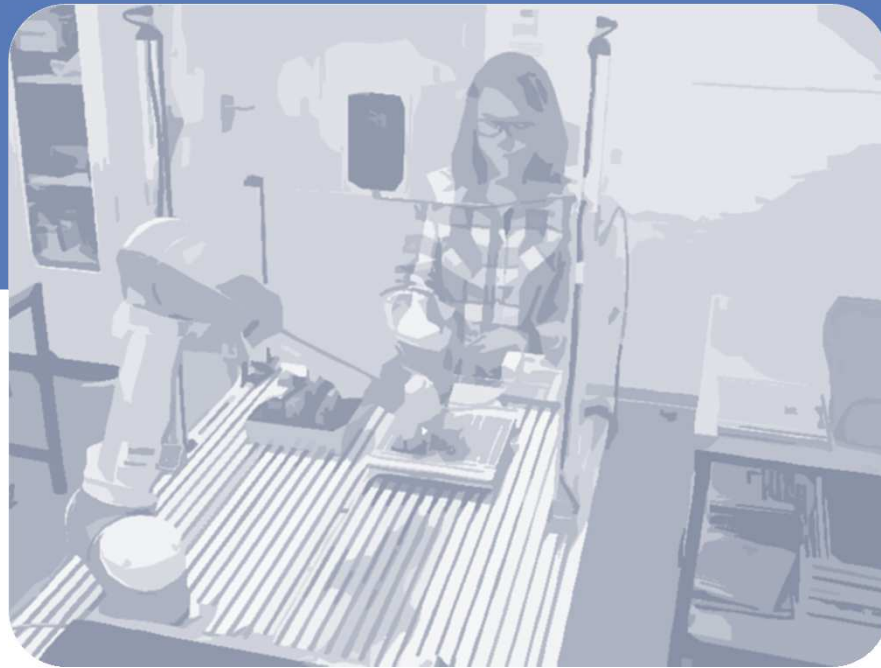


# Gestaltungsdimensionen guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit



# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

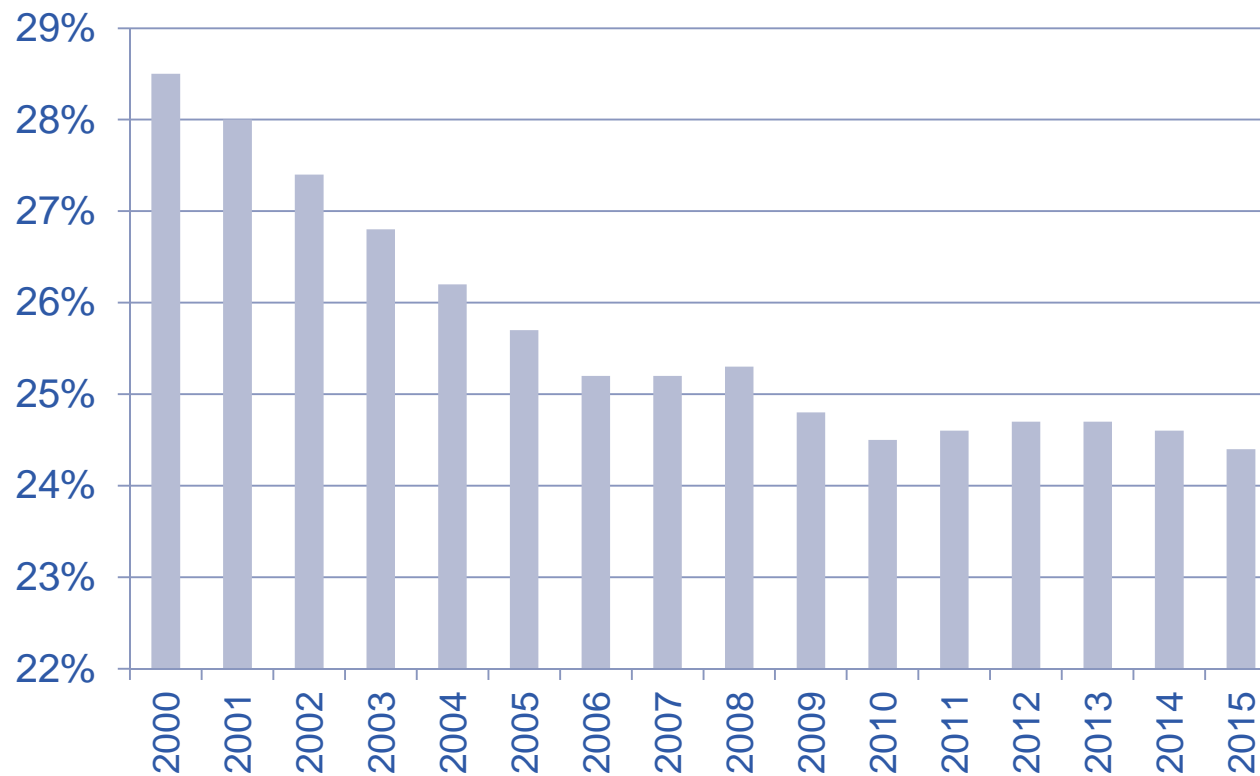
## Übersicht

- **Produktionsbedingungen in Deutschland**
- Potentiale der Mensch-Roboter-Zusammenarbeit
- Gestaltungsdimensionen
- Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung
- Fazit

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Produktionsbedingungen in Deutschland

