GESTALTUNGSFRAGEN DER MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION

Peter Rally, Fraunhofer IAO

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

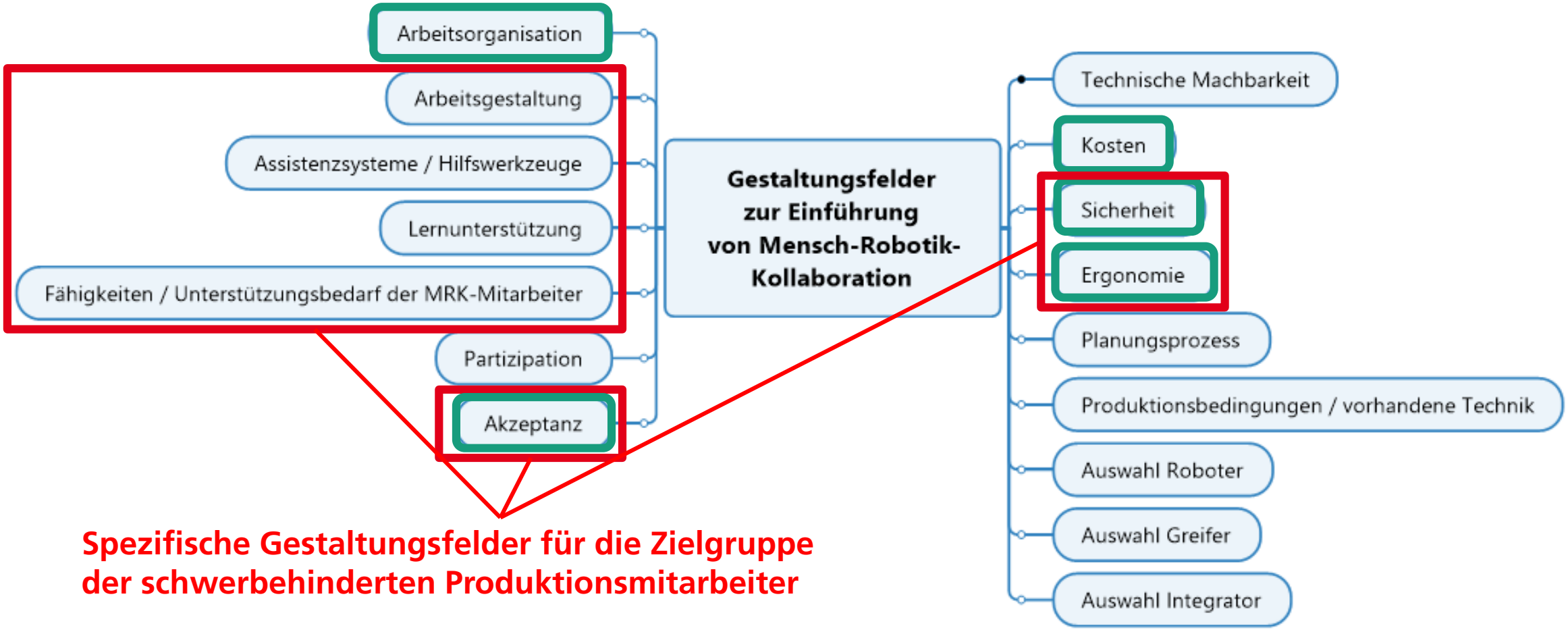
AQUIAS
Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart
Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Gestaltungsfelder der Mensch-Robotik-Kollaboration

MRK: Allgemeine Fragen und spezifische Fragen für Beschäftigte mit Behinderung



Spezifische Gestaltungsfelder für die Zielgruppe der schwerbehinderten Produktionsmitarbeiter

Allgemeine Gestaltungsfragen aus einer IAO-Studie zu Arbeitsplätzen für nicht behinderte Menschen

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Stand der schutzzaunlosen Robotik in der Montage in Deutschland*

Fraunhofer IAO hat 25 unterschiedliche Applikationen von MRK in der deutschen Industrie im Bereich Montage untersucht.

Auswahlkriterien für die Applikationen waren

- Applikation ist ohne Schutzzaun
- Applikation läuft in Deutschland
- Auskünfte im persönlichen Gespräch (17) oder gut recherchierbar (8)
- Serieneinsatz oder seriennah
- Roboter, die bereits mehrfach im Industrieeinsatz sind

*Stand: 2015/16

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Identifizierte Gestaltungsdimensionen ganzheitlich gestalteter und akzeptierter kollaborativer Montagearbeitsplätze

1. Wirtschaftlichkeit
   Kosten-/Nutzenbetrachtung für die Gesamtinvestition
2. Sicherheit
   Roboter, Greifer und Applikation müssen zertifiziert sein
3. Ergonomie
   Physische und psychische Belastungen minimieren
4. Arbeitsorganisation
   Gestufte Aufgabenprofile im Montagesystem anbieten
5. Akzeptanz
   Kooperative Gestaltung akzeptierter MRK-Arbeitsplätze

