

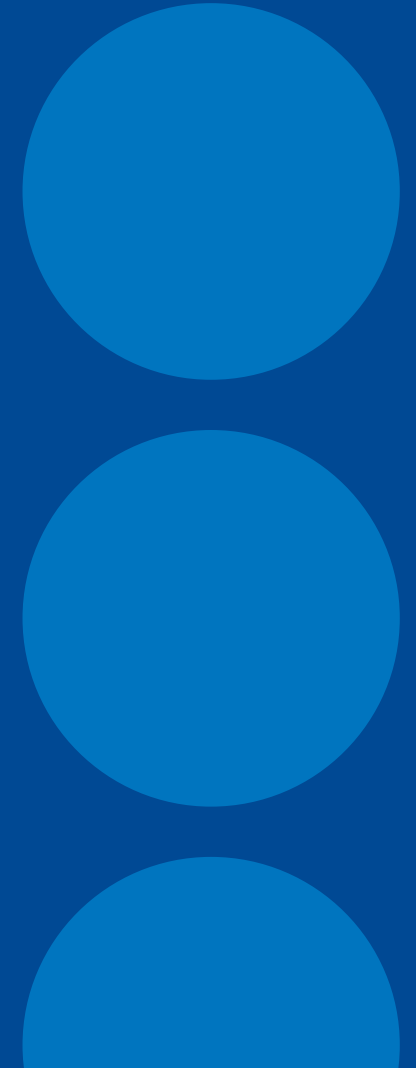
# Kollaborierende Roboter sicher gestalten

## Sicher und gesund arbeiten in Zeiten der Digitalisierung

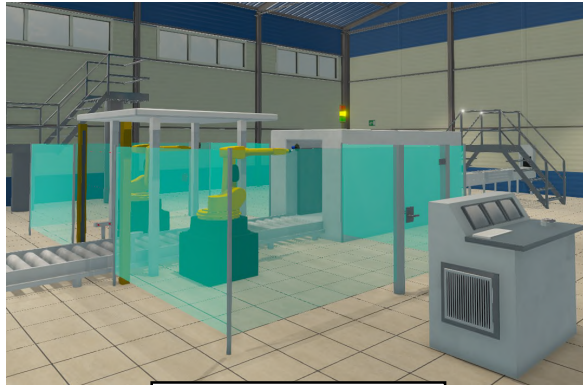
(Auszug)



Kick-off der Kampagne Gesunde Arbeitsplätze 2023-2025  
[jan.zimmermann@dguv.de](mailto:jan.zimmermann@dguv.de), 02.11.2023, Berlin

