

Gestaltungsansätze für eine effiziente und sichere Mensch-Roboter-Kollaboration

4. VDI-Fachkonferenz

Assistenzroboter in der Produktion

Mensch-Roboter-Kollaboration und Exoskelette im Industrielltag

05.12.2017 Aschheim bei München

Dr. rer. pol. Marc-André Weber

Das ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft

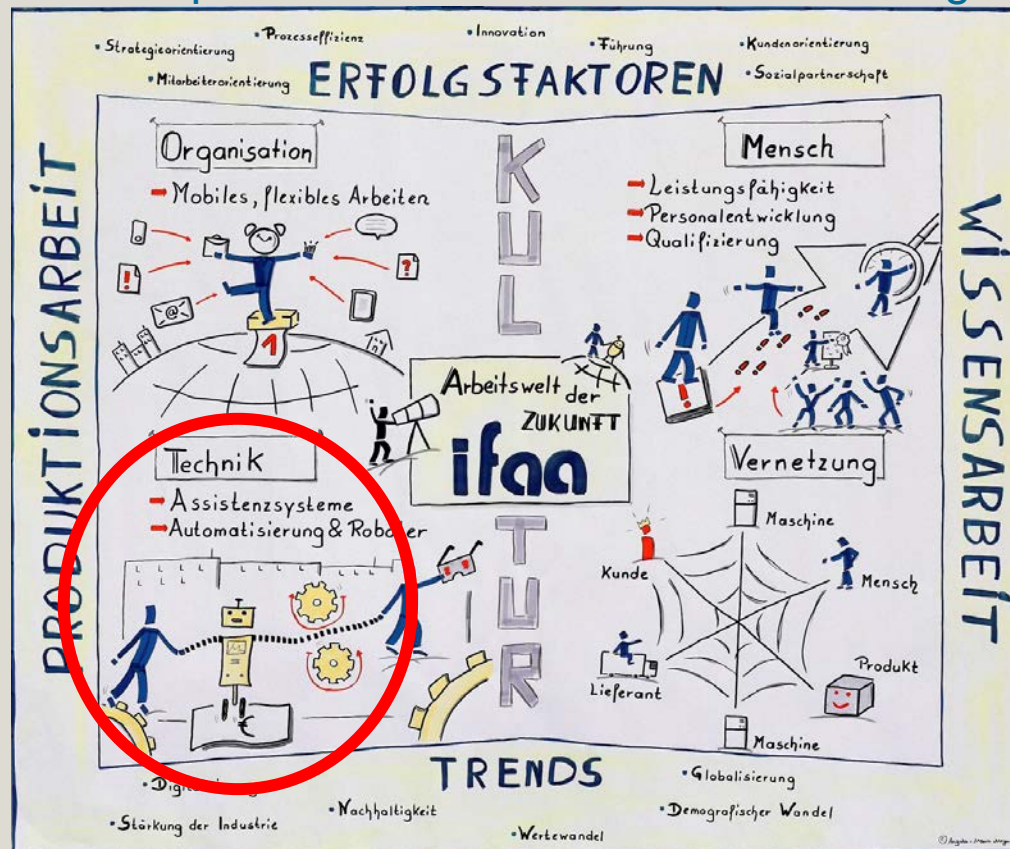


Wir sind das Forschungsinstitut der Metall- und Elektroindustrie zur Gestaltung der Arbeitswelt. Wir sind Vordenker, Vernetzer und Vermittler – und unterstützen so die Arbeitgeberverbände und deren Mitgliedsunternehmen.

- Wir schauen voraus, erkennen Trends und benennen die arbeitspolitisch und wirtschaftlich relevanten Bedarfe.
- Wir verknüpfen Kompetenz in Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation mit Erfahrungen aus der betrieblichen Praxis.
- Wir tragen mit unserer praxisorientierten Forschungsarbeit dazu bei, den Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.
- Wir vermitteln die Erkenntnisse unserer Forschung in Analysen, auf Veranstaltungen und in Publikationen und helfen unseren Partnern vor Ort, die Erkenntnisse, Methoden und Konzepte in den Betrieben umzusetzen.