Version: wt-online 03/2016

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Kollaborierende Roboter

Normungspyramide der für die MRK relevanten Normen

Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze

- Risikobeurteilung und Risikominderung

Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen

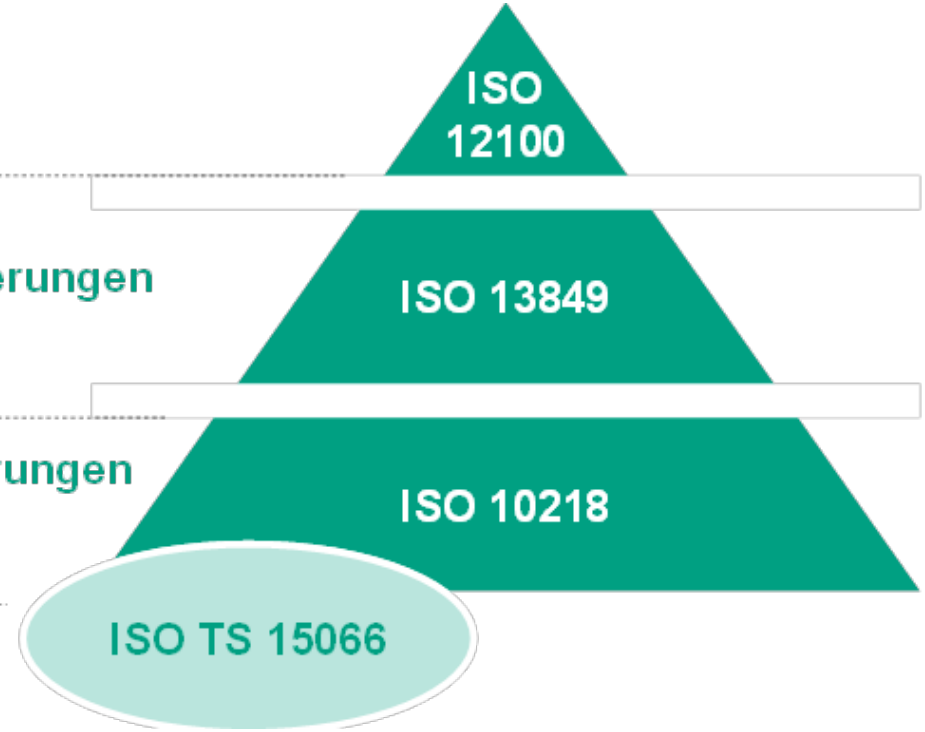
- Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
- Teil 2: Validierung

Industrieroboter Sicherheitsanforderungen

- Teil 1: Roboter
- Teil 2: Robotersysteme und Integration

Robots and robotic devices

- Collaborative robots



© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

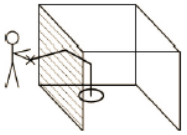
Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

ISO/TS 15066: Arten bzw. Sicherheitsprinzipien für den kollaborativen Betrieb

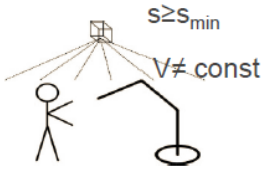
Handführung

V=f(Nachlauf, Risiko)



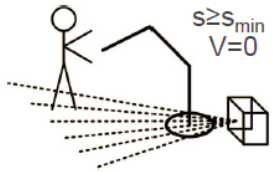
- Autonomer automatischer Ablauf innerhalb von Schutzeinrichtungen
- Roboter stoppt am Übergabepunkt.
- Manuelle Führung z.B. durch Joystick. und Zustimmschalter
- Sichere Geschwindigkeit (Kategorie 3, PLd)
- Not-Halt Nähe Handgriff
- Anwendung: Z.B. Manuelle Feinpositionierung schwerer Teile

Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung



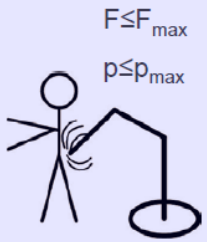
- Personendetektionssystem (Kategorie 3, PLd), z.B. 3-D-Kamera
- Roboter verlangsamt und stoppt bei $s < s_{min}$
- Sichere Geschwindigkeit (Kategorie 3, PLd)
- Sicherheitsabstände nach EN ISO 13855 !
- Anwendung: Z.B. Kontrollaufgaben

Sicherheitsgerichteter Stopp



- Personendetektionssystem (Kategorie 3, PLd), z.B. Laserscanner, Kamera
- Roboter stoppt bei jedem Zutritt
- Sichere Geschwindigkeit (Kategorie 3, PLd)
- Kein automatischer Wiederanlauf im Detektionsbereich
- Sicherheitsabstände nach EN ISO 13855 !
- Antriebshalt in SOS (Safe operational stop)
- Anwendung: Z.B. Kontrollaufgaben

Leistungs- und Kraftbegrenzung



- Pauschale Begrenzung auf 80W oder 150N entfällt ab Jan. 2012
- Begrenzung von Kraft und/oder Druck bei Kollision (Körperregion)
- Z.B. taktile Schutzeinrichtungen (Kategorie 3, PLd)
- Sichere Geschwindigkeit (Kategorie 3, PLd)
- Anwendung: Z.B. Kommissionieraufgaben leichter Teile

Bilder: BGHM/UMB

Quelle: DGUV

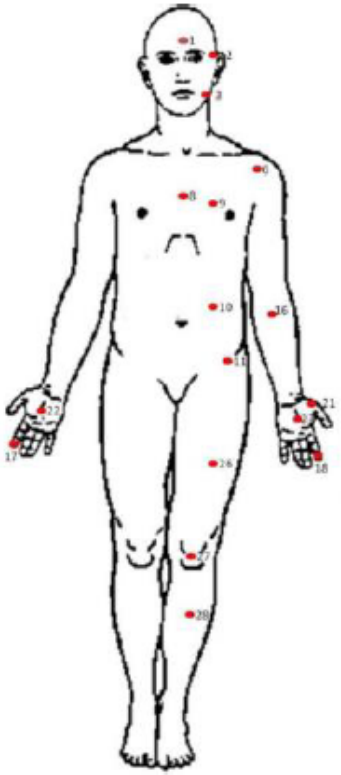
© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

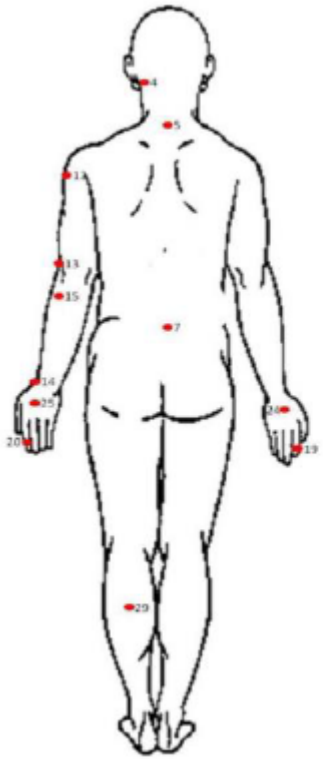
Fraunhofer IAO

ISO TS 15066 - Kollissionsbereiche



Körpervorderseite	Spezifische Lokalisation	Körperregion
1	Stirnmitte	Schädel/Stirn
2	Schläfe	Schädel/Stirn
3	Kaumuskel	Gesicht
6	Schultergelenk	Rücken/Schultern
8	Brustbein	Brust
9	Brustmuskel	Brust
10	Bauchmuskel	Bauch
11	Beckenknochen	Becken
16	Armnerv	Oberarm/Ellenbogen
17	Zeigefingerbeere d	Hand/Finger
18	Zeigefingerbeere nd	Hand/Finger
21	Daumenballen	Hand/Finger
22	Handinnenfläche d	Hand/Finger
23	Handinnenfläche nd	Hand/Finger
26	Oberschenkelmuskel	Oberschenkel/Knie
27	Kniescheibe	Oberschenkel/Knie
28	Schienbein	Unterschenkel