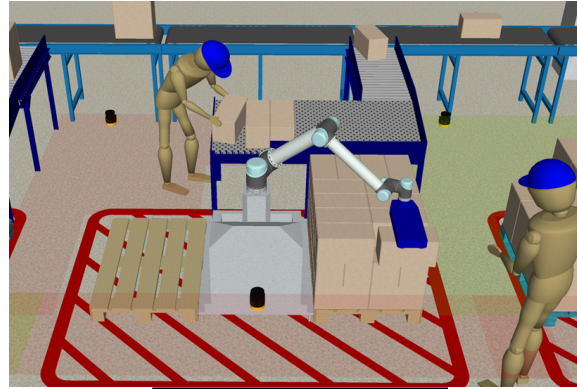


# Interaktion von Mensch & Roboter und konforme Schutzprinzipien



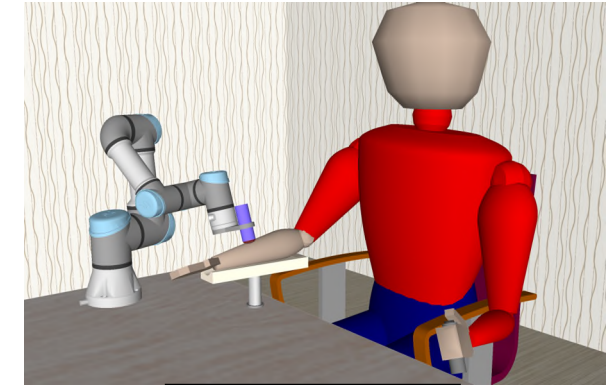
Koexistenz

getrennter  
Arbeitsraum



Kooperation

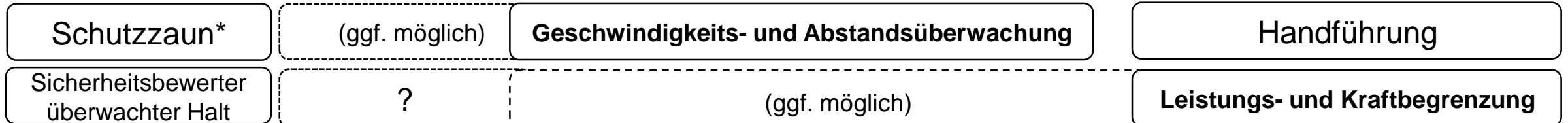
temporäres  
gleichzeitiges  
Arbeiten



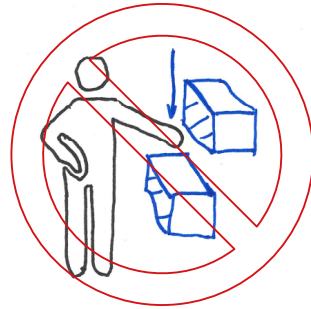
Kollaboration

dauerhaftes  
Zusammen-  
arbeiten

## Beispiele von Schutzprinzipien nach DIN EN ISO 10218-2:



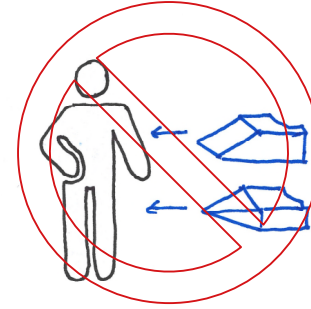
# Mechanische Gefährdungen



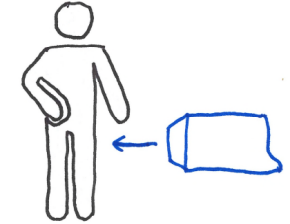
Scherstelle



Quetschstelle

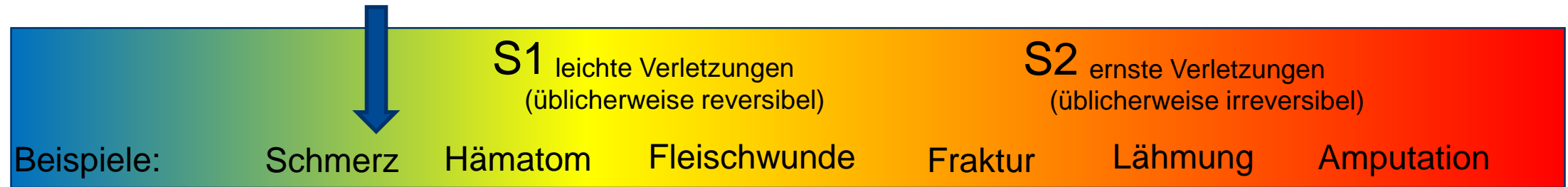


Stichstelle

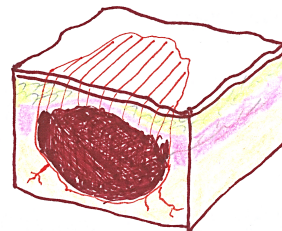


Stoßstelle

- zulässige Belastungsgrenze beruht auf dem 75. Perzentil der Schmerzeintrittsschwelle



tolerierbarer Bereich



Vermeiden von spitzen oder scharfen Konturen

# Hintergrund biomechanischer Grenzwerte

## Forschungsprojekte:

- Ermittlung der Schmerzempfindlichkeit an der Mensch-Maschine-Schnittstelle ([FP317](#), 2011-2014)
- Anschlussuntersuchungen zur BGHM-Studie "Kollaborierende Roboter: Ermittlung von Schmerzeintrittsschwellen an der Mensch-Maschine-Schnittstelle,, ([FP 0411](#), 2015-2018)
- Mensch-Roboter-Kollaboration - Partielle Ergänzungsuntersuchungen zur Eignung für Übernahme in das DGUV-Schriftenwerk sowie Normung ([FP 0430](#), 2019)

## Literatur:

- Melia et. al. 2019: Pressure pain thresholds: Subject factors and the meaning of peak pressures DOI: 10.1002/ejp.1298
- Melia et. al. 2014: Measuring mechanical pain: The refinement and standardization of pressure pain threshold measurements DOI:10.3758/s13428-014-0453-3
- Ottersbach, H.J.; Huelke, M.:Requirements for hazard analyses referring to mechanical exposure in workplace applications with collaborative robots. 6th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems – SIAS 2010. 14.-15. Juni 2010, Tampere/Finnland
- Behrens et al. 2022: A Statistical Model to Determine Biomechanical Limits for Physically Safe Interactions With Collaborative Robots DOI: 10.3389/frobt.2021.667818
- Zimmermann, J.: Sicherheit von Kollaborierenden Robotern richtig bewerten – Zum Stand der Forschung. sicher ist sicher 3/2023. DOI: 10.37307/j.2199-7349.2023.03.06



