

## FORTGESCHRITTENE ROBOTIK UND AUTOMATISIERUNG: WAS SIND DIE DAMIT VERBUNDENEN RISIKEN UND CHANCEN FÜR DIE ARBEITSSICHERHEIT?

Das Aufkommen und die rasche Entwicklung neuer Technologien wie Robotersysteme, die eng mit Menschen interagieren können, hat zu einer Wiederbelebung der Debatte über das Automatisierungspotenzial von Arbeitsplätzen und Tätigkeiten sowie deren Auswirkungen auf die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Arbeit geführt. Die rasante Entwicklung und die neuen Formen der Interaktion zwischen Mensch und Technik schaffen parallel zu dieser technologischen Entwicklung neue Chancen und Herausforderungen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Arbeit. Die fortgeschrittene Robotik birgt das Potenzial für eine qualitative Veränderung der Chancen und Herausforderungen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Arbeit bzw. sogar für das Aufkommen völlig neuer Risiken und Vorteile. Durch einen Einblick in die etablierten Faktoren für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit in Bezug auf die Interaktion zwischen Mensch und Technik sowie die Einbeziehung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse mit Fokus auf Robotersysteme lassen sich Elemente erkennen, die besonders starken Einfluss auf die Risiken und Chancen haben, sowie Faktoren ausmachen, die speziell für fortgeschrittene Robotik und Cobots von Relevanz sind.

### Der Stand der fortgeschrittenen Robotik

Die Ausstattung von Robotern mit künstlicher Intelligenz oder intelligenten Algorithmen führt zur schnelleren Weiterentwicklung der Roboterautonomie und der Funktionalitäten der Roboter. Je weiter verbreitet die Integration von KI-basierter Software in Roboterhardware erfolgt, desto häufiger lassen sich zum Beispiel ausgeklügelte Bewegungsverhalten, insbesondere in unstrukturierten Umgebungen, oder eine natürliche Sprachverarbeitung beobachten. Allerdings weisen auch Robotersysteme, die nicht auf KI basieren, bereits eine Vielzahl von fortgeschrittenen Fähigkeiten auf und die genannten Fortschritte lassen sich auch bei ihnen beobachten. In der wissenschaftlichen Fachliteratur wird eine Reihe von verschiedenen fortschrittlichen Robotern behandelt, die mit dem Menschen interagieren können. Eine Einteilung kann je nach Verwendungszweck sowie nach bestimmten Merkmalen wie der Mobilität erfolgen. Für die Automatisierung von physischen Aufgaben werden **Industrieroboter** am häufigsten eingesetzt. Nach der Norm der Internationalen Organisation für Normung (ISO) (ISO 8373:2012) ist ein Industrieroboter ein "automatisch gesteuerter, frei programmierbarer Mehrzweck-Manipulator, der in drei oder mehr Achsen programmierbar ist", der entweder an einem festen Ort oder beweglich angeordnet sein kann. Diese Definition übernimmt auch die International Federation of Robotics (IFR). Zu den anderen Arten von Robotersystemen zählen etwa **Teleroboter**, die zum Beispiel bei der Fernwartung eingesetzt werden. Eine weitere erwähnenswerte Gruppe, die in der wissenschaftlichen Literatur behandelt wird, sind **Medizinroboter**. Unter Medizinrobotern für die Automatisierung körperlicher Aufgaben sind Systeme wie **Roboter-Rollatoren**<sup>1, 2</sup>, die in der Pflege älterer Menschen oder von Menschen mit Behinderungen eingesetzt werden, sowie die **robotergestützte Therapie** zur Rehabilitation der Gleichgewichtsfunktion nach einem Schlaganfall<sup>3</sup> zu verstehen. Medizinroboter, die zum Tragen und Heben von Patienten konzipiert sind und manchmal auch als **Pflegeroboter** bezeichnet werden, befinden sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium. Im Bereich der **Fertigung** führt die zunehmende Integration von KI-basierten Softwaretools in Roboterhardware zum Entstehen neuer Generationen von Robotersystemen. Neben deren Zweckbestimmung wurde auch der Grad der Mobilität zur Kategorisierung von Robotersystemen herangezogen. Die Integration von mobilen Robotern oder **autonomen Fahrzeugen (AV)** ist in einer Reihe von Arbeitsumgebungen zu beobachten. Vor allem im Bereich der **Logistik und der Lagerhaltung** werden die Roboter immer autonomer.

Die Form der Interaktion zwischen Menschen und Robotern wird in **Kollaboration, Kooperation und Koexistenz** unterteilt. Koexistenz beschreibt eine episodische Begegnung zwischen Menschen und Robotern, bei der die Interaktion zeitlich und räumlich begrenzt ist. Mensch und Roboter verfolgen mit ihrer Arbeit kein gemeinsames Ziel und ihre Handlungen stehen in keinem zeitlichen Zusammenhang. Ein Beispiel für die Koexistenz am

<sup>1</sup> Werner, C., Ullrich, P., Geravand, M., Peer, A., & Hauer, K. (2016). Evaluation studies of robotic rollators by the user perspective: A systematic review. („Studien zur Bewertung von Roboter-Rollatoren aus Benutzersicht: Eine systematische Übersicht“) *Gerontology* („Gerontologie“), 62(6), 644-653 <https://doi.org/10.1159/000444878>

<sup>2</sup> Werner, C., Ullrich, P., Geravand, M., Peer, A., Bauer, J. M., & Hauer, K. (2018). A systematic review of study results reported for the evaluation of robotic rollators from the perspective of users. („Eine systematische Übersicht über Studienergebnisse zur Bewertung von Roboter-Rollatoren aus der Sicht der Nutzer“) *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology* („Behinderung und Rehabilitation: Unterstützende Technologien“), 13(1), 31-39 <https://doi.org/10.1080/17483107.2016.1278470>

