

Trendkategorie: Digitalisierung

Vernetzte Automatisierung und Robotisierung

Automatisierung bezeichnet den Einsatz von Informationstechnologien, Steuerungssystemen wie Computern und Robotern zur Steuerung von Maschinen und Prozessen. Sie dient dazu, manuelle Arbeit zu reduzieren sowie Effizienz, Geschwindigkeit, Qualität und Leistung zu steigern¹ und bildet die Grundlage von Industrie 4.0².



Industrie 4.0 bezeichnet alle Technologien und Maßnahmen zur umfassenden Digitalisierung und intelligenten Vernetzung der industriellen Produktion („digitale Transformation“). Die oft synonym verwendete Bezeichnung Industrie X.0 soll die Schnelligkeit der technologischen Entwicklungen betonen und verhindern, dass der Begriff schnell veraltet³. Die enge Vernetzung von Mensch, Maschine und Produkt betrifft die gesamte Wertschöpfungskette und erfordert eine fundamentale Umstrukturierung – besonders von Produktion, Logistik und Verkehr³ – und verstärkte Bemühungen um die Cybersicherheit.

Daten sind die wichtigste Ressource von Industrie 4.0. Diese zu erschließen, zu analysieren und zu nutzen, ist die Aufgabe von Big Data. Auch Cloud Computing ist eine Basistechnologie für Industrie 4.0. Man versteht darunter die bedarfsgerechte Nutzung virtueller Rechen- und Speicherkapazität über das Internet oder ein unternehmensinternes Netzwerk. Cloud Computing beinhaltet auch den Vertrieb von Anwendungssoftware als Dienstleistung⁴.

Das Internet bildet eine zentrale Technologie für Industrie 4.0 und ermöglicht eine Vernetzung über Unternehmens- oder Ländergrenzen hinweg⁵. Die Weiterentwicklung zum Internet of Things (IoT) ist gleichzeitig Teil der Industrie 4.0 und ihr Antrieb⁶. Im IoT werden nahezu beliebige Objekte mit umfassender Rechenleistung ausgestattet, per Software gesteuert und über das Internet mit der Außenwelt und untereinander vernetzt⁷. Die technische Grundlage des IoT bilden cyberphysische Systeme (CPS). Dabei handelt es sich um Sensoren und Aktoren, die physische Messdaten liefern und an eine Dateninfrastruktur übermitteln⁴. Das IoT beeinflusst nicht nur die industrielle Produktion (Industrial Internet of Things, IIoT oder Smart Factory), sondern auch den persönlichen Bereich (Smart Home) und den gesellschaftlichen Sektor (Smart City)⁶.

Während Maschinen beim IoT ausschließlich über das Internet miteinander verbunden sind, handelt es sich bei der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M-Kommunikation) eher um ein geschlossenes System, mit einer festen Punkt-zu-Punkt-Verdrahtung. Die Kommunikation wird durch Sensoren gewährleistet, die über Kabel, WLAN oder Mobilfunk an ein Netzwerk angeschlossen sind⁴. Zum überwiegend automatisierten Informationsaustausch bei der M2M-Kommunikation gehören u. a. die Fernüberwachung, Fernkontrolle und Fernwartung von Maschinen, Anlagen und Systemen; eine begrenzte menschliche Beteiligung ist möglich⁸. Die Zukunft der M2M-Kommunikation verspricht eine immer tiefere Vernetzung von Geräten und Systemen, da mit der Entwicklung neuer Mobilfunkstandards (5G/6G) die Echtzeitkommunikation schneller und verlässlicher wird⁹.

Intelligente (Prozess-)Automatisierung, auch Hyperautomatisierung genannt, kombiniert (generative) künstliche Intelligenz (KI), maschinelles Lernen und Robotic Process Automation (RPA) durch Softwareroboter (Bots), um repetitive Aufgaben zu automatisieren und komplexe Geschäftsprozesse so zu transformieren, dass sie ohne menschliches Eingreifen ablaufen. Sie umfasst den gesamten Automatisierungsprozess – Erkennung, Automatisierung, Optimierung – und verbindet Menschen, Systeme und Daten^{10; 11}. Bei der selbstorganisierenden Produktion fungieren Produktionssysteme als Software-Agenten für eine erhöhte Flexibilität und Robustheit. Dafür sind einzelne Komponenten von Maschinen mit Sensoren ausgestattet, die Impulse vom Werkstück empfangen. So lassen sich vertauschbare Arbeitsschritte optimieren und die Bearbeitung wird effizienter. Technische Störungen erkennt das System selbständig und leitet die Aufträge um^{12; 13}.

