

Sichere Mensch-Roboter-Interaktion

Neues aus Arbeitsschutzforschung und Normung

Dr. Michael Huelke, IFF-Wissenschaftstage 2011
Magdeburg, 30.06.2011

Protagonisten beim IFA

Dr. Michael Schaefer

Leiter Fachbereich „Unfallverhütung – Produktsicherheit“

Dr. Michael Huelke

Leiter Referat „Neue Technologien, Mensch und Technik“

Hans-Jürgen Ottersbach

Sachgebietsleiter „Mechanische Körperbelastungen“

Überblick

1. Normen und Anforderungen
2. BG/BGIA-Empfehlungen
3. Aktuelle Projekte
4. Umsetzung in der Normung



Normen für Industrieroboter

- Neuordnung der Normen für Industrieroboter
- Zurückziehen von Normen (z. B. DIN EN 775)
- Anforderungen an kollaborierende Roboter verteilt auf EN ISO 10218 Teil 1 und Teil 2

Fazit zu den Anforderungen

- Die Normen erlauben den neuen Anwendungsbereich „Collaborative Robots“, bei dem ein bestimmtes Restrisiko für eine Kollision zwischen Mensch und Roboter gegeben ist.
- Es werden mehrere Szenarien unterschieden.
- Die derzeitigen Anforderungen sind noch nicht aufeinander abgestimmt und müssen überarbeitet/ergänzt/präzisiert werden.
- Es fehlen ausreichende und zusammenhängende Anforderungswerte eines Beanspruchungsmodells für den Kollisionsfall.
- Es fehlen konkrete Grenzwerte für Kollisionskräfte und –drücke.

Der zuständige Fachausschuss Maschinenbau, Fertigungssysteme, Stahlbau (FA MFS) reagierte

Auftrag: Erarbeiten von medizinisch/biomechanischen Anforderungen, die die Norm ergänzen und präzisieren

1. Definition einer Beanspruchungsgrenze des Körpers bei mechanischer Exposition im Kollisionsfall (maximal AIS 1)
2. Verletzungskriterien
3. Körpermodell und Hinweise zum Beginn von Verletzungen (Literaturstudie, Kontrollversuche)
4. Erstellung von BG/BGIA-Empfehlungen mit orientierenden „technologischen, medizinisch/biomechanischen, ergonomischen und arbeitsorganisatorischen Anforderungen“

Voraussetzungen für kollaborierende Roboter

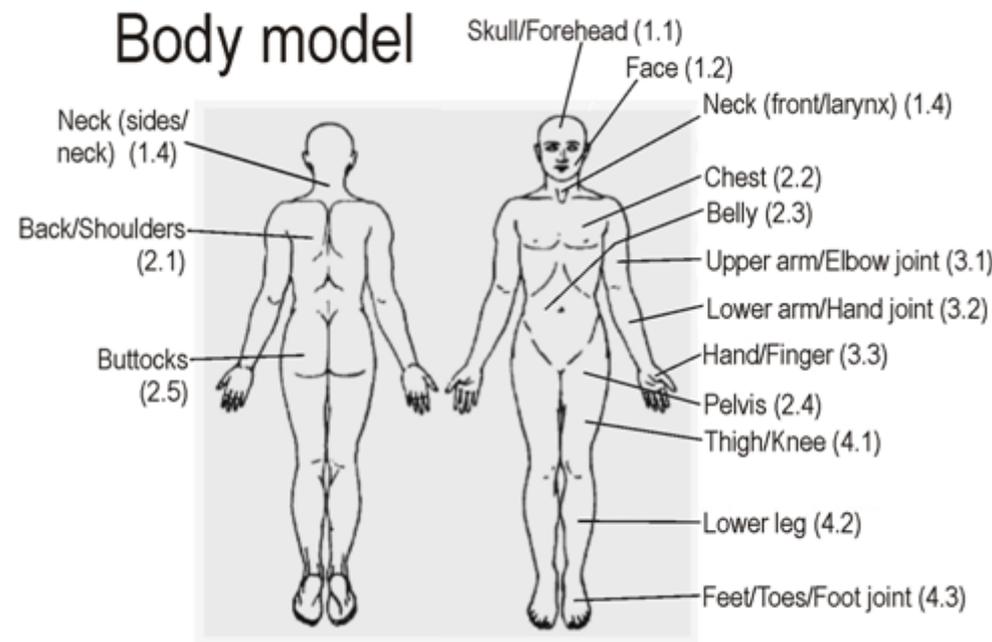
- Meist kleine, speziell konstruierte sichere Roboter, mit denen Menschen innerhalb eines festgelegten Arbeitsraums direkt zusammenarbeiten.
 - Es sind geeignete technische Schutzmaßnahmen zu implementieren (PL d).
 - Wesentlicher Baustein sind sichere Steuerungen. Sie können alle Bewegungen der Roboter gezielt überwachen.
 - Voraussetzung: Über sichere Sensoren wie z. B. Kameras oder taktile Sensoren erkennt die Robotersteuerung, wo der Mensch sich bewegt.
 - Dennoch verbleibt ein Restrisiko einer Kollision.
- Technologische, ergonomische, arbeitsorganisatorische, biomechanisch/medizinische Anforderungen sind notwendig.

Bedingungen des Fachausschusses (der UVT)

- Eine Kollision ist ein unerwünschtes Ereignis innerhalb von Arbeitstätigkeiten.
- Kollisionen sind keine ständigen oder beliebig im Arbeitsprozess auftretenden zu vernachlässigenden Ereignisse.
- Willentliche, im Sinne der Aufgabe notwendige Kontakte sind nicht gemeint.
- Nach einer Kollision müssen die Auswirkungen geprüft werden, d. h., das Ereignis kann eine Arbeitsunterbrechung, einen Arbeitsausfall, eine fachliche Behandlung und eine Neubewertung des Arbeitsplatzes zur Folge haben.