- BIP-Anteil des produzierenden Sektors

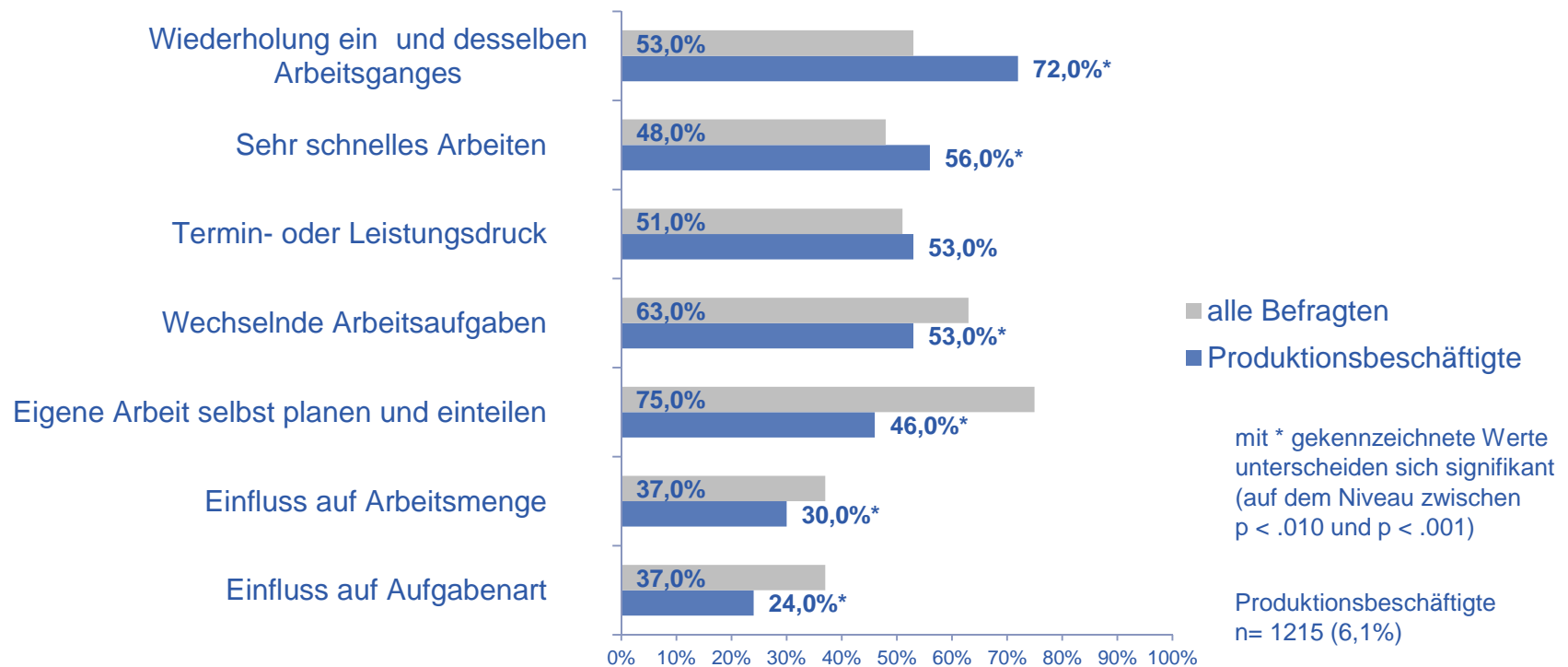


Quelle: Statistisches Bundesamt, 2016

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Produktionsbedingungen in Deutschland

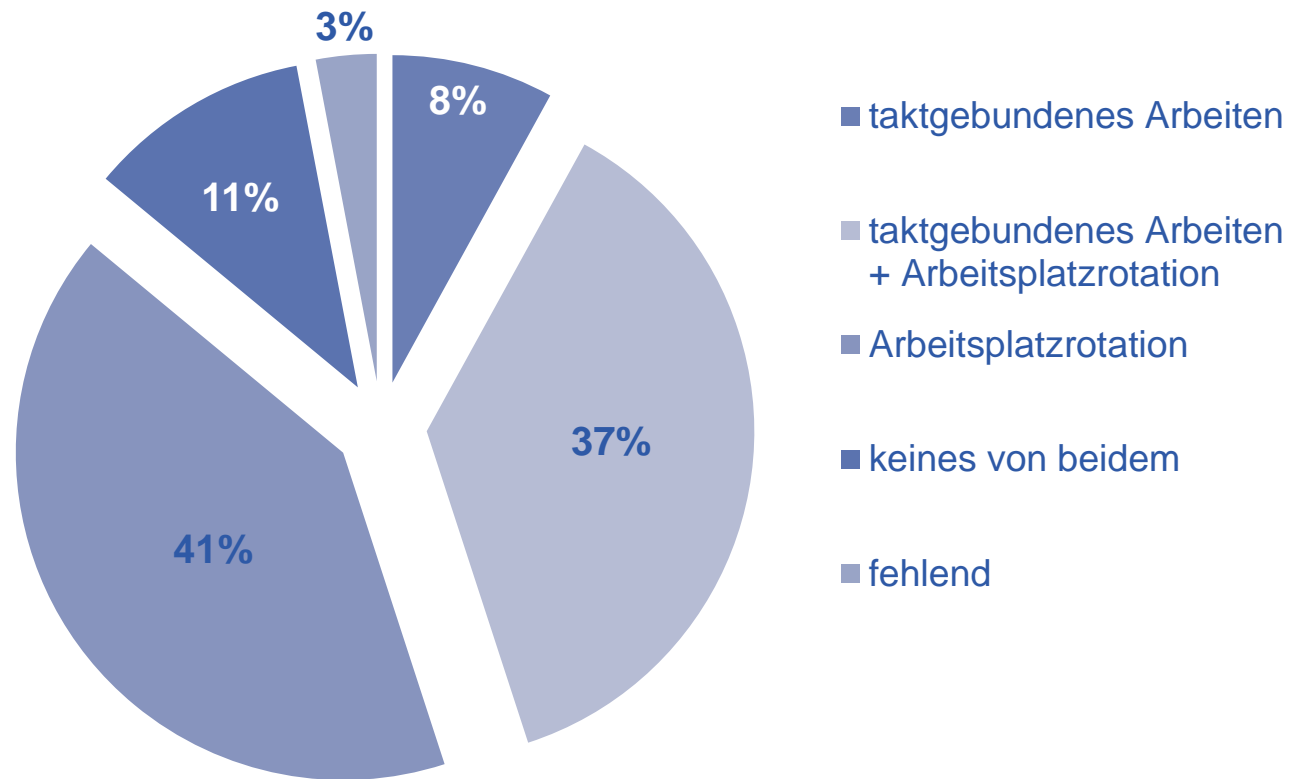
### - Häufige auftretende Arbeitsbedingungen