<sup>3</sup> Zheng, Q. X., Ge, L., Wang, C. C., Ma, Q. S., Liao, Y. T., Huang, P. P., & Rask, M. (2019). Robot-assisted therapy for balance function rehabilitation after stroke: A systematic review and meta-analysis. („Robotergestützte Therapie zur Rehabilitation der Gleichgewichtsfunktion nach einem Schlaganfall: Systematische Übersicht und Meta-Analyse.“) *International Journal of Nursing Studies*, 95, 7-18. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2019.03.015>

Arbeitsplatz ist ein Transportroboter, der sich in einem Lagerhaus an einer Aufsichtsperson vorbeibewegt. Kooperation und Kollaboration beschreiben engere Interaktionen zwischen Menschen und Robotern, bei denen sie ein gemeinsames Ziel verfolgen und die Aufgaben zeitlich aufeinander abgestimmt sind. In einer kooperativen Arbeitsumgebung arbeiten beide auf ein übergreifendes gemeinsames Ziel hin, aber es gibt eine klare Aufgabenteilung zwischen Mensch und Roboter. Jeder arbeitet an verschiedenen Teilaufgaben des Endergebnisses und die Zuordnung der Teilaufgaben wird im Voraus festgelegt. Die Kollaboration wird als die engste Form der Interaktion angesehen. Menschliche und robotergestützte Aktionen finden zur gleichen Zeit am gleichen Objekt statt. Leistet der Roboter etwa Unterstützung beim Heben von Patienten, ist eine kooperative Interaktionsform gegeben. Mensch und Roboter verfolgen ein gemeinsames Ziel und es ist eine sofortige Koordination erforderlich. Teilaufgaben werden laufend verteilt und gegebenenfalls der Situation angepasst.

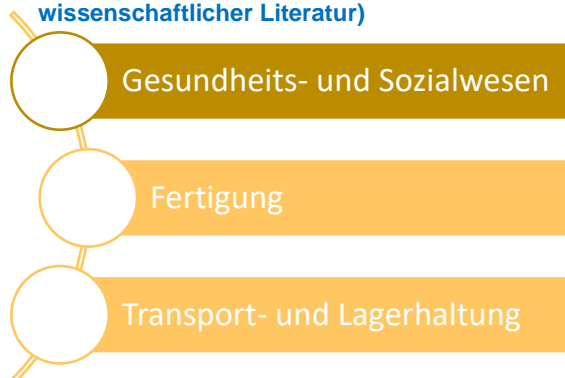
## Auswirkungen auf Aufgaben, Arbeitsplätze und Sektoren

Wie zu erwarten, sind die meisten physischen Aufgaben, die von der Automatisierung durch fortschrittliche Robotik betroffen sind, objektbezogen. Es gibt jedoch auch einige physische Aufgaben, die von einer Automatisierung betroffen und menschenbezogen sind. Ein Beispiel einer Aufgabe für die das der Fall ist und die in verschiedenen Bereichen (Medizin, Fertigung und Bauwesen) vorkommt, bei der jedoch verschiedene Arten von Robotersystemen zur Automatisierung oder Unterstützung herangezogen werden können, ist das Heben von Gegenständen oder Personen. Dieses Beispiel zeigt, wie ein und dieselbe Aufgabe in verschiedenen Sektoren und an den verschiedensten Arbeitsplätzen im Wandel begriffen ist. In der Regel werden eher **sich wiederholende Aufgaben und Routineaufgaben** automatisiert. Diese Aufgaben können programmiert und kodiert werden und es kann ein System aufgebaut werden, das mit Hilfe von KI-Techniken aus diesen Daten lernt. Daher übernehmen Roboter in der Regel eher körperliche Routinearbeiten und weniger komplexe Aufgaben. Es besteht die Gefahr, dass **Arbeitsplätze vernichtet werden**, insbesondere bei **gering qualifizierten** Arbeitsplätzen mit hohem Wiederholungsgrad und Routinecharakter. Im Gegensatz dazu ist festzustellen, dass **zahlreiche körperliche Routinearbeiten** bereits durch Mechanisierung automatisiert wurden und dass die Anzahl der Aufgaben, die noch automatisiert werden könnten, womöglich dementsprechend geringer ausfällt. Der Einsatz von kollaborierenden Robotern hat sogar das **Potenzial, mehr Arbeitsplätze zu schaffen**. Diese Systeme bergen das Potenzial, die Stärken von Menschen mit denen von Maschinen zu kombinieren. Die Zusammenarbeit von Menschen und Robotern kann die Produktivität steigern und somit dem Unternehmen zugutekommen, das wiederum mehr investieren und neue Arbeitsplätze schaffen kann. Gleichzeitig können diese Systeme jedoch die Arbeitsaufgaben von mehr als einem menschlichen Mitarbeiter gleichzeitig übernehmen. Folglich werden wir voraussichtlich einen Wandel hin zu einer Situation beobachten können, in der ein Mensch mehrere Robotersysteme steuert.

**Robotersysteme können sich positiv auf die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Arbeit auswirken, insbesondere bei Tätigkeiten, die schmutzig, stumpf und gefährlich sind.**

Die Analyse der automatisierten physischen Tätigkeiten in den verschiedenen Wirtschaftszweigen zeigt eine hohe Zahl automatisierter oder unterstützter Tätigkeiten im Bereich **Gesundheits- und Sozialwesen**. Die meisten dieser Tätigkeiten sind im **Krankenhausbereich** zu finden.

