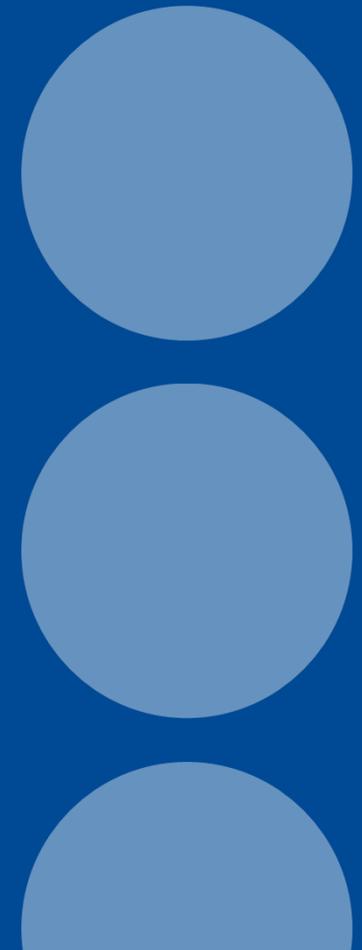


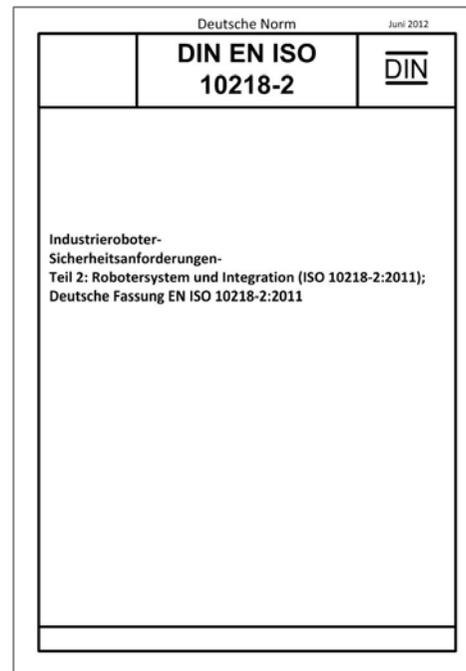
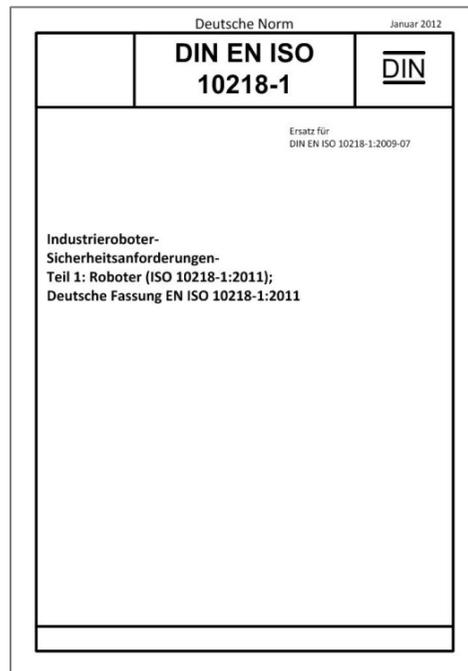
# Cobotplaner: Webtool für sicherheitsgerechte Planung beim Einsatz von kollaborierenden Robotern (Cobots)

7. Fachtagung Arbeitsplanung und Prävention

Dr. Mathias Umbreit / Nihad Karacic (BGHM), 22. April 2021



# Robotersicherheit - Industriebereich



Harmonisierte Normen nach EG-Maschinenrichtlinie

wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN, Deutsches Institut für Normung e.V.

# Industrieroboter vs. Cobot

Industrieroboter



© Baloncici / 123RF.com

Foto: KUKA Roboter GmbH

Cobot-Roboter



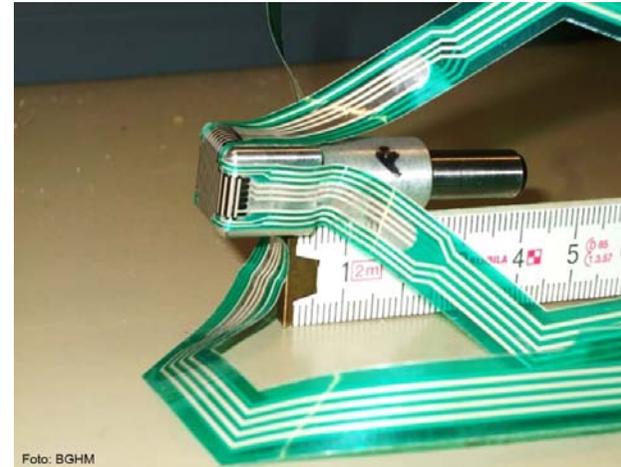
Quelle: KUKA-Abfertigung

Foto: BGHM

Kollaborationsarten:

- Handführung
- Sicherheitsgerichteter Stopp
- Geschwindigkeits- u. Abstandsüberwachung
- **Leistungs- und Kraftbegrenzung**