Quelle: Gewichtete Daten der Arbeitszeitbefragung (BAuA, 2015), Filter: Arbeit an Produktionsmaschinen und -anlagen

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

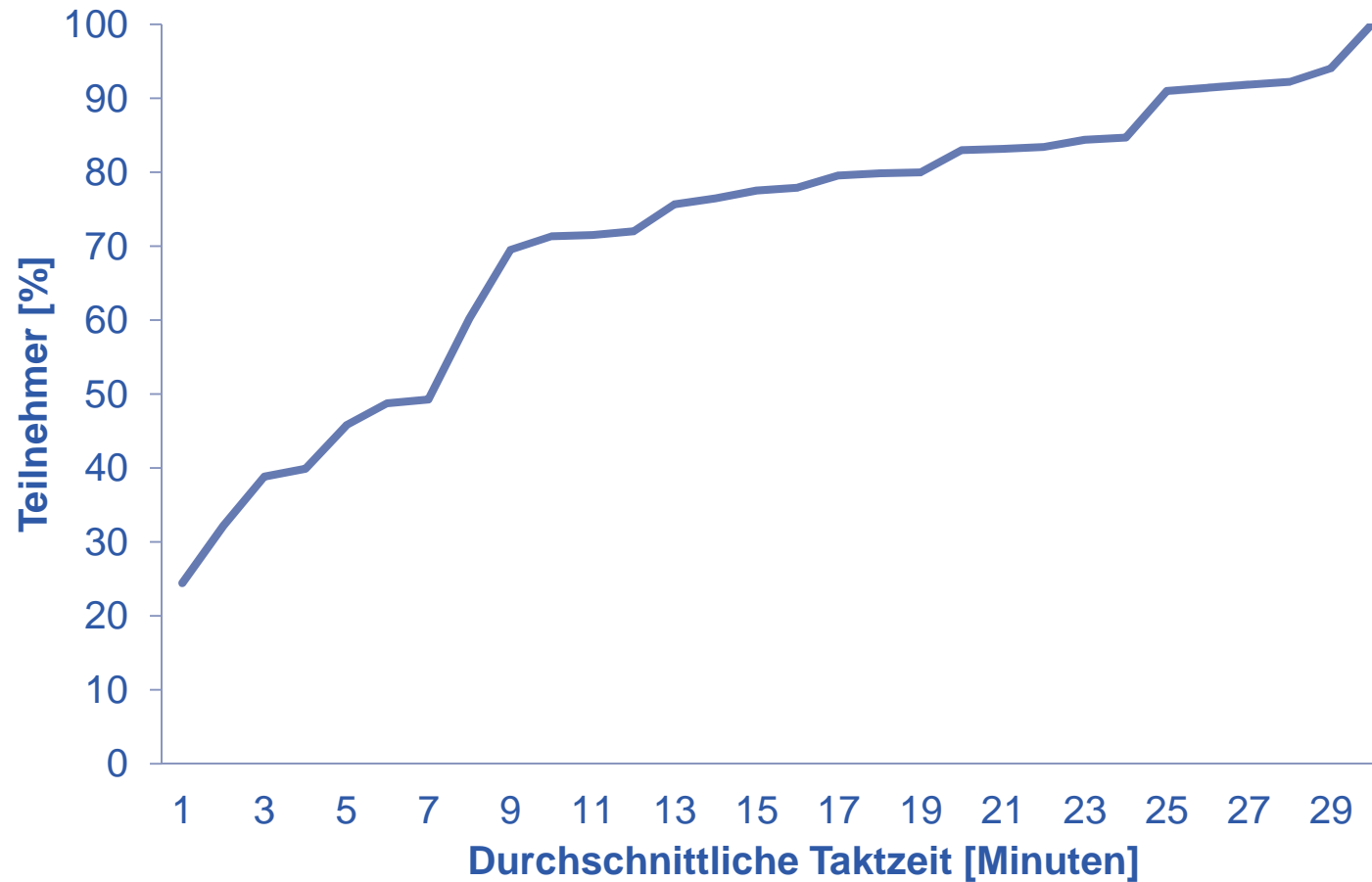
## Produktionsbedingungen in Deutschland



Quelle: Gewichtete Daten der Arbeitszeitbefragung (BAuA, 2015), Filter: Arbeit an Produktionsmaschinen und -anlagen

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Produktionsbedingungen in Deutschland



Quelle: Gewichtete Daten der Arbeitszeitbefragung (BAuA, 2015), Filter: Arbeit an Produktionsmaschinen und -anlagen