**Abbildung 1: Die drei Wirtschaftszweige, in denen die Automatisierung von physischen Tätigkeiten am häufigsten erfolgt (laut wissenschaftlicher Literatur)**



Zweitens ist der Bereich **Fertigung** stark betroffen. Innerhalb des verarbeitenden Gewerbes wird häufig die **Automobilindustrie** als wichtigster Wirtschaftszweig genannt. Allerdings ist der Bereich **Gesundheits- und Sozialwesen** in der wissenschaftlichen Literatur etwas stärker vertreten, was allerdings durch einen Publikationsbias zu erklären sein könnte. Die **Transport- und Lagerhaltungsbranche** findet in der wissenschaftlichen Literatur ebenfalls häufig Erwähnung und wird auch von den Experten genannt. In der wissenschaftlichen Literatur seltener erwähnt, aber von den Experten hervorgehoben werden die Wirtschaftszweige **Bauwesen** sowie **Landwirtschaft, Fortwirtschaft und Fischerei**. Roboteranwendungen sind besonders nützlich, um Arbeiter bei der Handhabung schwerer Lasten zu unterstützen oder zu ersetzen (z. B. durch automatisierte Kräne). Der Wirtschaftszweig der **Landwirtschaft, Fortwirtschaft und**

**Fischerei** ist in Bezug auf autonome Systeme recht weit entwickelt und die Innovation im Bereich dieser Technologien nimmt in diesem Wirtschaftszweig rasch zu.

## Dimensionen der Mensch-Roboter-Interaktion mit Relevanz für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Arbeit

Auf der Grundlage früherer Untersuchungen wurden vier verschiedene Dimensionen der Mensch-Roboter-Interaktion ermittelt, die mit unterschiedlichen Risiken und Chancen im Zusammenhang mit der Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Arbeit in Verbindung gebracht werden können: **Funktions- oder Aufgabenzuweisung, Aufgabengestaltung, Interaktionsgestaltung** sowie **Betrieb und Überwachung**. Diese Dimensionen sind nicht streng voneinander getrennt und weisen Abhängigkeiten untereinander auf.

### Funktionszuweisung und Aufgabengestaltung

Die Automatisierung ist als Kontinuum zu verstehen, in dem verschiedene Funktionen in unterschiedlichem Maße automatisiert werden können<sup>4</sup>. Die wachsenden Fähigkeiten der fortgeschrittenen Robotik ziehen eine Verlagerung von traditionellen Aufgabenzuweisungsprozessen zu dynamischeren Prozessen mit sich. Die Ad-hoc-Aufgabenverteilung in Echtzeit kann eine Reihe von psychologischen Aspekten beeinflussen: Z. B. **wahrgenommene Prozesskontrolle, mentale Anstrengung, wahrgenommene Fairness, Aufgabenidentität** und Akzeptanz der letztendlichen Verteilung, Arbeitsabläufe und Selbstwirksamkeit bzw. Zufriedenheit<sup>5</sup>. Eine flexible Ausführung von Tätigkeiten sowohl durch den Menschen als auch durch den Roboter erfordert einen sehr hohen Grad an technologischer Entwicklung. Die **Funktions- oder Aufgabenzuweisung** könnte sich in Zukunft dynamischer gestalten, da Robotersysteme flexible Einsatzmöglichkeiten bieten. Unter der Voraussetzung, dass die entsprechenden Technologien ausgereift sind und geeignete Anwendungsfälle bestehen, birgt nicht nur das Ergebnis der Funktionszuweisung, sondern auch der Zuweisungsprozess selbst Risiken und Chancen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Arbeit. Diese werden im Folgenden näher erörtert. Aus einem Zuweisungsprozess ergeben sich verbleibende Tätigkeiten (Arbeitsinhalt), die von Menschen übernommen werden müssen. Ein wesentliches Merkmal der Gestaltung von Tätigkeiten, welches selbst Risiken und Chancen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Arbeit mit sich bringen kann, hängt mit dem Umfang und der Qualität des Entscheidungsspielraums bzw. der **Kontrolle über die Arbeit**, die den Arbeitnehmer:innen eingeräumt wird, zusammen.

### Gestaltung der Interaktion

Aspekte des Roboterdesigns und des Interaktionsdesigns können sich auf das äußere Erscheinungsbild und die Ausführung des Robotersystems, das Verhalten und die Bewegung oder Interaktion der Robotik sowie Kommunikationsstile und -kanäle beziehen. Im Bereich des robotischen Bewegungsverhaltens werden Aspekte wie Schnelligkeit, Beschleunigung und Abbremsung, Bewegungsbahn und Annäherungs- oder Passierstrategien einbezogen. Die Kommunikation zwischen Menschen und fortgeschrittener Robotik kann in unterschiedlichem Umfang gestaltet werden. Es wurden Forschungsarbeiten durchgeführt, um die Auswirkungen verschiedener Kommunikationskanäle zu vergleichen, z. B. die Wirksamkeit der Kombination mehrerer Modalitäten wie Gesten und Sprache<sup>6</sup>. Andere Versuche konzentrieren sich auf spezifische verbale Interaktionsszenarien, zum Beispiel wenn Robotersysteme den menschlichen Interaktionspartner um Hilfe bitten<sup>7</sup>. Die verschiedenen Aspekte der Interaktionsgestaltung sind in unterschiedlichem Umfang mit Risiken und Chancen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit verknüpft. Die rote Linie, die sich durch die Forschungsarbeiten mit Bezug auf die Interaktionsgestaltung zieht, besteht darin, dass versucht wird, Eigenschaften und Merkmale zu ermitteln, die eine reibungslose und natürliche Interaktion ermöglichen. Das übergeordnete Ziel ist die Steigerung des **Wohlbefindens**, der **Akzeptanz**, des **Vertrauens**, der **positiven Emotionen** und einer **positiven Nutzererfahrung bzw. Erfahrung während des Arbeitsablaufs**<sup>8</sup>. Ebenso soll die Interaktion nicht zu einem problematischen Mehr an **Arbeitsbelastung, Reizbarkeit, Anspannung oder Störungen** führen. Die Interaktion

**Bei der Interaktion zwischen Mensch und Roboter müssen Verantwortung und Rechenschaftspflicht geklärt sein. Die Arbeitnehmer:innen müssen sich der Fähigkeiten und Grenzen eines Roboters bewusst sein.**

<sup>4</sup> Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. („Ein Modell für die Arten und Ebenen der menschlichen Interaktion mit Automatisierung.“) *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans* („IEEE Transaktionen über Systeme, Mensch und Kybernetik - Teil A: Systeme und Menschen“), 30(3), S. 286-297 <https://doi.org/10.1109/3468.844354>