d	Dominante Körperseite
nd	Nicht dominante Körperseite



Körperrückseite	Spezifische Lokalisation	Körperregion
4	Halsmuskel	Hals (Seiten/Nacken)
5	Dornfortsatz 7. Halswirbel	Hals (Seiten/Nacken)
7	Dornfortsatz 5. Lendenwirbel	Rücken/Schultern
12	Deltamuskel	Oberarm/Ellenbogen
13	Oberarmknochen	Oberarm/Ellenbogen
14	Speichenknochen	Unterarm/Handgelenk
15	Unterarmmuskel	Unterarm/Handgelenk
19	Zeigefingerendgelenk d	Hand/Finger
20	Zeigefingerendgelenk nd	Hand/Finger
24	Handrücken d	Hand/Finger
25	Handrücken nd	Hand/Finger
29	Wadenmuskel	Unterschenkel

d	Dominante Körperseite
nd	Nicht dominante Körperseite

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

ISO TS 15066 – Biomechanische Grenzwerte

Körperlokalisation			Quasi statischer Kontakt (Klemmen)		Transienter Kontakt (Freier Stoß)	
Spezifische Lokalisation		Körperregion	Spitzendruck p_S [N/cm²] (Anmerkung 1)	Kraft F_S [N] (Anmerkung 2)	Spitzendruck P_T Faktor (Anmerkung 3)	Kraft F_T Faktor (Anmerkung 3)
1	Stirnmitte	Schädel und Stirn	130	130	Kein	Kein
2	Schläfe		Kritische Zone			
3	Kaumuskel	Gesicht	110	65		
4	Halsmuskel	Nacken	140	150	2	2
5	Dornfortsatz 7. Halswirbel		210			
6	Schultergelenk	Rücken und Schultern	160	210		
7	Dornfortsatz 5. Lendenwirbel		210			
8	Brustbein	Brust	120	140		
9	Brustmuskel		170			
10	Bauchmuskel	Bauch	140	110		
11	Beckenknochen	Becken	210	180		
12	Deltamuskel	Oberarm und Ellenbogen	190	150		
13	Oberarmknochen		220			
14	Speichenknochen	Unterarm und Handgelenk	190	160		
15	Unterarmmuskel		180			
16	Armnerv		180			
17	Zeigefingerbeere d	Hand und Finger	300	140		
18	Zeigefingerbeere nd		270			
19	Zeigefingerendgelenk d		280			
20	Zeigefingerendgelenk nd		220			
21	Daumenballen		200			
22	Handinnenfläche d		260			
23	Handinnenfläche nd		260			
24	Handrücken d		200			
25	Handrücken nd		190			
26	Oberschenkelmuskel	Oberschenkel und Knie	250	220		
27	Kniescheibe		220			
28	Schienbein	Unterschenkel	220	130		
29	Wadenmuskel		210			

Tabelle A.2 — Biomechanische Grenzwerte

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

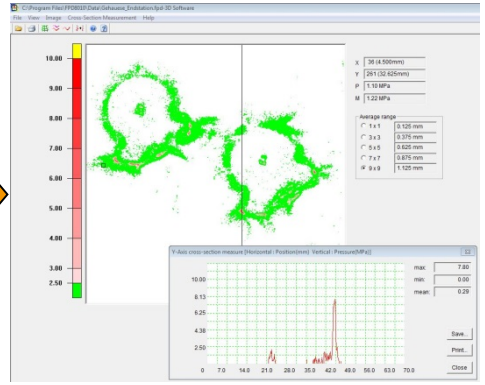
Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

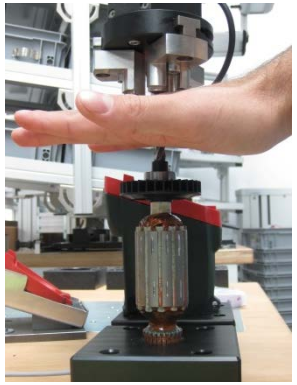
Fraunhofer IAO

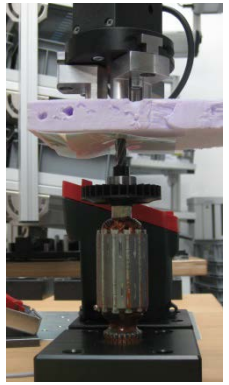
Druckmessungen im Kollisionsfall

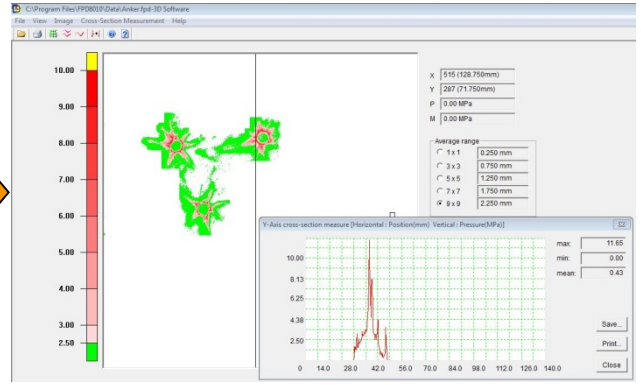
(Bohrmaschinenmontage)

