnehmung der Benutzerfreundlichkeit zusammenhängen (die wiederum Voraussetzung für die Nutzungsbereitschaft ist). Soziale Einbindung ist also nicht nur für die Beschäftigten eine wichtige Ressource, sondern auch Voraussetzung für die Bereitschaft zur Zusammenarbeit mit Robotern.
2. *Sprechen Sie von Robotern als Teammitglieder, nicht als Maschinen:* Entsprechend dem SMART-Model der Arbeitsgestaltung (siehe Klonek und Parker 2021a) ist einer der zentralen Faktoren menschengerechter (Team-)Arbeit der, dass sie Beziehungsaspekte unterstützt (das R steht für „encouraging relational features“). Das sollte jedoch nicht nur für rein menschliche Teams gelten, sondern gerade mit Robotern, wo der Aspekt des Beziehungsaufbaus mehr Unterstützung von außen bedarf. Wichtig ist, dass auch hier ein Gefühl von Teaming entsteht, das dabei hilft, gegenseitiges Vertrauen aufzubauen und gegenseitige Unterstützung zu fördern. Hier steht die Forschung noch am Anfang, hat jedoch eine ganze Reihe von Faktoren identifiziert, die wahrscheinlich relevant sind (You und Robert 2017). Auf Seiten der

Charakteristika des Roboters zählen dazu Aspekte wie dessen wahrgenommene Persönlichkeit. Hier hilft eine einfache Maßnahme, das Bild des Roboters und damit die Gestaltung der Kollaboration zu prägen: die Nutzung von Metaphern für den Roboter, die ihn als Verbündeten oder Teampartner beschreiben. Die Forschung zeigt, dass das Framen eines Roboters als Mitglied der Gruppe zu einer positiveren Bewertung und stärker kooperativem Verhalten führt (Häring et al. 2014) – gleichzeitig zeigt die Literatur speziell zu sprachlichen Metaphern, dass Begriffe wie Verbündeter oder Partner dazu ermutigen, mit einem Roboter zu kollaborieren (Kuhn et al. 2020).

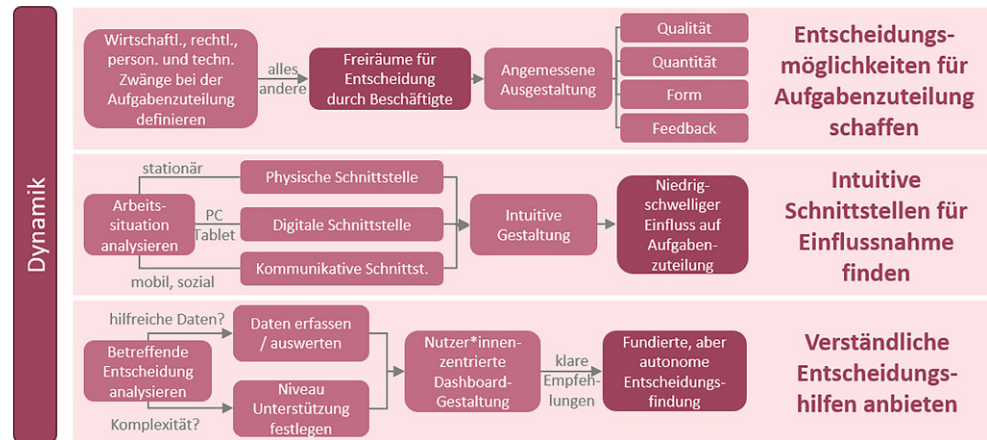
3. *Nutzen Sie Roboter zur individuellen Unterstützung ihrer menschlichen Teampartner, basierend auf Nutzer/-innenprofilen:* Ein Team zu sein bedeutet, sich gegenseitig zu unterstützen, die Schwächen der anderen auszugleichen und gezielt Stärken zu nutzen und zu fördern. Hierfür können die sich rapide entwickelnden technischen Fähigkeiten von Robotern durch Sensorik und intelligente Datenverarbeitung genutzt werden. Durch ein besseres Verständnis der Nutzenden kann der Roboter sich diesen entsprechend ihrer Merkmale und Präferenzen in seinem Verhalten anpassen, was zu erhöhter Zufriedenheit und Akzeptanz führt und letztlich entscheidend ist für eine natürliche und alltägliche Interaktion von Mensch und Roboter (Rossi et al. 2017). Mit sogenannten Nutzer/-innenprofilen, basierend auf physischen, kognitiven oder sozialen Aspekten (Rossi et al. 2017), kann den Voraussetzungen und Bedürfnissen der Beschäftigten Rechnung getragen werden, ohne dass diese bei jeder Nutzung manuell Einstellungen vornehmen und Einstellungswünsche reflektieren müssen. Eine automatische, mit einem Profil verknüpfte Anpassung ist gerade dann nützlich, wenn mehrere Beschäftigte gleichzeitig oder nacheinander den oder die gleichen Roboter nutzen, wie es in den meisten Arbeitskontexten der Fall sein wird. Diese Nutzer/-innenprofile können dann beispielsweise ein bestimmtes Bewegungstempo beibehalten, eine Höhe für das Anreichen von Gegenständen, die der eigenen Körpergröße entspricht, oder die Möglichkeit für detailliertere Einstellungen bei erfahrenen Roboternutzer/-innen.

