



Kring  
Regber

# Wissenswertes für die Elektrofachkraft

Industrie 4.0 in der Anwendung

- Einsatzmöglichkeiten
- Chancen und Risiken
- Mit Anwendungsbeispielen

präsentiert von

**elektro**fachkraft.de



Dr. Friedhelm Kring · Dipl.-Ing.-Päd. Holger Regber

# Wissenswertes für die Elektrofachkraft

Industrie 4.0 in der Anwendung

- Einsatzmöglichkeiten
- Chancen und Risiken
- Mit Anwendungsbeispielen

# IMPRESSUM

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2022 by WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und Vervielfältigung – auch auszugsweise – nicht gestattet.

### **Wichtiger Hinweis**

Die WEKA MEDIA GmbH & Co. KG ist bemüht, ihre Produkte jeweils nach neuesten Erkenntnissen zu erstellen. Deren Richtigkeit sowie inhaltliche und technische Fehlerfreiheit werden ausdrücklich nicht zugesichert. Die WEKA MEDIA GmbH & Co. KG gibt auch keine Zusicherung für die Anwendbarkeit bzw. Verwendbarkeit ihrer Produkte zu einem bestimmten Zweck. Die Auswahl der Ware, deren Einsatz und Nutzung fallen ausschließlich in den Verantwortungsbereich des Kunden.

WEKA MEDIA GmbH & Co. KG  
Sitz in Kissing  
Registergericht Augsburg  
HRA 13940

Persönlich haftende Gesellschafterin:

WEKA MEDIA Beteiligungs-GmbH  
Sitz in Kissing  
Registergericht Augsburg  
HRB 23695

Vertretungsberechtigte Geschäftsführer:

Stephan Behrens, Michael Bruns, Jochen Hortschansky, Kurt Skupin

WEKA MEDIA GmbH & Co. KG  
Römerstraße 4, D-86438 Kissing  
Fon 0 82 33.23-40 00  
Fax 0 82 33.23-74 00  
[service@weka.de](mailto:service@weka.de)  
[www.weka.de](http://www.weka.de)

Umschlag geschützt als Geschmacksmuster der

WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Satz: WEKA MEDIA GmbH & Co. KG, Römerstraße 4, D-86438 Kissing

ISBN 978-3-8111-5123-9

---

# Inhaltsverzeichnis

Die Autoren . . . . .	7
<b>A</b>	
Augmented Reality (AR) . . . . .	9
Automatisierungspyramide . . . . .	13
Autonome Fahrzeuge . . . . .	17
<b>B</b>	
Big Data . . . . .	23
<b>C</b>	
Cloud-Computing . . . . .	27
Cobots . . . . .	31
Cyberphysische Systeme . . . . .	41
Cybersecurity . . . . .	45
<b>D</b>	
Design Thinking . . . . .	53
Digitaler Zwilling . . . . .	59
<b>E</b>	
Edge-Computing . . . . .	65
Elektromobilität . . . . .	69
Exoskelette . . . . .	75
<b>H</b>	
HCCB-Code (3-D-Codes) . . . . .	81
Horizontale Integration . . . . .	85
Human machine collaboration (HMC) . . . . .	89
<b>I</b>	
Industrie-4.0-Assessment . . . . .	95
Internet of Things (IoT) . . . . .	99
<b>K</b>	
Künstliche Intelligenz (KI) . . . . .	103
<b>M</b>	
Machine Learning . . . . .	111
Machine to Machine Communication (M2M) . . . . .	117
<b>N</b>	
Near Field Communication (NFC) . . . . .	123

<b>P</b>	Predictive Analytics . . . . .	129
<b>Q</b>	QR-Code (2-D-Codes) . . . . .	133
	Quantencomputer . . . . .	137
<b>R</b>	Radio-frequency Identification (RFID) . . . . .	143
<b>S</b>	Scrum . . . . .	149
	Smart Data . . . . .	153
	Smart Factory . . . . .	157
	Smart Metering . . . . .	163
	Smarte PSA . . . . .	167
	Smarthome . . . . .	173
<b>V</b>	Vertikale Integration . . . . .	181
	Virtual Reality (VR) . . . . .	185
<b>W</b>	Wertstromanalyse 4.0 . . . . .	189
	Wertstromdesign 4.0 . . . . .	195
	Abkürzungen . . . . .	199
	Übersetzungen . . . . .	203