## Algometer

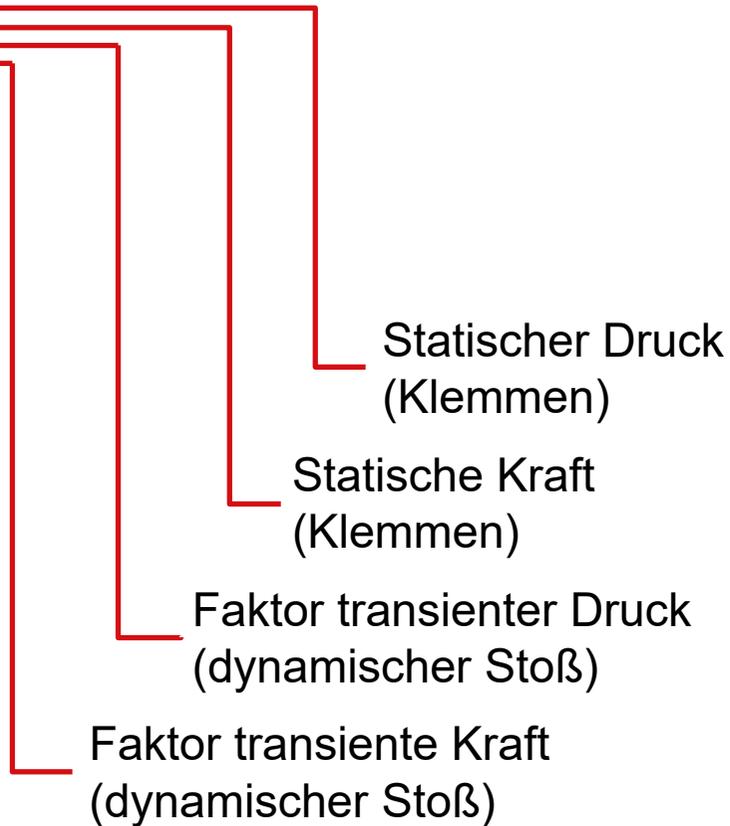


- Forschungsprojekt: DGUV – Uni Mainz
- Algometer entwickelt am IFA (Institut für Arbeitssicherheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung)
- Spezieller Stößel nach Anforderungen von Roboterherstellern und -Anwendern
- Algometer stoppt, wenn Druckgefühl übergeht in Schmerz
- 100 Probanden untersucht

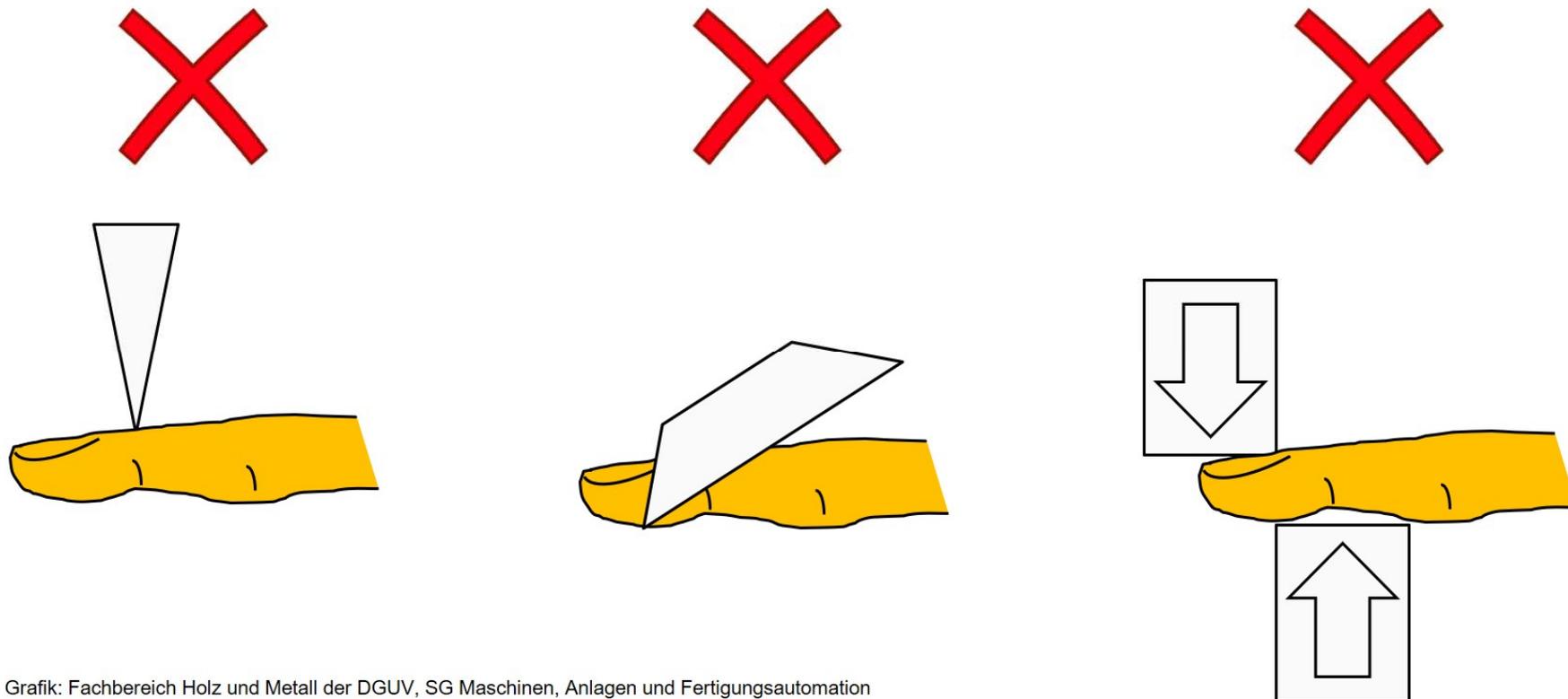
# DGUV-Information FBHM 080 (ISO TS 15066)