### 3.2 Arbeitsorganisation dynamisch denken

Mit dem Prinzip von „Teaming“ geht die Notwendigkeit einher, Aufgabenallokation, also die Verteilung von Tätigkeiten auf Menschen und Roboter (Older et al. 1997) und damit die Zusammenarbeit von Menschen und Automatisierung, adaptierbar zu gestalten (Calhoun 2022). Das bedeutet, dass, genau wie in menschlichen Teams, auch in Mensch-Roboter-Teams die Aufgaben nicht immer vorab geplant und unveränderlich einem der Akteure zugeord-

**Abb. 2** Anwender-/innenschema mit Handlungsempfehlungen zur Umsetzung von Dynamik in Mensch-Roboter-Teams

**Fig. 2** User scheme with action recommendations for implementing dynamics in human-robot teams



net sein müssen, sondern die Verteilung nach Situation und persönlichen Bedürfnissen dynamisch und in der Arbeitssituation verhandelbar sein sollte. Diese flexibilisierte Form der Arbeitsorganisation gelingt durch die Integration des Menschen in den Zuteilungsprozess (Tausch et al. 2022), die zwingend für menschengerechte Arbeit ist. Folgende Handlungsempfehlungen (Abb. 2) ergeben sich:

4. *Schaffen Sie Raum für eigene Entscheidungen zum „wer-macht-was“ innerhalb eines klar gesteckten Rahmens:* Pacaux-Lemoine et al. (2017) beschrieben ein Paradigma der verteilten Planung von Produktion, bei dem der Fokus auf mehr Autonomie und adaptiven Kapazitäten eines System liegt, und bottom-up-Verhalten statt einer reinen top-down-Steuerung erlaubt. Diesen Ansatz verfolgen auch Tausch und Kolleg-/innen (siehe z.B. Tausch und Kluge 2023a) mit ihrer Idee der ad hoc-Aufgabenallokation. Hier geht es speziell darum, dass den Beschäftigten Einfluss zugebilligt wird, indem sie an der Aufgabenzuteilung partizipieren können. Die Umsetzung muss nicht immer in Form voller Entscheidungsfreiheit sein, auch eine reine Widerspruchs-Option für eine technisch oder durch Expert/-innen generierte Aufgabenverteilung erhöhen bereits die Zufriedenheit mit dem Entscheidungsprozess und die erlebte Prozesskontrolle, ohne den mentalen Verarbeitungsaufwand zu hoch werden zu lassen (Tausch et al. 2022). Gleichzeitig erlaubt ein klarer Rahmen für Entscheidungsfreiheit die Berücksichtigung wirtschaftlicher Notwendigkeiten und den Ausschluss der Wahl beispielsweise unsicherer, unergonomischer oder ineffizienter Aufgabenverteilungen.
5. *Verwenden Sie möglichst intuitiv-nutzbare Schnittstellen für die Beschäftigten, um Einfluss auf die Aufgabenzuteilung zu nehmen:* Um Einfluss auf die Aufgabenzuteilung durch Beschäftigte umzusetzen, ist es wichtig, dass der Zugang zu dieser Möglichkeit einfach und niedrigschwellig ist. Die Umsetzung kann dabei sehr unterschiedlich aussehen und muss auf die jeweilige Ar-

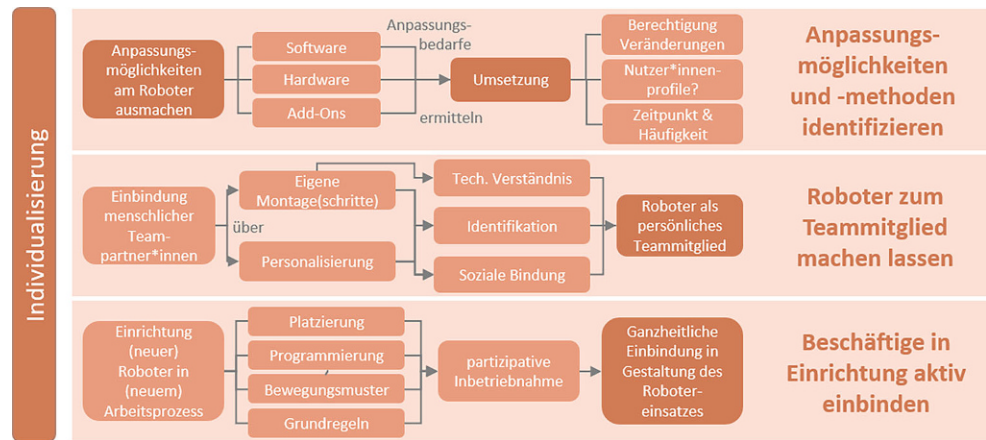
beitssituation und den Menschen angepasst werden: So kann eine Spracheingabe beim Roboter, den man mit kurzen, standardisierten Sprachbefehlen zum Beispiel zum Übernehmen einer Aufgabe auffordern kann, als natürlich erlebt werden und effizienter funktionieren als z. B. umständliche Texteingaben (Marge et al. 2022). Andere Möglichkeiten bestehen in physischen Knöpfen, die gedrückt werden können, wenn eine Aufgabe gewechselt werden soll, zum Beispiel, weil die Beschäftigten ermüden oder sich einseitig belastet fühlen, oder einfache Dashboards am Roboter oder dem Arbeitsplatz, die mit intuitiven Hinweisen, sogenannten *Signifiern*, arbeiten. Unabhängig davon ob digital oder analog, helfen Signifier den Nutzer/-innen, zu kommunizieren, welches Verhalten in einer Situation, oder eben spezifisch bei der Zuteilung von Aufgaben, angemessen ist (Norman 2013). Übertragen auf die Zusammenarbeit von Mensch und Roboter bedeutet das, dass die genutzten Schnittstellen den Beschäftigten eindeutig vermitteln müssen, was passiert, wenn sie sie bedienen – also, dass der Roboter eine Aufgabe übernimmt, dass man selbst einen Tätigkeitswechsel möchte, dass man Hilfe bei der Entscheidung über die Zuteilung benötigt. Das dahinter liegende Prinzip ist das des human-centered design (HCD), das menschliche Bedürfnisse, Fähigkeiten und Verhalten als Grundlage für die Gestaltung von (digitalen) Produkten nimmt (Norman 2013).