Kollisionsfall | Druckmessungen* | Messergebnis | Auswertungssoftware**









*MOS FUJI Druckmessfolie LW

**Software: FPD8010Win

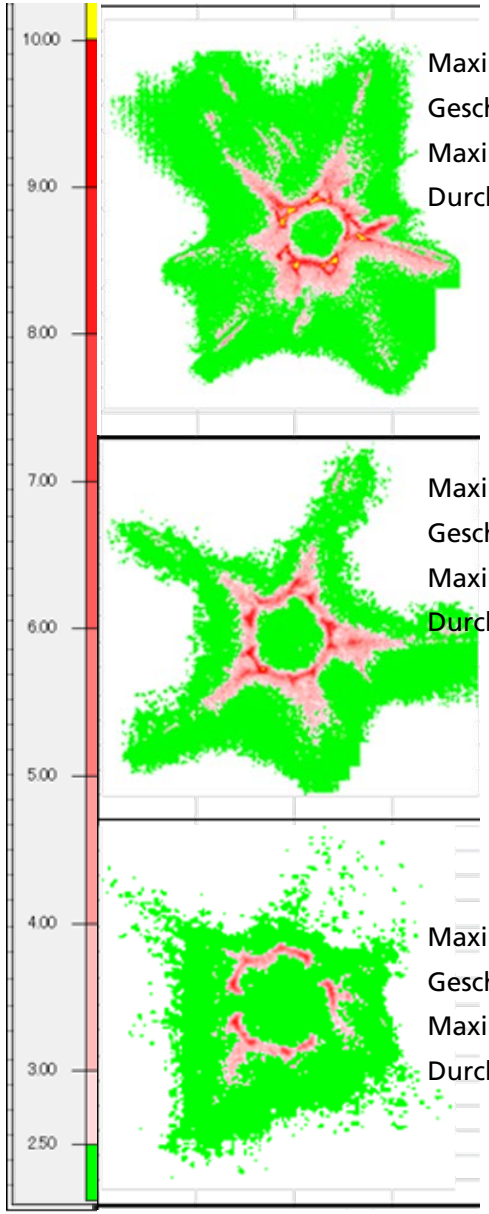
© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Einfluss von Kraft und Geschwindigkeit auf die Druck-Auswertung



Maximale Kraft: 150N
Geschwindigkeit: 1.500mm/s
Maximaler Druck: 1.275N/cm²
Durchschn. Druck: 190 N/cm²

Maximale Kraft: 120N
Geschwindigkeit: 750mm/s
Maximaler Druck: 1.165N/cm²
Durchschn. Druck: 180 N/cm²

Maximale Kraft: 100N
Geschwindigkeit: 250mm/s
Maximaler Druck: 825N/cm²
Durchschn. Druck: 155 N/cm²

Abnehmender Druck im Kollisionsfall
bei abnehmender Geschwindigkeit und Stoppkraft

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart
AQUIAS Teilhabe durch Robotik
Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT
Fraunhofer IAO

Checkliste zur Gefährdungsbeurteilung für Mensch-Robotik-Kollaboration

DGUV empfiehlt MRK-Einsatz nur von gesunden Mitarbeitern

Gefährdungsbeurteilung
Kollaborierende Robotersysteme

DGUV

Gefährdung	Risiko	Schutzmaßnahme
Mechanische Gefährdung des Werkers – Unbeabsichtigter Kontakt mit gefahrbringenden Bewegungen	Hoch	– Sichere Arbeitsräume für Roboter einschl. Werkzeug nach PLd, Kategorie 3, (Risikobewertung des Herstellers anfordern) – Ausschluss von Kopf und Hals vom Arbeitsbereich (Risikobewertung des Herstellers anfordern) – Messung von Kraft- und Druckgrenzwerten vor Inbetriebnahme (Messprotokolle anfordern), gerundete Kanten – Einsatz nur von gesunden Mitarbeitern Wiederkehrende Messungen durch jährl. Prüfung – Freigabe von veränderten Programmen, Werkzeugen und Werkstücken – Mitarbeiterschulung vor Inbetriebnahme – Ausreichende Beleuchtung
Mechanische Gefährdung von Programmierern, Einrichtern und Instandhaltern – Unbeabsichtigter Kontakt mit gefahrbringenden Bewegungen	Hoch	– Betriebsartenwahlschalter, Zustimmschalter und reduzierte Geschwindigkeit (Risikobewertung des Herstellers anfordern) – Safety-Programmierer qualifizieren
Mechanische Gefährdung von Besuchern – Unbeabsichtigter Kontakt mit gefahrbringenden Bewegungen	Gering	– Besucher nur in Begleitung – Schwarz/gelbe Schraffur am Boden – Vermeidung von Stolperstellen – Keine Bedienknöpfe im Arbeitsbereich – Not-Halt leicht erreichbar
Psychische Gefährdung – Eingeklemmtsein nach einem Sicherheitsstopp – Überforderung, Stress, Arbeitstempo	Mittel	– Knopf zum Entlasten der Achsen vom Hersteller fordern – Einweisung der Mitarbeiter in Notsituationen, Fluchtwege vorsehen – Betriebsanweisung leicht verständlich an der Anlage anbringen – Durch biomechanische Grenzwerte keine hohen Geschwindigkeiten möglich
Ergonomie – Ungünstige Körperhaltung	Mittel	– Positionierung des Roboters auf Sockel oder hängend – Optimierte Bahnplanung - erste Bewegung vom Werker weg (Sichtprüfung)
Elektrische Gefährdung – Elektrischer Schlag, statische Aufladung	Mittel	– Ausführung der Anlage nach EN 60204-1 (EG-Konformität)

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Ergonomie

In vielen Applikationen soll der Roboter Belastungen der Arbeit reduzieren

Bildquelle: Audi

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Ergonomie bei Audi (part4you)

https://www.youtube.com/watch?v=jVlSbETd8Wo

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Hauptwellenmontage schwere Zahnräder

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS
Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart
Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Ergonomie - Belastung / Beanspruchung

Ein schädigungsloser Arbeitsplatz ist heute selbstverständlich, aber wie können Beeinträchtigungen **sowohl physischer als auch psychischer Art** vermieden werden (z.B. Zunahme von Monotonie)

Beispiele für psychische Belastungen*:

- **Positive Einflussmöglichkeiten**
  - Wegfall von Zeitdruck
  - Evtl. Wegfall von Komplexität
  - Reduzierung von Monotonie
  - Wegfall permanenter Aufmerksamkeit
- **Negative Einflussmöglichkeiten**
  - Mehr Monotonie – da kürzerer Takt
  - Nähe / Abstand / Position / Stellung des Roboters wird als unangenehm empfunden
  - Roboteraktionen sind nicht vorhersehbar

*Seit Ende 2013 fordert das Arbeitsschutzgesetz explizit die Berücksichtigung der psychischen Belastung in der Gefährdungsbeurteilung.