# Entwicklung und Evaluation eines messtechnischen Konzeptes für kollaborierende Roboter

IFA-Projekt: 5160

Auftraggeber:

- Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM)

Kooperationspartner:

- Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF)
- Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

Hintergrund:

- neue Forschungsergebnisse sollen in der Normung berücksichtigt werden



# Ermittlung biomechanischer Korridore

Auswertung der Probandenstudien nach den Steifigkeitsverläufen

Methodik angelehnt an Crashtest-Dummys

- Kraft-Deformations Betrachtung

Bestimmung biomechanischer Korridore

inkl. einer perzentil abhängigen **Prüfgeraden**

anschl. **Clusterung** ähnlicher Körperstellen

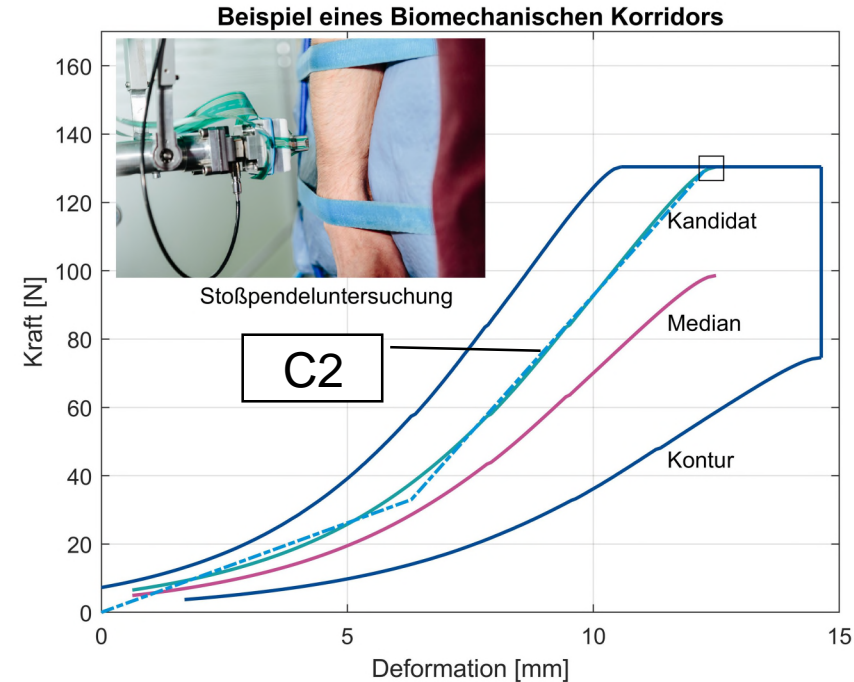
➤ [IFA-Report 2/2022](#)

➤ [IFA-Praxishilfe](#)

2/2022

**IFA Report**

Bestimmung biomechanischer Korridore zur Bewertung von mechanischen Gefährdungen und Ableitung von Steifigkeitsparametern für zukünftige Messmittel




➤ **Praxishilfe für die Risikobeurteilung bei Arbeitsplätzen mit Cobots: Umrechnung biomechanischer Grenzwerte**

Die hier zur Verfügung gestellte Umrechnungshilfe des IFA vereinfacht die Risikobeurteilung für Arbeitsplätze mit kollaborierenden Robotern deutlich.

# Normen & co

- EN ISO 10218: Robots for industrial environments - Safety requirements - Part 1&2
- TS 15066: Robots and robotic devices - Collaborative robots
- DGUV-Information FB-HM-080
- Messspezifikation MS-ET-01
- **neu:** ISO PAS 5672 Collaborative robotic devices – Test methods
- **neu:** [IFA-Report 2/2022](#) & [Praxishilfe](#)

	DIN EN ISO 10218-1	DIN
ICS 25.040.30	Ersatz für DIN EN ISO 10218-1:2009-07	
<b>Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 1: Roboter (ISO 10218-1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 10218-1:2011</b>		<b>DIN ISO/TS 15066 DIN SPEC 5306</b>
Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 1: Robots (ISO 10218-1:2011); German version EN ISO 10218-1:2011	ICS 25.040.30	
Robots et dispositifs robotiques – Exigences de sécurité pour les robots industriels – Partie 1: Robots (ISO 10218-1:2011); Version allemande EN ISO 10218-1:2011	<b>Roboter und Robotikgeräte – Kollaborierende Roboter (ISO/TS 15066:2016)</b>	
Robots and robotic devices – Collaborative robots Robots et dispositifs Robots coopératifs	Robots and robotic devices – Collaborative robots Robots et dispositifs Robots coopératifs	FINAL DRAFT