6. *Bieten Sie nachvollziehbare Entscheidungshilfen an:* Wie Cooley (2000) berichtet, wurde durch die Einführung aussagekräftiger grafischer Outputs, die die Entscheidungsfindung in der Fertigung unterstützen, die Durchlaufzeit von Produkten halbiert und Überstunden um 75% reduziert. Die Auswirkungen guter, menschenzentriert gestalteter Entscheidungsunterstützungs-Systeme können folglich bedeutsam zu wirtschaftlicherer, aber auch gesünderer Arbeit beitragen. Dabei sollten sie Entscheidungen durch konkrete Vorschläge unterstützen und nicht überfordernd gestaltet sein: Stahmann et al.



**Abb. 3** Anwender-/innenschema mit Handlungsempfehlungen zur Umsetzung von Individualisierung in Mensch-Roboter-Teams

**Fig. 3** User scheme with action recommendations for implementing individualization in human-robot teams



(2023) finden bei der Untersuchung sogenannter *advanced analytics*, dass präskriptive Dashboards, die den Nutzer/-innen Entscheidungs-Empfehlungen auf Basis generierter Vorhersagen über den Systemzustand geben, die Frustration verringern, da sie Entscheidungsalternativen und Konsequenzen besser veranschaulichen als deskriptive oder prädiktive Anzeigen. Gleichzeitig finden sie, dass die komplexeren Dashboards, die über die Darstellung des Systemzustands hinausgehen, mentale Anforderungen erhöhen. Hier müssen also Strategien gefunden werden, Informationen so zu reduzieren oder die Darstellung so zu vereinfachen, dass keine Überladung mit Informationen entsteht, die die Entscheidungsfindung behindert.

### 3.3 Roboter anpassbar gestalten

Um Teaming nicht nur durch ein entsprechendes Framing und eine dem Konzept angemessene flexible Arbeitsorganisation zu unterstützen, kann als dritter entscheidender Punkt noch die Gestaltung des Roboters, der mit den Beschäftigten zusammenarbeitet oder arbeiten soll, in den Blick genommen werden. Dabei ist es wichtig, den Einsatz von Robotern nutzerzentriert zu gestalten (Pizzagalli et al. 2021) im Sinne des human-centered design, indem man sich beispielsweise den sog. IKEA-Effekt (Norton et al. 2011) zu Nutzen macht und die Beschäftigten an der Zusammenstellung „ihres“ Roboters beteiligt. Ziel ist, dass durch die Einbindung der Beschäftigten in die Gestaltung des Roboters eine Identifikation mit diesem entsteht, die dazu führt, dass Teamkohäsion erlebt werden kann. Sie beschreibt das Bedürfnis von Teammitgliedern, soziale Bindungen einzugehen, sodass die Gruppe zusammenfindet und bleibt (Casey-Campbell und Martens 2009) und findet als Konstrukt neue Aufmerksamkeit im Kontext der Zusammenarbeit mit autonomen Technologien und Robotern (Lakhmani et al. 2022; Lyons et al. 2021). Hier stellt sich insbesondere die Frage, wie das Entstehen einer solche Bindung in Mensch-Robo-

ter-Teams gezielt gefördert werden kann, die sich nicht im gleichen Maße wie im Teaming zwischen Menschen natürlich ergibt. Dafür formulieren wir drei Handlungsempfehlungen (Abb. 3), die bei der Beteiligung der Beschäftigten an der Ausgestaltung des Roboters als Teampartner ansetzen und damit sowohl stärkere Identifikation als auch Empowerment ermöglichen:

7. *Identifizieren Sie Anpassungsmöglichkeiten am Roboter und entsprechenden Methoden dafür:* Die meisten Cobots und sozialen Roboter sind von ihrer Gestaltung her, zumindest in Teilen, inhärent anpassbar. So ist es vorgesehen, dass bei Cobots verschiedene Greifer oder andere Werkzeuge zur Manipulation angebracht werden könne, während bei sozialen Robotern beispielsweise die Art der Kommunikation gewählt werden kann. Dazu sind Änderungen an der Programmierung jederzeit möglich. Die Idee der Gestaltung diverser Roboter ist also eine gewisse Modularität und Anpassbarkeit (Liebich 2022). Diese Modularität sollte in Mensch-Roboter-Teams dafür genutzt werden, den Roboter nicht nur perfekt an die Aufgabe, sondern auch auf die Bedarfe des Teams und der einzelnen Beschäftigten anzupassen. Dafür muss zunächst identifiziert werden, wo am Roboter welche Anpassungen vorgenommen werden können: An der Hardware und Gestalt selbst, an der Software durch Programmierung, oder am Zubehör. Anschließend müssen partizipativ Anpassungsbedarfe ermittelt werden sowie ein Prozess, wie, zum Beispiel in welchen Zyklen und durch wen, Anpassungen vorgenommen werden können. Eine Studie zu diesem Thema zeigt beispielsweise, dass eine Echtzeit-Adaptation des Roboters an menschliches Verhalten zu einer effizienteren und natürlicheren Arbeitsweise führt, die stark als Zusammenarbeit wahrgenommen wird (Görür et al. 2023).