<sup>5</sup> Tausch, A., Kluge, A., & Adolph, L. (2020). Psychological effects of the allocation process in human-robot interaction – A model for research on ad hoc task allocation. („Psychologische Effekte des Zuteilungsprozesses in der Mensch-Roboter-Interaktion - Ein Modell zur Erforschung der Ad-hoc-Aufgabenverteilung.“) *Frontiers in Psychology* („Grenzgebiete der Psychologie“), 11, 2267. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.564672>

<sup>6</sup> Berg, J., & Lu, S. (2020). Review of interfaces for industrial human-robot interaction. („Überprüfung von Schnittstellen für die industrielle Mensch-Roboter-Interaktion.“) *Aktuelle Berichte zur Robotik*, 1(2), S. 27-34 <https://doi.org/10.1007/s43154-020-00005-6>

<sup>7</sup> Backhaus, N., Rosen, P. H., Scheidig, A., Gross, H. M., & Wischniewski, S. (September 2018). Somebody help me, please?! Interaction design framework for needy mobile service robots. („Kann mir bitte jemand helfen?! Interaktionsdesignrahmen für bedürftige mobile Serviceroboter.“) *2018 IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)* („Workshop der IEEE 2018 über fortgeschrittene Robotik und ihre sozialen Auswirkungen (ARSO)“), S. 54-61. IEEE <https://doi.org/10.1109/ARSO.2018.8625721>

<sup>8</sup> Honig, S. S., & Oron-Gilad, T. (2018). Understanding and resolving failures in human-robot interaction: Literature review and model development. („Verstehen und Beheben von Fehlern in der Mensch-Roboter-Interaktion: Literaturübersicht und Modellentwicklung.“) *Frontiers in Psychology* („Grenzgebiete der Psychologie“), 9, S. 861. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00861>

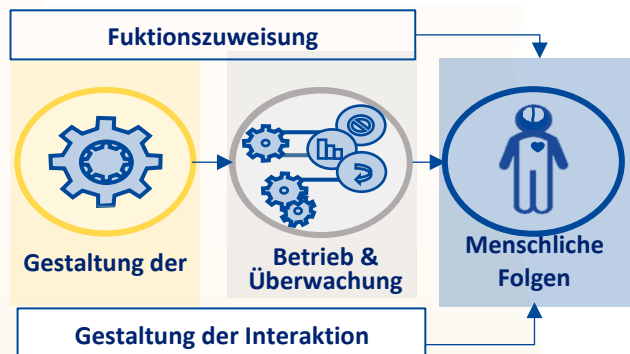
sollte vielmehr dazu beitragen, diese Aspekte zu reduzieren. Allerdings stehen die Aspekte der Robotikgestaltung nicht für sich allein, sondern müssen immer den betreffenden Kontext und die betreffende Arbeitsaufgabe betrachten. So unterscheiden sich beispielsweise die Anforderungen an die Interaktion zwischen einem Roboter im Gesundheitswesen und einem Industrieroboter.

### Betrieb und Überwachung

Die Dimension von Betrieb und Beaufsichtigung eines Systems kann als direkte Folge aus dem Prozess der Funktionszuweisung und der konkreten Gestaltung der Interaktion betrachtet werden<sup>9</sup>. Da Robotersysteme, die am Arbeitsplatz eng mit Menschen interagieren, relativ neu sind, sind die Beschäftigten im Hinblick auf die Interaktion mit ihnen notwendigerweise unerfahren und nicht an eine solche Interaktion gewöhnt. Mit wachsender Vertrautheit werden die Systeme als weniger neuartig empfunden, weil sich vorgefasste Meinungen über ihre Fähigkeiten und ihr Verhalten zu einem realistischeren Bild entwickeln<sup>10</sup>. Nomura et al.

fanden heraus, dass die negative Einstellung gegenüber Robotersystemen mit zunehmender Erfahrung in der Interaktion mit Robotern abnimmt. Außerdem wurde ein hohes Maß an **Roboterautonomie** mit einem geringeren **Verantwortungsgefühl** für die Tätigkeit in Verbindung gebracht<sup>11</sup>. Daher sind eine transparente Gestaltung und ein transparentes Verhalten des Roboters von entscheidender Bedeutung, um mögliche Risiken wie ein vermindertes Verantwortungsgefühl und ein vermindertes Gefühl der Rechenschaftspflicht gegenüber dem System zu vermeiden. Darüber hinaus kann es in Umgebungen, in denen Bediener nicht-automatisierte Aufgaben ausführen müssen, während sie gleichzeitig die Automatisierung überwachen, zu **nachlässigem Verhalten** kommen<sup>12</sup>. Daher ist es wichtig, das Ausmaß der mentalen Arbeitsbelastung zu erkennen, die die Bedienung und Überwachung eines Robotersystems verursachen kann und dies bei sämtlichen Überlegungen in Bezug auf die Einführung eines Multitaskings mit gleichzeitiger Überwachung und Bedienung von Systemen in einer Arbeitsumgebung zu berücksichtigen.

Abbildung 2: Dimensionen der Mensch-Roboter-Interaktion



## Verbesserungspotenziale für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit

Die Einführung fortschrittlicher Robotersysteme an einem Arbeitsplatz kann den Arbeitnehmer:innen eine Reihe von Möglichkeiten zur Verbesserung von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit eröffnen. Bei der **Funktions- oder Aufgabenverteilung** sind eine Reihe psychologischer Aspekte zu berücksichtigen, z. B. wahrgenommene Prozesskontrolle, mentale Anstrengung, wahrgenommene Fairness, Aufgabenidentität und Akzeptanz der letztendlichen Verteilung, Arbeitsabläufe und Selbstwirksamkeit bzw. Zufriedenheit<sup>13</sup>. Wenn die Aufgabenverteilung jedoch gut durchgeführt wird, kann sie die Systemleistung erhöhen, **Fehler reduzieren, die Arbeitsbelastung optimieren, die Motivation, die Zufriedenheit und das Wohlbefinden der Mitarbeiter:innen steigern**. Darüber hinaus