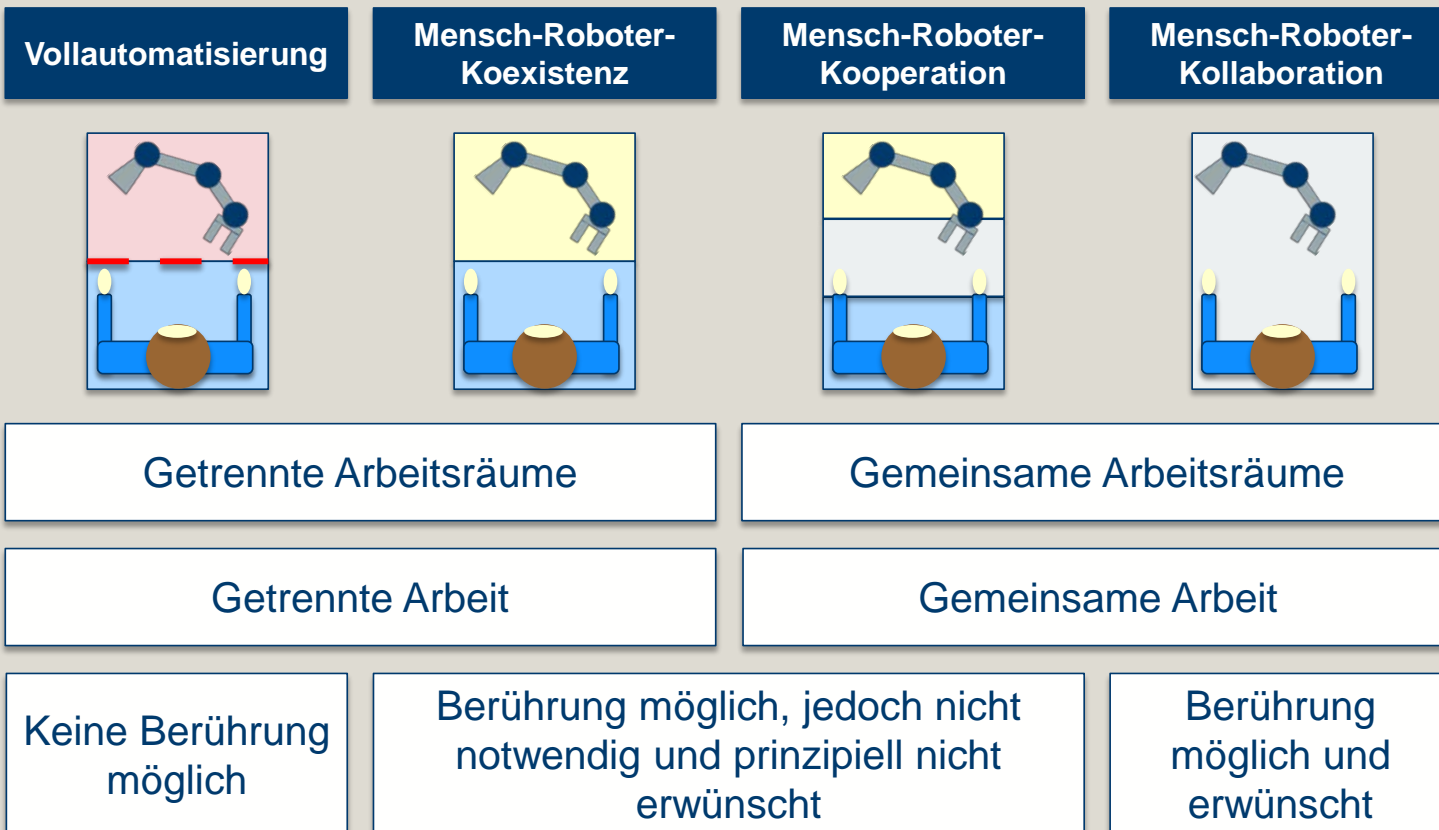
Arbeitswelt der Zukunft aus Sicht des ifaa