8. *Lassen Sie Beschäftigte den Roboter zu Ihrem Teammitglied machen:* Etwas, das sich mit jedem Roboter, sei es in der Produktion oder im Service, einfach umset-



zen lässt, sind geringfügige Individualisierungen, die das Zusammengehörigkeitsgefühl stärken. Der IKEA-Effekt (Norton et al. 2011) führt zu einer höheren Wertschätzung selbstgebauter Produkte – und zeigt sich auch bei Robotern, an deren Montage man beteiligt war (Groom et al. 2009; Sun und Sundar 2016). Nun bietet es sich bei Robotern nicht an, dass Beschäftigte sie komplett selbst montieren. Jedoch können sie durchaus an der finalen Zusammenstellung, zum Beispiel über das Montieren bzw. den Austausch von Manipulatoren oder den Anschluss an eine Stromversorgung, beteiligt werden. Das führt, neben einem adäquaten mentalen Modell des Roboters als technisches Gerät und einem besseren Verständnis von dessen Funktionsweise (was wichtig z. B. für Vertrauen ist, Kiesler und Goetz 2002) auch zu einem Gefühl des Eigentums und einer persönlichen Bindung zum Roboter (Groom et al. 2009). Er kann dadurch also zu einem sozialen Teammitglied werden. Eine weitere, sehr praktische Idee, basierend auf der Theorie der Personalisierung von Blom und Monk (2003), ist es, Nutzer/innen „ihre“ Roboter optisch anpassen zu lassen, indem sie mit einem Toolkit zur Personalisierung ausgestattet werden (Sung et al. 2009). Auch diese Art der Personalisierung kann zu erhöhter Identifikation und einem stärkeren Zusammengehörigkeitsgefühl führen, und ist gleichzeitig kostengünstig und unkompliziert umsetzbar.

9. *Binden Sie Beschäftigte in die Einrichtung des Roboters aktiv ein:* Werden Roboter neu oder für neue Aufgaben eingesetzt, ist der Prozess der Einrichtung als Vorbereitung unerlässlich. Er muss für neue Aufgaben vorbereitet und programmiert werden, am entsprechenden Arbeitsplatz installiert und platziert werden und die wesentlichen Grundeinstellungen müssen vorgenommen werden. Beschäftigte in diesen Prozess aktiv einzubinden, bietet erhebliches Potenzial für eine an den Bedarfen der Situation orientierte Einrichtung sowie eine menschengerechte Gestaltung der Zusammenarbeit. So fordern beispielsweise Galin und Meshcheryakov (2021), dass zur Realisierung einer harmonischen Kooperation von Mensch und Roboter einfache Programmierung, was das Programmieren selbst, das Erlernen der Roboter-Handlungen und deren Kontrolle umfasst, sichergestellt werden muss. Viele Cobots, wie z. B. Franka (Franka Emika), können auf einfachen Dashboards über vorkonfigurierte Apps programmiert werden oder, wie LBR iiys (Kuka), per Handführung Bewegungsabläufe beigebracht bekommen (= *Teaching*), die dann zu Arbeitsroutinen werden. So schafft man nicht nur eine engere Verbindung zum Roboter und ein besseres technisches Verständnis der Beschäftigten, sondern gestaltet die Arbeit dadurch auch ganzheitlich, was eine wichtige Ressource darstellt (Hacker 2005).

#### 4 Ausblick auf Mensch-Roboter-Teams in der Arbeitswelt der Zukunft

Die konsequente Anwendung von soziotechnischen Prinzipien, Menschzentrierung, psychologischem Grundlagenwissen und arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen aus Forschung und Praxiseinsätzen – in Teilen kondensiert im hier vorgestellten Anwender-/innenschema – kann dabei helfen, Arbeit positiv zu gestalten und zu einem verdienten Wandel in ihrer nach außen wahrgenommenen, aber vor allem innerlich erlebten Wertigkeit beitragen.

Die Vision der Arbeit mit Robotern von morgen beinhaltet, dass all die Merkmale, von denen wir wissen, dass sie positive Ressourcenwirkung entfalten, entsprechend des jeweiligen Berufsbildes durch den Robotereinsatz gestärkt werden oder zumindest erhalten bleiben, und das gleichzeitig Belastungen, die in Kombination mit der entsprechenden individuellen Situation zu unangemessenem Beanspruchungs-Erleben führen, reduziert werden. Wie in dieser Vision können nachhaltig menschengerechte Arbeitssysteme aussehen, in denen Beschäftigte als wertvolle Arbeitskräfte respektiert, gefördert und in soziale Strukturen eingebunden werden, nicht trotzdem, sondern gerade, weil sie mit Robotern zusammenarbeiten. So können sie langfristig gesund in ihren Berufen arbeiten.