**Der Grundsatz „Der Mensch hat die Kontrolle“ ist eine wichtige Leitlinie bei der Gestaltung der Mensch-Roboter-Interaktion, um zu verhindern, dass die Mitarbeiter:innen die Kontrolle über ihre Arbeit verlieren.**

<sup>9</sup> Robelski, S. und Wischniewski, S. (2018). Human-machine interaction and health at work: a scoping review („Mensch-Maschine-Interaktion und Gesundheit bei der Arbeit: eine Übersichtsarbeit“). *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, 5(2), 93-110. doi:<https://doi.org/10.1504/IJHFE.2018.092226>

<sup>10</sup> Sanders, T., Kaplan, A., Koch, R., Schwartz, M. und Hancock, P. A. (2019). The relationship between trust and use choice in human-robot interaction. („Die Beziehung zwischen Vertrauen und Nutzungswahl in der Mensch-Roboter-Interaktion.“) *Human Factors*, 61(4), 614-626. doi:<https://doi.org/10.1177/0018720818816838>

<sup>11</sup> Nomura, T., Suzuki, T., Kanda, T., Yamada, S. und Kato, K. (2011). Attitudes toward robots and factors influencing them. („Einstellungen zu Robotern und Faktoren, die sie beeinflussen.“) In K. Dautenhahn und J. Saunders (Hg.), *New frontiers in human-robot interaction* („Neue Grenzen der Mensch-Roboter-Interaktion“), S. 73-88). John Benjamins Publishing <https://doi.org/10.1075/ais.2.06nom>

<sup>12</sup> Parasuraman, R. und Manzey, D. H. (2010). Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration. („Nachlässigkeit und Voreingenommenheit bei der menschlichen Nutzung der Automatisierung: Eine aufmerksame Integration“) *Human Factors*, 52(3), 381-410. doi:<https://doi.org/10.1177/0018720810376055>

<sup>13</sup> Tausch, A., Kluge, A., & Adolph, L. (2020). Psychological effects of the allocation process in human-robot interaction – A model for research on ad hoc task allocation. („Psychologische Effekte des Zuteilungsprozesses in der Mensch-Roboter-Interaktion - Ein Modell zur Erforschung der Ad-hoc-Aufgabenverteilung.“) *Frontiers in Psychology* („Grenzgebiete der Psychologie“), 11, S. 2267. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.564672>

nehmen das Niveau an **Vertrauen** und **Akzeptanz** in diesem Fall voraussichtlich zu, da die Einstellung der Mitarbeiter:innen gegenüber einem System durch den Kontakt mit diesem geprägt wird<sup>14</sup>.

Das Konzept der **Kontrolle über die eigene Arbeit**, das die Dimension des Entscheidungsspielraums, der Arbeitszeitgestaltung und der Kontrolle über die Abläufe an sich beinhaltet, hat in der Arbeitspsychologie eine lange Geschichte. Die positiven Auswirkungen, die die Kontrolle über die eigene Arbeit auf Wohlbefinden, Motivation, Zufriedenheit und psychische Gesundheit der Arbeitnehmer:innen haben kann, insbesondere durch den Ausgleich hoher beruflicher Anforderungen, sind in der wissenschaftlichen Literatur hinreichend beschrieben<sup>15,16,17</sup>. Die Möglichkeit für Arbeitnehmer:innen, bestimmte Tätigkeiten mit einem flexiblen Robotersystem auszuführen, bietet die Chance, für **mehr Kontrolle über die eigene Arbeit** zu sorgen. Hierfür müssen bestimmte Gestaltungsempfehlungen jedoch befolgt werden<sup>18</sup>. Der Grundsatz, dass der Mensch die Kontrolle behalten muss, sollte eine vorrangige Leitlinie für die Gestaltung darstellen. Eine ausreichende Systemtransparenz oder sogar die Ermöglichung individualisierter Interaktionsstrategien können eine nahtlose Interaktion gewährleisten.

Abgesehen von den psychologischen Möglichkeiten kann die fortschrittliche Robotik auch positive Auswirkungen auf das **körperliche Wohlbefinden und die Sicherheit** der Arbeitnehmer:innen haben. Der Einsatz solcher Systeme in gefährlichen Arbeitsumgebungen stellt eindeutig eine Chance dar. Robotersysteme bieten zum einen die Möglichkeit, dass Menschen überhaupt nicht mehr unter diesen ungünstigen Bedingungen arbeiten müssen. Zum anderen können Robotersysteme insbesondere bei Montage- und Hebetätigkeiten die **körperliche Gesundheit** im Hinblick auf Muskel- und Skeletterkrankungen verbessern. Neben diesen Faktoren ergibt sich eine weitere greifbare Chance für die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit aus der Tatsache, dass sich durch den Einsatz dieser Systeme die körperliche Belastung oder ungünstige Arbeitsbedingungen verringern lassen<sup>19</sup>.

## Risiken im Bereich Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit

Zu den mit der Funktionszuweisung verbundenen Risiken zählen eine Reihe von Auswirkungen auf den Menschen, wie **Complacency-Wirkungen, Decision Bias (verzerrte Entscheidungsfindung), verringertes Lagebewusstsein, Unausgewogenheit der psychischen Arbeitsbelastung, Misstrauen und übermäßiges Vertrauen**. Im Hinblick auf die **Gestaltung der Tätigkeit** ist infolge des Prozesses der Funktionszuweisung insbesondere die Gefahr **eines geringen Grads der Kontrolle über die eigene Arbeit** hervorzuheben und damit einhergehend, ein weitgehendes **Gefühl von Kontrollverlust, eine geringe Selbstwirksamkeit, geringe Zufriedenheit und Motivation** sowie ein **beeinträchtigt Wohlbefinden**. Ein hohes Maß an **Roboterautonomie** ist ebenfalls verbunden mit **dem Gefühl weniger Kontrolle** zu haben und in geringerem Maß für die Tätigkeit **verantwortlich** zu sein. Eine **enge Kopplung** der Arbeitnehmer:innen und der Aufgabe des Roboters birgt zudem das Risiko einer erhöhten **Stressbelastung**.