## Die Autoren



### **Dr. Friedhelm Kring**

Dr. Friedhelm Kring ist freier Lektor, Redakteur und Fachjournalist mit den Schwerpunkten Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz. Dr. Friedhelm Kring schreibt seit vielen Jahren Fachartikel für *elektrofachkraft.de – Das Magazin* sowie für die Onlineportale *elektrofachkraft.de* und *wekamanager-ce.de* zu den Themen Elektrosicherheit, Produktsicherheit und Industrie 4.0.



### **Dipl.-Ing.-Päd. Holger Regber**

Dipl.-Ing.-Päd. Holger Regber ist als Trainer und Berater bei Festo Didactic tätig. In diesem Zusammenhang begleitet er Unternehmen bei der Einführung von schlanken Wertschöpfungs-systemen, bei der Umsetzung von Industrie 4.0 Lösungen sowie bei der Gestaltung beruflicher Bildungsprozesse. Außerdem schreibt Dipl.-Ing.-Päd. Holger Regber Fachartikel für *elektrofachkraft.de – Das Magazin* sowie für das Onlineportale *elektrofachkraft.de*.

# Cobots

## Der Begriff

Cobot ist die Kurzform von „collaborative robot“. Kollaborierende Roboter sind Industrieroboter, die bei ihrem Einsatz eng mit Menschen zusammenarbeiten. Seit etwa 20 Jahren sind solche Robotertypen auch kommerziell erhältlich. Während typische Robotersysteme der ersten Generationen aus Sicherheitsgründen eingehaust und hinter Zäune und Absperrungen verbannt wurden, sind viele der neueren Modelle so konstruiert, dass sie in enger räumlicher Nähe zum Menschen arbeiten. Die Kollaboration (Zusammenarbeit) kann so weit gehen, dass Mensch und Maschine Hand in Hand arbeiten und z.B. einander Werkstücke und Bauteile übergeben. Cobot bedeutet jedoch nicht, dass der Roboter humanoid gestaltet wird, ein Cobot kann nahezu beliebig gestaltet sein.

## Nutzen von Cobots

### *Flexibilität und Interaktionsmöglichkeit*

Als Vorteile kollaborierender Robotersysteme gelten ihre Flexibilität und das hohe Maß an Interaktionsmöglichkeiten. Damit lassen sich Cobots auf vielen Anwendungsfeldern und bei vielen Arbeitsabläufen gezielt einsetzen. Denn die einzelnen Arbeitsschritte in einem komplexen Produktionsprozess müssen nicht mehr strikt hintereinander erfolgen und durch Übergangspunkte voneinander getrennt werden. Stattdessen führen Mensch und Cobot die notwendigen Arbeitsschritte gemeinsam aus. Der Cobot kann z.B. die jeweiligen Bauteile transportieren, einen Bearbeitungsschritt durchführen, das Teil dann in eine geeignete Arbeitshöhe bringen und vom Menschen inspizieren lassen. Insbesondere bei körperlich anstrengenden Tätigkeiten, z.B. wenn ein Mensch in Zwangshaltung arbeiten müsste, bietet ein Cobot willkommene Unterstützung. Ob Schweißen oder Lackieren, Kleben oder Schrauben, immer dann, wenn eine Stelle für den Menschen schwer zugänglich ist oder das Arbeiten ergonomisch ungünstig wäre, spielen Roboter ihre Stärken aus.

### ***Entlastung für Menschen mit motorischen Einschränkungen***

Auch für Menschen mit motorischen Einschränkungen kann das enge Zusammenarbeiten mit einem Roboter Entlastung bringen oder es ermöglichen, dass derjenige seinen Beruf ausüben oder seinen Arbeitsplatz erhalten kann. Es gibt Beispiele, etwa aus der Automobilindustrie, wo Beschäftigte mit Schwerbehinderung durch moderne Cobots, die ihnen ergonomisch belastende Aufgaben abnehmen, aktiv unterstützt werden.