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

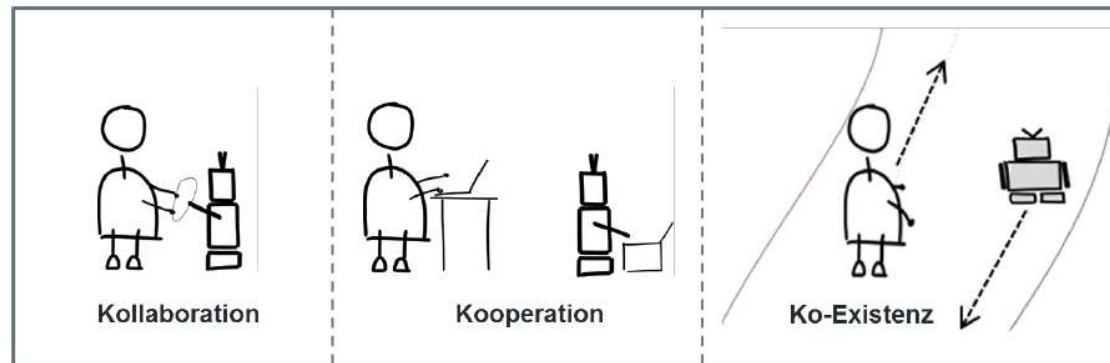
## Übersicht

- Produktionsbedingungen in Deutschland
- **Potentiale der Mensch-Roboter-Zusammenarbeit**
- Gestaltungsdimensionen
- Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung
- Fazit

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Potentiale der Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

- Bei jedem Einsatz sollte zunächst geprüft werden, welche Art der Interaktionsform zwischen Mensch und Roboter für die Aufgabenerfüllung sinnvoll und zielführend ist
- Mögliche Interaktionsformen

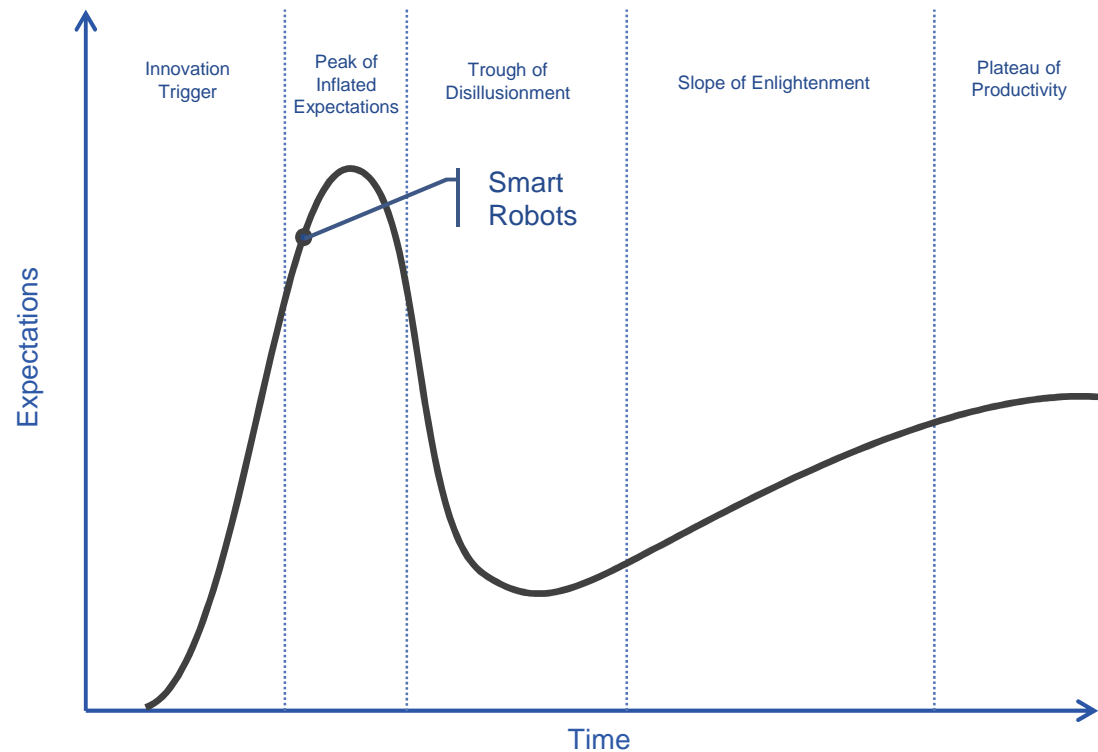


Quelle: <http://www.baua.de/de/Publikationen/Fokus/Mensch-Roboter-Interaktion.html>



# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Potentiale der Mensch-Roboter-Zusammenarbeit?



Years to Mainstream Adoption: ● 5 to 10 years

Quelle: in Anlehnung an Hype Cycle for Emerging Technologies, Juli 2016 (<http://www.gartner.com/newsroom/id/3412017>)

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Potentiale der Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

- **Kollaborationsszenarien** lassen sich derzeit überwiegend dort finden, wo große Roboter als Handhabungsvorrichtung genutzt werden
- Beispiel Autoindustrie:
  - Einsatz eines Industrieroboters bei der Einführung einer zu montierenden, schweren Baugruppe in eine Karosserie und anschließende Befestigung

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Potentiale der Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

- **Kooperationsszenarien** finden sich z. B. bei der (Teil-)Automation von Reihen- oder Fließmontagen
- **Chancen** können sich beispielsweise durch die Übernahme fehlbelastender Aufgaben durch den Roboter ergeben, der Mensch übernimmt in der Folge höherwertige Aufgaben
- **Risiken** können sich beispielweise durch eine unzureichende Aufgabenallokation und damit einer Delegation von Resttätigkeiten an den Menschen ergeben

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Übersicht

- Produktionsbedingungen in Deutschland
- Potentiale der Mensch-Roboter-Zusammenarbeit
- **Gestaltungsdimensionen**
- Möglichkeiten der Gestaltung und Bewertung
- Fazit