Roboter sind das Symbol und das wichtigste Werkzeug der Automatisierung. Man unterscheidet Industrieroboter und Serviceroboter. Die in Industrie 4.0 geforderte hochflexible Produktion stark individualisierter Produkte basiert auf dem Einsatz von Industrierobotern¹⁴. Deutschland hat 2023 bei Industrierobotern einen neuen Rekord erreicht und ist damit im europäischen Robotik-Markt führend¹⁵. Bei diesen Robotern handelt es sich um programmierbare Maschinen, die aufgrund ihrer flexiblen Bewegungen verschiedene Aufgaben in einer Vielzahl von Umgebungen ausführen können¹⁶. Industrieroboter müssen mit Schutzeinrichtungen umgeben sein, die den Zutritt von Personen zum Gefahrenraum verhindern. In Industrie 4.0 spielen kollaborierende Roboter (Cobots) eine Schlüsselrolle, denn sie können intelligent auf ihr Umfeld reagieren. Trotzdem ist ihr Einsatz mit Risiken behaftet und erfordert hohe Sicherheitsstandards. Sie stellen das Bindeglied zwischen rein manuellen Arbeitsplätzen und einer Vollautomation dar und unterstützen die Beschäftigten unmittelbar in einem weitestgehend schutzzaunlosen Betrieb, besonders bei unergonomischen Tätigkeiten¹⁷.

Nichtindustrielle Roboteranwendungen wie Service- und Assistenzroboter stellen eine besondere technische Herausforderung dar, da sie in einem sich kontinuierlich wandelnden Umfeld operieren – und meist direkt mit Menschen interagieren. Im Gegensatz zu industriellen Anwendungen können hier auch ältere Menschen und Kinder involviert sein, was neue erweiterte Herausforderungen mit sich bringt. Zu den Service- und Assistenzrobotern zählen Haushaltsroboter, Reinigungsroboter im öffentlichen Raum, Serviceroboter im Einzelhandel, Hotel- und Gastgewerbe, Pflegeroboter sowie Roboter zur sozialen Interaktion, Unterhaltung und Bildung. Der Entwicklungsstand ist sehr heterogen; einige Roboter sind bereits weit genug fortgeschritten, um im Alltag Anwendung zu finden¹⁸.

Auch auf dem Bau sind erste multifunktionale Roboter für diverse Arbeiten im Einsatz. Die Bauroboter können sich selbstständig im Raum orientieren und ihre Aufgaben – von entsprechender Software gesteuert – autonom oder per Fernbedienung erledigen. Durch programmierte, präzise Abläufe und unter Verwendung des 3D-Drucks lässt sich der Materialeinsatz optimieren, sodass Baustellen nachhaltiger werden. 3D-Druck-Roboter können nahezu beliebig große Bauteile bis hin zu kompletten Gebäuden vor Ort mithilfe chemischer und/oder physikalischer Prozesse schichtweise aufbauen – genügend Platz vorausgesetzt^{19; 20}.

Großraumrobotik umfasst neben autonomen Baumaschinen auch Landwirtschaftsroboter und andere schwere Arbeitsmaschinen (Räumung, Dekontamination in menschenfeindlichen Umgebungen, Müllbeseitigung etc.). Diese Roboter können sich in großräumigen und unstrukturierten Umgebungen bewegen und dort eigenständig komplexe Erkundungs- und Manipulationsaufgaben ausführen, indem sie mittels KI Sensordaten auswerten und umsetzen²¹.

Neben Robotern spielen auch ferngesteuerte oder autonom agierende Drohnen eine zunehmende Rolle. Sie kommen auf Baustellen, bei Inspektionsaufgaben z. B. bei Dächern, bei der Energieversorgung, der Überwachung der Luftqualität oder auch zur Rettung an hoch gelegenen Arbeitsplätzen zum Einsatz²². Inzwischen gibt es auch Drohnen, die nicht nur visuell Daten erfassen, sondern auch Arbeiten erledigen (Reinigung, Bauaktivitäten)²³. Drohnen oder Landroboter lassen sich zu einem intelligenten Schwarm zusammenschließen, um für militärische Zwecke größere Gebiete zu überwachen, aber auch um Windenergieparks zu kontrollieren. Sie werden auch eingesetzt, um radioaktive Quellen schnell aufzuspüren, die etwa bei einem terroristischen Anschlag platziert wurden²⁴.