Technik nimmt – bspw. in Form der MRK – einen wichtigen Stellenwert ein

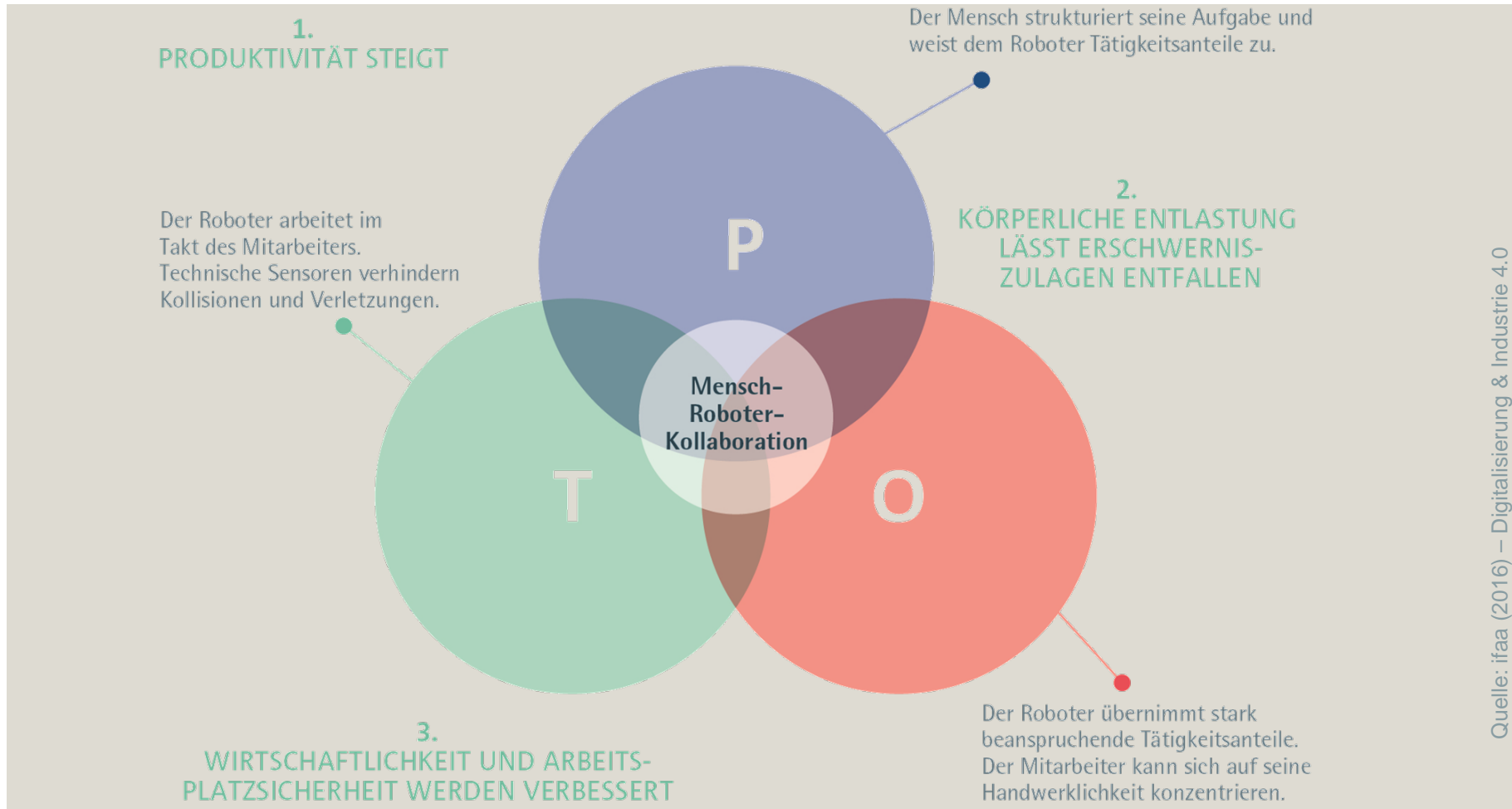


Interaktionsformen Mensch und Roboter

Möglichkeiten der Gestaltung von Arbeitsplätzen mit Robotern



MRK aus Sicht von Technik, Organisation und Personal



Quelle: ifaa (2016) – Digitalisierung & Industrie 4.0

Wesentliche Merkmale der Mensch-Roboter-Kollaboration

- Menschliche Fähigkeiten und Fertigkeiten werden mit den vorteilhaften **Fähigkeiten** des Roboters **kombiniert**
- **Kollisionen** zwischen Mensch und Roboter lassen sich dabei **nicht ausschließen** (keine trennenden Schutzeinrichtungen)
- Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten sind durch eine **geeignete Gestaltung des Arbeitsplatzes** und des Roboters zu gewährleisten

Stärken von Mensch und Roboter

MRK kombiniert sinnvoll die Stärken von Mensch und Roboter bei der Ausführung von Arbeitsvorgängen

MENSCH

- Intuition
- Flexibilität
- Entscheiden
- Urteilen
- Umgang mit Komplexität
- ...

Synergien
durch
MRK

ROBOTER

- Übernahme monotoner und schwerer Tätigkeiten
- Ausdauernd
- Reproduzierbare Bewegungen / Wiederholgenauigkeit
- Präzise Bewegungen
- ...