Körperlokalisierung		Quasi statischer Kontakt (Klemmen)		Transienter Kontakt (Freier Stoß)	
Spezifische Lokalisation	Körperregion	Spitzendruck $P_s$ [N/cm <sup>2</sup> ] (Anmerkung 1)	Kraft $F_s$ [N] (Anmerkung 2)	Spitzendruck $P_s$ Faktor (Anmerkung 3)	Kraft $F_s$ Faktor (Anmerkung 3)
1	Stirnmittle	130	130	Kein	Kein
2	Schläfe				
3	Kaumuskel	110	65		
4	Halsmuskel	140	150		
5	Dornfortsatz 7. Halswirbel	210	210		
6	Schultergelenk	160	210		
7	Dornfortsatz 5. Lendenwirbel	210	210		
8	Brustbein	120	140		
9	Brustmuskel	170	140		
10	Bauchmuskel	140	110		
11	Beckenknochen	210	180		
12	Deltamuskel	190	150		
13	Oberarmknochen	220	150		
14	Speichenknochen	190	160		
15	Unterarmmuskel	180	160		
16	Armnerve	180	160		
17	Zeigefingerbeere d	300	140		
18	Zeigefingerbeere nd	270	140		
19	Zeigefingerendgelenk d	280	140		
20	Zeigefingerendgelenk nd	220	140		
21	Daumenballen	200	140		
22	Handinnenfläche d	260	140		
23	Handinnenfläche nd	260	140		
24	Handrücken d	200	140		
25	Handrücken nd	190	140		
26	Oberschenkelmuskel	250	220		
27	Kniescheibe	220	220		
28	Schienbein	220	130		
29	Wadenmuskel	210	130		

Quelle: DGUV-Information FB HM-080 (08/2017), Tabelle A.2.  
 Hrsg: Fachbereich Holz und Metall der DGUV, Sachgebiet Maschinen, Anlagen und Fertigungsautomation

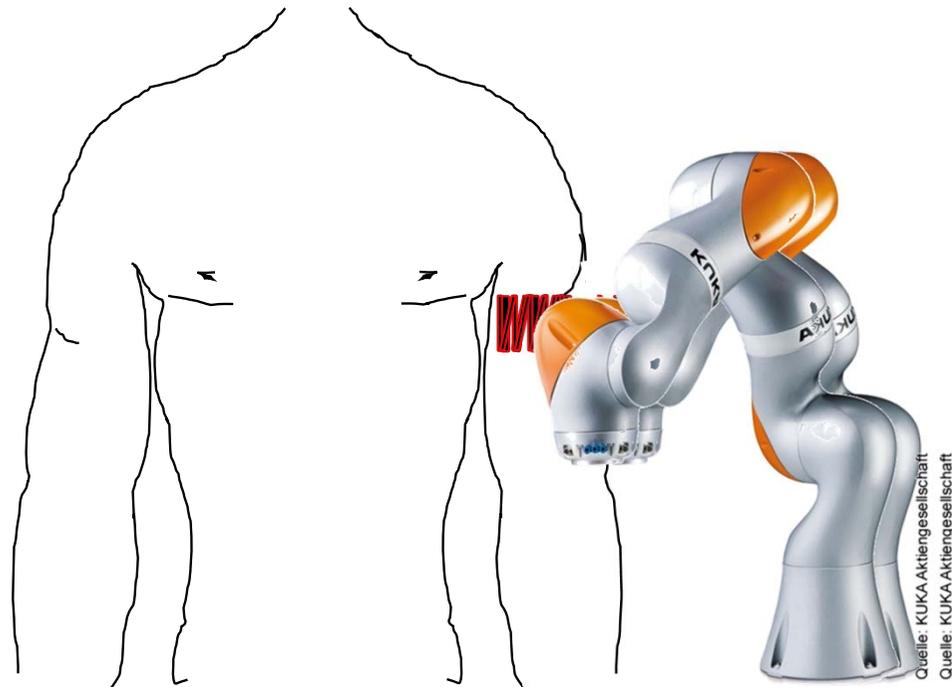


## Vermeidung von Spitzen, scharfen Kanten und Scherkanten



Grafik: Fachbereich Holz und Metall der DGUV, SG Maschinen, Anlagen und Fertigungsautomation

# Körperelastizität



Grafik: BGHM

Quelle: KUKA Aktiengesellschaft  
Quelle: KUKA Aktiengesellschaft

Körperregion	Dämpfungs material K1 [Shore A]	Dicke [mm]	Feder K2 [N/mm]
Schädel und Stirn	70	7	150
Gesicht			75
Hand und Finger	70	7	75
Nacken			50
Unterarm und Handgelenk			40
Brust			25
Becken	30	14	25
Unterschenkel			60
Oberschenkel und Knie			50
Rücken und Schultern	10	21	35
Oberarm und Ellenbogen			30
Bauch	10	21	10

Quelle: DGUV-Information FB HM-080 (08/2017), Tabelle 1.  
Hrsg: Fachbereich Holz und Metall der DGUV, Sachgebiet Maschinen, Anlagen und Fertigungsautomation