Aktive, d. h. mit Elektromotor (oder pneumatisch) angetriebene Exoskelette stellen eine spezielle Art von Robotern dar, die als unterstützende Hebe- und Tragehilfe fungieren. Diese am Körper getragenen Assistenzsysteme wirken von außen mechanisch auf den Körper²⁵. Werden Exoskelette mit dem Internet der Dinge (IoT) verknüpft, lassen sich Belastungswerte und Aktivitäten auswerten²⁰.



Was beschleunigt, was bremst den Trend?

Die Digitalisierung schafft die informations- und kommunikationstechnische Infrastruktur für Automatisierung und Robotisierung. Digitalisierung, Automatisierung und Robotik bedingen und befeuern einander wechselseitig, auch getrieben durch enorm wachsende Datenmengen und den Einsatz von Big-Data-Analytics. Diese wiederum benötigen ein hohes Maß an Vernetzung und Automatisierung, um sinnvoll nutzbar zu sein²⁶.

Zu den spezifischen Entwicklungen, die die Automatisierung von Produktionssystemen vorantreiben, zählen die exponentielle Steigerung der Speicher- und Analysefähigkeit von Informations- und Kommunikationstechnologien (CPS), neue Möglichkeiten in der Sensorik und beim 3D-Druck, die Weiterentwicklung von KI und der Selbstorganisation von Produkten und Prozessen sowie auch die verstärkte Vernetzung im Internet of Everything (IoE)²⁷. Das IoE geht über die Grenzen des IoT hinaus und integriert zusätzlich Personen, Prozesse und Daten in die Kommunikation²⁸.

Fortschritte auf dem Gebiet der KI und maschinellem Lernen erweitern die Möglichkeiten von (Industrie-)Robotern und machen sie mobiler, intelligenter und autonomer. Mit

verbesserter Analysefähigkeit und Bildverarbeitung können Roboter etwa unstrukturierte, dynamische Umgebungen besser abbilden und in ihnen navigieren. Es ist zu erwarten, dass mobile Roboter, Cobots und andere robotergestützte Lösungen künftig mehr spezifische Aufgaben (z. B. Qualitätssicherung, Item Picking, Intralogistik) in Fabriken, Lagerhäusern und Labors übernehmen und so erheblichen Effizienzsteigerungen im Gesundheitswesen, in den Life Sciences (Biowissenschaften), dem Einzelhandel und der Baubranche Vorschub leisten^{29; 30}.

Auch der Wille zur Implementierung technischer Neuerungen auf Seiten der Wirtschaft scheint vorhanden: Eine Umfrage unter 500 Tech-Entscheidern aus dem verarbeitenden Gewerbe (2024) hat ergeben, dass 62 % der Befragten an eine vollautomatisierte Fertigung in fünf Jahren glauben. Zudem gilt Automatisierung für 72 % als essenziell, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Und die Unternehmen wollen künftig vermehrt in Automatisierungstechnologien investieren: KI und maschinelles Lernen (50 %), Predictive Maintenance (50 %), Prozessautomatisierung durch Software oder Bots (49 %), Cobots (45 %) und Roboter (41 %)³¹. Eine Studie des

Unternehmensberaters BearingPoint (2024) untermauert diese Ergebnisse und sieht Robotik und Automatisierung als die wichtigsten technologischen Schwerpunkte im Kontext von Industrie 4.0. Über 80 % der befragten Industrieunternehmen geben an, entsprechende Neu- und Erweiterungsinvestitionen im Bereich Industrie 4.0 in den kommenden Jahren tätigen zu wollen³².

Das ausnehmend dynamische Marktgeschehen fordert ebenso eine immer ausgefeiltere Automatisierungstechnik: Produktneuheiten und -variationen erscheinen in kurzen Zyklen, die Erwartungen der Kundschaft an Innovationen steigen, der Wettbewerb wächst und das Internet schafft transparente Vergleichs- und Auswahlmöglichkeiten. Hersteller stehen vor der Herausforderung, eine große Vielfalt an Produkten bei gleichzeitig schwankenden Losgrößen sicherzustellen. Auch der demografische Wandel und der steigende Fachkräftemangel in der Industrie sowie steigende Lohnkosten leisten der Automatisierung Vorschub³³. Durch die Automatisierung manueller, repetitiver oder gefährlicher Aufgaben können Hersteller ihre Beschäftigten vor Verletzungen schützen und sie für höherwertige Aufgaben qualifizieren und so die Mitarbeiterbindung verbessern und damit die Fluktuationsraten senken³⁴. Auch kann eine verstärkte Automatisierung den Unternehmen helfen, neue Märkte zu erschließen sowie flexibler auf Marktanforderungen zu reagieren und ihre Zukunfts- sowie Wettbewerbsfähigkeit zu stärken³¹.