Reduzierung der
physischen und psychischen
Belastung des Menschen

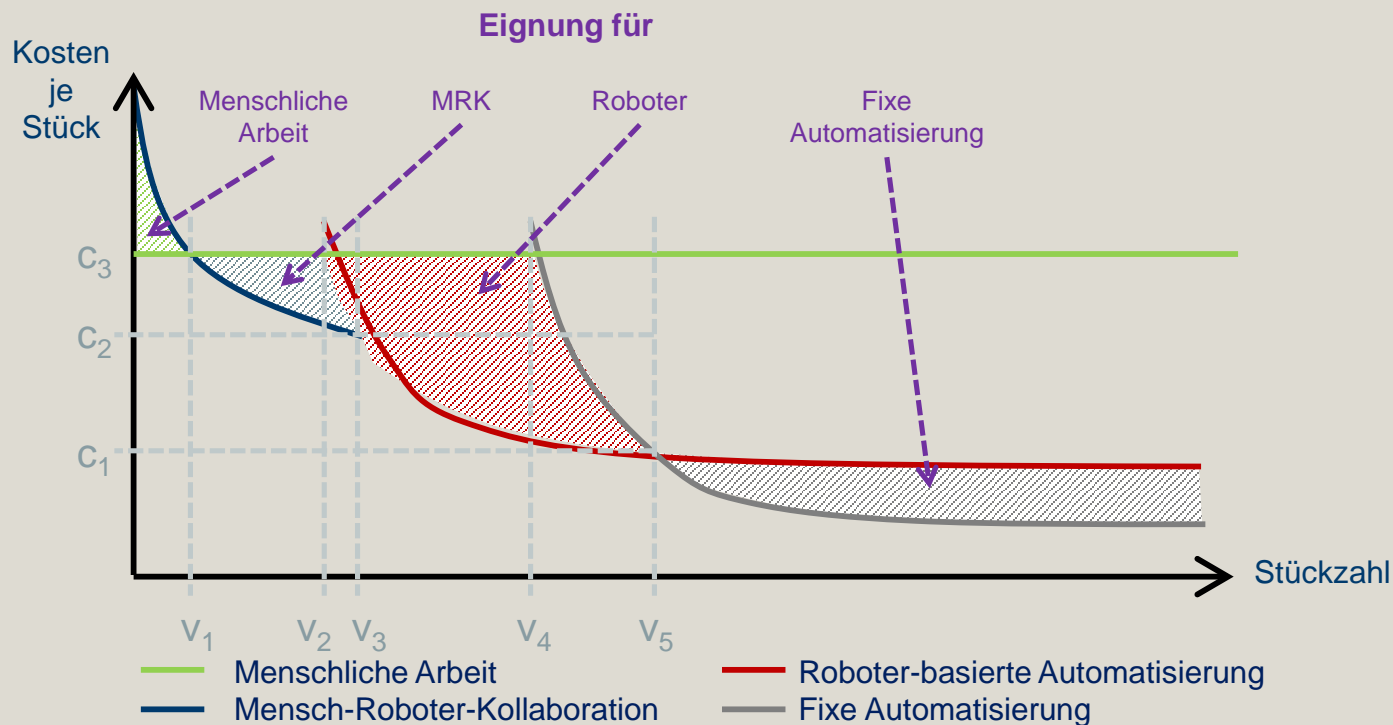
Ein Beispiel für MRK

KUKA LBR iiwa



Einsatzgebiete der Mensch-Roboter-Kollaboration

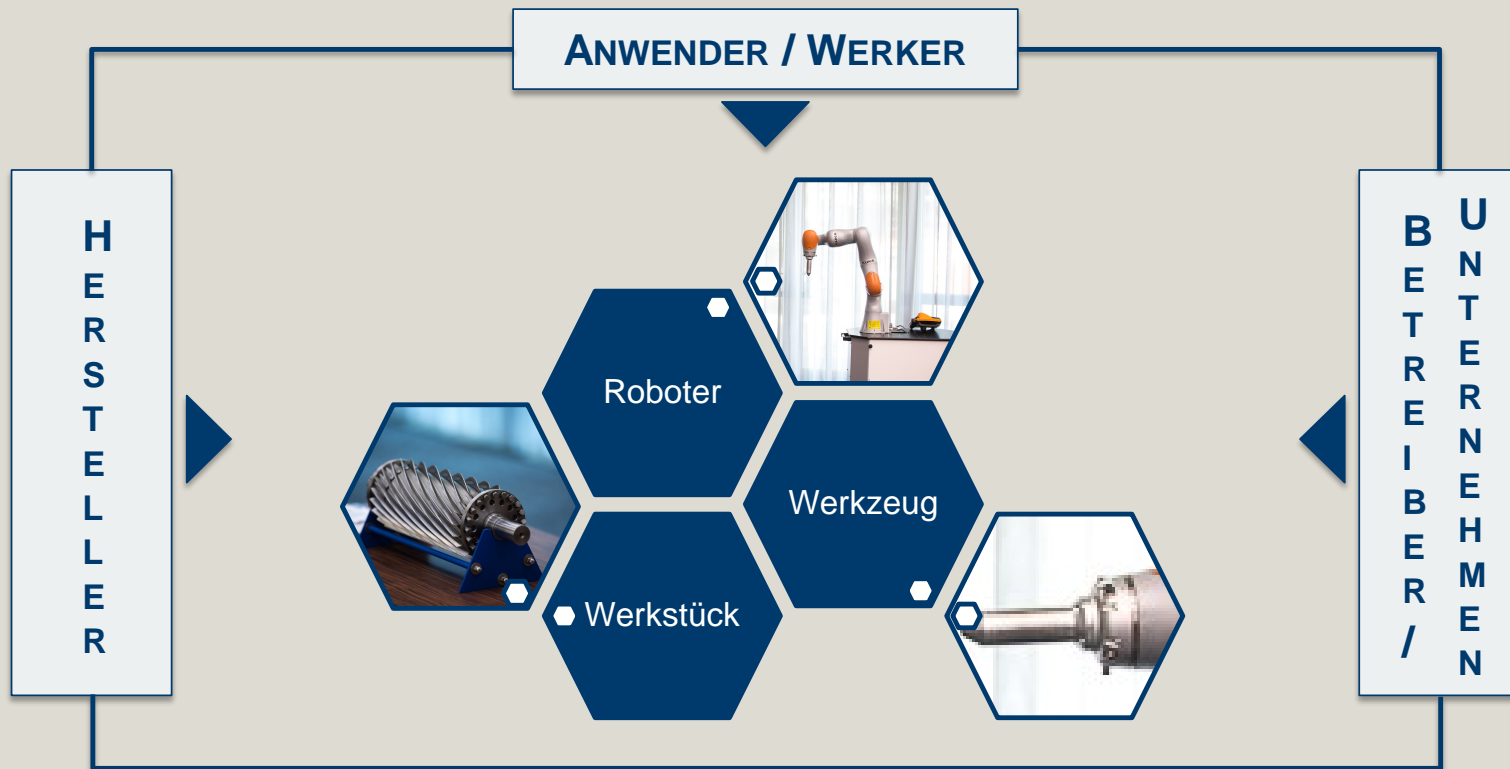
MRK sind dort sinnvoll, wo relativ **kleine Stückzahlen** mit einem **hohen Anteil an Handarbeit** gefertigt werden, die **Stückzahl** aber **ausreichend groß** für die **Anschaffung** des kollaborierenden **Roboters** ist



Eigene Darstellung in Anlehnung an Matthias B., Ding H (2013)

Im Fokus der Sicherheitsbetrachtungen

Technische MRK-Sicherheit kann nur ganzheitlich gewährleistet werden



Gemeinsame Verantwortung für sicheren Einsatz in der betrieblichen Praxis

Akzeptanz durch die Beschäftigten

Aussehen

- 1 oder 2 Roboterarme
- 3 Achsen

Abmessungen und Gewicht

- 60 bis 80 cm Reichweite
- Eigengewicht 1 bis 30 kg

Bewegungsabläufe

- Vorhersehbare Bewegungen
- Langsames Beschleunigung
- Geringe Geschwindigkeiten (1,5 m/s)