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

MRK: Besondere behinderungsbedingte Sicherheitsrisiken

Physische Einschränkungen bei reiner Körperbehinderung

Physische Einschränkungen

1) Eingeschränkte manuelle Greiffähigkeit, z.B. durch fehlende Finger
2) Eingeschränkte Reichweite, z.B. durch verkürzte Arme
3) Kein Sitzen möglich, z.B. durch Muskelschwäche
4) Arbeitsfläche nicht erreichbar, z.B. durch Fettleibigkeit
5) Unvorhersehbare Bewegungen, z.B. durch spastischen Anfall

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

MRK: Besondere behinderungsbedingte Sicherheitsrisiken

Psychische Einschränkungen

A) Allgemeine psychische Einschränkungen

1) Abweichungen von „normalem“ Arbeitsverhalten
bezogen auf einen durchschnittlich gesunden Menschen
z.B. Vorhersehbarkeit, Konsistenz, Zuverlässigkeit des Arbeitsverhaltens

2) Unsachgemäße Nutzung des MRK-Arbeitsplatzes
z.B. besteigen, sich darunterlegen, Spielen, Manipulation, Umgehung der Sicherheitssysteme, grundlose Betätigung des Not-Aus, Überbelastung, Beschädigung, …

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

MRK: Besondere behinderungsbedingte Sicherheitsrisiken

Psychische Einschränkungen

B) Spezifische psychische Einschränkungen

1) Regelmäßige/intensive Angstanfälle/psychotische Phasen
2) Selbstverletzungsabsicht, z.B. bei Depression
3) Schreckhaftigkeit, z.B. bei optischen/akustischen Signalen
4) Eingeschränkte Wahrnehmung von Bewegungen, z.B. Annäherung des Roboterarms
5) Erhöhte Stressbelastbarkeit, z.B. Aufforderungsgehalt der Bewegung des Roboterarms
6) Intellektuelle Einschränkungen, die das Verständnis des MRK-Arbeitsplatzes erschweren, z.B. Arbeitsabläufe, Übergabepunkte, Reaktionsweisen des Roboters, Signale
7) Behinderungsbedingt erhöhte ergonomische Beanspruchung, z.B. bei häufigen Bewegungen
8) Starke Lernbehinderung, die Einlernen am MRK-Arbeitsplatz dauerhaft erschwert
9) Stress durch soziale Wettbewerbssituation bei Zusammenarbeit von mehreren Mitarbeitern mit dem Roboter

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Identifizierte Gestaltungsdimensionen ganzheitlich gestalteter und akzeptierter kollaborativer Montagearbeitsplätze

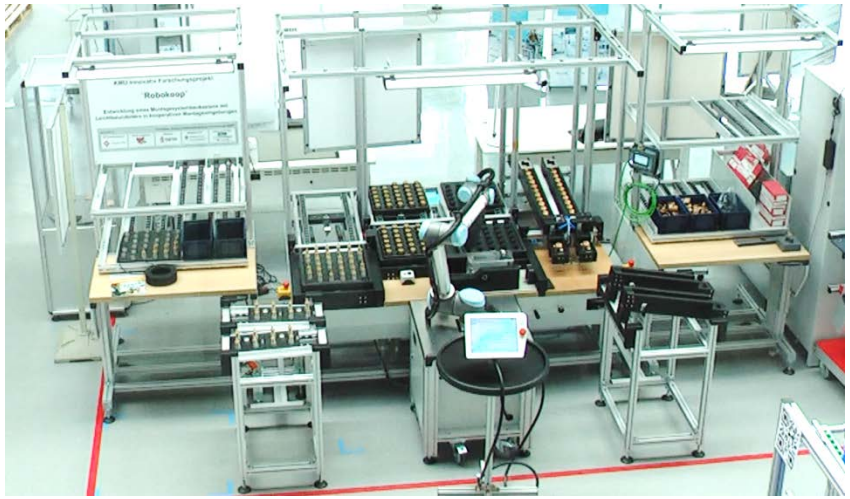
1. Wirtschaftlichkeit
   Kosten-/Nutzenbetrachtung für die Gesamtinvestition
2. Sicherheit
   Roboter, Greifer und Applikation müssen zertifiziert sein
3. Ergonomie
   Physische und psychische Belastungen minimieren
4. Arbeitsorganisation
   Gestufte Aufgabenprofile im Montagesystem anbieten
5. Akzeptanz
   Kooperative Gestaltung akzeptierter MRK-Arbeitsplätze

Version: wt-online 03/2016

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Arbeitsplatz, -ablauf und -aufgaben ändern sich eventuell erheblich

Klassischer manueller Montageplatz mit Materialbereitstellung



Robotertauglicher (hybrider) Montageplatz mit Materialbereitstellung

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Akzeptanz

Kooperative Gestaltung akzeptierter MRK-Arbeitsplätze muss neu strukturiert werden

Bildquelle: SECA, Hamburg

Bildquelle: Aquias

Um akzeptierte Arbeitsplätze zu erhalten, sollten die operativen Mitarbeiter bei der Gestaltung eingebunden werden.