Körpermodell für Risikoanalyse

- Mechanische Beanspruchungen führen am Körper zu unterschiedlichen Belastungen.
- Anwender/Systemintegrator/verantwortliche Person entscheidet in der Risikoanalyse, welche Körperbereiche betroffen sind.
- Kollaborationsraum sollte so minimal wie möglich sein; betroffene Körperbereiche können somit gering gehalten werden.



Definition von Verletzungskriterien

Verletzungskriterien

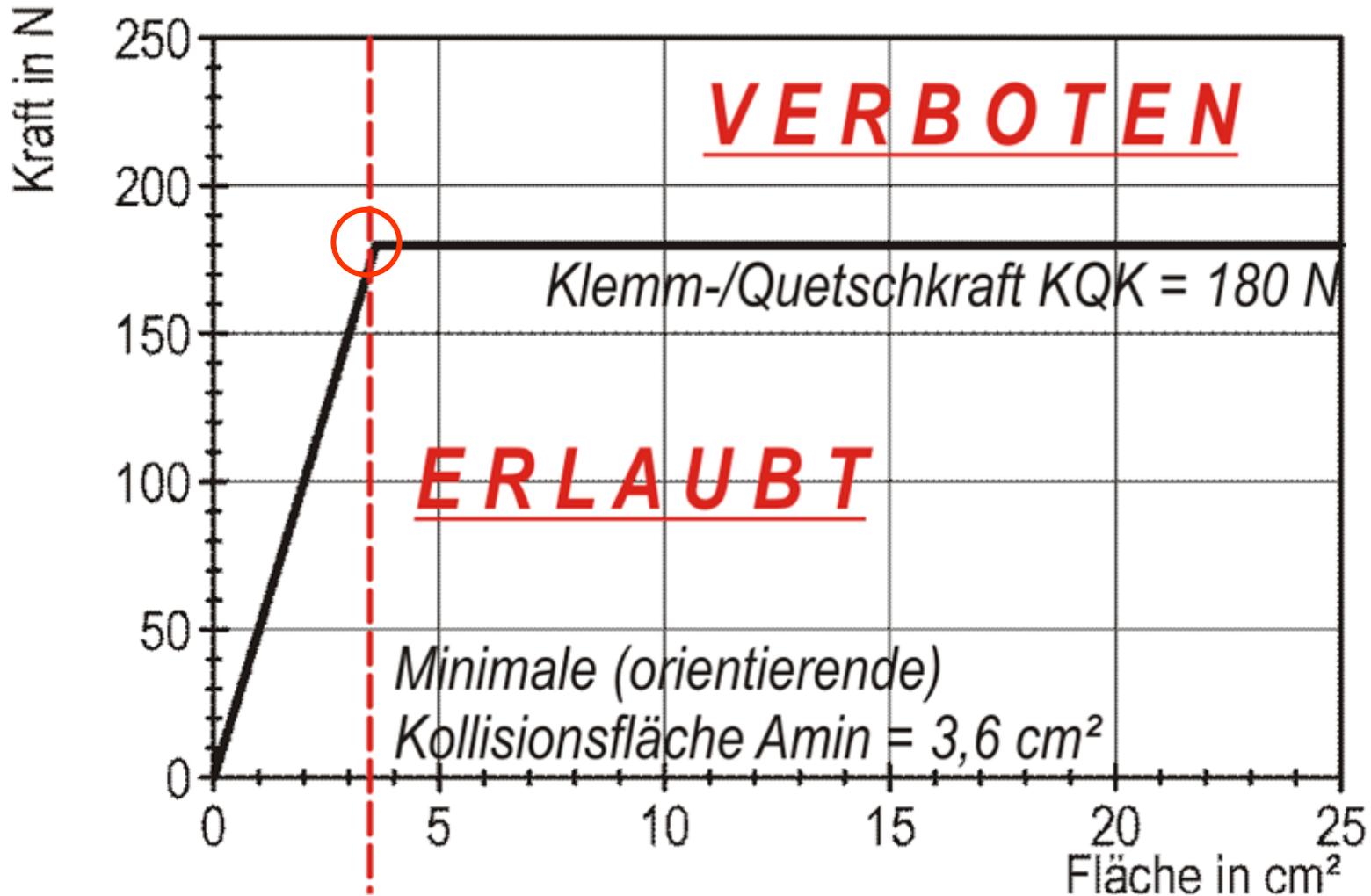
- Klemm-/Quetschkraft KQK in [N], einwirkende Kollisionskraft
- Stoßkraft STK in [N], einwirkende Kollisionskraft
- Druck/Flächenpressung DFP in [N/cm²], lokale Beanspruchung in der Kollisionsfläche

Orientierende Gestaltungsgrößen

- Kompressionskonstante KK in [N/mm] des individuellen Körperbereiches
- Minimale Kollisionsfläche, Annahme: gleiche Partialdrücke in der Fläche