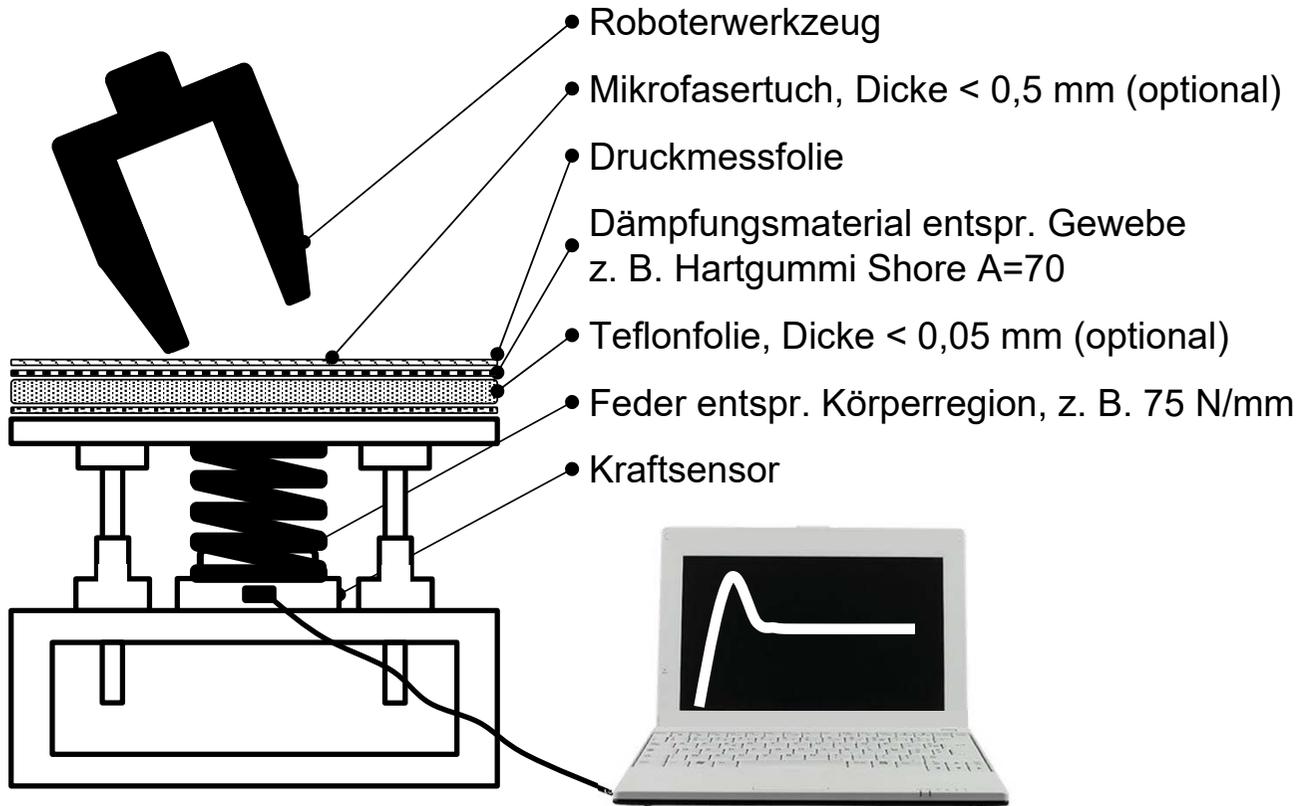
Elastizität der Körperbereiche:

- Oberflächliche Elastizität (überwiegend Haut), aktuell dargestellt durch Shore Härte
- Tieferliegende Elastizität (z. B. Muskelgewebe, Knochen), dargestellt durch Federkonstante

Grundlage zum Bau biomechanischer Messgeräte!

# Messung von Kraft und Druck

Fachbereich Holz und Metall der DGUV, Sachgebiet Maschinen, Anlagen und Fertigungsautomation



# Cobotplaner



Sicheres & Gesundes Arbeiten

© Julian Doppenbrunn

Cobot-Planer online verfügbar

## Planungshilfe für sichere Mensch-Roboter-Kollaboration

Im Forschungsprojekt „Digitale Gefahrenprävention für kollaborative Roboterarbeitsplätze mithilfe einer webbasierten Planungshilfe“ – kurz: Cobot-Planer – hat das Fraunhofer IFF im Auftrag der BGHM eine webbasierte Planungshilfe entwickelt, die Anwenderinnen und Anwender für einen verbesserten Arbeitsschutz bei der sicheren und effizienten Auslegung ihrer kollaborativen Roboter unterstützt.

Quelle: BGHM-Aktuell 02|2021

Herausgeber und Betreiber:

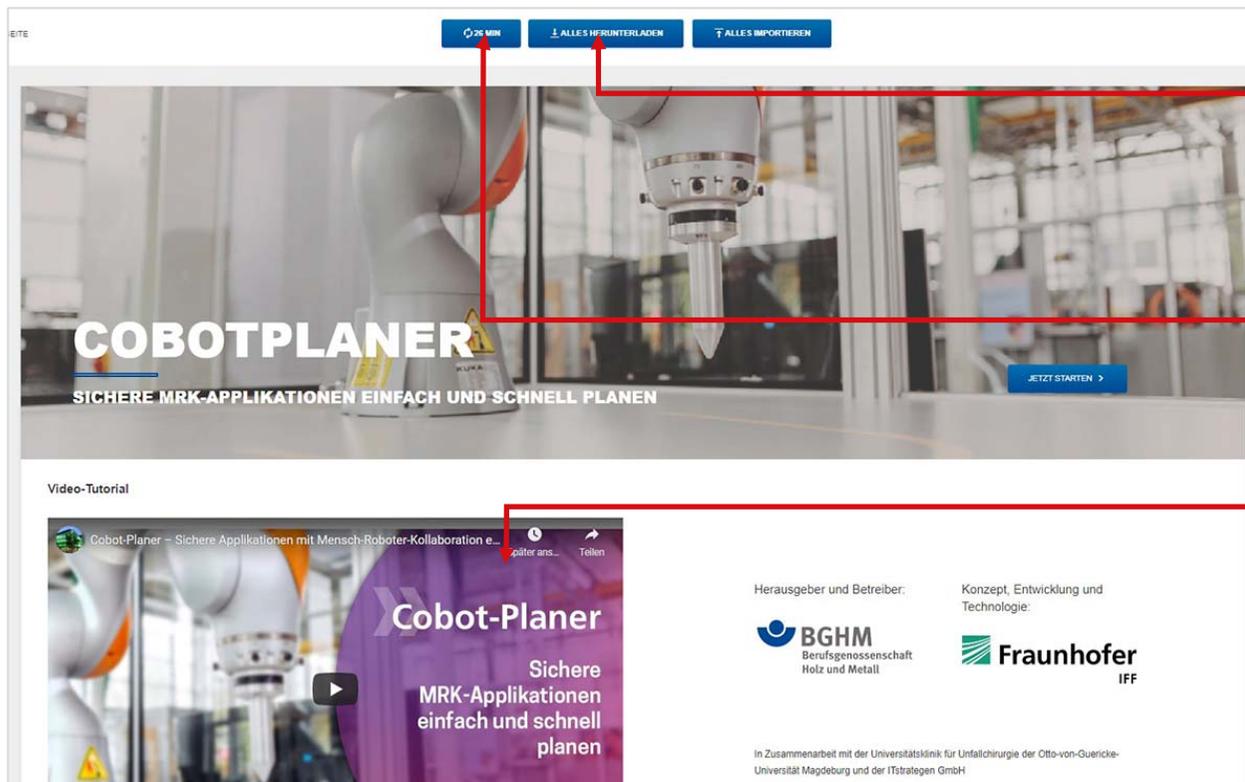


Konzept, Entwicklung und Technologie:



- Als webbasierte Planungshilfe für Jedermann zugänglich
- Erlaubt die Abschätzung der biomechanischen Anwendungsgrenzen bereits **vor** der Konstruktion / Integration
- Vermeidung von Gefährdungen
- Vermeidung von Kosten
- Abschließende Messung bestätigt die Ergebnisse

## Cobotplaner-Startseite



- Sämtliche Daten können lokal gespeichert und später wieder aufgerufen werden.
- Der Cobotplaner speichert Daten nur für max. 30 Minuten.
- Ein Video-Tutorial erklärt die Bedienung des Cobotplaners.

# Cobotplaner - Schritt für Schritt zur sicheren Applikation

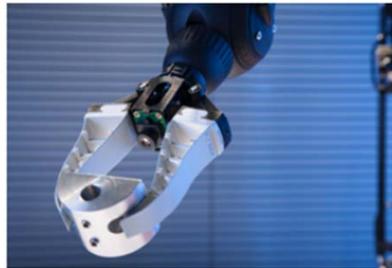
Roboter anlegen



Schritt 1: Bitte legen Sie einen Roboter an

ANLEGEN

Werkzeug anlegen



Schritt 2: Bitte legen Sie ein Werkzeug an

ANLEGEN

Gefährdung anlegen



Schritt 3: Bitte legen Sie eine Gefährdung an

ANLEGEN

Ergebnisse anzeigen



Schritt 4: Zeigen Sie Ihre Ergebnisse an

ANZEIGEN

Quelle: [www.cobotplaner.de](http://www.cobotplaner.de)

# Roboter anlegen

## Allgemeine Angaben

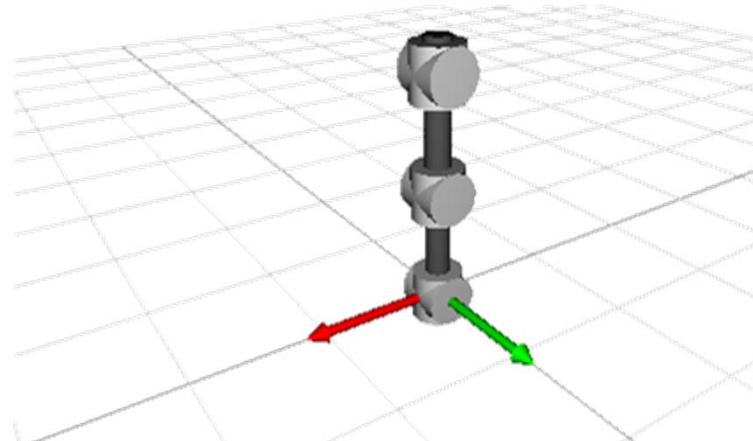
Eindeutiger Name	<small>Robotername *</small> Testroboter
Kurzbeschreibung	<small>Kurzbeschreibung (optional)</small> Linie Stapeln von Blechprofilen

## Maße und Gewicht

Gesamtgewicht des Roboters (ohne Werkzeug)	<small>Gewicht (kg) *</small> 19,5
Reichweite des Roboterarms (ohne Werkzeug)	<small>Reichweite (m) *</small> 0,95

Quelle: [www.cobotplaner.de](http://www.cobotplaner.de)

Darstellung von Testroboter



- Maße und Gewicht sind i. d. R. im Datenblatt des Herstellers angegeben.
- Beachtung der Einheiten ist geboten. Reichweite wird in Metern angegeben. Hersteller geben unter anderem die Reichweite in Millimetern an.