Nicht zuletzt kann ein gesteigertes Bewusstsein für den Umweltschutz mit Industrie 4.0 zusammenwirken. So sehen etwa 78 % der Befragten in der Studie von BearingPoint Industrie 4.0 als Wegbereiter für die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen³². Mit Smart Factories und dem IoT lassen sich mit Echtzeit-Monitoring über den (Energie-) Verbrauch und über operative Abläufe Fertigungsabläufe effizienter machen, sodass das Ressourcenaufkommen (Material-, Energie und Wasser) und die Abfallmenge sinken³⁵. Eine ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft lässt sich durch die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen fördern, indem man Produkte datengestützt über ihren vollständigen Lebenszyklus betrachtet und so schon im Design festlegen kann, in welcher Form die Materialien wiederverwertet werden⁵. Durch den Einsatz von intelligenten vernetzten Systemen, Datenmonitoring und Automatisierungstechnologien können Betriebe nicht nur ihren Energieverbrauch optimieren, sondern auch ihre CO₂-Emissionen reduzieren³⁶. Man plant auch, am Ende des Lebenszyklus elektronischer Geräte KI-gestützte Roboter zur Demontage und Wiederverwertung einzusetzen³⁷.



Trotz vieler Gründe für eine Automatisierung bringt sie etliche Herausforderungen mit sich. Unternehmen nennen als Gründe ein fehlendes Budget, zu hohe Kosten oder auch eine schwierige Entscheidungsfindung über die richtigen Investitionen. Der Mangel an Fachkräften mit den erforderlichen Kenntnissen kann ein Hindernis sein, auch wenn später eine Verringerung des Personalbedarfs durch die Automatisierung in Aussicht steht. Daneben haben die konjunkturelle Lage und politische Impulse (wie steuerliche Vergünstigungen oder Prämien) eine erhebliche Auswirkung auf die Investitionsbereitschaft der Unternehmen in hochpreisige Automatisierungstechnik. Zusätzlich bleibt bei einigen der Wunsch nach spezifischen Lösungen unerfüllt. Besonders kleinere Unternehmen stoßen oft auf Schwierigkeiten, wenn es darum geht, Automatisierungstools zu finden, die sowohl ihren Anforderungen entsprechen als auch erschwinglich sind. Generell sind kleinere Betriebe in der Automatisierung ihrer Fertigung zurückhaltender. Je größer das Unternehmen, umso wahrscheinlicher ist es, dass Automatisierungsprozesse zur Unterstützung der Fertigung eingesetzt werden²⁰.

Speziell die Automatisierung auf Baustellen schreitet eher langsam voran. Der Einsatz von multifunktionalen, mobilen Robotern für kleinere und mittlere Bauvorhaben ist noch unwirtschaftlich, da die Erstellung herkömmlicher Gebäude durch kleinteilige, handwerkliche Prozesse bestimmt ist, die von verschiedenen Gewerken separat ausgeführt werden. Zudem bieten sich kontinuierlich ändernde Baustellen, die verunreinigt, unaufgeräumt und dem Wetter ausgesetzt sind, keine idealen Voraussetzungen für mobile Roboter. Somit ist insbesondere die Vernetzung der Roboter miteinander und mit anderen Maschinen zur Optimierung aller Bauabläufe in den meisten Fällen noch nicht realistisch³¹.



Wer ist betroffen?

Automatisierung und Robotik gewinnen in der Industrie enorm an Bedeutung. Roboter finden aufgrund ihres breiten Nutzungsspektrums in nahezu allen Branchen Anwendung. Zu den Spitzenreitern bei der Nutzung von Industrierobotern zählen die Elektro- und Elektronikindustrie sowie die Automobilindustrie³⁸. Weitere wichtige Branchen sind die Metall-, Kunststoff/Gummi- und Nahrungsmittelindustrie³⁹. Auch im Gesundheitswesen, in der Landwirtschaft und im Militär finden Roboter

zunehmend Verbreitung⁴⁰. Mobile Roboter, z. B. auf fahrerlosen Transportsystemen, werden vielseitiger und smarter und finden in der Logistik vermehrt Einsatz⁴¹. Im Bereich der Dienstleistungen setzt man ebenso auf vermehrte Automatisierung und Servicerobotik, beispielsweise beim Wachschatz, in der Gastronomie, im Hotel- und Gaststättengewerbe, bei Transport und Logistik, in der Landwirtschaft und der Gebäudereinigung⁴².