Wesentlich dafür ist vor allem die soziale Einbindung von Beschäftigten. Werden diese zunehmend mit Robotern statt mit Menschen zusammenarbeiten, wird in der Arbeitswelt von morgen eine größere soziale Einbindung geschaffen, indem beispielsweise Roboter auch als Kommunikationsmedium zwischen weiter voneinander entfernt arbeitenden Beschäftigten genutzt werden können, die bislang gar keine soziale Einheit bilden konnten. Aber auch Roboter können als Teammitglieder etabliert werden, indem sie entsprechend eingeführt und behandelt werden. Wenn sie dann noch individualisierte Unterstützung für Beschäftigte anbieten, indem die technischen Möglichkeiten für die Anpassbarkeit an einzelne Beschäftigte oder Beschäftigtengruppen, zum Beispiel abhängig von individueller Technik-Kompetenz, ausgeschöpft werden, gelingt es umso besser, sie als wesentlichen Teil eines neuen Mensch-Roboter-Teams zu etablieren.

Die Flexibilisierung der Arbeit erlaubt es, den Beschäftigten die Möglichkeit zu geben, Entscheidungen eigenständig zu treffen, nachdem ein angemessener Rahmen dafür festgelegt wurde. Roboter könnten beispielsweise Rückmeldung zu getroffenen Entscheidungen geben, die dazu führen, dass Beschäftigte ihre Freiheiten ausgestalten und daran lernen können. Sie können und sollen vor allem Einfluss darauf nehmen, welche Aufgaben sie selbst und welche der Roboter zu welchem Zeitpunkt übernehmen sollen. Dafür stellt der Arbeitgeber passend zum Arbeitsplatz sinnvolle und intuitive Bedien-Schnittstellen zur Verfügung, die es

einfach machen, Zuteilungen vorzunehmen oder dynamisch zu ändern. Dabei werden den Beschäftigten Entscheidungshilfen an die Hand gegeben, die auf Basis der jetzt möglichen Datensammlung und je nach persönlichem Qualifikationsniveau Informationen bis hin zu konkreten Handlungsempfehlungen anbieten.

Daneben haben die Beschäftigten die Möglichkeit, „ihren“ Roboter zu individualisieren. Der Betrieb trägt hierbei die Aufgabe, zu identifizieren, an welchen Stellen Anpassungen möglich und sinnvoll sind, und das mit den Bedarfen der Beschäftigten abzugleichen. Nun können sie, beispielsweise unter Verwendung von Nutzungsprofilen, individuelle Präferenzen in die Konfiguration ihres Cobots einbringen. Durch zusätzliche Beteiligung an der personalisierten äußeren Gestaltung des Roboters und an Montage- und Wartungsschritten wie dem Aufladen des Roboters oder dem Einspielen von Updates wird neben technischem Verständnis auch Identifikation erzielt. Eine zusätzliche Beteiligung vor allem bei der Neueinführung – in der Programmierung individueller Wegstrecken oder von Verhaltens-Grundregeln – respektiert einerseits die persönlichen Grenzen der Beschäftigten und geht andererseits darauf ein, dass jeder Veränderungsprozess Zeit und Umstellung benötigt. Wenn hier die Chance besteht, sich aktiv einzubringen, erleichtert es auch das letztlich angestrebte Gefühl, dass dieser Roboter wertvolles Mitglied genau dieses Teams ist.

#### 4.1 Mit Partizipation, Einbindung und Flexibilisierung zu besserer Arbeit

Dieser Ausblick macht deutlich, welche Chancen der Einsatz von Robotern zukünftig bereit halten kann, wenn er konsequent von den Beschäftigten und ihren Bedürfnissen aus gedacht wird. Dann ist ein menschengerechter Einsatz über verschiedenste Einsatzbereiche und Berufsbilder hin denkbar. Gerade, wenn man sich konsequent an Kriterien und Theorien menschengerechter und gesundheitsförderlicher Arbeit bei der Gestaltung des Arbeitssystems orientiert, sind es immer wieder ähnliche Aspekte, die eine bedeutsame Rolle einnehmen: Partizipation der Beschäftigten zu ermöglichen, die Einbindung in soziale Strukturen zu stärken und durch Flexibilisierung Spielräume für eigenständige Entscheidungen zu schaffen. Der Einsatz von Robotern kann dazu beitragen, dass Arbeitssysteme in ihrer Gestaltung überdacht werden, aber auch, dass kapazitären Spielräume für diese Ressourcen geschaffen werden oder neue Ressourcen durch die Interaktion mit einer komplexen Technologie und sich dadurch möglicherweise verschiebende Tätigkeitsfelder entsteht. So oder so sollte der Einsatz von Robotern als Chance betrachtet werden, Arbeit umzudenken und gezielt Ressourcen zu fördern, sodass menschengerechte Arbeitsplätze entstehen, für die nachhaltig,

spricht gesellschaftlich und individuell betrachtet langfristig, Personal zur Verfügung steht.