Kräfte

- Kleine Drehmomente (<15 Nm)

Empfehlung,
kollaborierende
Roboter
„menschenähnlich“
zu gestalten

Ausgewählte Schutzvorkehrungen

HERSTELLER

- Design und äußeres Erscheinungsbild des Roboters
- Technische Begrenzung von Verfahrenswegen und Motorkräften
- Softwaretechnische Steuerung unter Nutzung von Sensorik

BETREIBER

- Arbeitsplatzgestaltung
- Arbeitsprozessgestaltung
- Beachtung ergonomischer Merkmale
- Auslegung der Roboterprogrammierung
- Orientierung an Schwellwerten für Verletzungsgefahren je Körperregion

ANWENDER / WERKER

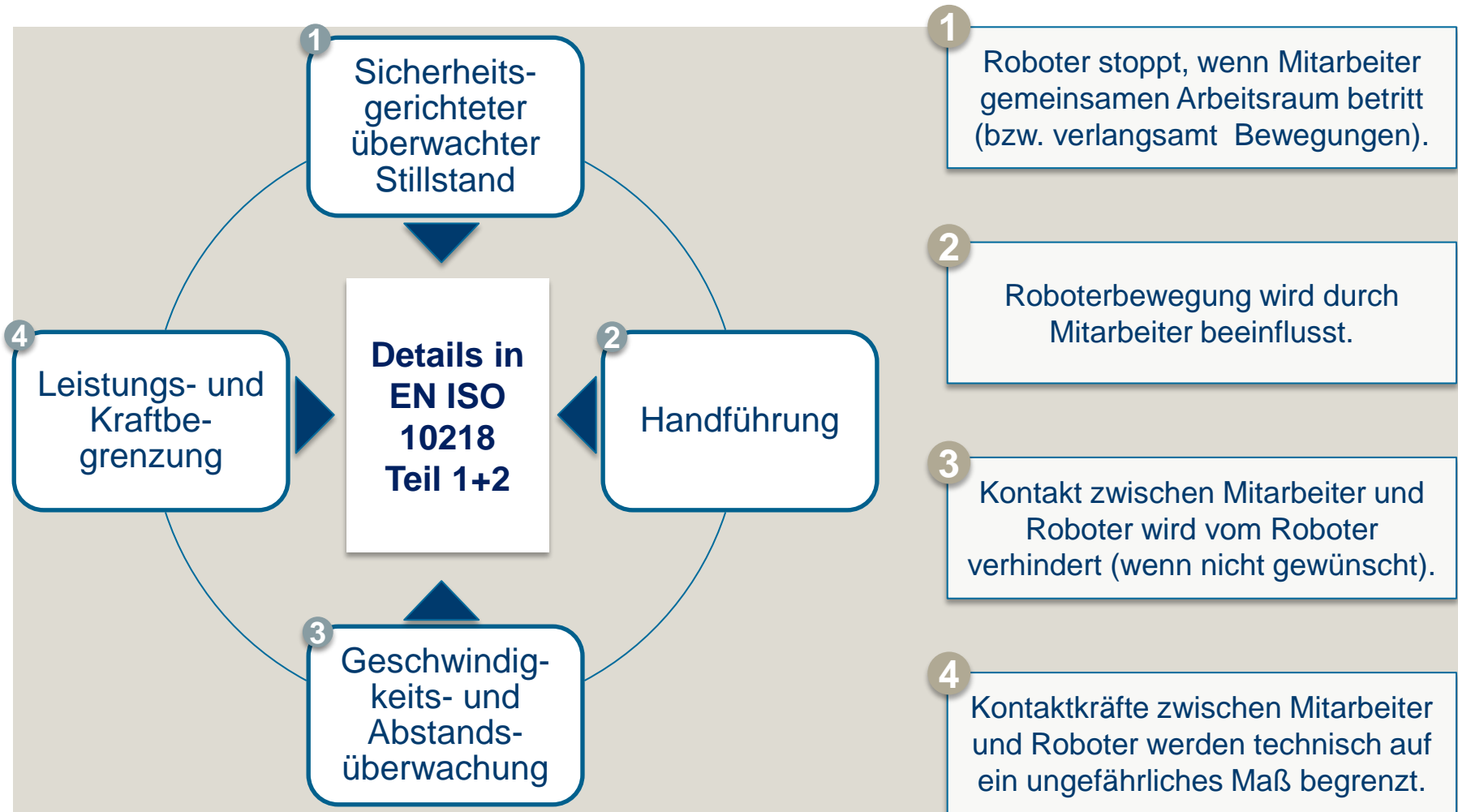
- Teilnahme an Qualifizierungsmaßnahmen
- Sorgfältiger und sachgerechter Umgang mit dem Roboter
- Evtl. Tragen von Schutzausrüstung