Beispiele

Beispiel 1

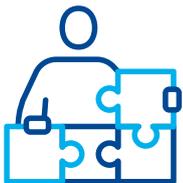
☑ Bauroboter übernehmen Malerarbeiten, um den Fachkräftemangel zu reduzieren

Beispiel 2

☑ Exoskelette zur Erleichterung der Arbeit in Lkw-Werkstätten

Beispiel 3

☑ Der Einfluss von KI und Automation auf die Arbeitssicherheit



Welche Veränderungen ergeben sich für die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten?

Robotik und Automatisierung übernehmen viele für den Menschen physisch belastende Tätigkeiten, besonders in gefährlichen Arbeitsumgebungen. So werden Unfälle vermieden, das Verletzungsrisiko durch Langzeitbelastungen verringert und Arbeitsplätze für Menschen mit besonderen Bedürfnissen zugänglicher und die Inklusion gefördert⁴³.

Systemen, die physische Aufgaben automatisieren, wird auch ein positiver Einfluss auf die kognitive Belastung und das Wohlbefinden der Mitarbeitenden zugeschrieben, da sie etwa die Notwendigkeit verringern, mögliche Fehlerquellen und Sicherheitsaspekte von Prozessen zu antizipieren. Die Automatisierung monotoner körperlicher Arbeiten kann die Aufgabenvielfalt erhöhen und Unterforderung vorbeugen⁴³, allerdings auch körperliche Inaktivität fördern²⁷.

Die zunehmende Automatisierung und Vernetzung industrieller Prozesse stellen hohe Anforderungen an die Maschinen- und Anlagensicherheit. Eine Folge von Industrie 4.0 sind immer komplexere Maschinensteuerungen mit einem höheren Risiko für Ausfälle mit erheblicher Unfallgefahr und physischen Risiken. Grundlage für die Bewertung der Sicherheit komplexer Maschinensteuerungen sind die Norm DIN EN ISO 13849-1⁴⁴ und die Normenreihe IEC 61508. Anforderungen an KI-gestützte Sicherheitssysteme werden aktuell im Rahmen eines neuen internationalen Normungsprojektes zur ISO/IEC TS 22440 festgelegt⁴⁵. Trotz vorhandener Möglichkeiten zur Unterstützung für deren Anwendung kann die Komplexität des Regelwerks und die Fülle an Informationen zu Arbeitsverdichtung und Überforderung bei Entwickelnden und Anwendenden führen.



Zur Steuerung automatisierter oder robotischer Systeme sind Mensch-Maschine-Schnittstellen erforderlich, die hohen Anforderungen an die funktionale Sicherheit genügen, gebrauchstauglich sind und eine ergonomische Mensch-System-Interaktion ermöglichen, besonders bei Interaktionen zwischen mehreren Menschen und mehreren Maschinen. Um Fehler und Ermüdung vorzubeugen, sollte der Automatisierungsgrad den Aufgaben und Anforderungen entsprechend gestaltet sein. Bei einem hohen Automatisierungsgrad kann ein Mensch aufgrund mangelnder praktischer Erfahrung bei Störungen möglicherweise nicht mehr rasch und angemessen reagieren²⁷.

Wenn darüber hinaus Fach- und Erfahrungswissen in großem Umfang in Informationssysteme überführt und von den ausführenden Personen entkoppelt wird, kann es zu einer Vereinfachung von Tätigkeiten und sogar zur Dequalifizierung kommen. Weitere psychosoziale Risiken sind denkbar, dazu gehören fehlende soziale Interaktionen, Depersonalisierung, mangelndes Vertrauen in die Technik, und Ängste vor Überwachung und ein hoher Leistungsdruck⁴⁶.