# Roboter anlegen

- Maximale Antriebsmomente in den einzelnen Achsen müssen ggf. beim Hersteller erfragt werden.
- Eine Datenbank mit gängigen Robotermodellen ist beim Fraunhofer IFF geplant.

## Achsen

Anzahl der Achsen  6 Achsen  7 Achsen

Maximale  
triebsmomente

### Achsen in (Nm)

Achse 1 (Nm) \*

160

Achse 2 (Nm) \*

160

Achse 3 (Nm) \*

160

Achse 4 (Nm) \*

35

Achse 5 (Nm) \*

Nullstellung des  
Roboters

### Achsen in (°)

Achse 1 (°)

0

Achse 2 (°)

90

Achse 3 (°)

0

Achse 4 (°)

0

Achse 5 (°)

0

Achse 6 (°)

0

Drehrichtung der  
Achsen

Achsen

Quelle: [www.cobotplaner.de](http://www.cobotplaner.de)

# Werkzeug anlegen

## Allgemeine Angaben

Werkzeugname \*  
 Eindeutiger Name Sauggreifer m. Werkstück

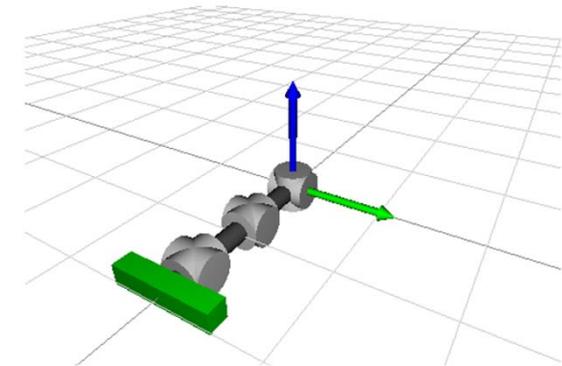
Kurzbeschreibung (optional)  
 Kurzbeschreibung Sauggreifer legt Werkstück flach auf den Stapel

## Roboter

Roboter auswählen Testroboter

## Gewicht, Maße und Form

Gewicht (kg) \*  
 Gesamtmasse des Werkzeugs inkl. Werkstück (sofern vorhanden) 2



Form des Werkzeugs

- Zylinder
- Quader
- Kugel

Maße der geometrischen Grundform des Werkzeugs

Länge (mm) \* 100

Breite (mm) \* 100

Tiefe (mm) \* 500

Quelle: [www.cobotplaner.de](http://www.cobotplaner.de)

- Mit den Angaben der Maße wird die Massenverteilung festgelegt.
- Geometrische Formen wie Kanten bzw. Radien werden im Modul „Gefährdung anlegen“ definiert.

# Gefährdung anlegen

< Abbrechen

## Gefährdung anlegen

ART DER GEFÄHRDUNG

GEFÄHRDETE KÖRPERSTELLEN

ZUSTAND DES ROBOTERS

Eindeutiger Name	Name * Klemmung Hand
Kurzbeschreibung	Kurzbeschreibung (optional) Mitarbeiter*in greift beim Ablegen unter das Blechstück.

Art der Gefährdung  Klemmung  Stoß

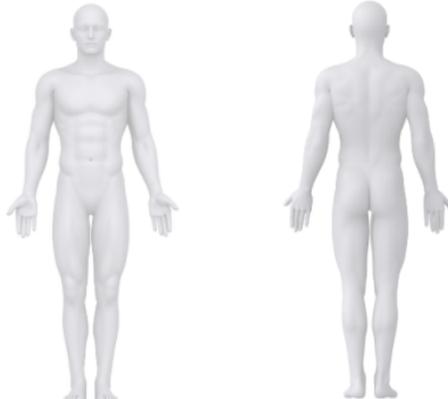
Quelle: [www.cobotplaner.de](http://www.cobotplaner.de)

# Gefährdung anlegen

< Abbrechen

Gefährdung anlegen

Expertenmodus

ART DER GEFÄHRDUNG	GEFÄHRDETE KÖRPERSTELLEN	ZUSTAND DES ROBOTERS	LAGE UND FORM DER KONTAKTFLÄCHE
<p><b>Kopf und Hals</b></p> <p><input type="checkbox"/> (1) Stirn</p> <p><input type="checkbox"/> (2) Schläfe</p> <p><input type="checkbox"/> (3) Kaumuskel</p> <p><input type="checkbox"/> (4) Halsmuskel</p> <p><input type="checkbox"/> (5) 7. Halswirbel</p>	<p><b>Rumpf</b></p> <p><input type="checkbox"/> (6) Schultergelenk</p> <p><input type="checkbox"/> (7) 5. Lendenwirbel</p> <p><input type="checkbox"/> (8) Brustbein</p> <p><input type="checkbox"/> (9) Brustmuskel</p> <p><input type="checkbox"/> (10) Bauchmuskel</p> <p><input type="checkbox"/> (11) Hüftknochen</p>	<p><b>Obere Extremität</b></p> <p><input type="checkbox"/> (12) Deltamuskel</p> <p><input type="checkbox"/> (13) Oberarmknochen</p> <p><input type="checkbox"/> (14) Speichenknochen</p> <p><input type="checkbox"/> (15) Unterarmmuskel</p> <p><input type="checkbox"/> (16) Ellenbogengrube</p>	
<p><b>Hand</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> (17) Zeigefingerbeere</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> (18) Zeigefingerbeere ND</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> (19) Zeigefingerendgelenk</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> (20) Zeigefingerendgelenk ND</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> (21) Daumenballen</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> (22) Handinnenfläche</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> (23) Handinnenfläche ND</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> (24) Handrücken</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> (25) Handrücken ND</p>	<p><b>Unter Extremität</b></p> <p><input type="checkbox"/> (26) Oberschenkelmuskel</p> <p><input type="checkbox"/> (27) Kniescheibe</p> <p><input type="checkbox"/> (28) Schienbeinkante</p> <p><input type="checkbox"/> (29) Wadenmuskel</p>		