Beispiel Grenzwerte

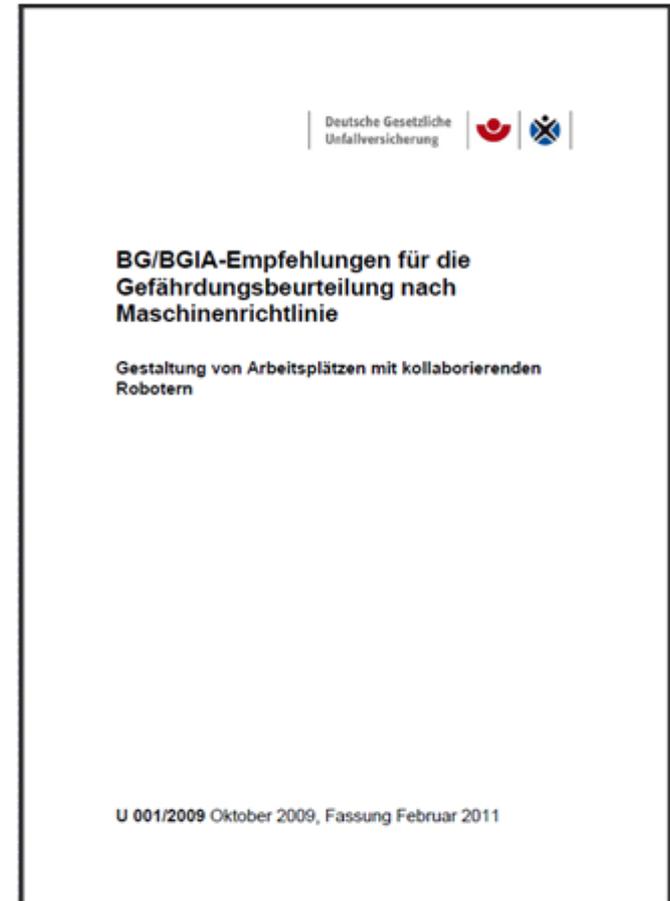
Körpemodellell (Hauptbereiche)	KB	Einzelkörperbereiche	Grenzwerte			KK
			KQK	STK	DFP	
			[N]	[N]	[N/cm ²]	[Nmm]
Hauptbereich 1: Kopf mit Hals	1.1	Schädel/Stirn	130	175	30	150
	1.2	Gesicht	65	90	20	75
	1.3	Hals (Seiten/Nacken)	145	190	50	50
	1.4	Hals (vorne/Kehlkopf)	35	35	10	10
Hauptbereich 2: Rumpf	2.1	Rücken/Schultern	210	250	70	35
	2.2	Brust	140	210	45	25
	2.3	Bauch	110	160	35	10
	2.4	Becken	180	250	75	25
	2.5	Gesäß	210	250	80	15
Hauptbereich 3: Obere Extremitäten	3.1	Oberarm/Ellenbogengelenk	150	190	50	30
	3.2	Unterarm/Handgelenk	160	220	50	40
	3.3	Hand/Finger	135	180	60	75



BG/BGIA-Empfehlungen

- Kollision und Verletzungskriterien
- Anforderungen
- Prüfung der Anforderungen
- Vorgehensweise bei der messtechnischen Erfassung der Verletzungskriterien
- Beispiel
- Dokumentation
- Checkliste und Anwendungshilfen

Webcode d89188

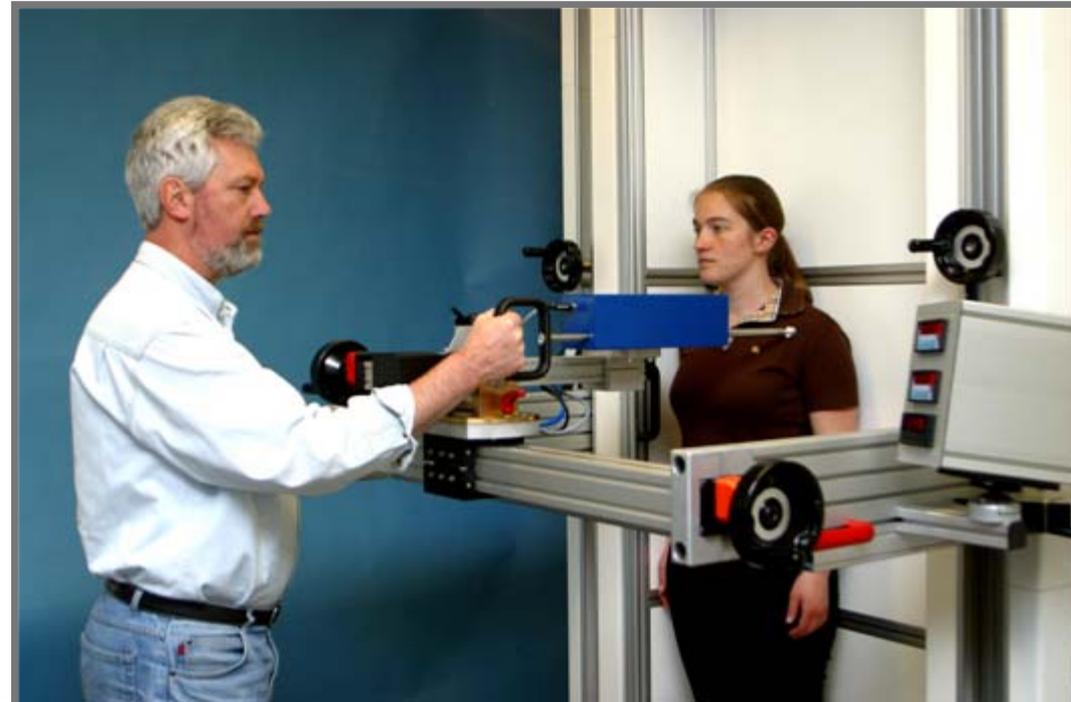


Aktuelle Projekte

Validierung der Grenzwerte durch zukünftige Forschung (Indikator: Schmerzschwelle)