Außerdem drohen nachteilige Auswirkungen, wenn Gestaltungsgrundsätze nicht eingehalten werden. Insbesondere die Forderung nach einer transparenten Gestaltung und einem transparenten Verhalten der Roboter ist von wesentlicher Bedeutung, um mögliche Risiken zu verhindern, wie ein **weniger ausgeprägtes Gefühl, verantwortlich und rechenschaftspflichtig zu sein, übermäßiges oder nicht ausreichendes Vertrauen** sowie ein **Gefühl der Entfremdung** oder des **Kontrollverlusts**.

Die (Halb-)Automatisierung von Tätigkeiten, die bisher von Menschen ausgeführt wurden, könnte letztendlich zur Entstehung neuer Teamstrukturen führen. Ein mögliches Risiko könnte eine **Abnahme der wahrgenommenen sozialen Unterstützung** sein, da die Interaktion mit den menschlichen Teammitgliedern zurückgehen könnte. Dieses Phänomen ist jedoch in der wissenschaftlichen Literatur noch nicht hinreichend behandelt worden.

<sup>14</sup> Hancock, P. A., Billings, D. R., Schaefer, K. E., Chen, J. Y., de Visser, E. J. and Parasuraman, R. (2011). A meta-analysis of factors affecting trust in human-robot interaction. („Eine Meta-Analyse der Einflussfaktoren in Bezug auf das Vertrauen in die Mensch-Roboter-Interaktion.“) *Human Factors* („Menschliche Faktoren“), 53(5), S. 517-527. <https://doi.org/10.1177/0018720811417254>

<sup>15</sup> Karasek, R. A. (1979). Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job design. („Arbeitsanforderungen, Entscheidungsspielraum und psychische Belastung: Implikationen für die Gestaltung von Arbeitsplätzen.“) *Administrative Science Quarterly*, 24, S. 285-308 <https://doi.org/10.2307/2392498>

<sup>16</sup> Karasek, R. A. (1998). Demand/control model: A social, emotional, and physiological approach to stress risk and active behaviour development. („Nachfrage-/Kontrollmodell: Ein sozialer, emotionaler und physiologischer Ansatz zum Stressrisiko und zur Entwicklung aktiven Verhaltens“) In J. M. Stellman (Hg.), *Encyclopaedia of occupational health and safety* („Enzyklopädie der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Arbeit“), S. 34.06-34.14. Internationale Arbeitsorganisation (ILO).

<sup>17</sup> Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2007). The job demands-resources model: State of the art. („Das Arbeitsanforderungs-/Ressourcen-Modell: Stand der Technik“) *Journal of Managerial Psychology*, 22, S. 309-328. <https://doi.org/10.1108/02683940710733115>

<sup>18</sup> Rosen, P. H., & Wischniewski, S. (2017, Juli). Task design in human-robot-interaction scenarios – Challenges from a human factors perspective. („Aufgabengestaltung in Mensch-Roboter-Interaktionsszenarien – Herausforderungen aus der Perspektive der menschlichen Faktoren“) *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* („Internationale Konferenz für angewandte menschliche Faktoren und Ergonomie“) S. 71-82. Springer, Cham.

<sup>19</sup> Sen, A., Sanjog, J., & Karmakar, S. (2020). A comprehensive review of work-related musculoskeletal disorders in the mining sector and scope for ergonomics design interventions. („Eine umfassende Übersicht arbeitsbedingter Muskel-Skelett-Erkrankungen im Bergbau und der Möglichkeiten für ergonomische Maßnahmen“) *IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, („IIE Transaktionen zu Ergonomie und menschlichen Faktoren am Arbeitsplatz“) 8 (3), S. 113-131. doi: <https://doi.org/10.1080/24725838.2020.1843564>

Der Einsatz von Robotersystemen birgt die Gefahr, dass **das Gefühl, die Kontrolle über die eigene Arbeit zu haben, noch weiter abnimmt**. Die Arbeitnehmer:innen könnten das Gefühl haben, dass sie die **Arbeit des Roboters lediglich unterstützen**. Eine geringe Kontrolle und Abhängigkeit von den Robotersystemen wird in der wissenschaftlichen Literatur auch als technologische Kopplung bezeichnet<sup>20</sup>. Eine enge und unflexible Kopplung von menschlichen Aufgaben an die Roboterleistung könnte dazu führen, dass **die Flexibilität der Aufgabenerfüllung abnimmt** und die **maschinenbestimmte Arbeitsrate** erhöht wird. Beide Aspekte können mit einer Reihe negativer psychosozialer Auswirkungen wie **emotionaler Erschöpfung, Nervosität oder Reizbarkeit** verbunden sein, sowie mit einer **allgemeinen Verschlechterung der psychischen Gesundheit** und einer **geringeren intrinsischen Arbeitszufriedenheit**<sup>19</sup>. Dies kann dazu führen, dass das **Gefühl entsteht, lediglich die Arbeit des Roboters zu unterstützen** und **der subjektive Wert** der eigenen Arbeit in der eigenen Wahrnehmung **sinkt**. Wenn jedoch die Grenzen von Tätigkeit und System nicht klar sind, besteht die Gefahr, dass die Kontrolle über die eigene Arbeit oder der Entscheidungsspielraum zu umfangreich werden, was wiederum zu einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens führen oder Stress hervorrufen kann.