Ganzheitliche Abstimmung



Grundsätzliche Schutzprinzipien

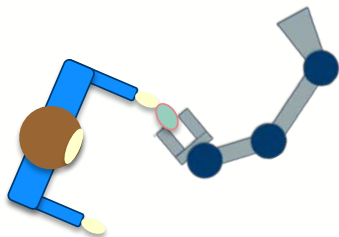


Kontaktmöglichkeiten zwischen Mensch und Roboter

Kontakte sind in Grenzen erwünscht

Erwünschter Kontakt

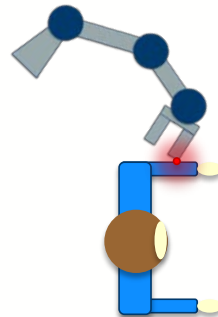
- Übergabe von Bauteilen
- „Führen“ des Roboterarms durch den Menschen (bspw. an eine bestimmte Stelle)
- „Antippen“ für kurzzeitige Unterbrechung der Robotertätigkeit



Unerwünschter Kontakt

Freier vorübergehender Kontakt

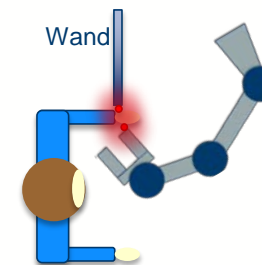
- Freie Berührung von Körperteilen



Notwendigkeit schneller und zuverlässiger Kollisionserkennung, um Nachdrücken zu verhindern

Quasi-statischer Kontakt

- Klemmen von Körperteilen (bspw. zwischen Roboterarm und Werk Tisch oder einer Wand)



Grenzwert für Kraft darf nicht überschritten werden, Roboterarm muss zurückweichen

Risiko-Reduzierung im und für den MRK-Einsatz

Kenngroßen zur Risiko-Reduzierung und zur ergonomischen Verbesserung

Level	Maßnahme
6	Wahrnehmungsbasierte Anpassung an Umwelt in Echtzeit (mittels Sensortechnik)
5	Schutzmaßnahmen des Personals (Kleidung)
4	Softwarebasierte Kollisionserkennung (inkl. Möglichkeit zur manuellen Positionsänderung des Roboters)
3	Begrenzung von Kraft und Geschwindigkeit
2	Verletzungsreduzierendes Design des Roboters (ggf. inkl. weicher Polsterung)
1	Begrenzung bewegter Massen, niedrige Nutzlasten

Reich-
weite
des
Schutzes

Stoßwirkung

Einklemmen

Sonstige / spezifische

Anforderungen an MRK-Arbeitsplätze

Technologisch	Medizinisch / bio-mechanisch	Prüftechnisch	Ergonomisch	Arbeitsorganisatorisch
<ul style="list-style-type: none"> • Sensorik zur Erkennung von Menschen (taktil, per Kamera, Ultraschall etc.) • Intelligente Steuerung („künstliche Intelligenz“) • Sichere Steuerung von Position und Geschwindigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Begrenzung biomechanischer Beanspruchung durch Kollisionen auf tolerables Maß • Orientierung an Schmerzschwelle und Verletzungseintritt (je Körperteil) • Bestimmung zulässiger Grenzwerte • Beanspruchungskriterien umfassen Stoßkraft, Klemm- / Quetschkraft, Druck / Flächenpressung 	<ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung und Beurteilung von Risiken bei kritischen Kollisionsvorgängen mit biofidelen Messgeräten • Beanspruchungskriterien sind max. Kollisionskraft und dabei lokal entstehender max. Druck auf Kollisionsfläche • Messungen für dynamische und quasistatische Kollisionswirkungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Einschränkung und Störung von menschlicher Wahrnehmung, Aufmerksamkeit und Denken durch MRK • Relevante Aspekte: <ul style="list-style-type: none"> • MRK-Abstand und Positionierung relativ zum Mensch • MRK-Bewegungsbahn • MRK-Beschleunigung • MRK-Geschwindigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherheit und Gesundheit des Menschen durch Gestaltung von MRK-Arbeitsplatz sicherstellen • Beachtung von Gesetzen und Normen • Physische und psychische Entlastung forcieren • Produktive Nutzung der MRK

Gesetze und Normen zum MRK-Einsatz

Maschinen-Richtlinie 2006/42/EG (→ Produktsicherheitsgesetz in Dtl.)

**EN ISO
10218-1:2011**
Industrieroboter
Sicherheits-
anforderungen -
Teil 1: Roboter

**EN ISO
10218-2:2011**
Industrieroboter -
Sicherheits-
anforderungen -
Teil 2: Robotersysteme
und Integration

**EN ISO
12100:2010**
Sicherheit von
Maschinen - Allgemeine
Gestaltungsleitsätze
- Risikobeurteilung und
Risikominderung

**EN ISO
13849-1:2008**
Sicherheit von
Maschinen -
Sicherheitsbezogene
Teile von
Steuerungen - Teil 1:
Allgemeine
Gestaltungsleitsätze