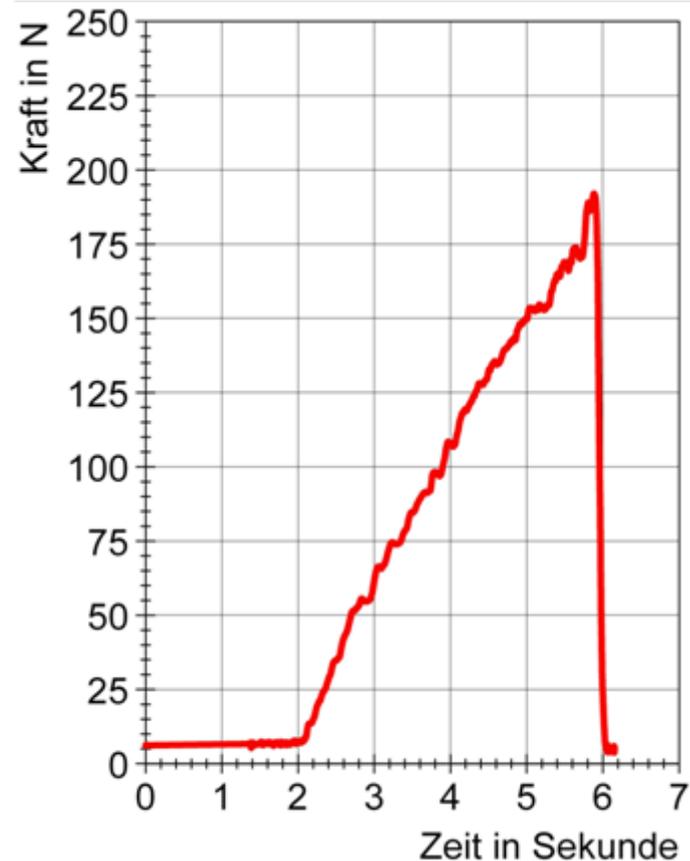
- Erstellung eines Ganzkörper-Schmerzschwellenkatasters mit Probandenkollektiv (Ethikkommission) (in Kooperation mit der **Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität (JGU) Mainz**)
- Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Schmerzschwellen und dem Beginn von Gewebe-/Strukturschädigung (in Kooperation mit der **Universitätsmedizin der JGU Mainz**)
- Entwicklung einer Datenbank für Verletzungsdaten und weitere Recherchen und Auswertung von Untersuchungen zu Quellen mit mechanischen Körperbeanspruchungen (IFA)

Laborversuchseinrichtung zur Ermittlung von Schmerzschnellen des Menschen

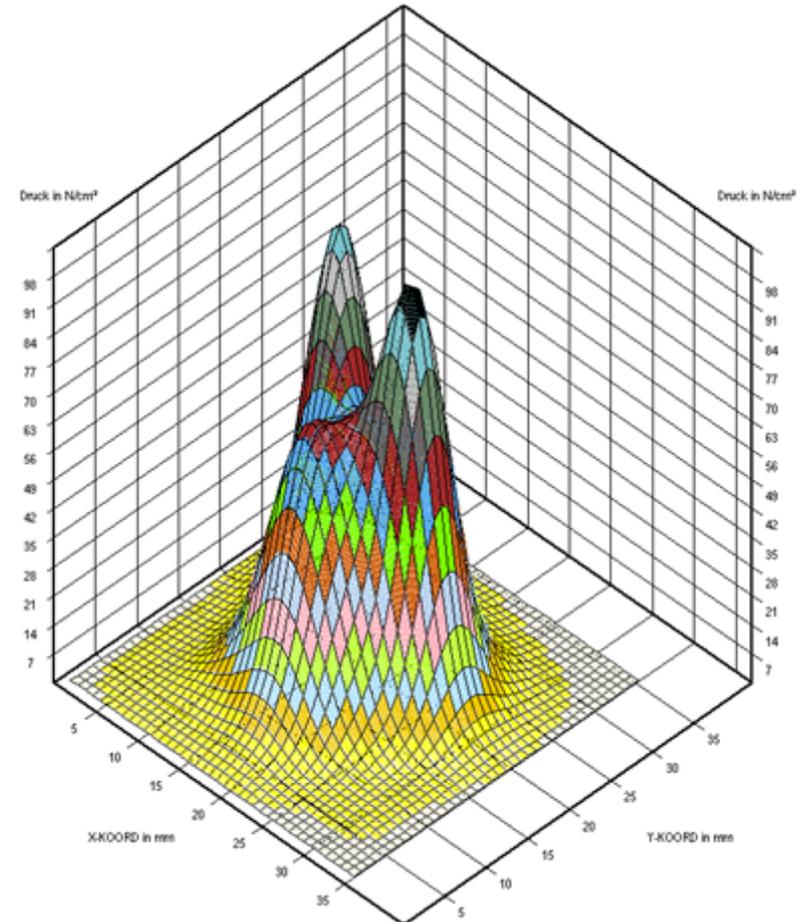
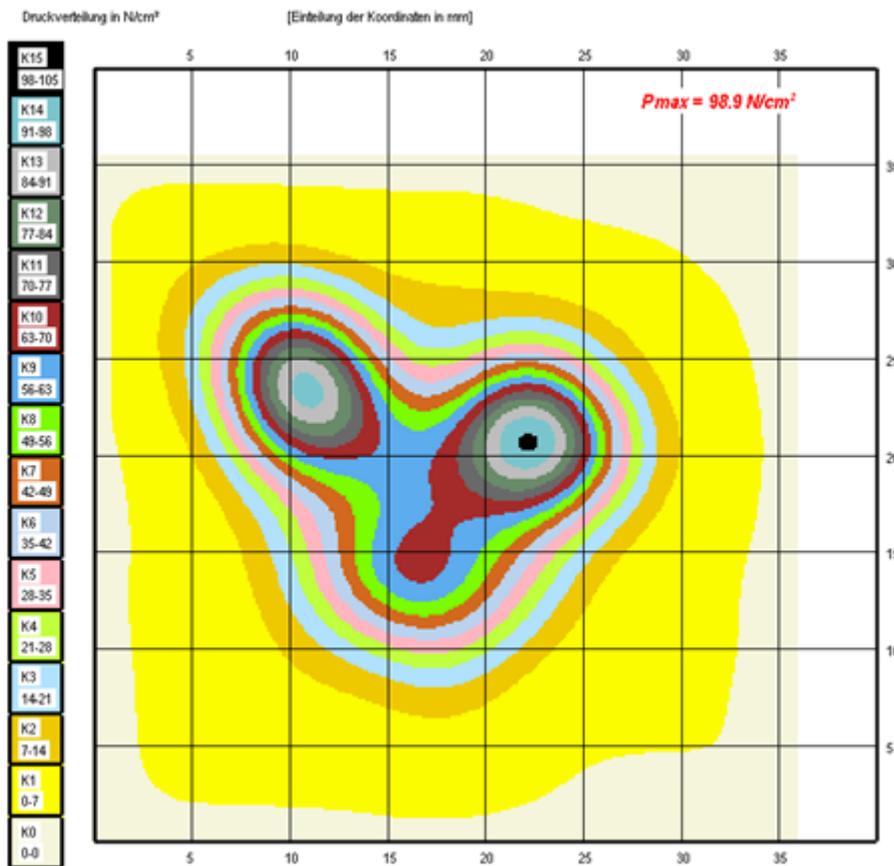