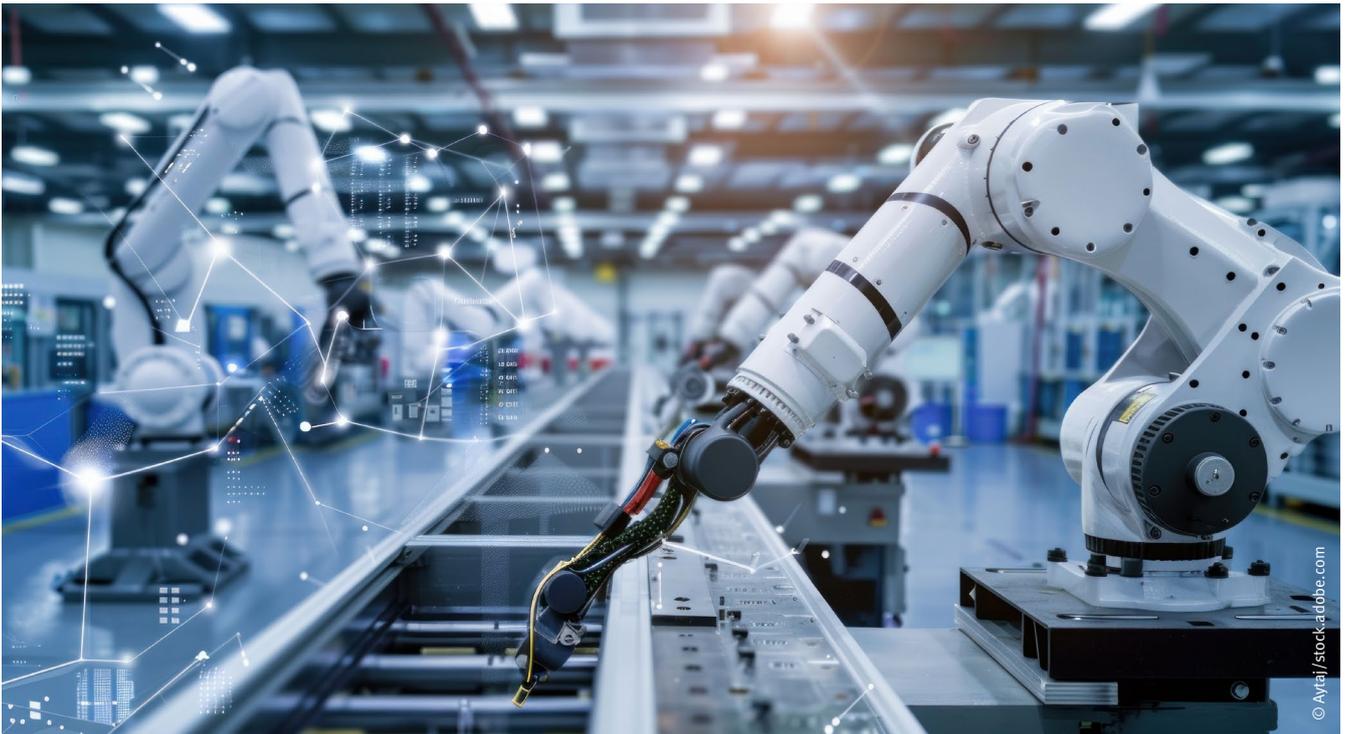
Auch das drahtlose Fernsteuern und Überwachen von (vernetzten) Maschinen, Geräten und Anlagen gewinnt in Industrie 4.0 immer mehr an Bedeutung, ebenso wie die Fernüberwachung (Remote Monitoring) von Robotern und Robotersystemen⁴⁷. Durch Fernsteuerungen können Menschen von gefährlichen Umgebungen getrennt werden, aber es gilt die sichere und ergonomische Gestaltung der Systeme frühzeitig zu berücksichtigen, um neue physische und psychische Belastungen zu vermeiden²⁷. Diese können auch durch die erhöhte Gefahr von Cyberattacken bestehen: Angreifer müssen nicht größere Hürden überwinden, um in das firmeneigene Netz einzudringen, sondern nur die Fernsteuerung bzw. -bedienung hacken.

Datenbrillen werden im Zuge der Automatisierung in der Industrieproduktion und der Logistik zunehmend eingesetzt, besonders im Zusammenhang mit Wartung und Störungsbeseitigung. Vor- und Nachteile dieser am Kopf getragenen digitalen Anzeigegeräte sind noch umstritten. Indem Datenbrillen ein virtuelles Bild schaffen und dieses über das real-physische Umfeld des Beschäftigten legen, können sie helfen, die digitalen Informationen einfacher in den relevanten Kontext einzuordnen. Somit reduziert sich die kognitive Distanz und damit auch die kognitiv-psychische Belastung. Die Nachteile betreffen vor allem das relativ hohe Gewicht mancher Datenbrillen, das eingeschränkte Sichtfeld und häufig eine starke Blendung im Display und eine (nur) subjektiv wahrgenommene Belastungserhöhung. Technologische Weiterentwicklungen können allerdings künftig zu einer höheren Akzeptanz führen⁴⁸.