### ***Produktivität steigern***

Die Mensch-Maschine-Arbeitsplätze mit einem Cobot lassen sich ergonomisch gestalten, und die Gefahr eines Manipulierens von Schutzeinrichtungen soll geringer sein. Wände, Barrieren und Schutzzäune fallen weg, wodurch Flächen frei werden und die Bewegungsräume weniger eingeschränkt sind. Letztendlich sollen Cobots dazu beitragen, die Produktivität zu steigern, und dies nicht nur für die Massenfertigung und voll automatisierte Prozesse. Gerade auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sollen Cobots in Form von kostengünstigen und einfach zu integrierenden Leichtbaurobotern zunehmend eine Option werden.





*Pneumatischer Roboter: der Festo Cobot ist leicht zu bedienen und kommt ohne Schutzzaun aus. (© Festo SE & Co. KG)*

## Funktionsweise von Cobots

Ursprünglich wurden Cobots vollständig durch einen Menschen gesteuert und konnten sich nicht ohne eine solche Führung bewegen. Diese Limitationen sind inzwischen aufgehoben, und Cobots agieren mit eigenständigen Bewegungen und steuern sich selbst.

In der heute technisch realisierten Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) teilen sich Mensch und Maschine bzw. Roboter einen gemeinsamen Arbeitsraum. Je nach dem Grad bzw. der Intensität der Zusammenarbeit – sowohl in der zeitlichen wie in der räumlichen Dimension – lassen sich drei Szenarien wie folgt unterscheiden:

**Koexistenz:** Mensch und Roboter halten sich zur gleichen Zeit in benachbarten Arbeitsbereichen auf. Dies ist typischerweise der Fall, wenn ein Mensch ein Werkstück oder ein Bauteil über einen Drehtisch an eine Roboterzelle übergibt. Die

Verletzungssicherheit wird dann meist durch nicht trennende Schutzeinrichtungen wie Lichtschranken oder Lichtvorhänge überwacht.

Kooperation: Mensch und Roboter teilen sich den gleichen Arbeitsraum, aber zu unterschiedlichen Zeiten. Auch hier ist die Übergabe von Werkstücken der sicherheitskritische Faktor, der – etwa durch lasergesteuerte Schutzfelder – beständig überwacht werden muss.

Kollaboration: Mensch und Roboter teilen sich zur gleichen Zeit den gleichen Arbeitsraum. Hier werden die Abstände beider Akteure und die Steuerung der Kräfte und Bewegungen des Roboters zu den sicherheitsrelevanten Parametern, die durch geeignete Schutzkonzepte gesteuert werden müssen.

Durch den Einsatz von Cobots wird die HMC (Human Machine Collaboration) oder Mensch-Roboter-Kollaboration in immer mehr Branchen ein wichtiger werdendes Aufgabenfeld für den betrieblichen Arbeitsschutz.

## **Anwendungen von Cobots**

### ***Hebehilfe oder Positionierhilfe***

Die Einsatzmöglichkeiten für intelligente und mobile Robotersysteme, die noch dazu eng mit dem Menschen zusammenarbeiten, sind sehr vielfältig. Cobots lassen sich z.B. prima als Hebehilfe oder Positionierhilfe für mehr oder weniger schwere Lasten nutzen. Gerade bei monotonen und repetitiven Bewegungen kann dies für den Menschen eine enorme körperliche Entlastung darstellen. Das Be- und Entladen in Logistik- und Transportprozessen, das Zuführen und Entgegennehmen von Bauteilen oder Gegenständen in der Produktion sowie Unterstützung bei Montagearbeiten dürften häufige und typische Einsatzfelder von Cobots sein und bleiben. Bewährt haben sich Cobots insbesondere in der Automobilindustrie.