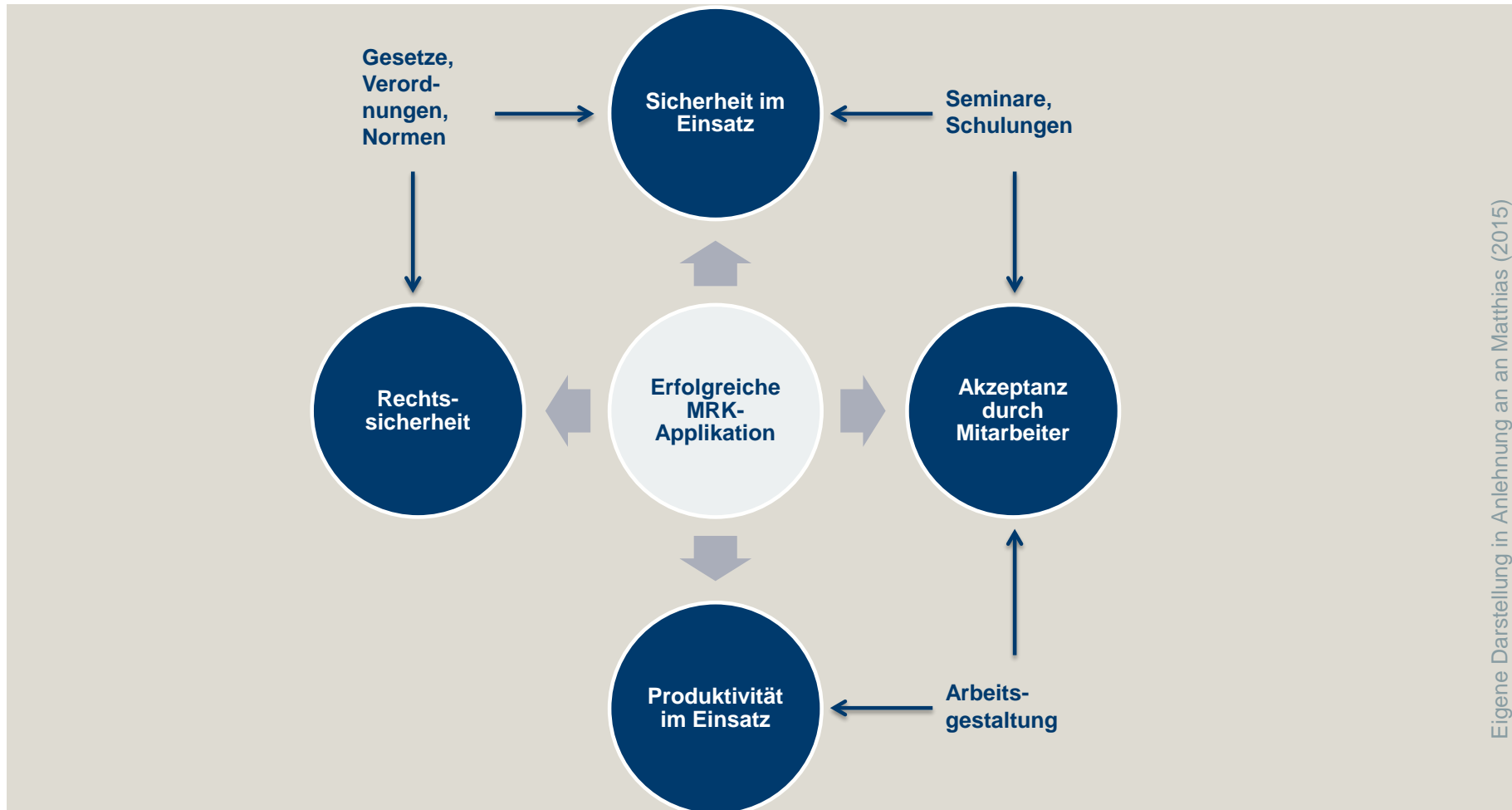
**ISO/TS
15066:2016**
Robots and robotic
devices
-
Collaborative robots

BGV A1
Unfallverhütungs-
vorschrift / Grundsätze
der Prävention

BetrSichV
Betriebssicherheits-
verordnung

TRBS 1201
Technische Regeln für
Betriebssicherheit
-
Prüfung von
Arbeitsmitteln und
überwachungs-
bedürftigen Anlagen

Faktoren für eine erfolgreiche MRK Applikation



Eigene Darstellung in Anlehnung an an Matthias (2015)

ifaa-Faktenblatt zum Thema MRK

Online verfügbar unter

www.arbeitswissenschaft.net

Erläuterungen zu

- Anwendungsfelder
- Verbreitung und Entwicklung
- Vor- und Nachteile
- Wirtschaftlichkeit
- Auswirkungen auf Arbeitsorganisation
- Technische Daten
- Hinweise zu Umsetzung
- Studien und Literatur

Siehe:

https://www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/user_upload/Downloads/Factsheet_MRK_6.pdf

Zahlen | Daten | Fakten
ifaa

5. März 2017

Mensch-Roboter-Kollaboration



Die Abbildung veranschaulicht Szenarioanforderungen der MRK. Bei anderer Handlung passiert ein Roboter (auch selbst noch Inbetriebnahme einer Arbeit) und bei starker Beschleunigung - etwa einer Kollision - stoppt er komplett. Der dargestellte Roboter ist auf einem höheren Tisch montiert und nicht einsehbar.

Beschreibung

Bei der Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) führen Mensch und Roboter Arbeitsschritte in Produktionsprozessen gemeinsam aus. Dabei wird auf Schutzzeiten verzichtet, sodass der Mensch direkt mit dem Roboter im gleichen Raum interagiert. Der Roboter assistiert dem Menschen. Die Bestimmung von Mensch und Roboter ist dabei möglich und teilweise arbeitsbedingt erforderlich. Sie wird technisch so gesteuert, dass keine Verletzungsgefahr besteht.