Quelle: [www.cobotplaner.de](http://www.cobotplaner.de)

- Nach der Risikobeurteilung: Einklemmen der Hände ist als Gefährdung erkannt.
- Weitere Gefährdungen, z. B. Anstoßen des Roboters an den Körper können hinzugefügt werden,

# Gefährdung anlegen

ART DER GEFÄHRDUNG
GEFÄHRDETE KÖRPERSTELLEN
ZUSTAND DES ROBOTERS
LAGE UND FORM DER KONTAKTSTÄLLE

## Allgemeine Angaben

Roboter auswählen Roboter \*  
 Testroboter

Werkzeug auswählen Werkzeug \*  
 Sauggreifer m. Werkstück

## Achsen und Bewegungsrichtungen

Achsstellung wählen Achsstellung \*  
 Benutzerdefiniert

Achse 1 (°)  
 0

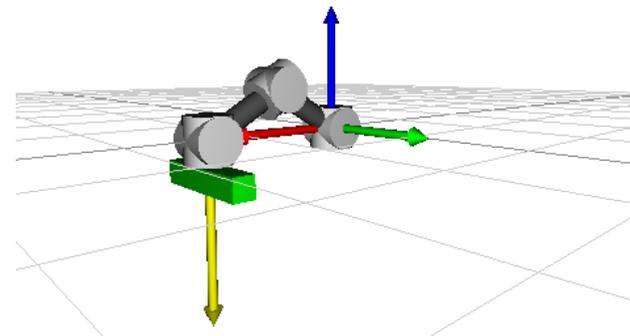
Achse 2 (°)  
 -60

Achse 3 (°)  
 -60

Achse 4 (°)  
 0

Quelle: [www.cobotplaner.de](http://www.cobotplaner.de)

Im Beispiel legt der Roboter das Bauteil flach auf dem Stapel ab.



## Klemmungsspezifische Angaben

Maximales Drehmoment der Achsen bei Klemmung in (Nm)

Maximale Kraft am TCP

Kraft (N) \*  
 20

Die im Roboter parametrisierten Kraftgrenzwerte sind anzugeben.

# Gefährdung anlegen

ART DER GEFÄHRDUNG	GEFÄHRDETE KÖRPERSTELLEN	ZUSTAND DES ROBOTERS	LAGE UND FORM DER KONTAKTFLÄCHE
Auswahl des Kontaktbereiches <input checked="" type="radio"/> Kontakt am Werkzeug <input type="radio"/> Kontakt am Handgelenk <input type="radio"/> Kontakt an Achse 3	Lage des Kontaktpunktes X (mm) 0 Y (mm) 0 Z (mm) 100	Darstellung von Testroboter mit angeschlossenem Sauggreifer m. Werkstück	Form der Kontaktfläche <input type="radio"/> Ecke, Kantenradius R0,5 <input type="radio"/> Ecke, Kantenradius R2 <input type="radio"/> Zylinder, Durchmesser D10 <input type="radio"/> Zylinder, Durchmesser D25 <input checked="" type="radio"/> Zylinder, Durchmesser D50 <input type="radio"/> Halbkugel, Durchmesser D5 <input type="radio"/> Halbkugel, Durchmesser D20 <input type="radio"/> Kante, Winkel 45° und Kantenradius R0,5

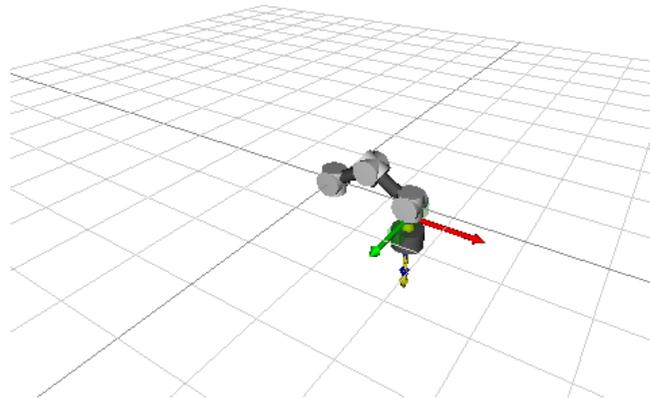
- Achtung: Die zuvor eingegebenen Maße des Bauteils dienen dem Modell nur zur Verteilung der Massen.
- Die an der Klemmstelle wirkende Kontur muss separat ausgewählt und unterhalb des Bauteils platziert werden.
- Da das Bauteil flach aufsetzt, wird der größte flache Zylinder gewählt.