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Vorgehen bei der kooperativen Planung 1/2

- **Frühzeitig mit der neuen Technologie vertraut machen**

Beispielmontage am Fraunhofer IAO

- Konzeptgestaltung der Arbeitsplätze

Bsp: Unterschiedliche Konzepte

In Second Life*

Alternativ: Planungstisch, Metaplantafel, evtl. Cardboard

Quelle: Kremer D.; Hermann, S.; de Maria-Campos, V. (2016): Inklusion schwerbehinderter Produktionsmitarbeiter durch Robotik: Chancen und Herausforderungen. Konferenz "Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0", 19.09.2016, Haus der Wirtschaft, Stuttgart.

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

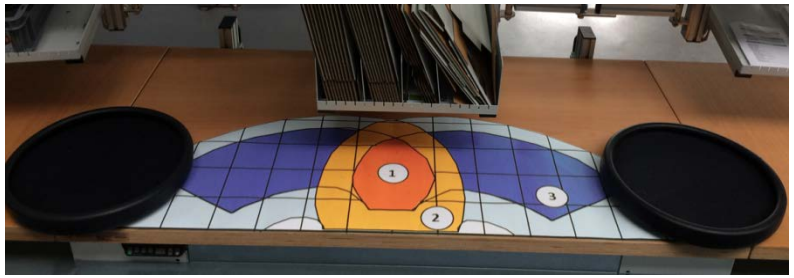
AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Vorgehen bei der kooperativen Planung 2/2

- Feinplanung des manuellen Bereiches durch die Mitarbeiter



Bsp: Betriebsmittelanordnung mit Hilfe einer Greifraumschablone + Cardboard

- Qualifizierung der Mitarbeiter und Führungskräfte

Bsp: Mitarbeiter und Führungskräfte am Arbeitssystem (frühe Phase, noch nicht fertig)

- „Spielstunde“ mit allen Mitarbeitern vor dem eigentlichen Produktionsstart

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Identifizierte Gestaltungsdimensionen ganzheitlich gestalteter und akzeptierter kollaborativer Montagearbeitsplätze

1. Wirtschaftlichkeit
   Kosten-/Nutzenbetrachtung für die Gesamtinvestition
2. Sicherheit
   Roboter, Greifer und Applikation müssen zertifiziert sein
3. Ergonomie
   Physische und psychische Belastungen minimieren
4. Arbeitsorganisation
   Gestufte Aufgabenprofile im Montagesystem anbieten
5. Akzeptanz
   Kooperative Gestaltung akzeptierter MRK-Arbeitsplätze

Version: wt-online 03/2016

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Arbeitsteilung – wer macht was?

Treiber/Kriterien für die Arbeitsteilung:

- Fähigkeiten des Menschen und des Roboters
- Wirtschaftlichkeit
- Gesetzliche und betriebliche Rahmenbedingungen

NEU für die Planung der manuellen bzw. hybriden Abläufe

Sicherheit: *Bisher* war die Sicherheit durch den Schutzzaun gegeben. Dieser und Sonderregelungen bei Betreten der Zelle gab die Sicherheit vor

Bei MRK muss jedes Teil, das der Roboter bewegt/montiert und jede Bewegung des Roboters unter Sicherheitsgesichtspunkten bewertet werden

Situation des Menschen:

Die Produktivität von MRK-Arbeitsplätzen wird wesentlich von Akzeptanz und „Wohlfühlen“ des Mitarbeiters beeinflusst*
→ Die Arbeitssituation der Mitarbeiter muss entsprechend gestaltet werden

Quelle: *D.F. Bortot: Ergonomic Human-Robot Coexistence in the Branch of Production. Dissertation. Technische Universität München, München, 2013

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Arbeitsorganisation

Neue Aufgaben durch MRK in der Montage

Durch MRK kommen eine Reihe neuer / anderer Aufgaben in das Montagesystem z.B.:

Quelle: Bosch

- zusätzliche Bereitstellaufgaben
- evtl. neue direkte Montageaufgaben
- Roboter einrichten, rüsten und (einfache) Störungen
- Schulen und Anlernen am Roboter,
- den MRK-Einsatz dispositiv planen und organisieren,
- Roboter programmieren und instandhalten,
- planerische und dispositive Tätigkeiten für den LBR-Einsatz (wann, wo, welches Produkt)
- neue MRK-Applikationen planen und bewerten,
- MRK-Applikationen einführen.

→ Der arbeitsorganisatorische Gestaltungsspielraum für beanspruchungs-gerechte, qualifikations- und persönlichkeitsförderliche Arbeit ist da

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Mensch-Roboter-Kollaboration…

…und Qualifikationsanforderungen

Fragen für die Gestaltung einer Applikation

- Roboter werden typisch in Serienmontagen eingesetzt
- Monteure in (kurzzyklischen) Serienmontagen sind häufig keine Facharbeiter (der Branche)
- Soll der Monteur nur Monteur bleiben?
  - Oder Roboterbetreuer werden?
    - …ohne den Fachkräftebedarf zu erhöhen (siehe demografischer Wandel)
- Vorgänge wie Umrüsten, Greifer- bzw. Werkzeug- und damit Programmwechsel u.ä. dem Monteur übergeben?
  - Welche Anforderungen stellen die Roboter hierbei? (Kuka, Bosch, UR, …)

Bildquelle: https://www.cash-online.de/berater/2010/finanzvermittler-gleiche-qualifikationsanforderungen-fuer-alle/28199

→ Die Wahl des Roboters hat schon Einfluss auf den Qualifikationsbedarf

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Identifizierte Gestaltungsdimensionen ganzheitlich gestalteter und akzeptierter kollaborativer Montagearbeitsplätze

1. Wirtschaftlichkeit
   Kosten-/Nutzenbetrachtung für die Gesamtinvestition
2. Sicherheit
   Roboter, Greifer und Applikation müssen zertifiziert sein
3. Ergonomie
   Physische und psychische Belastungen minimieren
4. Arbeitsorganisation
   Gestufte Aufgabenprofile im Montagesystem anbieten
5. Akzeptanz
   Kooperative Gestaltung akzeptierter MRK-Arbeitsplätze