Eng verbunden mit der technologischen Kopplung ist das potenzielle Risiko der **Arbeitsintensivierung** durch die Einführung fortschrittlicher Robotertechnik, wenn die Zeit der menschlichen Ressourcen für die Erledigung der Tätigkeiten im neuen Arbeitssystem zu knapp bemessen ist. Außerdem besteht die Gefahr, dass es zu **Dequalifizierungseffekten** kommt. Da Robotersysteme einen Teil der Arbeit übernehmen, erledigen die Arbeiter:innen nicht mehr alle Aufgaben und laufen somit Gefahr, das Verständnis für den Prozess insgesamt zu verlieren. Die **Verringerung der Qualifikationsvielfalt** wird auch im Zusammenhang mit der potenziellen Polarisierung der Arbeitsplätze thematisiert<sup>21</sup>. Vereinfacht ausgedrückt besagt sie, dass bei Arbeitsplätzen, die ein geringes Qualifikationsniveau erfordern, die Automatisierung komplexer Routinetätigkeiten dazu führt, dass sich die Arbeit auf noch einfachere Tätigkeiten konzentriert, statt den Menschen in die Lage zu versetzen, Tätigkeiten auszuführen, die ein höheres Qualifikationsniveau erfordern.

Ein verbreitetes Phänomen im Zusammenhang mit der Automatisierung von Tätigkeiten ist Automation Complacency. Diese manifestiert sich in geringerem Ausmaß, wenn die Zuverlässigkeit der Automatisierung nicht konstant bleibt, sondern schwankt. Eine uneinheitliche Systemleistung kann **sich jedoch negativ auf das Vertrauen** in das Robotersystem **auswirken**. Ein zweites gut erforschtes und in der wissenschaftlichen Literatur hinreichend dokumentiertes Phänomen im Zusammenhang mit Automatisierung ist das **Risiko von Automatisierungsfehlern**. Damit sind zwei Arten von Fehlern verbunden: „omission- und commission-Fehler“ („Unterlassungs- und Aktionsfehler“). Unterlassungsfehler treten auf, wenn der Benutzer in einer kritischen Situation nicht auf einen Warnhinweis reagiert<sup>22</sup>. Aktionsfehler beziehen sich auf spezifische Empfehlungen des Automatisierungssystems und bestehen darin, dass Empfehlungen des Systems befolgt werden, obwohl diese falsch sind. Um diese Art von Risiko zu vermeiden, müssen die Arbeitnehmer:innen ein angemessenes Maß an Vertrauen in das Robotersystem aufbringen – weder zu viel, noch zu wenig. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Arbeitnehmer:innen die Fähigkeiten des Robotersystems genau kennen.

**Eine unzureichende Aufgabenzuweisung und -gestaltung kann in erster Linie mit psychosozialen Risiken wie vermindertem Wohlbefinden, emotionaler Erschöpfung, Nervosität oder Reizbarkeit einhergehen. Mechanische Ausfälle von Robotern können körperliche Schäden verursachen.**

Ein weiterer Risikofaktor sind **Fehler und mechanische Ausfälle**. Unvorhergesehene Bewegungen können zu körperlichen Schäden beim Bediener führen. Daher ist eine Begrenzung der Kontaktkraft in Erwägung zu ziehen. Diese Art von Steuerfehlern kann sowohl bei der Gestaltung der Roboter als auch bei deren Betrieb auftreten. Sie sind häufig auf eine Fehlfunktion der Software zurückzuführen, können jedoch auch durch menschliches Versagen verursacht werden. Um mechanische Fehler zu vermeiden, müssen eine ordnungsgemäße elektrische Installation und Wartung sowie eine angemessene Schulung des Bedienpersonals gewährleistet sein, damit Fehlfunktionen vermieden und gegebenenfalls deeskaliert werden können.

Die **Angst vor dem Verlust des Arbeitsplatzes** stellt ein Risiko dar, dass insbesondere dann ausgelöst zu werden droht, wenn die Arbeitnehmer:innen keine Erfahrung mit Robotersystemen haben und diese Angst bei der Einführung in die entsprechenden Prozesse nicht berücksichtigt wird. Um dieses Risiko zu mindern, kann es hilfreich sein, die Arbeitnehmer:innen bei der Einführung des Systems am Arbeitsplatz frühzeitig einzubeziehen. Einige Arbeitnehmer:innen werden diese Systeme nicht als potenziell nützliche Technologie, sondern als Risiko für ihren Arbeitsplatz wahrnehmen, was zu Ängsten vor Arbeitslosigkeit und finanzieller Unsicherheit führen

<sup>20</sup> Corbett, J. M. (1987). A psychological study of advanced manufacturing technology: The concept of coupling. („Eine psychologische Studie über fortschrittliche Fertigungstechnologie: Das Konzept der Kopplung.) *Behaviour & Information Technology*, („Verhalten und Informationstechnologie“) 6(4), S. 441-453 <https://psycnet.apa.org/doi/10.1080/01449298708901855>

<sup>21</sup> Hirsch-Kreinsen, H. (2016). Digitization of industrial work: development paths and prospects. („Digitalisierung der Industriearbeit: Entwicklungswege und Perspektiven.“) *Journal for Labour Market Research*, 49(1), S. 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12651-016-0200-6>

kann<sup>22</sup>. Reichert und Tauchmann untersuchten den Grad der psychischen Belastung bei Arbeitnehmer:innen in unsicheren Beschäftigungsverhältnissen und stellten fest, dass deren **psychische Gesundheit schlechter**<sup>23</sup> ist. Weiterhin leiden Arbeitnehmer:innen mit psychischen Vorerkrankungen besonders unter den Auswirkungen von unsicheren Beschäftigungsverhältnissen. Arbeitnehmer:innen in höheren Positionen haben weniger Angst vor Robotern am Arbeitsplatz als Arbeiter:innen und Menschen mit geringerer beruflicher Qualifikation<sup>24</sup>. Kozak et al. betonen, dass weitere Maßnahmen zur Kompetenzentwicklung der Arbeitskräfte umgesetzt werden müssen, um sowohl dem tatsächlichen Verlust von Arbeitsplätzen als auch der subjektiven Angst davor entgegenzuwirken. Die Ausstattung der Arbeitnehmer:innen mit neuen Qualifikationen könnte ihnen gleichzeitig die Anpassung an die Anforderungen des neuen Arbeitsumfelds in einer digitalen Wirtschaft erleichtern und ihnen ein subjektives Gefühl der Sicherheit vermitteln<sup>25</sup>.