Cobots können körperliche Belastungen am Arbeitsplatz verringern, besonders bei Überkopfarbeit oder monotonen oder rückenbelastenden Tätigkeiten. Technische Schutzmaßnahmen ermitteln und minimieren das Kollisionsrisiko permanent, allerdings bleibt ein Restrisiko für Verletzungen⁴⁹. Daher dürfen bestimmte biomechanische Grenzwerte (ISO TS 15066, in Zukunft ISO 10218-2) bei einem Kontakt zwischen Roboter und Mensch nicht überschritten werden¹⁷. Wie die Zusammenarbeit von Cobot und Mensch optimal zu gestalten ist, wird noch erforscht. Man weiß aber, dass sich eine geringere Distanz zum Roboter, höhere Robotergeschwindigkeiten und unvorhersehbare Bewegungsbahnen ungünstig auf Leistung und Wohlbefinden auswirken. Daraus können Fehlleistungen, Unfälle und eine sinkende Nutzerakzeptanz resultieren, wobei Letztere auch die Bereitschaft reduziert, Sicherheitsvorschriften einzuhalten⁵⁰.

Um KI-basierte Roboter und Cobots ohne Risiken für die Beschäftigten zu trainieren, nutzt man die digitale Simulation, die bestimmte Prozesse und Aufgaben modelliert. Im digitalen Raum können beliebig viele virtuelle Roboter parallel und in einem sehr viel höheren Tempo ohne Sicherheitsbedenken trainieren, allerdings deckt sich die virtuelle Lernumgebung nie komplett mit der realen Welt. Es gilt, die Simulation, d. h. den digitalen Zwilling, entweder möglichst identisch zur Realität zu gestalten oder aber maximal viele Varianten der Realität abzudecken³⁷.

Bei großen Robotersystemen können sich dank verschiedener intelligenter Algorithmen für die Lokalisierung und Kartierung sowie Hinderniserkennung und Bewegungsplanung Roboter selbstständig auch auf unbekanntem Gelände bewegen und Aufgaben in Krisen- und Katastrophengebieten, auf Deponien oder bei der Bergung von Altlasten durchführen. Das entlastet das Personal und kann



vor allem Unfall- und Gesundheitsrisiken bei Einsätzen in schwer zugänglichen oder gefährlichen Umgebungen verringern³⁷. Auch Bauroboter entbinden Beschäftigte auf Baustellen zumindest teilweise von monotonen, körperlich anstrengenden und gefährlichen Arbeiten, insbesondere in großer Höhe. Zusätzlich reduzieren sie die Unfallgefahr. Planern erschließen Roboter neue kreative Freiräume, beispielsweise lassen sich mit 3D-Druckern bisher nicht oder nur sehr aufwendig produzierbare Formen und Strukturen rentabel realisieren. In Verbindung mit dem Einsatz moderner, teilweise KI-gestützter Automatisierungssysteme kann die Robotik die Attraktivität von Bauberufen vergrößern und dem Fachkräftemangel entgegenwirken²⁰.

Exoskelette unterstützen den Körper bei bestimmten Tätigkeiten und können beispielsweise beim Anheben von Lasten die Belastung am Rücken reduzieren oder bei Tätigkeiten oberhalb der Schulter- oder Kopfhöhe die Schultermuskulatur entlasten. Allerdings könnten Körperbereiche, die nicht Ziel der Entlastung waren, teilweise mehr belastet werden. Die konkreten Folgen und auch Langzeiteffekte von Exoskeletten sind in Studien zu klären²⁵. Exoskelette könnten unter Umständen die Inklusion fördern, indem sie körperliche Einschränkungen ausgleichen und dabei helfen, physisch fordernde Arbeitsplätze etwa auch für ältere Beschäftigte zugänglich zu machen⁵¹.