### ***Inspektion und Kommissionieren***

Weitere Einsatzgebiete werden bei Inspektionsaufgaben oder beim Kommissionieren gesehen. Wie breit das Potenzial für Cobots ist, wird an den Konzepten für Cobots und ersten Studien und Probeeinsätzen in der Pflege und im Gesundheitswesen deutlich. Dort sollen sie vor dem Hintergrund eklatanten Personal-

mangels zunehmend als Serviceroboter, Assistenzroboter oder „intelligente Pflegewagen“ zum Einsatz kommen oder gar als Assistenzärzte fungieren.

### ***Bei motorischen Einschränkungen unterstützen***

Eine Mensch-Roboter-Kollaboration gilt auch als geeignetes Assistenzmedium für eine aufgrund des demografischen Wandels zunehmend älter werdende Mitarbeiterschaft sowie für inklusive Arbeitsplätze. Cobot-Anwendungen können Menschen mit motorischen Einschränkungen dabei unterstützen, einem Beruf nachzugehen oder am gesellschaftlichen Leben teilzunehmen.

### ***In Elektroberufen denkbar***

Dass Roboter bei typischen Aufgaben von Angehörigen von Elektroberufen eng mit dem Menschen zusammenarbeiten, ist durchaus denkbar. Der flexible Einsatz von Cobots, etwa beim Dosenenken oder Mauernutfräsen im Innenausbau hätte den großen Vorteil, dass die Maschine sich nicht vor dem entstehenden Staub schützen müsste. Doch Cobots, die solche Aufgaben eigenständig durchführen und ohne Überwachung durch einen Menschen – wodurch dann doch wieder Absaugungen oder Atemschutz notwendig würden –, sind aktuell noch nicht in Sicht.

## **Chancen und Risiken von Cobots**

### ***Verletzungsgefahr***

Durch die unmittelbare Nähe zum menschlichen Körper ist bei Cobots per se ein Verletzungsrisiko gegeben. Es hat bereits Unfälle mit kollaborierenden Robotern gegeben, die in seltenen Fällen auch tödlich ausgingen. Vor jedem Einsatz eines kollaborierenden Robotersystems muss eine Gefährdungsbeurteilung stehen, die sich konkret auf den Einsatz und die Aufgaben vor Ort beziehen muss. Die vom Roboterhersteller im Rahmen des Konformitätsbewertungsverfahrens zur CE-Kennzeichnung bereits vorgenommene Risikobeurteilung ist zwar notwendig, um den Cobot in der EU in Verkehr zu bringen, genügt aber nicht den Vorgaben aus dem Arbeitsschutzrecht, die sich an den Arbeitgeber und Unternehmer richten.

Kollisions- und Verletzungsgefahren bestehen sowohl durch Bewegungen des gesamten Roboters als auch durch die Bewegungen oder die Funktionen des Roboterarms bzw. der daran befestigten und aktiven Werkzeuge. So darf ein Greifer nicht versehentlich menschliche Körperteile quetschen oder einklemmen, auch bei Schraubern oder anderen Aufsätzen bestehen Verletzungsrisiken. Die wirkenden Kräfte und Drehmomente der Maschinen erfordern Schutzfunktionen für die Kollegen aus Fleisch und Blut.

In einem kollaborierenden Robotersystem werden viele Sensoren notwendig. Denn Position, Geschwindigkeit, Kraft, Druck, Drehmoment usw. des Cobots müssen ständig überwacht werden. Festgelegte und an der Weichheit, Elastizität und Schmerzempfindlichkeit des menschlichen Körpers ausgerichtete biomechanische Grenzwerte darf der Roboter in keinem Fall überschreiten.