Schmerzschwelle oberhalb Ohr (Kraftsignal)

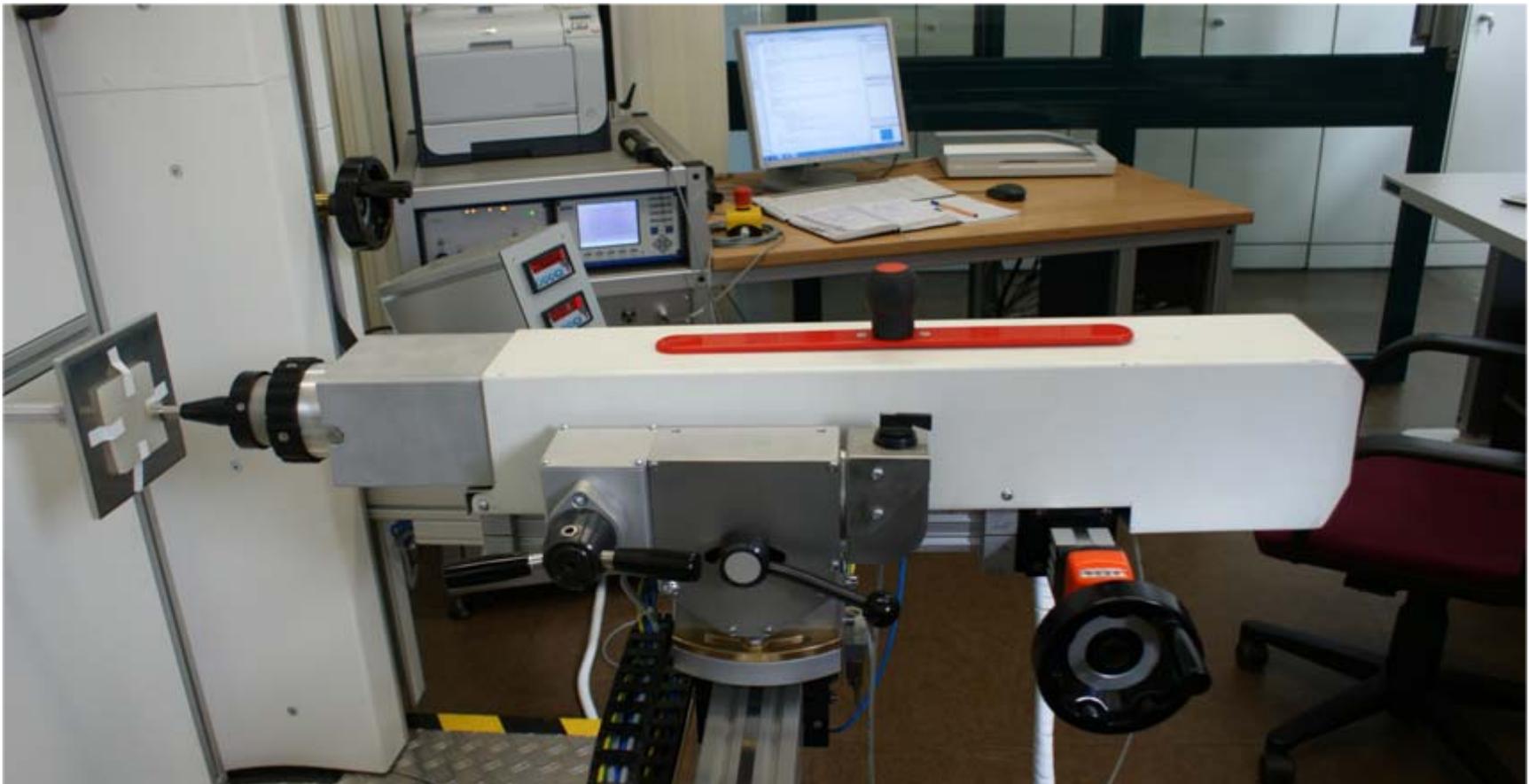
- Schmerzschwelle oberhalb des Ohres
- Aufzeichnung des Kraftsignals
- Schmerzschwelle bei 185 N