Version: wt-online 03/2016

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Wirtschaftlichkeit

Kosten und Nutzen abwägen - Beispiele

- Kosten
  - Anschaffungskosten
    - Roboter
    - Greifer, Endeffektor
    - Arbeitstisch
    - Dienstleistungen
    - Engineering & Integration
    - Erstqualifikationen
  - Kosten des laufenden Betriebs
    - Wartungen
    - Reparaturen
    - Stillstandszeiten
    - Energiekosten
    - Rüstkosten
    - Versicherungskosten

- Nutzen
  - Einfach quantifizierbar
    - Eingesparte Arbeitszeit
    - Bessere Qualität, weniger Nacharbeit
    - Produktivitätssteigerungen
    - Betriebszeiten
  - Nicht / schwer quantifizierbar
    - Arbeitssicherheit (weniger Verletzungsgefahr)
    - Bessere Ergonomie
    - Mitarbeitermotivation / -zufriedenheit
    - Flexibilität
    - Transparenz

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Mögliche Komponenten für MRK-Arbeitsplätze

Kleine oder große Lösung?

	Mögliche Komponenten MRK-Arbeitsplatz			
1	Greifarm	Greifer		Engineering & Program-mierung
2	Sicherheitssystem			
3	Montagevorrichtung	Endeffektor		
4	Materialbereitstellung			
5	Zuführung	Assistenzsystem	Tisch	
	Anpassung Produktionsumgebung			

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Rokoko: schnelle Investitionsabschätzung

KOSTENBLOCK-VERFAHREN

BASIS

HW

Roboter (Leichtbauroboter)
Greifer
Anlage
Schaltschrank
Materialbereitstellung (geordnet)

DIENSTLEISTUNGEN

Projektmanagement
Systems Engineering
Doku
Aufbau, Montage, Inbetriebnahme, Schaltschrank aufbauen, Rollenbahn
Inbetriebnahme, Programmierung, Tests
Reisekosten
Verpackung, Versand, Versicherung

Kann bei komplexeren Vorgängen das vier bis achtfache des Roboterpreises betragen

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Rokoko: schnelle Investitionsabschätzung

	AUSWAHLFELDER FÜR ANWEND.FALL					DATENBASIS KOSTENBLÖCKE						ANWENDUNGSFALL KOSTENBLÖCKE	
	gering	mittel	hoch	sensitiv = 1	customized = 1	gering		mittel		hoch			
BASIS						*INVEST*	*ANTEIL IN %*	*INVEST*	*ANTEIL IN %*	*INVEST*	*ANTEIL IN %*		
HW													
Roboter (Leichtbauroboter)	1					20.000	20%	45.000	22%	80.000	23%	20.000€	9%
Greifer		1			1	2.500	2%	6.000	3%	15.000	4%	6.000€	3%
Anlage		1				3.200	3%	6.500	3%	9.700	3%	6.500€	3%
Schaltschrank		1				5.000	5%	15.000	7%	25.000	7%	15.000€	7%
Materialbereitstellung (geordnet)			1			5.800	6%	18.300	9%	48.000	14%	48.000€	21%
DIENSTLEISTUNGEN													
Projektmanagement			1			5.800	6%	11.300	6%	20.000	6%	20.000€	9%
Systems Engineering			1			8.800	9%	13.800	7%	22.300	6%	22.300€	10%
Doku			1	0		5.000	5%	8.750	4%	11.700	3%	11.700€	5%
Aufbau, Montage, Inbetriebnahme, Schaltschrank aufbauen, Rollenbahn		1				15.000	15%	25.000	12%	35.000	10%	25.000€	11%
Inbetriebnahme, Programmierung, Tests		1				25.000	25%	45.000	22%	60.000	17%	45.000€	20%
Reisekosten		1				2.000	2%	5.000	2%	10.000	3%	5.000€	2%
Verpackung, Versand, Versicherung		1				2.000	2%	5.000	2%	10.000	3%	5.000€	2%
SONDER-HW UND DIENSTLEISTUNGEN													
Peripherie – Prozess-HW – projektbezogen			1				0%		0%		0%	0€	0%
Sonderprozesse einfahren			1				0%		0%		0%	0€	0%
Korrekturbetrag												€	0%
						100.100	100%	204.650	100%	346.700	100%	229.500€	100%

MRK-LÖSUNGEN FÜR NICHTBEHINDERTE PRODUKTIONSMITARBEITER

Peter Rally, Fraunhofer IAO

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS
Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart
Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Stand der schutzzaunlosen Robotik in der Montage in Deutschland*

Fraunhofer IAO hat 25 unterschiedliche Applikationen von MRK in der deutschen Industrie im Bereich Montage untersucht.

Auswahlkriterien für die Applikationen waren

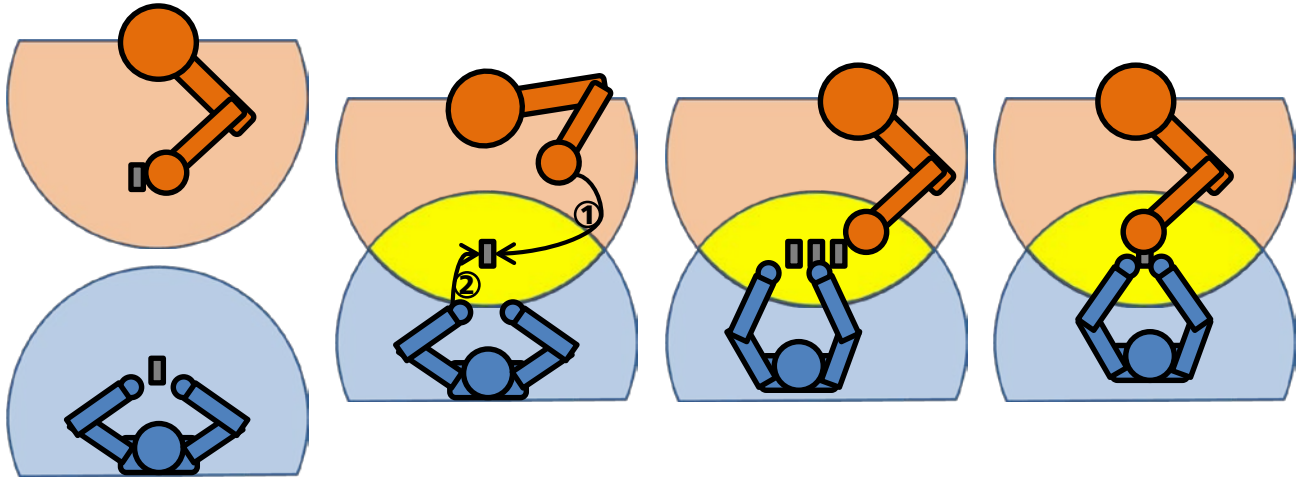
- Applikation ist ohne Schutzzaun
- Applikation läuft in Deutschland
- Auskünfte im persönlichen Gespräch (17) oder gut recherchierbar (8)
- Serieneinsatz oder seriennah
- Roboter, die bereits mehrfach im Industrieeinsatz sind