2/2022

IFA Report

**NEU**

Bestimmung biomechanischer Korridore zur Bewertung von mechanischen Gefährdungen und Ableitung von Steifigkeitsparametern für zukünftige Messmittel

Messspezifikation für Kraft- und Druckmessungen an Applikationen von kollaborierenden Robotersystemen

DGUV-Information

**Kollaborierende Robotersysteme**

Planung von Anlagen mit der Funktion „Leistungs- und Kraftbegrenzung“

Ausgabe 08/2017

FB HM-080

Kollaborierende Robotersysteme können in der Funktion „Leistungs- und Kraftbegrenzung (Power and Force Limiting)“ ohne traditionelle Schutzzeitschaltungen wie Zäune und Lichtvorhänge zum Einsatz kommen. Bezüglich der Anforderungen von Normen, Vorschriften und Verordnungen sowie der Nutzung von Forschungsergebnissen besteht ein Bedarf an praktischen Handlungsanleitungen für Hersteller, Systemintegratoren, Betreiber, Unfallversicherungs-träger und Zertifizierungsstellen.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Rechtsvorschriften und Normen
- 2 Risikobeurteilung
- 3 Leistungs- und Kraftbegrenzung (Power and Force Limiting / PFL)
- 4 Anforderungen an die Roboter
- 5 Robotersystem (Applikation)
- 6 Bestimmung der biomechanischen Belastungen (Kraft und Druck)
- 7 Dokumentation und Kennzeichnung der Ausrüstung
- 8 Gefährdungsbeurteilung und wiederkehrende Prüfungen
- 9 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Anhang: Biomechanische Grenzwerte



Bild 1: Hinweisschild Kollaborierendes Robotersystem

PUBLICLY AVAILABLE SPECIFICATION

ISO/DPAS 5672

**NEU**

Druckmessungen an den Robotersystemen

Robotics — Collaborative applications — Test methods for measuring forces and pressures in human-robot contacts

IFA Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Praxishilfe für die Risikobeurteilung bei Arbeitsplätzen mit Cobots: Umrechnung biomechanischer Grenzwerte

Download Version 0.4 Beta (DLX, 355 kB)

Anwendungshilfen (PDF, 873 kB)

Die DGUV hat mehrere Forschungsprojekte (FP317, FP411, FP430) gefördert, in denen diese IFA zusammen mit anderen Forschungsinstituten...

**NEU**

MS-ET-01



# Ausblick

- Nutzen der wissenschaftlichen Erkenntnisse für vereinfachte Anwendbarkeit (Spezialfall vs. Standardapplikationen)
- Variantenreichtum in digitalen Modellen (Exaktheit) vs. Vereinfachungen für die Messpraxis (Kontrollierbarkeit, Vergleichbarkeit)

➤ **Digitale Planungshilfe:**  
[www.cobotplaner.de](http://www.cobotplaner.de)

➤ **Fachinfos > Kollaborierende Roboter**  
<https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/kollaborierende-roboter/medizinisch-biomechanische-anforderungen/index.jsp>



The screenshot shows the IFA website interface. The main content area is titled 'Medizinisch/Biomechanische Anforderungen'. It features a schematic diagram of a human arm and a robot arm in a collision scenario. The text describes a project initiated by the BG/BGIA to develop medical and organizational requirements for collaborative robots, which were then incorporated into the national DGUV Information 080. A sidebar on the right contains sections for 'Umrechnungshilfe' (conversion help) and 'Publikationen' (publications).



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

**Sicherheit von Kollaborierenden  
Robotern richtig bewerten  
– Zum Stand der Forschung**

**sicher ist sicher 3 / 2023**

<https://doi.org/10.37307/j.2199-7349.2023.03.06>



## Hinweis



[IFA-Projekt: 5168]

### Mobile Roboter im Ökosystem öffentlicher Raum ermöglichen

Der öffentliche Raum ist ein komplexes Ökosystem. Das Interesse wächst, Roboter in dieses Ökosystem zu integrieren.

Wir stellen uns die Frage: Wie können Roboter sicher, sinnvoll und wirtschaftlich in diesem Feld agieren?

Informationen unter: [www.public-robots.de](http://www.public-robots.de)