**Funding** Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

**Open Access** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

#### Literatur

- Appelbaum SH (1997) Socio-technical systems theory: an intervention strategy for organizational development. *MD* 35(6):452–463. <https://doi.org/10.1108/00251749710173823>
- Bakker AB, Demerouti E (2007) The Job Demands-Resources model: state of the art. *J Manag Psychol* 22(3):309–328. <https://doi.org/10.1108/02683940710733115>
- Bartneck C, Forlizzi J (2004) A design-centred framework for social human-robot interaction. In: 13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication Kurashiki, September 20–22, 2004 IEEE Operations Center, S 591–594 <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2004.1374827>
- Bendel O (2018) Pflegeroboter. Springer Gabler <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22698-5>
- Berretta S, Tausch A, Ontrup G, Gilles B, Peifer C, Kluge A (2023a) Defining human-AI teaming the human-centered way: a scoping review and network analysis. *Front Artif Intell* 6:Artikel 1250725. <https://doi.org/10.3389/frai.2023.1250725>
- Berretta S, Tausch A, Peifer C, Kluge A (2023b) The job perception inventory: considering human factors and needs in the design of human-AI work. *Front Psychol* 14:1128945. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1128945>
- Blom J, Monk A (2003) Theory of personalization of appearance: why users personalize their PCs and mobile phones. *Hum Computer Interact* 18(3):193–228. [https://doi.org/10.1207/S15327051HCI1803\\_1](https://doi.org/10.1207/S15327051HCI1803_1)
- Bloss R (2016) Collaborative robots are rapidly providing major improvements in productivity, safety, programming ease, portability and cost while addressing many new applications. *Ind Robot Int J* 43(5):463–468. <https://doi.org/10.1108/IR-05-2016-0148>
- Bovenshulte M, Peters R, Burmeister K (2021) Basisarbeit – Stützen der (Arbeits-)Gesellschaft. Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Berlin ([https://www.denkfabrik-bmas.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/Basisarbeit\\_Stuetzen\\_der\\_Arbeits\\_gesellschaft.pdf](https://www.denkfabrik-bmas.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/Basisarbeit_Stuetzen_der_Arbeits_gesellschaft.pdf))
- Bröhl C, Nelles J, Brandl C, Mertens A, Nitsch V (2019) Human-robot collaboration acceptance model: development and comparison for Germany, Japan, China and the USA. *Int J of Soc Robotics* 11(5):709–726. <https://doi.org/10.1007/s12369-019-00593-0>