*Stand: 2015/16

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Verteilung des Kollaborationsgrads bei den Anwendungen

64%	16%	12%	8%
Koexistenz	Synchronisiert	Kooperation	Kollaboration



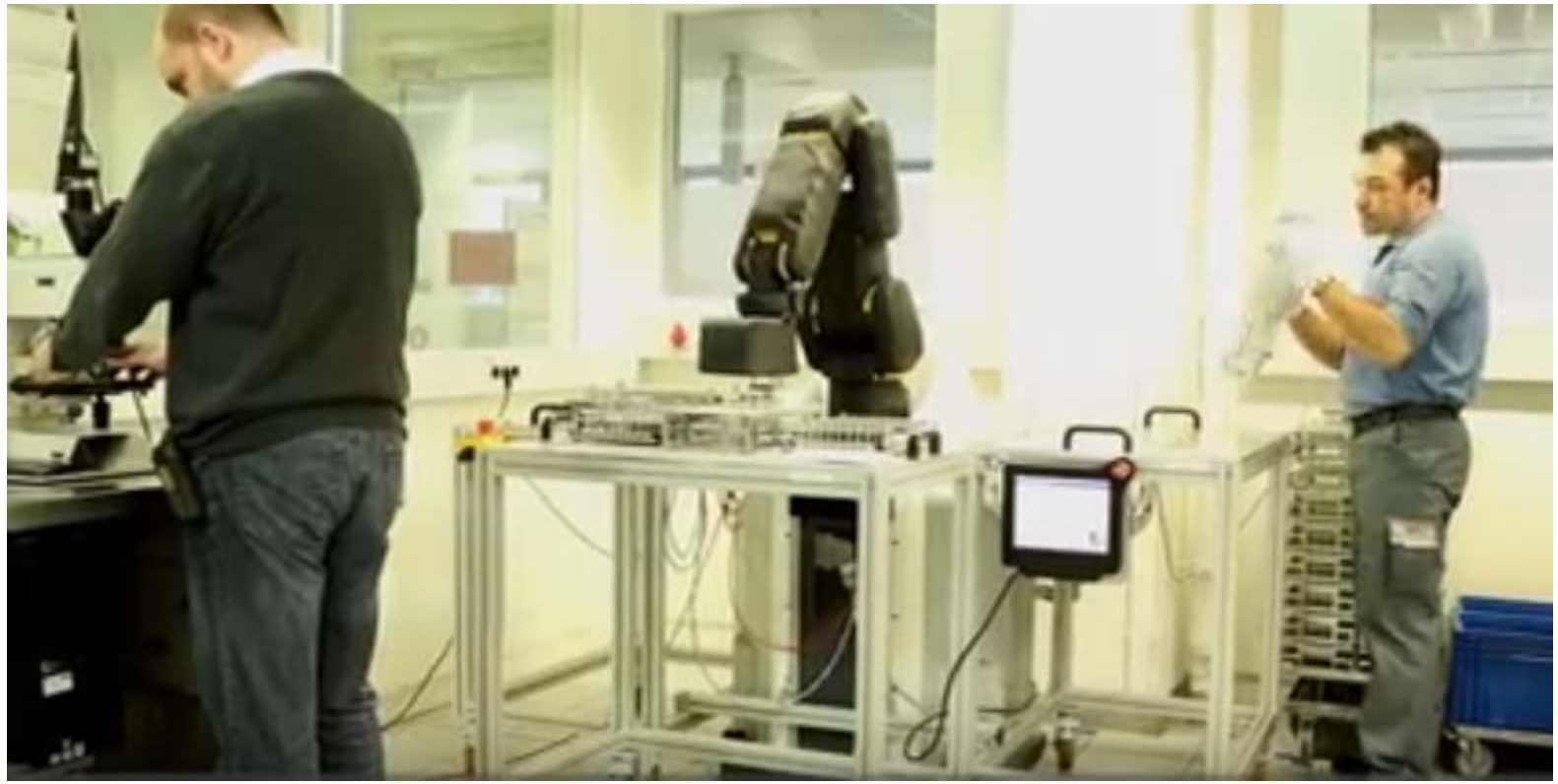
Studienergebnis:

„Nur in zwei Anwendungsfällen befindet sich der Mitarbeiter wirklich in einem kollaborativen Einsatz mit dem Roboter. In den meisten Fällen – bei der Koexistenz – arbeiten Mitarbeiter und Roboter nicht oder nur zeitweise im gemeinsamen Arbeitsraum.“

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

Beispiel Koexistenz

https://www.youtube.com/watch?v=ziDh3C5GkwM



© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Beispiel Synchronisiert (Sequenziell)

https://www.youtube.com/watch?v=Ew8AWH9H95s

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Beispiel Kooperation

Modellfabrik Fraunhofer IAO

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS
Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart
Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO

Beispiel Kollaboration

https://www.youtube.com/watch?v=8ZQP2khImbM

© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart

AQUIAS
Teilhabe durch Robotik

Universität Stuttgart
Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

Fraunhofer IAO