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Gestaltungsdimensionen

### - Informationsquelle Sicherheitstechnik

**IFA**  
Institut für Arbeitsschutz der  
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

**Kollaborierende Roboter (COBOTS)**  
**Sichere Kooperation von Mensch und Roboter**

Kollaborierende Industrieroboter sind komplexe Maschinen, die Hand in Hand mit Personen zusammenarbeiten. In einem gemeinsamen Arbeitsprozess unterstützen und entlasten Roboter den Menschen. Ein Beispiel: Ein Roboter hebt und positioniert ein schweres Werkstück, während eine Person leichte Eisenhaken anschweißt. Bei dieser Arbeitstätigkeit besteht zwischen der Person und verschiedenen Roboterelementen – beispielsweise Roboterarm, Werkzeug – eine große räumliche Nähe. Dabei kann es zu direktem Kontakt zwischen Roboter und Personen kommen. Eine vergleichbare Situation findet man bei mobilen Service Robotern, die in steigender Zahl in der Arbeitswelt und in öffentlichen oder privaten Umgebungen nahe neben Personen eingesetzt werden.

**Ansprechpartner:**  
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)  
Fachbereich 5  
Dr. Michael Huecke  
Alte Heerstraße 111  
53757 Sankt Augustin  
Tel.: 02241 231-2644  
Fax: 02241 231-2234

**BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach Maschinenrichtlinie**

**Gestaltung von Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern**

U 001/2009 Oktober 2009, Fassung Februar 2011

Quelle: <http://www.dguv.de/ifa/Fachinfos/Kollaborierende-Roboter/index.jsp>

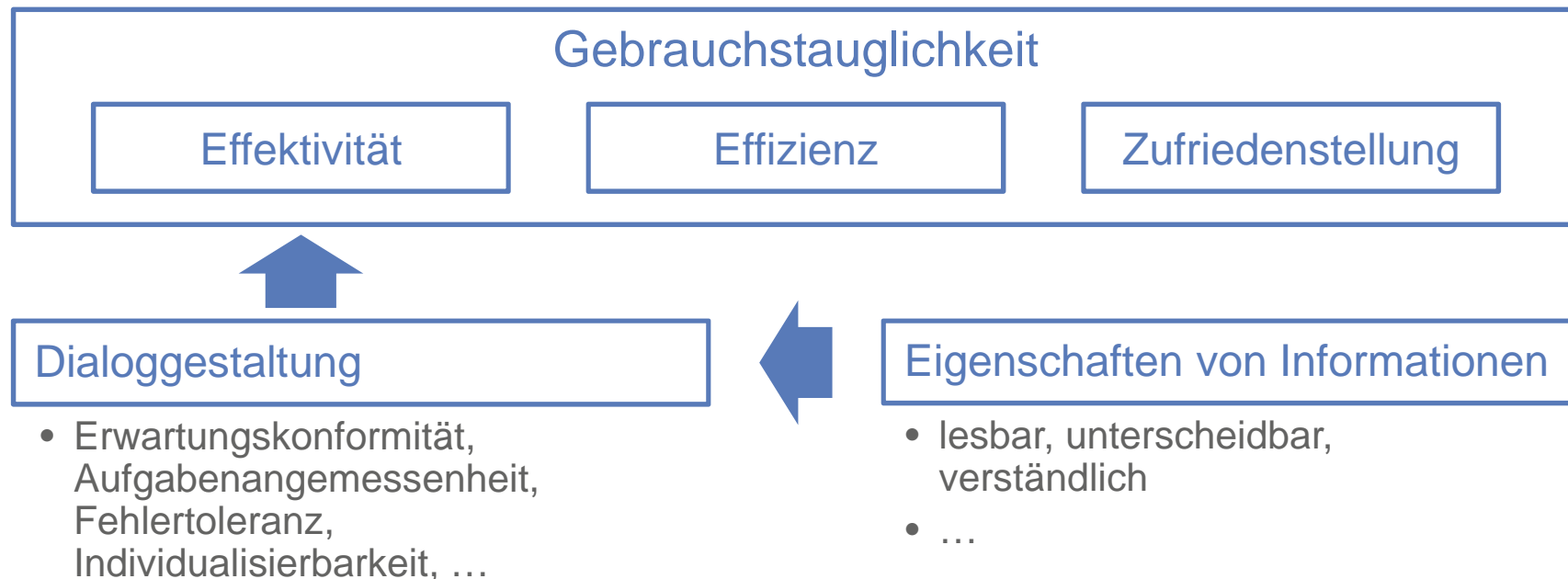
# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Gestaltungsdimensionen

§ 3 Abs. 2 BetrSichV:

„Bei der Gefährdungsbeurteilung ist insbesondere Folgendes zu berücksichtigen:

1. die Gebrauchstauglichkeit von Arbeitsmitteln einschließlich der ergonomischen, alters- und altersngerechten Gestaltung, ...“



# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Gestaltungsdimensionen

- Ziel: Interaktionsgestaltung entsprechend der Dimensionen der Dialoggestaltung
  - Aufgabenangemessenheit
  - Individualisierbarkeit
  - Lernförderlichkeit
  - Steuerbarkeit
  - Fehlertoleranz
  - Selbstbeschreibungsfähigkeit
  - Erwartungskonformität



M. Adler, H.-J. Herrmann, M. Koldehoff, V. Meusel, S. Scheuer,  
H. Müller-Arnecke, A. Windel, T. Bleyer

**baua:**  
Kompetenz für Arbeitssicherheit  
und Arbeitsmedizin

Quellen: DIN EN ISO 9241 – Ergonomie der Mensch-System-Interaktion, DIN EN ISO 9241-110 Grundsätze der Dialoggestaltung