### *Vier elementare Schutzprinzipien*

Der Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (VDE) nennt die vier wichtigsten Schutzprinzipien bei der Mensch-Maschine-Kollaboration, die auf die beiden Teile der Norm DIN EN ISO 10218 zurückgehen:

1. sicherheitsgerichteter überwachter Stillstand/Halt: Der Roboter stoppt, sowie der Kollege Mensch sich im gemeinsamen Arbeitsraum befindet oder den Arbeitsraum betritt, und fährt weiter, wenn der Mitarbeiter den gemeinsamen Arbeitsraum wieder verlassen hat. Dazu muss der Raum mit Sensoren überwacht werden.
2. Handführung: Der Mensch steuert die Roboterbewegung aktiv mit geeigneter Ausrüstung über externe Sensoren bei sicherer reduzierter Geschwindigkeit. Dazu kommen Schutzeinrichtungen wie Zustimmungstaster und Not-Halt.
3. Leistungs- und Kraftbegrenzung: Die Kontaktkräfte und die Geschwindigkeiten des Cobots werden technisch auf ein – für den Menschen – ungefährliches Maß begrenzt.
4. Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung: Der Kontakt zwischen Mensch und bewegten Roboterteilen innerhalb des Kollaborationsraums wird verhindert, indem der Cobot durch eine sicher reduzierte Geschwindigkeit und sicher überwachte Position stets einen definierten Sicherheitsabstand zum Menschen einhält. Dazu müssen die Abstände, die Verfahwege des Roboters und die Arbeitsgeschwindigkeit des Menschen permanent überwacht werden. Bei Gefahr stoppt der Roboter, wird langsamer oder wählt einen anderen Weg.

Neben diesen Sicherheitsprinzipien tragen auch Design und Bauweise von Cobots dazu bei, Verletzungsrisiken zu entschärfen. Die Oberflächen sind oft abgerundet und weisen weder scharfe Kanten noch Spitzen oder Scherkanten auf, auch können sie mit weichen Materialien überzogen werden. Der verletzungssichere Cobot entsteht somit konstruktiv durch das Design wie auch durch die steuerungstechnischen Maßnahmen.

### ***Hacker und Datenschutz***

Nicht auszuschließen ist das Risiko, dass ein Hacker versucht, die Kontrolle über einen Cobot zu übernehmen, und Sicherheitsfunktionen außer Kraft setzt. Der Schutz der Roboterprogrammierung vor Manipulationen aus dem Netz spielt daher auch in der Normung eine wichtige Rolle.

Datenschutzrelevant kann der Einsatz von Cobots werden, wenn durch eine enge Zusammenarbeit mit menschlichen Beschäftigten deren Bewegungs- und Leistungsdaten erfasst und gespeichert werden.

### ***Psychische Auswirkungen***

Last but not least darf nicht unterschätzt werden, dass die enge Zusammenarbeit mit dem Kollegen Cobot auch psychische Auswirkungen haben kann. Nicht jeder Mensch kommt gut mit der Situation zurecht, dass er so eng mit einer Maschine zusammenarbeiten soll. Die Akzeptanz für Cobots ist daher individuell unterschiedlich. Dazu können Ängste kommen, durch den (leistungsfähigeren) Kollegen den Arbeitsplatz zu verlieren. Arbeitnehmervertreter warnen auch vor Situationen, in denen der Cobot den Arbeitstakt für den menschlichen Kollegen vorgibt. Solche Ängste sind verständlich, aber nicht neu. Sie wurden bereits 1961 geäußert, als Ford mit dem Unimate den ersten Industrieroboter in der Fertigung einsetzte.

### **Bezug zu anderen Begriffen**

Roboteranwendungen gemäß dem Cobot-Konzept fallen unter die Mensch-Maschine-Interaktionen (HMC) und können selbstverständlich auch untereinander Daten austauschen (M2M). Cobots können auch beim maschinellen Lernen eingesetzt werden.

## Weitere Informationen

Die DGUV Information 209-074 richtet sich an den Roboteranwender und nennt die wichtigsten sicherheitstechnischen Merkmale für Planung, Abnahme, Überwachung und Betrieb von Industrierobotern und Industrieroboteranlagen. Die Anhänge enthalten u.a. Checklisten und Musterdokumente für Betriebsanleitung, Benutzerinformation, Nachweisdokumentation, Einbauerklärung, Montageanleitung und EG-Konformitätserklärung sowie eine beispielhafte Risikobeurteilung für eine Roboteranlage.