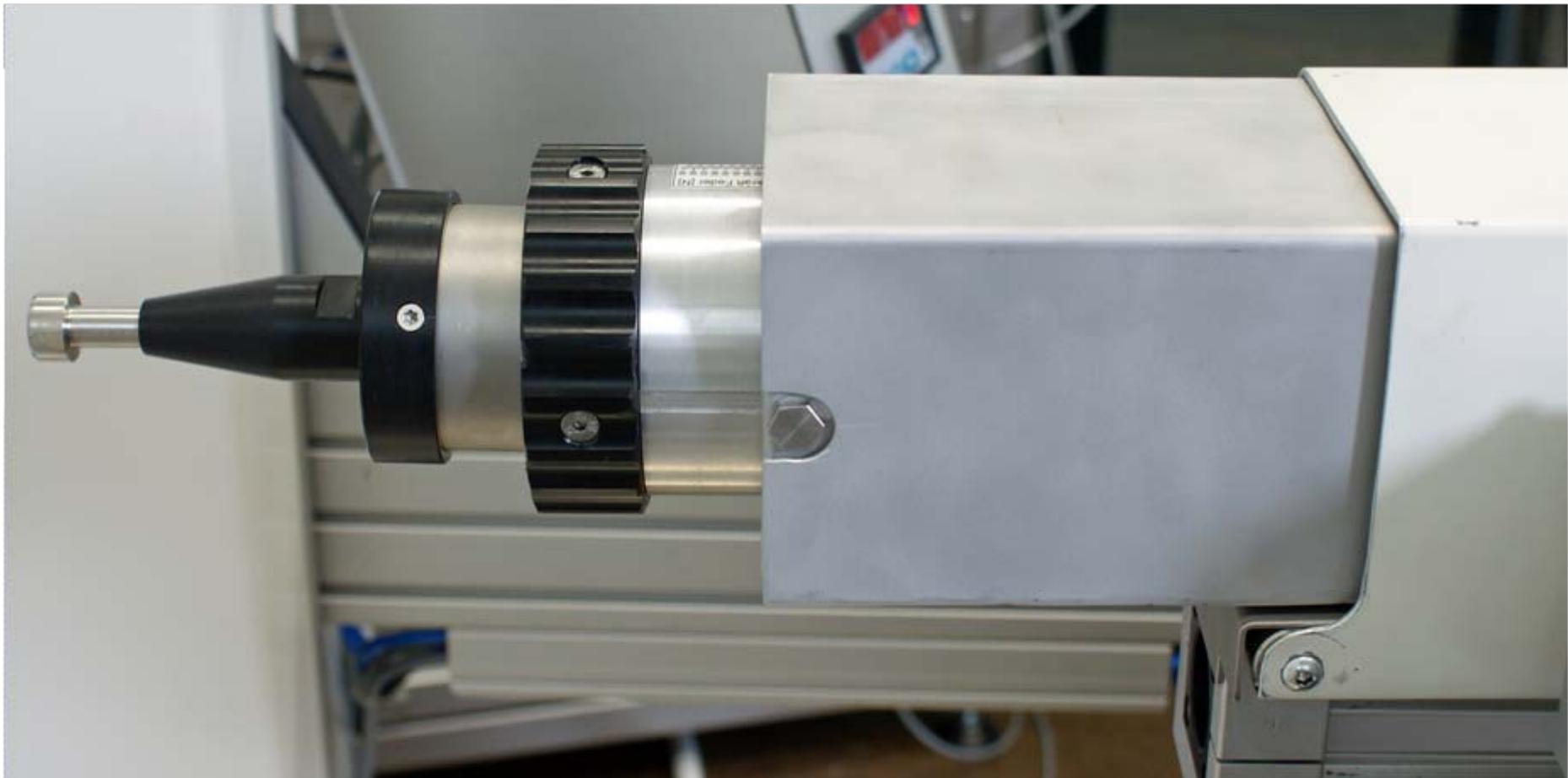
Schmerzschwelle oberhalb Ohr (Druckverteilung)



Automatisches Druckalgometer zur Reizapplikation



Automatisches Druckalgometer zur Reizapplikation



Aktuelle Projekte

Entwicklung eines biofidelen (mechanisch menschenähnlich) Messsystems

- Untersuchung und Auswahl von geeigneten Druckmessfolien/-systemen (IFA in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF und dem FA MFS)
- Bestimmung des Trägheitsflusses bei nachgiebiger Mensch-Roboter-Kollision (in Kooperation mit dem Fraunhofer IFF)
- Weiterentwicklung der Mess- und Auswertesoftware (IFA)
- Bau von weiteren optimierten Prototypen für Kooperationspartner (IFA)
- Umsetzung der Anforderungen in der betrieblichen Praxis (IFA, FA MFS, weitere)

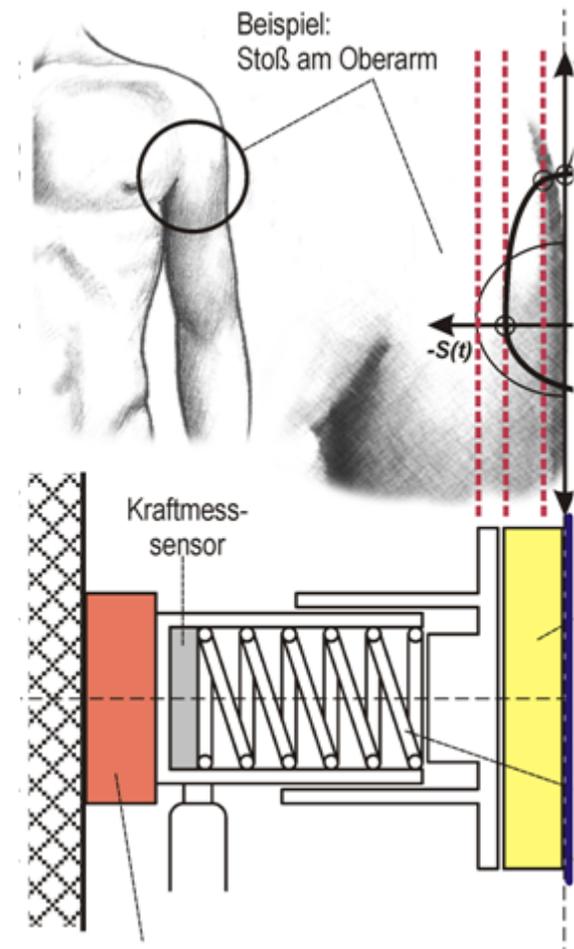
Testverfahren

Aufgabe eines biofidelen Messgerätes:

Simulation:

- des Kompressionsverhaltens
 - der lokalen Körperregion (Haut)
 - der globalen Körperregion (z. B. Arm, Schulter)
- der Körperbewegung abhängig vom Trägheitsverhalten entsprechend einer angenommenen Körperhaltung

Messung der Gesamtkraft und des Partialdruckes



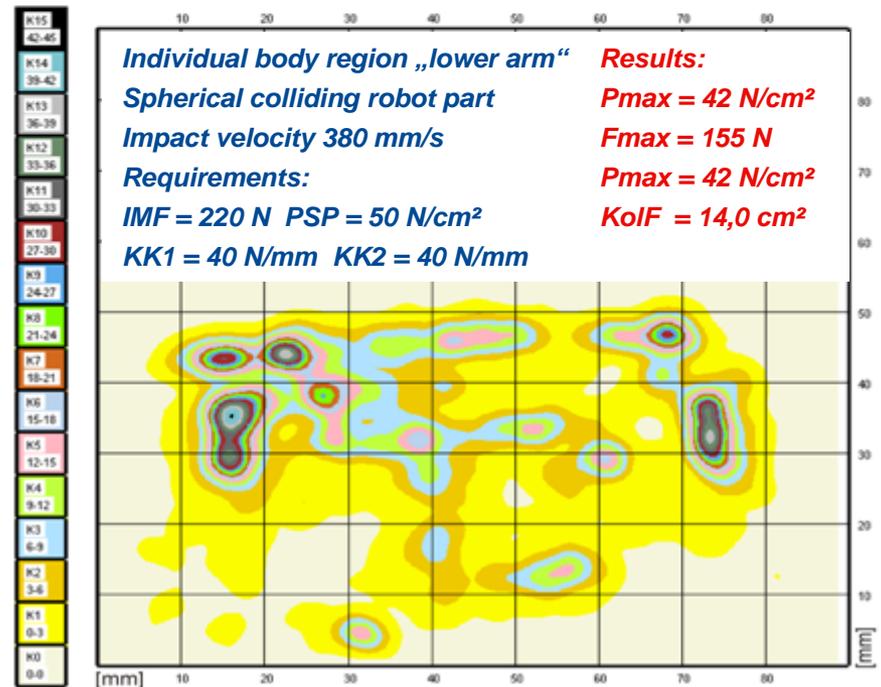
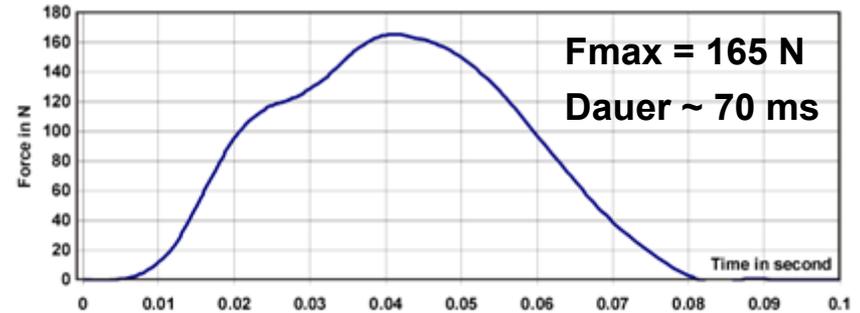
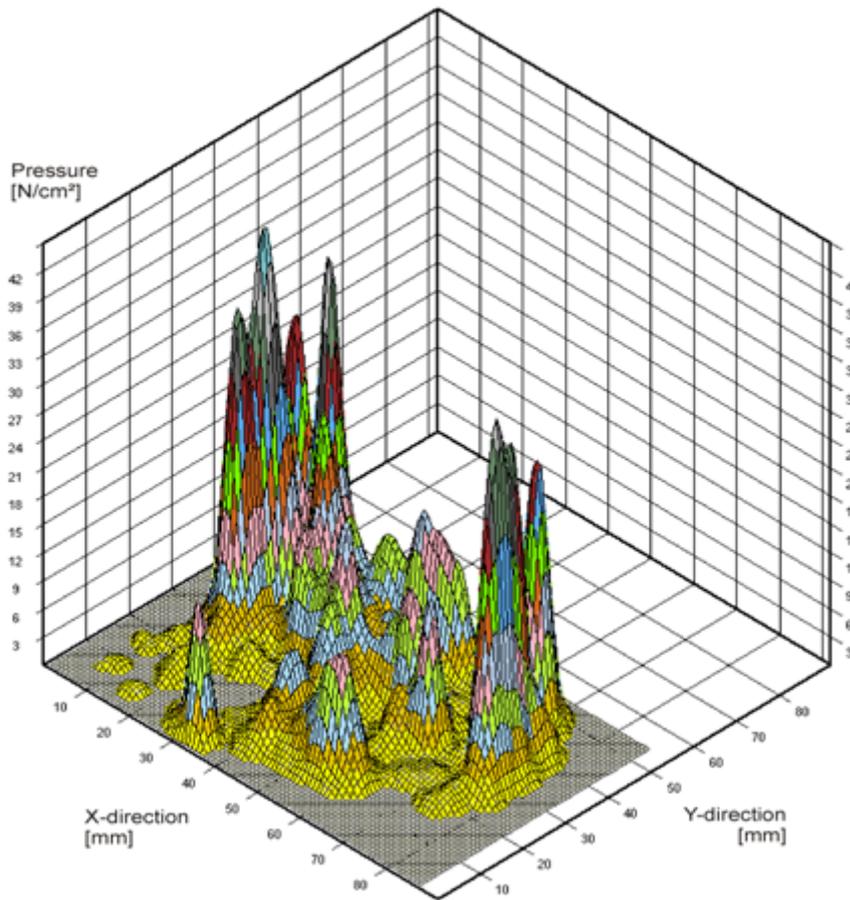
Prüfung der Grenzwerte