Die Arbeit wird sinnvollerweise so aufgeteilt, dass der Roboter die monotonen bzw. schweren Arbeitsschritte übernimmt, so dass der Mensch sich auf Arbeiten konzentrieren kann, in denen er dem Roboter überlegen ist (z. B. komplexe Folgevorgänge, flexible Arbeitsschritte etc.).

Anwendungsfelder

- Assistierende Unterstützung des Menschen, z. B. zur Verbesserung der Arbeitsergonomie.
- Anwendungsfelder sind vor allem in der industriellen Produktion zu finden, z. B. in der Montage oder beim Handling, jedoch auch in der Medizin (z. B. Operationen).
- Werkstrukturreparatur und -reparatur an Bearbeitungsmaschinen zur Erweiterung der Betriebszeiten bzw. am Wochenende oder in der Nacht (bzw. Realisierung mittels mobiler MRK-Lösung).

Die Nutzung bietet sich außerdem dort an, wo eine flexible Skalierbarkeit des Automatisierungsgrads einen Vorteil gewährt ist, bspw. zur flexiblen Abdeckung von Kapazitätslücken (je nach zu fertigender Stückzahl und Personalverfügbarkeit, täglich sowie über den gesamten Produktionslebenszyklus).

Aktuelle Verbreitung und zukünftige Entwicklung (Literatur)

Industriell genutzte Roboter haben in den vergangenen Jahrzehnten eine Entwicklung durchlaufen, die mit starrer Automation und dem Einsatz sensibler Steuerung begann. Sie hat sich weiterentwickelt bis hin zu heute getriebenen mobilen Lösungen sowie zur Mensch-Roboter-Kollaboration, bei welcher der Roboter begrenzte kognitive Fähigkeiten besitzt, bspw. indem er erkennt, wie stark der Kontakt mit Hindernissen ausgefallen ist und ob er seine Tätigkeit unterbrechen oder ganz stoppen muss.

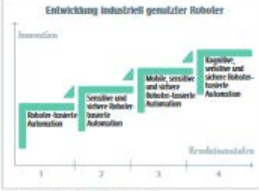


Figure: Übersetzung in Anlehnung an Kalle, 2016

Aktuelle Verbreitung

- Nutzung von MRK erfolgt bereits vor allem bei Auto- und Maschinenbauern
- Einsatz von MRK erfolgt auch in anderen Branchen, bspw. zunehmend im Japan Pflegebereich zum Handling pflegebedürftiger Menschen zum Einsatz, teilweise sogar zur vollumfänglichen Körperpflege. (Deutsche Wirtschafts Nachrichten, 2016)

Zukünftige Entwicklung

- Für MRK wird ein großes Wachstum bis 2020 erwartet (bei 11 % jährlichem Wachstum für Industrieroboter allgemein). (World Robotics, 2015, IFR, 2015)

Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Dr. rer. pol. Marc-André Weber

Telefon: 0211 / 542263 – 36

E-Mail: m.weber@ifaa-mail.de

www.arbeitswissenschaft.net

Quellen

DGUV (2017) Kollaborierende Roboter (COBOTS) – Sichere Kooperation von Mensch und Roboter. <http://www.dguv.de/ifa/fachinfos/kollaborierende-roboter/index.jsp>. Zugegriffen: 10.02.2017

DGUV-Information (2015) Kollaborierende Robotersysteme. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV). Ausgabe Januar 2015

DGUV-Information 209-074 (2015) Industrieroboter. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV). Ausgabe Januar 2015.

Kurth J (2016) Entlastung durch Assistenzsysteme. 2. Arbeitgeberforum Zukunft der Arbeit, Berlin.

ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (2016) Digitalisierung und Industrie 4.0; So individuell wie der Bedarf - Produktivitätszuwachs durch Informationen

Matthias, B. (2015) Sicherheit, Akzeptanz und Produktivität bei der Mensch-Roboter-Zusammenarbeit. <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Anlagen-und-Betriebssicherheit/Tagungen/Mensch-Roboter-2015/Mensch-Roboter-2015.html;jsessionid=40B0F7E33988EBB79752CEAA18199621.s2t1>. Zugegriffen: 09. Februar 2017.

Matthias B, Kock S, Jerregard H, Kallman M, Lundberg I, Mellander R (2011) Safety of collaborative industrial robots: Certification possibilities for a collaborative assembly robot concept. IEEE International Symposium on Assembly and Manufacturing

Matthias B, Ding H (2013) Die Zukunft der Mensch-Roboter Kollaboration in der industriellen Montage. Internationales Forum Mechatronik

VDMA (Hrsg.) (2014) Sicherheit bei der Mensch-Roboter-Kollaboration, Wissenschaftliche Gesellschaft für Montage, Handhabung und Industrierobotik – MHI e. V., Frankfurt

Weber M.A., Stowasser S. (im Erscheinen) Sicherheit an kollaborierenden Robotern. In: HAUFE Arbeitsschutz

Weber M.A., Stowasser S. (im Erscheinen) Sicherheit in der Mensch-Roboter-Kollaboration. In: Festag, S. (Hrsg.) Sicherheit in einer vernetzten Welt: Entwicklung, Anwendung, Ausblick. XXXII. Sicherheitswissenschaftliches Symposium der Gesellschaft für Sicherheitswissenschaft

Zunke R, Otto M (2015) Einsatzmöglichkeiten von Mensch-Roboter-Kooperationen und sensitiven Automatisierungslösungen: Zukunft der Arbeit – die neuen Roboter kommen. KUKA, Berlin