Unter [www.cobotplaner.de](http://www.cobotplaner.de) stellt die Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF (Fraunhofer IFF) ein kostenfreies Online-Tool zur Verfügung. Es kann dazu genutzt werden, sichere Anwendungen einer Mensch-Roboter-Kollaboration einfach und schnell zu planen.

Neben den grundlegenden Normen zur funktionalen Sicherheit von Maschinen und deren elektrischen oder elektronischen Systemen, die auch ein Cobot erfüllen muss, werden weitere spezifischere Normen relevant.

- Die Teile 1 und 2 der DIN EN ISO 10218 legen die Anforderungen an eine inhärent sichere Konstruktion, die Schutzmaßnahmen und die Benutzerinformation für Industrieroboter fest.
- Die ISO/TS 15066 befasst sich ergänzend speziell mit den Anforderungen und Anleitungen zum Betrieb von kollaborierenden Industrierobotern.
- Die VDE-Anwendungsregel VDE-AR-E 2802-10-1 beschreibt den Zusammenhang zwischen funktionaler Sicherheit und Informationssicherheit am Beispiel der Industrieautomation.
- Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) hat im Februar 2022 gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV einen „Leitfaden für die Integration einer Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK)“ veröffentlicht.

## Quellen und Dokumente im Volltext

- DGUV Information 209-074: Industrieroboter
- VDMA und IGCV: Leitfaden für den ortsflexiblen Einsatz von kollaborativen Robotern

- DIN EN ISO 10218-1: Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 1: Roboter
- DIN EN ISO 10218-2: Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 2: Robotersysteme und Integration
- EN ISO 13482:2014: Roboter und Robotikgeräte – Sicherheitsanforderungen für persönliche Assistenzroboter
- DIN ISO/TS 15066: Roboter und Robotikgeräte – Kollaborierende Roboter
- VDE-AR-E 2802-10-1: Zusammenhang zwischen funktionaler Sicherheit und Informationssicherheit am Beispiel der Industrieautomation

# Human machine collaboration (HMC)

## Der Begriff

HMC steht für human machine collaboration oder human machine cooperation, die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine. Handelt es sich bei der Maschine um einen Roboter, spricht man auch von der Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK). Bei der Verwendung des Begriffs HMC ergibt sich die exakte Bedeutung oft erst aus dem Kontext. Denn es können sämtliche Aspekte eines Zusammenwirkens von Mensch und Maschine gemeint sein oder aber nur die spezifischen Übergabepunkte, Schnittstellen oder Informationswege.

## Nutzen von HMC

Die Konzepte einer Mensch-Maschine-Zusammenarbeit fokussieren über das Kommunizieren, das Austauschen von Daten und Informationen, hinaus auf die Frage, wie der Mensch sinnvoll und effizient mit Maschinen zusammenarbeiten kann. Ziel ist es, eine Aufgabe gemeinsam besser zu bewältigen oder eine Lösung schneller zu erreichen.

Aber nicht nur Effizienz, Geschwindigkeit, Produktionsraten oder Fehlerfreiheit sind maßgebliche Parameter für den Erfolg einer Mensch-Maschine-Zusammenarbeit. Auch funktionale Aspekte wie Usability, Ergonomie, Design und „User Experience“ können eine Rolle spielen. Der Gesamtnutzen bzw. die Effizienz einer HMC ergibt sich erst unter Einbezug sämtlicher Faktoren bzw. je nachdem, welche Parameter in einer bestimmten Anwendungsumgebung gefördert oder verbessert werden sollen. Denn nicht in jeder Interaktion zwischen Mensch und Maschine geht es um in Zahlen und Einheiten darstellbare Effizienzparameter. Wenn z.B. die einem Plüschtier nachgebildete Roboter-Robbe Paro für therapeutische Zwecke oder in der Pflege von Menschen mit Demenz eingesetzt wird, dann bemisst sich der „Erfolg“ dieser speziellen Mensch-Maschine-Interaktion an ganz anderen Faktoren als bei einer HMC in einer industriellen Produktionsumgebung.