Bilder: MRK-Systeme GmbH



Beispiel eines Stoßes



Erfahrungen erster Baumusterprüfungen

- Die Anforderungen sind verständlich und umsetzbar!
- Der Prototyp eines Prüfgerät hat sich bewährt.
- Kontrollparameter sind die maximale Geschwindigkeit des Roboters und seine Oberflächengestaltung.
- Für jede individuelle Applikation eine eigene Risikoanalyse und Überprüfung
- Es gibt nicht „den zertifizierten, sicheren kollaborierenden Roboter“.

Weitere Standardisierungsaktivitäten

- ISO/TC 184/SC 2/WG 3 hat vorgeschlagen, eine eigene Technical Specification (TS) für detailliertere Anforderungen an Kollaborationsräume zu erarbeiten.
- Die EN ISO 10218-2 wurde daraufhin angepasst und verweist für die kollaborierenden Szenarien schon jetzt auf diese ISO/TS.
- Der vorläufige Titel: **ISO/TS 15066** “Robots and robotic devices – Safety requirements – Industrial collaborative workspace”
- Die BG/BGIA-Empfehlungen sind in den Entwurf der TS eingearbeitet und werden derzeit international diskutiert.
- Detaildiskussionen, z. B. Vorschrift zur Bewertung von Druck-/Kraftsignalen

Aktuelle Informationen und Ansprechpartner:



IFA
Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

[DGUV](#) | [Kontakt](#) | [Sitemap](#) | [English](#)

Aktuelles

Forschung

Fachinfos

Gefahrstoffdatenbanken

Praxishilfen

Prüfung/Zertifizierung

Publikationen

Veranstaltungen

Wir über uns

Home > [Fachinfos](#) > [Kollaborierende Roboter](#)

- [Arbeitsplatzgrenzwerte](#)
- [Asbest an Arbeitsplätzen](#)
- [Biologische Arbeitsstoffe](#)
- [Ergonomie](#)
- [Exposition-Risiko-Beziehung \(ERB\)](#)
- [GHS-Verordnung](#)
- [Hautgefährdung](#)
- [KMR-Liste](#)
- [Kollaborierende Roboter](#)
- [Technische Schutzmaßnahmen](#)
- [Medizinisch/Biomechanische Anforderungen](#)
- [Systemergonomische Gestaltung](#)
- [Prüftechnik](#)
- [Schmerzwellenkataster](#)
- [Kombinationen von Persönlicher](#)



[Vergrößern \(668 kB\)](#)

Armaturenbrettmontage, Bild:
Daimler AG

Kollaborierende Roboter

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 Servicerobotern, die in steigender Zahl in der Arbeitswelt und in öffentlichen oder privaten Umgebungen nahe neben Personen eingesetzt werden.

Bisher waren beim Einsatz von Robotern trennende Schutzeinrichtungen notwendig, um Personen, die sich im Arbeitsfeld des Roboters befanden, sicher gegen mechanische Einwirkungen und damit gegen Verletzungen durch schnelle Roboterteile zu schützen. Im Zuge der Überarbeitung und Neuordnung der für

Ansprechpartner:

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen
Unfallversicherung (IFA)
Fachbereich 5
Dr. Michael Huelke
Alte Heerstraße 111

Google™ Benutzerdefinierte Suche

[Suche starten](#)

Webcode

[Los](#)

+ so geht's

**Filmdokumentation
herunterladen**



Kollaborierende Roboter –
[Film](#)dokumentation zu den
 Forschungs- und
 Entwicklungsthemen des IFA
 (174 MB, Format: mp4)

Zum Download

Aktuelle Informationen und Ansprechpartner:

kollaborierende roboter

Suche

Ungefähr 217 Ergebnisse (0,15 Sekunden)

[Erweiterte Suche](#)

[IFA - Praxishilfen: Kollaborierende Roboter](#)

Im Zuge der Überarbeitung und Neuordnung der für Industrieroboter relevanten Normen wurde ergänzend das neue Anwendungsfeld der **kollaborierenden Roboter** ...

www.dguv.de/.../kollaborierende_roboter/index.jsp - [Im Cache](#) - [Ähnliche Seiten](#)

[PDF] [Arbeitssicherheit an Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern](#)

Dateiformat: PDF/Adobe Acrobat

mit **kollaborierenden Robotern**. Fachgespräch Maschinenschutz am 5./6. Mai ...

www.dguv.de/.../kollaborierende_roboter/fachgespraech.pdf - [Ähnliche Seiten](#)

[+](#) [Weitere Ergebnisse anzeigen von dguv.de](#)

[Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd: Industrieroboter](#)

Assistierende oder **kollaborierende Roboter**. Bild: Daimler-Chrysler, Armaturenblechmontage. Der Begriff Assistierender Roboter (engl. ...

www.bg-metall.de/.../industrieroboter.html - [Im Cache](#) - [Ähnliche Seiten](#)