## Empfehlungen

Bei der Einführung fortschrittlicher Robotik am Arbeitsplatz müssen sowohl die potenziellen Risiken als auch die Chancen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit umfassend berücksichtigt werden.

Die meisten potenziellen Risiken und Chancen für die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit in der Mensch-Roboter-Interaktion ergeben sich in folgenden Bereichen: **Funktionszuweisung** und **Aufgabengestaltung**, **Interaktionsgestaltung** sowie **Betrieb und Überwachung**. Diese Bereiche sind in unterschiedlichem Maße zu berücksichtigen und richten sich an etwas verschiedene Interessengruppen. Wird ein bestehendes System durch den Einsatz eines spezifischen Robotersystems ergänzt, müssen sämtliche genannten Bereiche berücksichtigt werden. Daher ist es notwendig, den Austausch und die Einbeziehung der Erkenntnisse der relevanten Interessenvertreter:innen wie Konstrukteur:innen, Systemintegrator:innen, dem Betriebsrat und den Mitarbeiter:innen zu fördern und zu ermöglichen.

Ein Faktor für die erfolgreiche Einführung von Robotersystemen ist die **Einbeziehung** der Arbeitnehmer:innen. Dies ist aus verschiedenen Gründen essenziell. Die Einbeziehung der Arbeitnehmer:innen kann die Angst vor Arbeitsplatzverlust verringern und die Akzeptanz des Systems weiter erhöhen. Darüber hinaus sollte die Durchführung von Maßnahmen zur **Kompetenzentwicklung** der Arbeitskräfte in Betracht gezogen werden, um sowohl dem tatsächlichen Arbeitsplatzverlust als auch der subjektiven Angst davor entgegenzuwirken.

Indem im Zuge der Automatisierung der Fokus auf die Weiter- oder Umschulung von Arbeitnehmer:innen gelegt wird, kann auch dem Gefühl entgegengewirkt werden, dass Arbeitnehmer:innen die Arbeit des Roboters lediglich unterstützt.

Bestehende Grundsätze der Gestaltung der Interaktion und der Tätigkeiten sowie der Zuweisung von Verantwortung und Rechenschaftspflicht sollten bei der Schaffung neuer Arbeitssysteme unbedingt berücksichtigt werden. Es sollte vermieden werden, dass das Arbeitstempo vom Robotersystem vorgegeben wird oder keine Unterbrechungsmöglichkeiten gegeben sind. Der **Grundsatz, dass der Mensch die Kontrolle behalten muss**, sollte auf verschiedenen Ebenen – von der individuellen Interaktion mit dem System bis hin zu den relevanten Interessengruppen – eine vorrangige Leitlinie für die Gestaltung darstellen. Darüber hinaus spielt der **Grundsatz der Transparenz** eine wichtige Rolle. Handlungen und Entscheidungen sowie die Fähigkeiten und Grenzen dessen, was fortschrittliche Roboter leisten können, müssen für den Menschen transparent und erklärbar sein. Auch dies gilt sowohl für die direkte, individuelle Interaktion als auch für weitere Ebenen, wie etwa die allgemeine organisatorische Transparenz in Bezug auf das Robotersystem.

<sup>22</sup> McClure, P. K. (2018). "You're fired," says the robot: The rise of automation in the workplace, technophobes, and fears of unemployment. („Sie sind gefeuert“, sagt der Roboter: Die zunehmende Automatisierung am Arbeitsplatz, Technophobie und die Angst vor Arbeitslosigkeit.) *Social Science Computer Review*, 36(2), S. 139-156. <https://doi.org/10.1177/0894439317698637>

<sup>23</sup> Reichert, A. R., & Tauchmann, H. (2011). *The causal impact of fear of unemployment on psychological health* („Die kausalen Auswirkungen der Angst vor Arbeitslosigkeit auf die psychische Gesundheit“), Nr. 266. In T. K. Bauer (Hg.), *Ruhr Economic Papers*. <http://hdl.handle.net/10419/61355>

<sup>24</sup> Dekker, F., Salomons, A., & Waal, J. V. D. (2017). Fear of robots at work: the role of economic self-interest. („Angst vor Robotern am Arbeitsplatz: die Rolle des wirtschaftlichen Eigeninteresses.“) *Socio-Economic Review*, 15(3), S. 539-562. <https://doi.org/10.1093/ser/mwx005>

<sup>25</sup> Kozak, M., Kozak, S., Kozakova, A., & Martinak, D. (2020). Is fear of robots stealing jobs haunting European workers? A multilevel study of automation insecurity in the EU. („Verfolgt die Angst vor Robotern, die Arbeitsplätze stehlen, die europäischen Arbeitnehmer? Eine mehrstufige Studie zur Unsicherheit bei der Automatisierung in der EU“) *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), S: 17493-17498. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2160>

Verfasser: Patricia Helen Rosen, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA); Eva Heinold, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA); Elena Fries-Tersch, Milieu Consulting SRL, Dr. Sascha Wischniewski, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA).

Projektmanagement: Ioannis Anyfantis, Annick Starren, Emmanuelle Brun (EU-OSHA).

Dieses Kurzdossier wurde von der Europäischen Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA) in Auftrag gegeben; sein Inhalt, einschließlich der darin zum Ausdruck gebrachten Meinungen und/oder Schlussfolgerungen, ist allein die Meinung der Autoren und spiegelt nicht unbedingt die Ansichten der EU-OSHA wider.

Weder der Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA) noch Personen, die in EU-OSHA Namen handeln, sind für die Verwendung der nachstehenden Informationen verantwortlich.

© Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, 2023

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.

Für die Benutzung oder den Nachdruck von Fotos, die nicht dem Copyright der Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, unterstellt sind, muss eine Genehmigung direkt bei dem (den) Inhaber(n) des Copyrights eingeholt werden.