Ein Vorteil einer Mensch-Maschine-Zusammenarbeit wird auch darin gesehen, dass eine Maschine – im Gegensatz zum Menschen – kein Problem damit hat, auch stupide Aufgaben zu übernehmen. Monotone und repetitiv immer gleiche Bewegungsfolgen belasten die menschliche Physis auf Dauer enorm und



sind eine der Ursachen für die hohe Zahl von Muskel-Skelett-Erkrankungen in der Arbeitswelt. Eine Kooperation, in welcher der Maschinenpartner monotone, schwere oder (für den Menschen) gefährliche Teilaufgaben übernimmt, lässt dem Kollegen Mensch mehr Raum für ein entspannteres, kreatives und ergonomisch unbedenkliches Arbeiten.

### **Funktionsweise von HMC**

Es gibt nicht *die* eine Funktionsweise oder eine feste Liste von Betriebsarten, mit der Menschen und Maschinen zusammenarbeiten. Die Möglichkeiten erweitern und verändern sich mit dem Stand der Technik. Sie bleiben jedoch insofern begrenzt, als die Ein- und Ausgabe der Kommunikation bzw. Zusammenarbeit mit dem menschlichen Körper, seinen Gliedmaßen und Sinnesorganen kompatibel sein muss. Somit wäre eine Mensch-Maschine-Kooperation, die etwa allein auf Funkwellen oder allein auf Lasersignalen beruht, kaum vorstellbar.

Das klassische Eingabewerkzeug aus Sicht des Menschen sind seine Hände und Finger, sie bedienen Schalter und Tastaturen, Lenkräder und Touchscreens. Dazu kommen die neuen Möglichkeiten durch die zunehmend verbesserte Fähigkeit maschineller Systeme, gesprochene oder geschriebene Sprache sowohl zu verstehen wie auch auszugeben.

In einem engen Zusammenhang mit HMC stehen die Begriffe Human Machine Interface (HMI) und Mensch-Maschine-Kommunikation (MMK). HMI beleuchtet eher die technische Seite, d.h. die Kommunikationsschnittstelle einer Mensch-Maschine-Zusammenarbeit, das kann z.B. ein Dashboard sein oder ein Touch-Panel. MMK dagegen befasst sich eher mit den Konzepten des gegenseitigen Verstehens und den Interaktionsmöglichkeiten über Text, Sprache, Grafik, Schall, Haptik, Gestik, Mimik usw. Vereinfacht formuliert ist eine Schnittstelle (HMI), über die kommuniziert (MMK) werden kann, die Voraussetzung dafür, dass Mensch und Maschine in irgendeiner Form zusammenarbeiten, kooperieren, kollaborieren und miteinander funktionieren.

Die Ein- und Ausgabeoptionen an den Berührungspunkten zwischen Mensch und technischen Systemen sind immer vielfältiger und raffinierter geworden. In vielen privaten wie beruflichen Anwendungen wurden die klassischen IT-Elemente Maus, Tastatur und Bildschirm längst abgelöst, verfeinert und ergänzt. Auch in maschinellen Umgebungen werden die herkömmlichen Eingabeelemente oder Stellteile wie Hebel, Schalter, Handräder oder Pedale immer öfter

erweitert oder ersetzt durch Elemente aus der Welt der IT und Kommunikationstechnologie wie Touchscreens, Joysticks, Trackballs, drucksensitive Stifte usw.

Auch im Alltag sind interaktive und smarte Systeme längst angekommen, im Smartphone und Tablet oder bei der Sprachsteuerung per Alexa, Siri, Cortana & Co. Andere Anwendungen lassen sich über Handgesten oder Körperbewegungen steuern. Die Vielfalt der Optionen bietet neue Möglichkeiten nicht nur für das Bedienen und Überwachen von technischen Systemen in der Produktion, sondern auch für die Inklusion von Menschen mit körperlichen Einschränkungen. Vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung gewinnt die HMC zudem auch an Bedeutung bei der Gestaltung altersgerechter Produktionsumgebungen.