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Übersicht

- Produktionsbedingungen in Deutschland
- Mensch-Roboter-Zusammenarbeit
- Gestaltungsdimensionen
- **Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung**
- Fazit



# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung

- Technikbezogene Interaktionsmerkmale
  - Dialogprinzipien
  - Technikakzeptanz
- Personenbezogene Interaktionsmerkmale
  - Beanspruchung
  - Emotionen
  - Valenz

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung

- Technikbezogen

Interaktionsmerkmal	Beispiel
Dialogprinzipien (u. a. Aufgabenangemessenheit, Fehlertoleranz, Individualisierbarkeit...) nach DIN EN ISO 9241	„Der Roboter ist auf die von mir zu bearbeitende Aufgabe zugeschnitten.“  „Die Meldungen des Roboters sind für mich sofort verständlich.“
Technikakzeptanz (wahrgenommener Nutzen, Einfachheit der Nutzung)	„Insgesamt finde ich den Roboter nützlich.“; „Ich finde den Roboter einfach zu bedienen.“

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung

- Personenbezogen

Interaktionsmerkmal	Beispiel
Beanspruchung (physisch, mental, emotional)	Geistige und körperliche Anforderungen und Anstrengung
Positive, negative Emotionen	aktiv, stolz, gereizt, ängstlich
Valenz (Wertigkeit, Eindrucksstärke)	„Ich arbeite gerne mit dem Roboter zusammen.“

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung

### - Verfahren einer MRI-Toolbox

Gebrauchstauglichkeit & Technikakzeptanz	Beanspruchung & Affekt
Dialogprinzipien in Anlehnung an IsoMetrics (51 items, vgl. auch Gediga, Hamborg & Duntsch, 1999)	NASA-TLX (Samel, et. al., 1996)
2 Items zum wahrgenommenen Nutzen (eigene)	Wuppertaler Screening Instrument Psychische Beanspruchung (WSIB) (Wieland & Hammes, 2014)
2 Items zur wahrgenommenen Einfachheit der Nutzung (eigene)	(Positive and Negative Affect Schedule) PANAS (Krohne et. al., 1996)
	2 Items zur Valenz (eigene)
	1 Item zur Dominanz (eigene)

Quellen: Rosen, P. H., Robelski, S., Kirchoff, B. & Wischniewski, S. (2016). Mensch-Roboter-Teams – Klassifikation, Gestaltung und Evaluation der Interaktionen im Arbeitssystem. *wt Werkstatttechnik online*, Jg. 106, H9, 605 – 609.

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung

- **Aufgabenangemessenheit** („Der Roboter zwingt mich zu überflüssigen Arbeitsschritten.“)
- **Individualisierbarkeit** („Ich kann den Roboter an meine persönlichen Voraussetzungen anpassen, z. B. Körpergröße.“)
- **Lernförderlichkeit** („Der Roboter gibt mir bei Bedarf Hilfestellungen zur Bedienung.“)
- **Steuerbarkeit** („Ich kann die Befehlseingabe jederzeit abbrechen.“)
- **Fehlertoleranz** („Bei fehlerhaften Eingaben gibt der Roboter manchmal zu spät Rückmeldung.“)
- **Selbstbeschreibungsfähigkeit** („Die Meldungen des Roboters sind für mich sofort verständlich.“)
- **Erwartungskonformität** („Ich kann die Bearbeitungszeit des Roboters gut abschätzen.“)

Forschungsname  
Fragebogenname  
Code  
Bedingung

**baua:**  
Bundesagentur für Arbeitsschutz  
und Arbeitsmedizin

Index	Aufgabenangemessenheit						Keine Angabe
		stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittelmäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr	
A1	Der Roboter zwingt mich zu überflüssigen Arbeitsschritten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A3	Mit dem Roboter kann ich zusammenhängende Arbeitsabläufe vollständig bearbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A4	Der Roboter bietet mir alle Möglichkeiten, die ich für die Bearbeitung meiner Aufgabe benötige.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A7	Der Roboter stellt mir alle notwendigen Informationen bereit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A8	Für manche Aufgaben müssen zu viele Befehle/Eingaben gemacht werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A9	Die Rückmeldungen des Roboters passen zu meiner Aufgaben. D. h. sie enthalten keine zu knappen, überflüssigen oder unverständlichen Informationen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A-2	Der Roboter verwendet die gleichen Begriffe wie ich für meine Arbeitstätigkeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A-4	Der Roboter kann für wiederkehrende Arbeitsschritte angelemt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Index	Individualisierbarkeit						Keine Angabe
		stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittelmäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr	
I1	Ich kann den Roboter an meine persönlichen Voraussetzungen (z. B. Körpergröße, Körpergröße) anpassen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I4	Ich kann den Roboter an meine Kenntnisse anpassen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I7	Es ist möglich Kommandos, Funktionen etc. individuell zu benennen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I11	Ich kann die Reaktionszeit des Roboters an meine eigene Arbeitgeschwindigkeit anpassen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Index	Erlernbarkeit						Keine Angabe
		stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittelmäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr	
L2	Auch bei seltenem Gebrauch fällt mir die Bedienung des Roboters leicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L3	Der Roboter gibt mir bei Bedarf Hilfestellungen zur Bedienung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L4	Die Bedienung des Roboters war für mich leicht zu erlernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L5	Ich konnte den Roboter von Anfang an alleine ohne Hilfe von Kollegen bedienen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L6	Unbekannte Funktionen können durch Ausprobieren erlernt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L7	Für die Bedienung muss ich mir viele Details merken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung

- Studienbeschreibung
  - 44 Versuchsteilnehmer  
(23 männlich & 21 weiblich)
  - Alter zwischen 18 & 45 J.  
( $M = 25.44$ ;  $SD = 6.05$ )
  - Zyklische Montage-, Prüf- und Verpackungsaufgabe mit UR5  
(Arbeitsinhalt ca. 1 Minute)
  - 28 (+ 1) Zyklen je Versuchsdurchlauf
  - 2 Bedingungen (Variation der Fragebogenreihenfolgen)

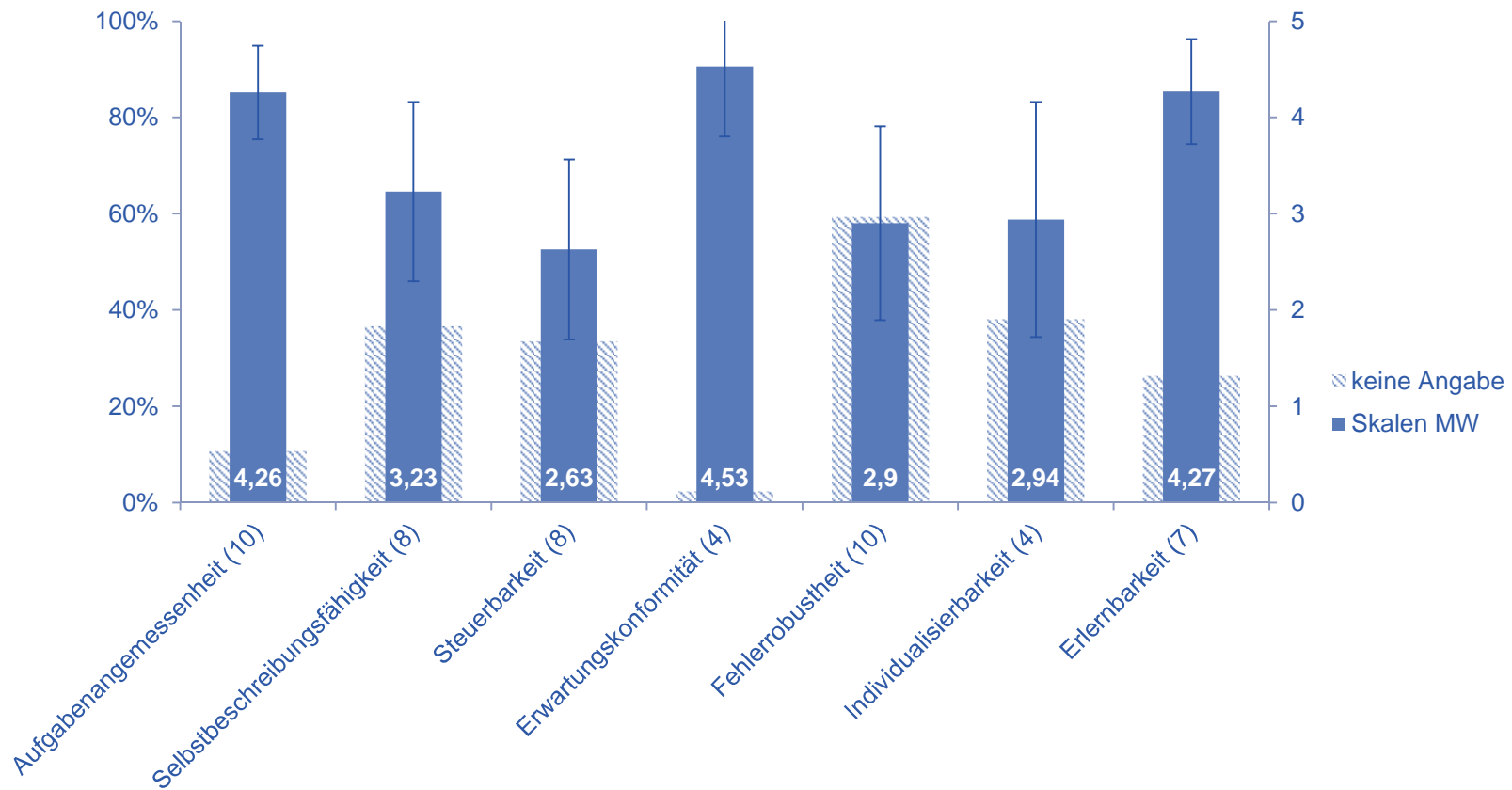


Mensch-Roboter-Kooperation

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung

### - Deskriptive Ergebnisse: Dialogprinzipien

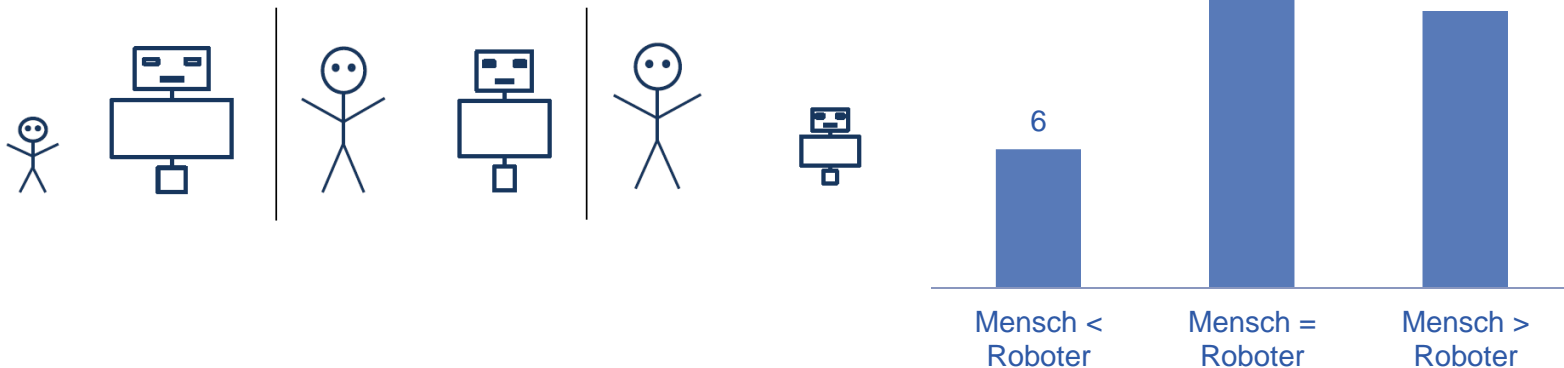


# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung

- Deskriptive Ergebnisse: single item-Messung  
Dominanzgefühl (absolute Häufigkeiten)