- Calhoun G (2022) Adaptable (Not Adaptive) Automation: Forefront of Human-Automation Teaming. *Human Factors* 64(2):269–277. <https://doi.org/10.1177/00187208211037457>
- Casey-Campbell M, Martens ML (2009) Sticking it all together: a critical assessment of the group cohesion-performance literature. *Int J Management Reviews* 11(2):223–246. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2008.00239.x>
- Castro A, Silva F, Santos V (2021) Trends of human-robot collaboration in industry contexts: handover, learning, and metrics. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s21124113>
- Colgate JE, Wannasuphprasit W, Peshkin MA (1996) Cobots: robots for collaboration with human operators. In: 1996 ASME international mechanical engineering congress and exposition Symposium im Rahmen der Tagung von ASME, Atlanta
- Cooley M (2000) Human-centered design. In: Jacobson RE (Hrsg) Information design. MIT Press, S 59–81
- Cusano N (2022) Cobot and Sobot: for a new ontology of collaborative and social robots. *Foundations of Science* <https://doi.org/10.1007/s10699-022-09860-2> (Vorab-Onlinepublikation)
- Davenport TH, Kirby J (2016) Just how smart are smart machines? *MIT Sloan Manage Rev* 57(3):21–25
- Demerouti E, Bakker AB, Nachreiner F, Schaufeli WB (2001) The job demands-resources model of burnout. *Journal of Applied Psychology* 86(3):499–512. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.86.3.499>
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2010) DIN EN ISO 9241–110:2020–10, Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil\_110: Interaktionsprinzipien (ISO 9241-110:2020); Deutsche Fassung EN ISO 9241–110:2020. Beuth, Berlin
- Emery F (1993) Characteristics of socio-technical systems. In: Trist E, Murray H, Trist B (Hrsg) The social engagement of social science, Bd. 2. University of Pennsylvania Press, S 157–191 <https://doi.org/10.9783/9781512819052-009>
- Feil-Seifer D, Mataric MJ (2005) Defining socially Assistive robotics. In: IEEE 9th International Conference on Rehabilitation Robotics (Hrsg) IEEE 9th international conference on rehabilitation robotics. IEEE Operations Center, S 465–468 <https://doi.org/10.1109/icorr.2005.1501143>
- Galín R, Meshcheryakov R (2021) Collaborative robots: development of robotic perception system, safety issues, and integration of AI to imitate human behavior. In: Ronzhin A, Shishlakov V (Hrsg) Smart innovation, systems and technologie Proceedings of 15th International Conference on Electromechanics and Robotics “Zavalishin’s Readings”. Bd. 187. Springer, S 175–185 [https://doi.org/10.1007/978-981-15-5580-0\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5580-0_14)
- Goodrich MA, Schultz AC (2007) Human-robot interaction: a survey. *Found Trends Hum Comp Interact* 1(3):203–275. <https://doi.org/10.1561/1100000005>
- Görür OC, Rosman B, Sivrikaya F, Albayrak S (2023) FABRIC: A Framework for the Design and Evaluation of Collaborative Robots with Extended Human Adaptation. *Acm Trans Hum Robot Interact* 12(3):Artikel 38. <https://doi.org/10.1145/3585276>
- Groom V, Takayama L, Ochi P, Nass C (2009) I am my robot: The impact of robot-building and robot form on operators. In: Scheutz M, Michaud F, Hinds P, Scassellati B (Hrsg) Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction. ACM, S 31–36 <https://doi.org/10.1145/1514095.1514104>
- Grosz BJ (1996) Collaborative systems (AAAI-94 presidential address). *AI Mag* 17(2):67. <https://doi.org/10.1609/aimag.v17i2.1223>
- Hacker W (2005) Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Wissens-, Denk- und körperlicher Arbeit, 2. Aufl. Huber
- Hacker W, Richter P (1980) Psychologische Bewertung von Arbeitsgestaltungsmaßnahmen. Ziele und Bewertungsmaßstäbe. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften
- Hackman JR, Oldham GR (1973) Development of the job diagnostic survey. *J Appl Psychol* 60(2):159–170
- Hans M, Graf B (2004) Robotic home assistant care-o-bot II. In: Prassler E, Lawitzky G, Stopp A, Grunwald G, Hägele M, Dillmann R, Iossifidis I (Hrsg) Advances in human-robot interaction. Springer tracts in advanced robotics, Bd. 14. Springer, Berlin Heidelberg, S 371–384 [https://doi.org/10.1007/978-3-540-31509-4\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-540-31509-4_31)
- Häring M, Kuchenbrandt D, André E (2014) Would you like to play with me? In: Sagerer G (Hrsg) ACM Digital Library Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction. ACM, S 9–16 <https://doi.org/10.1145/2559636.2559673>
- Hegel F, Spexard T, Wrede B, Horstmann G, Vogt T (2005) Playing a different imitation game: interaction with an empathic android robot. In: 2006 6th IEEE-RAS international conference on humanoid robots Genova, 4–6 December 2006 IEEE Operations Center, S 56–61 <https://doi.org/10.1109/ICHR.2006.321363>
- Hegel F, Muhl C, Wrede B, Hielscher-Fastabend M, Sagerer G (2009) Understanding social robots. In: Dascalu S (Hrsg) Proceedings / the Second International Conference on Advances in Computer-Human Interactions ACHI 2009, Cancun, 1–7 February 2009 IEEE, S 169–174 <https://doi.org/10.1109/ACHI.2009.51>
- Huchler N (2015) Die ‘Rolle des Menschen’ in der Industrie 4.0 – Technikzentrierter vs. humanzentrierter Ansatz. *AIS Stud* 9(1):57–79. <https://doi.org/10.21241/SSOAR.64826>
- International Federation of Robotics (2022) World robotics 2022: market presentation. Frankfurt a. M. <https://ifr.org/free-downloads/>
- International Federation of Robotics (IFR) (2023) Standardization. <https://ifr.org/standardisation>
- International Standardization Organization (ISO) (2021) Robotics—Vocabulary (Norm ISO 8373:2021–11). Beuth Verlag, Berlin (<https://www.beuth.de/de/norm/iso-8373/348036781>)
- Kauffeld S (2001) Teamdiagnose. Hogrefe
- Kiesler S, Goetz J (2002) Mental models of robotic assistants. In: Terveen L (Hrsg) ACM Conferences, CHI ’02 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. ACM, S 576–577 <https://doi.org/10.1145/506443.506491>
- Klonek F, Parker SK (2021a) Designing SMART teamwork. *Organ Dyn* 50(1):100841. <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2021.100841>
- Klonek F, Parker SK (2021b) Designing SMART teamwork: How work design can boost performance in virtual teams. *Organ Dyn* 50(1):100841. <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2021.100841>
- Kuhn M, Pollmann K, Papadopoulos J (2020) I’m your partner—I’m your boss. In: Belpaeme T (Hrsg) ACM digital library, companion of the 2020 ACM/IEEE international conference on human-robot interaction. Association for Computing Machinery, S 322–324 <https://doi.org/10.1145/3371382.3378250>
- Lakhmani SG, Neubauer C, Krausman A, Fitzhugh SM, Berg SK, Wright JL, Rovira E, Blackman JJ, Schaefer KE (2022) Cohesion in human-autonomy teams: an approach for future research. *Theor Issues Ergon Sci* 23(6):687–724. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2022.2033876>
- Liebig F (2022) 5 gute Gründe, warum gerade KMUs Cobots nutzen sollten. *Unchained Robotics*. <https://unchainedrobotics.de/blog/5-gute-gruende-warum-gerade-kmus-cobots-nutzen-sollten>
- Lyons JB, Sycara K, Lewis M, Capiola A (2021) Human-autonomy teaming: definitions, debates, and directions. *Front Psychol* 12(Artikel 589585):1–15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.589585>
- Marge M, Espy-Wilson C, Ward NG, Alwan A, Artzi Y, Bansal M, Blankenship G, Chai J, Daumé H, Dey D, Harper M, Howard T, Kennington C, Kruijff-Korbayová I, Manocha D, Matuszek C, Mead R, Mooney R, Moore RK, Yu Z (2022) Spoken language interaction with robots: recommendations for future research. *Comput Speech Lang* 71:Artikel 101255. <https://doi.org/10.1016/j.csl.2021.101255>
- McNeese NJ, Flathmann C, O’Neill TA, Salas E (2023) Stepping out of the shadow of human-human teaming: crafting a unique identity