Quelle: [www.cobotplaner.de](http://www.cobotplaner.de)

# Ergebnisse anzeigen

Klemmen d. Hände - Klemmung

Mitarbeiter\*in greift beim Ablegen unter das Werkstück (Blechprofil)



- Im Beispiel darf die Absenkgeschwindigkeit des Bauteils bis zu 62 mm/s betragen.
- Bei Überschreitung der biomechanischen Grenzwerte wird eine Fehlermeldung erzeugt.

Testroboter - Sauggreifer m. Werkstück

Ermittelte Geschwindigkeiten		
Achsgeschwindigkeiten	1	-0.1 °/s
	2	-5.3 °/s
	3	0 °/s
	4	0 °/s
	5	5.2 °/s
	6	-0.1 °/s
Vektorielle TCP-Geschwindigkeit	x	0 mm/s
	y	-1 mm/s
	z	-62 mm/s
Absolute TCP-Geschwindigkeit		61 mm/s

Quelle: [www.cobotplaner.de](http://www.cobotplaner.de)

## Abschließende Messung



Eine abschließende Messung der biomechanischen Grenzwerte ist erforderlich.

# Weitere Informationen

**BGHM**  
Berufsgenossenschaft Holz und Metall  
Ihre gesetzliche Unfallversicherung

**209-074**

**DGUV Information 209-074**



**Industrieroboter**

Januar 2015

Hrsg.: DGUV

DGUV Information <b>Kollaborierende Robotersysteme</b> (Freitrunder Betrieb, Kollaborationsart: Leistungs- und Kraftbegrenzung)	
Checkliste: Stand: 02/2018	<b>Kollaborierende Robotersysteme</b> (Freitrunder Betrieb, Kollaborationsart: Leistungs- und Kraftbegrenzung)
<b>Dokumentation</b>	Liegen für die Roboterspezifikation folgende technische Unterlagen vor: <ul style="list-style-type: none"> <li>- EG-Konformitätserklärung</li> <li>- Gefährdungsbeurteilung</li> <li>- Betriebsanleitung</li> <li>- CE-Zeichen</li> <li>- Nachweis der biomechanischen Grenzwerte</li> </ul> Anmerkung: Dokumentation für Roboterspezifikation einschließlich Werkzeuge und Vorrichtungen. Diese Unterlagen stellt in der Regel der sogenannte Integrator zusammen, d.h. die Firma, welche den Roboter programmiert, einbaut und dem Betreiber zur Nutzung übergibt. Die Unterlagen nur für den „nackten“ Roboter sind nicht ausreichend. Wenn kein Integrator existiert muss der Betreiber die o.g. Unterlagen selbst erstellen.
<b>Außere technische Merkmale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Typenschild mit Name und Anschrift des Integrators (Typenschild des Roboters ist nicht ausreichend)</li> <li>- Not-Halt-Taster leicht erreichbar</li> <li>- Keine scharfen oder spitzen Kanten einschli. Werkzeug und Werkstück. Polsterung. Keine Scherkannten</li> <li>- Kann sich der Mitarbeiter jederzeit vom Robotersystem entfernen bzw. selbst befreien?</li> <li>- Ist der Kopf außerhalb des Arbeitsbereichs?</li> <li>- Ist der Roboter sicher? Sichere Begrenzung von Geschwindigkeit, Position, Kraft (Kategorie 3, PLd)</li> </ul> Anmerkung: Kann meistens nur durch ein Zertifikat einer für Maschinen zugelassenen Prüfstelle nachgewiesen werden, z.B. BG oder TÜV
<b>Innere Sicherheit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wurden Geschwindigkeit, Kräfte und Drücke an der Applikation ermittelt, um das Verletzungsrisiko zu minimieren (z.B. durch Messung)?</li> </ul>

Fachbereich Holz und Metall, SG MRP, c/o Berufsgenossenschaft Holz und Metall, Isaac-Fußla-Allee 18, 55124 Mainz

**DGUV**  
Fachbereich Holz und Metall  
Berufsgenossenschaft Holz und Metall

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 Schutzvorrichtungen 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, Unfallversicherungsträger und Zertifizierungsinstitute.



**Bild 1:** Hinweisschild Kollaborierendes Robotersystem

**1 Rechtsvorschriften und Normen**

Kollaborierende Robotersysteme fallen unter den Geltungsbereich der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG [1]. Sie müssen zum Bereitstellen auf dem Markt mit einer EG-Konformitätsbescheinigung und einem CE-Zeichen ausgestattet sein. Die Anwendung der harmonisierten Europäischen Normen EN ISO 10218-1 [2] und EN ISO 10218-2 [3] lösen die sogenannte Vermutungswirkung aus. Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen der EG-Maschinenrichtlinie eingehalten wurden.

Das kollaborierende Robotersystem umfasst dabei den oder die kollaborierenden Roboter, Werkzeug, Werkstücke und Vorrichtungen, die zusammen eine Maschine nach EG-Maschinenrichtlinie bilden. Ein einzelner Roboter gilt als unvollständige Maschine. Unvollständige Maschinen sind anstelle einer EG-Konformitätsbescheinigung mit einer Einbauerklärung zu versehen.

**2 Risikobeurteilung**

Die Risikobeurteilung ist ein nach Maschinenrichtlinie erforderliches Verfahren. Die Dokumentation der Risikobeurteilung muss spätestens zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens beim Maschinehersteller bzw. Integrator verfügbar sein.

**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**