Durch Industrie 4.0 wandeln sich Beschäftigungsstrukturen, Arbeitsanforderungen und Qualifikationen. Maschinen und Roboter übernehmen immer öfter einfache, eintönige oder stark routinierte Tätigkeiten, dafür werden andere Aufgaben komplexer. Wie sich das auf die Anzahl der Arbeitsplätze auswirken wird, ist derzeit noch umstritten, viele erwarten eine Verschiebung des Bedarfs von mittel qualifizierten hin zu niedrig oder höher qualifizierten Beschäftigten (Polarisierung der Qualifikationsniveaus)²⁷. Wahrscheinlich ist, dass durch Robotik und KI bestimmte Aufgaben entfallen, nicht aber ganze Arbeitsplätze⁴⁶. Ängste vor Überforderung oder sogar einem Arbeitsplatzverlust sind möglich. Beschäftigte frühzeitig in Automatisierungsbestrebungen einzubeziehen und anstehende Veränderungen offen zu kommunizieren, kann helfen, Vorbehalten gegenüber der Technologie zu begegnen⁵².

Um mit dem schnellen, inhaltlich kaum vorhersehbaren Wandel in Industrie 4.0 schrittzuhalten, wächst für Unternehmen wie für Arbeitnehmende die Bedeutung von Qualifizierung²⁶. Diese bietet berufliche Chancen, kann aber auch eine erhöhte kognitive Arbeitsbelastung mit sich bringen⁴³. Bei komplexen Sachverhalten können besonders technologieaffine Beschäftigte ihre Kolleginnen und Kollegen unterstützen und als Ansprechpersonen fungieren. Auch der Austausch der Betriebe untereinander und das Lernen von Erfahrungen anderer kann psychische Belastungen reduzieren⁵².



Was sind Erkenntnisse und Perspektiven für den Arbeitsschutz?

- ❖ Die Robotertechnologie stellt eine Schlüsseltechnologie dar, die durch das Zusammenwirken mit anderen Technologien – besonders KI – und die zunehmende Vernetzung immer komplexer wird. Während physische Belastungen meist reduziert werden, gewinnen besonders psychosoziale Risiken an Bedeutung.
- ❖ Robotersysteme dringen mit hohem Tempo – neben der industriellen Produktion – in viele Branchen vor. Herausforderungen und Risiken können sich je nach Einsatzgebiet und Verwendungszweck stark unterscheiden. Aus Sicht des Arbeitsschutzes gilt es, die daraus jeweils erwachsenden Anforderungen zu identifizieren und mit geeigneten Maßnahmen zum Erhalt von Sicherheit und Gesundheit zu begleiten. Dazu zählen auch geeignete Handreichungen für die betrieblicher Gefährdungsbeurteilung, beispielweise für Exoskelette oder Datenbrillen.
- ❖ Industrial Security ist ein zentrales Problem, das mit automatisierten und robotisierten Systemen eng verknüpft ist. Hinweise zu Perspektiven und Erkenntnissen für den Arbeitsschutz finden sich in der Trendbeschreibung „Cyberkriminalität“.
- ❖ Das Vorschriften- und Regelwerk im Bereich Automatisierung und Robotik ist kontinuierlich an die sich rasch ändernden Technologien anzupassen.
- ❖ Der rasante Wandel durch Industrie 4.0 erfordert eine aktive Gestaltung der technologischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen für Sicherheit und Gesundheit. Zu den jeweiligen Fragestellungen ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit über die Grenzen der gesetzlichen Unfallversicherung hinaus unverzichtbar.
- ❖ Um die Personensicherheit nach der Maschinenverordnung zu gewährleisten, stellt das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) kostenfrei eine Reihe von praktischen Arbeitshilfen zur Verfügung. Diese adressieren die Sicherheit von Maschinensteuerungen, die ergonomische Gestaltung, das Verhindern von Manipulationsanreizen oder den Schutz vor mechanischen Gefährdungen bei Cobots.
- ❖ Industrie 4.0 kann einen substanziellen Beitrag zu den Bemühungen um mehr Nachhaltigkeit leisten. Eigene Ideen und Projekte, die diesen Aspekt mit Sicherheit und Gesundheit verknüpfen, können zu einem zeitgemäßen, praxisorientierten Image der gesetzlichen Unfallversicherung beitragen.

Herausgegeben von:

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V.
(DGUV)
Glinkastraße 40 · 10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen
Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),
Risikoobservatorium der DGUV

Verfasst von: Dr. Ruth Klüser

Ausgabe:

November 2024

Satz & Layout:

Atelier Hauer + Dörfler, Berlin

Copyright:

Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Bezug: www.dguv.de/publikationen

Die **Literaturliste** ist in der Online-Fassung der Trendbeschreibung verfügbar.

❖ www.dguv.de/ifa
🔍 risikoobservatorium



Robotisierung



Vernetzte
Automatisierung