- for human-autonomy teams. *Comput Human Behav* 148:107874. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2023.107874>
- Mukherjee D, Gupta K, Chang LH, Najjaran H (2022) A survey of robot learning strategies for human-robot collaboration in industrial settings. *Robot Comput Integr Manuf* 73:102231. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2021.102231>
- Nahavandi S (2019) Industry 5.0—A human-centric solution. *Sustainability* 11(16):4371. <https://doi.org/10.3390/su11164371>
- Natarajan M, Seraj E, Altundas B, Paleja R, Ye S, Chen L, Jensen R, Chang KC, Gombolay M (2023) Human-robot teaming: grand challenges. *Curr Robotics Rep*. <https://doi.org/10.1007/s43154-023-00103-1>
- Nördinger S (2020) Mensch-Roboter-Kollaboration: Wo sich Cobots wirklich lohnen. *Produktion.de*. <https://www.produktion.de/technik/wo-sich-cobots-wirklich-lohnen-381.html>
- Norman DA (2013) The design of everyday things. Basic Books
- Norton MI, Mochon D, Ariely D (2011) The 'IKEA effect': when labor leads to love. *J Consum Psychol* 22(3):453–460. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1777100>
- Older MT, Waterson PE, Clegg CW (1997) A critical assessment of task allocation methods and their applicability. *Ergonomics* 40(2):151–171. <https://doi.org/10.1080/001401397188279>
- Onnasch L, Maier X, Jürgensohn T (2016) Mensch-Roboter-Interaktion – Eine Taxonomie für alle Anwendungsfälle (baua: Fokus). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund <https://doi.org/10.21934/baua:fokus20160630>
- Pacaux-Lemoine MP, Trentesaux D, Zambrano Rey G, Millot P (2017) Designing intelligent manufacturing systems through Human-Machine Cooperation principles: a human-centered approach. *Comput Ind Eng* 111:581–595. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.05.014>
- Pizzagalli SL, Kuts V, Otto T (2021) User-centered design for Human-Robot Collaboration systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1140(1):12011. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1140/1/012011>
- Rix J (2022) From Tools to Teammates: Conceptualizing Humans' Perception of Machines as Teammates with a Systematic Literature Review. In 55th Hawaii. International Conference on System Sciences (HICSS), Maui, Hawaii, USA
- Rossi S, Ferland F, Tapus A (2017) User profiling and behavioral adaptation for HRI: a survey. *Pattern Recognit Lett* 99:3–12. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2017.06.002>
- Savela N, Kaakinen M, Ellonen N, Oksanen A (2021) Sharing a work team with robots: the negative effect of robot co-workers on in-group identification with the work team. *Comput Human Behav* 115:106585. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106585>
- Stahmann P, Rodda A, Janiesch C (2023) The effect of advanced Analytics real-time dashboards on cognitive absorption and task load of human end users. In: European Conference on Information Systems (Vorsitz) Thirty-first European Conference on Information Systems (ECIS), Kristiansand
- Sun Y, Sundar SS (2016) Psychological importance of human agency: How self-assembly affects user experience of robots. In: Bartneck C, Nagai Y (Hrsg) HRI'16: The Eleventh ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction Christchurch, March 7–10, 2016 IEEE Press, S 189–196 <https://doi.org/10.1109/HRI.2016.7451751>
- Sung J, Grinter R, Christensen HI (2009in) "Pimp My Roomba": Designing for Personalization. In: CHI 2009—digital life, new world: Conference proceedings and extended abstracts 27th Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Boston, April 4–9, 2009 ACM Press,
- Tausch A, Kluge A (2023a) Dynamische Aufgabenallokation in der Fabrik der Zukunft: Der Mensch als Impulsgeber. *Z Wirtsch Fabrikbetr* 118(6):364–370. <https://doi.org/10.1515/zwf-2023-1073>
- Tausch A, Kluge A (2023b) Teaming mit Robotern – Was wir verändern müssen, um Basisarbeit mit Robotern nachhaltig menschengerecht zu gestalten. In *Menschengerechte Arbeitsgestaltung – Basisarbeit und neue Arbeitsformen*. GfA Press
- Tausch A, Kirchhoff BM, Adolph L (2020) Ein soziotechnisches Systemmodell der Servicerobotik im Pflegekontext. In: Buxbaum H-J (Hrsg) Mensch-Roboter-Kollaboration. Springer Gabler, S 241–255
- Tausch A, Peifer C, Kirchhoff BM, Kluge A (2022) Human-robot interaction: how worker influence in task allocation improves autonomy. *Ergonomics* 65(9):1230–1244. <https://doi.org/10.1080/00140139.2022.2025912>
- Vecchio RP, Appelbaum SH (1995) Managing organizational behaviour: a Canadian perspective. Dryden
- Wilkinson A, Gonzales M, Hoey P, Kontak D, Wang D, Torname N, Sinclair A, Han Z, Allspaw J, Platt R, Yanco H (2021) Design guidelines for human-robot interaction with assistive robot manipulation systems. *Paladyn J Behav Robotic* 12(1):392–401. <https://doi.org/10.1515/pjbr-2021-0023>
- Wischniewski S, Rosen PH, Kirchhoff BM (2019) Stand der Technik und zukünftige Entwicklungen der Mensch-Roboter-Interaktion. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Arbeit interdisziplinär. analysieren – bewerten – gestalten 65. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. GfA-Press, (<https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Aufsaeetze/artikel2423.html>)
- You S, Robert L (2017) Teaming up with robots: an IMOI (inputs-mediators-outputs-inputs) framework of human-robot teamwork. *Int J Robotic Eng*. <https://doi.org/10.35840/2631-5106/4103>

**Hinweis des Verlags** Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.