*Welches der folgenden Bilder beschreibt Ihr Gefühl bei der Zusammenarbeit mit dem Roboter insgesamt am besten?*



Eigene Darstellung siehe: Rosen, Robelski, Kirchoff & Wischniewski (2016)



# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung

- Wissenschaftliche Herausforderung:  
(Begleitende) Evaluation von Forschungsdemonstratoren nicht immer im realen Setting möglich
- Möglicher Lösungsansatz: Videoevaluation mittels MRI-Toolbox
  - n=10
  - Abgleich mit einer Zufallsstichprobe des realen Settings (n=44)
- Erste Ergebnisse:
  - **Keine** Unterschiede bei der Beurteilung der Dialogprinzipien
  - Skalenunterschied nur bei einer Skala: Einfachheit der Nutzung  
( $U = 20.50, p = .043$ )



# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Übersicht

- Produktionsbedingungen in Deutschland
- Potentiale der Mensch-Roboter-Zusammenarbeit
- Gestaltungsdimensionen
- Möglichkeiten der Bewertung und Gestaltung
- **Fazit**

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Fazit

- Sorgfältige Analyse und Auswahl der Arbeitsaufgaben für eine Mensch-Roboter-Zusammenarbeit für eine gebrauchstaugliche Implementierung erforderlich
- Zusätzlich zur Sicherheitstechnik stellen bekannte Prinzipien der ergonomischen Interaktions- und Dialoggestaltung eine wesentliche Informationsquelle für eine menschengerechte Auslegung dar
- Mensch-Roboter-Zusammenarbeit kann das Potential zur qualifikatorischen Aufwertung menschlicher Arbeit in modernen Produktionssystemen bieten

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Literatur

DIN Deutsche Institut für Normung e.V. (2017). *DIN EN ISO 9241-110 Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-110:2006); Deutsche Fassung EN ISO 9241-110:2006*.

Verfügbar unter: <http://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/naerg/normen/wdc-beuth:din21:110514174>

Gartner, Inc. (2017). *Gartner's 2016 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies Three Key Trends That Organizations Must Track to Gain Competitive Advantage*. Verfügbar unter:

<http://www.gartner.com/newsroom/id/3412017>

Gediga, G., Hamborg, K. C., & Düntsch, I. (1999). The IsoMetrics usability inventory: an operationalization of ISO 9241-10 supporting summative and formative evaluation of software systems. *Behaviour & Information Technology*, 18(3), 151-164.

Häring, A., Schütz, H., Gilberg, Kleudgen, R. M., Wöhrmann, A. M., Brenscheidt, F. (2015). *Methodenbericht und Fragebogen zur BAuA-Arbeitszeitbefragung 2015*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2360-2.html>

Huelke, M. (2015). *Kollaborierende Roboter*. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. Verfügbar unter: <http://www.dguv.de/ifa/fachinfos/kollaborierende-roboter/index.jsp>

Krohne, H. W., Egloff, B., Kohlmann, C. W., & Tausch, A. (1996). Untersuchungen mit einer deutschen Version der "Positive and Negative Affect Schedule"(PANAS). *Diagnostica-Göttingen-*, 42, 139-156.

# Gestaltung guter Mensch-Roboter-Zusammenarbeit

## Literatur

Onnasch, L., Maier, X., & Jürgensohn, T. (2016). *Mensch-Roboter-Interaktion-Eine Taxonomie für alle Anwendungsfälle*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Fokus/Mensch-Roboter-Interaktion.html>

Rosen, P. H., Robelski, S., Kirchhoff, B.; Wischniewski, S. (2016). Mensch–Roboter–Teams. Klassifikation, Gestaltung und Evaluation der Interaktionen im Arbeitssystem. *wt Werkstatttechnik online*, Jg. 106, H9, 605 – 609.

Samel, A., Diedrich, A., Drescher, J., Lorenz, B., Plath, G., Vejvoda, M., & Wenzel, J. (1997). Langzeitmonitoring psychophysiologischer Größen in der Flugphysiologie. *Der Internist*, 38(8), 755-769.

Statistisches Bundesamt (2017). *Destatis*. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de>

Wieland, R., & Hammes, M. (2014). Wuppertaler Screening Instrument Psychische Beanspruchung (WSIB)– Beanspruchungsbilanz und Controllerleben als Indikatoren für gesunde Arbeit. *Journal Psychologie des Alltagshandelns/Journal of Everyday Activity*, 7(1), 30-50.



Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Kontakt:**

Patricia H. Rosen  
Gruppe „Human Factors, Ergonomie“

E-Mail [rosen.patricia@baua.bund.de](mailto:rosen.patricia@baua.bund.de)  
Internet [www.baua.de](http://www.baua.de)

**Kontakt:**

Dr. Sascha Wischniewski  
Leiter der Gruppe „Human Factors, Ergonomie“

E-Mail [wischniewski.sascha@baua.bund.de](mailto:wischniewski.sascha@baua.bund.de)  
Internet [www.baua.de](http://www.baua.de)