## **Anwendungen von HMC**

Branchenübergreifend werden immer mehr Maschinen, Anlagen, Fahrzeuge, technische Einrichtungen und Funktionen vernetzt und automatisiert. Damit ergeben sich sowohl neue Chancen wie auch neue Anforderungen an die Mensch-Maschine-Schnittstellen.

Am Beispiel Gesundheitswesen werden die Möglichkeiten besonders deutlich. Elektrische Geräte überwachen die Vitalparameter von Patienten auf einer Intensivstation. Die Geräte kommunizieren, indem sie Alarm geben, wenn das medizinische Personal eingreifen muss. Der Mensch wiederum kommuniziert, indem er das Warnsignal bestätigt, ausschaltet oder anderweitig eingreift. Die Beschäftigten werden von Routine- und Überwachungsaufgaben entlastet, ohne dass dies zulasten der Kontrolldichte oder Zuverlässigkeit ginge.

Ein weiteres Beispiel aus der Medizin sind virtuelle Assistenzsysteme. Bei komplizierten Eingriffen, etwa am Herzen oder Gehirn, kann ein solches System den Chirurgen gezielt und situationsabhängig unterstützen. Denn die entsprechend vernetzte und mit den notwendigen Daten gefütterte Maschine „weiß“ genau, wo sich z.B. der Tumor befindet, was die kritischen Parameter des Patienten sind, an welchen Stellen die Operation besondere Vorsichtsmaßnahmen erfordert usw.

Auch die diversen Assistenzsysteme, z.B. in Fahrzeugen, sind Beispiele für eine alltagstaugliche Mensch-Maschine-Zusammenarbeit, ebenso wie Exoskelette oder Cobots. Ob bei der Montage oder in der Qualitätssicherung, in der Logis-

tik oder der Instandhaltung, ein sorgsam aufeinander abgestimmtes und sicher gestaltetes Miteinander von Menschen und vernetzten, digitalen maschinellen Systemen kann einerseits Prozesse optimieren und andererseits den Menschen entlasten.

### **Chancen und Risiken von HMC**

Entscheidende Kriterien für die Qualität einer Mensch-Maschine-Kooperation sind die Bedienfreundlichkeit, die Robustheit, die Akzeptanz und nicht zuletzt die Sicherheit. Denn die vielfachen und vereinfachten Eingabemöglichkeiten, etwa durch Bewegungs- und Stimmerkennung, bieten stets auch Möglichkeiten für Missbrauch.

Auch der Datenschutz ist bei HMC zu beachten. Denn in der Regel sammelt der maschinelle Partner mehr oder weniger automatisch auch jede Menge Daten über seinen menschlichen Kollegen, Bediener, Fahrzeugführer usw. Damit lassen sich Bewegungs- und Leistungsprofile erstellen, welche dem Schutz der Privatsphäre und den Anforderungen an den Umgang mit personenbezogenen Daten zuwiderlaufen. Auch die Mensch-Maschine-Interaktion bedarf daher klarer Vorgaben zum Datenschutz.

### **Bezug zu anderen Begriffen**

Exoskelette sind ein Anwendungsfall einer körperlich extrem engen Mensch-Maschine-Zusammenarbeit. Ein weiteres Beispiel für eine Kooperation zwischen Mensch und Maschine sind Roboter, die räumlich nahe mit Menschen zusammenarbeiten, sog. Cobots. Ein enges Zusammenwirken von Mensch und Maschine ist auch typisch für viele Szenarien einer Smart Factory.

### **Weitere Informationen**

Das Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) gibt vor, wie personenbezogene Daten – die auch in einer Mensch-Maschine-Zusammenarbeit in der Regel anfallen – verarbeitet werden dürfen. Aus Sicht des Maschinenherstellers sind die Anforderungen der Maschinenrichtlinie (2006/42/EG) die entscheidende Rechtsgrundlage für die technische Gestaltung einer Mensch-Maschine-Zusammenarbeit. Details

zu den Anforderungen an Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Bedienen von Maschinen sind in unzähligen Normen geregelt.