



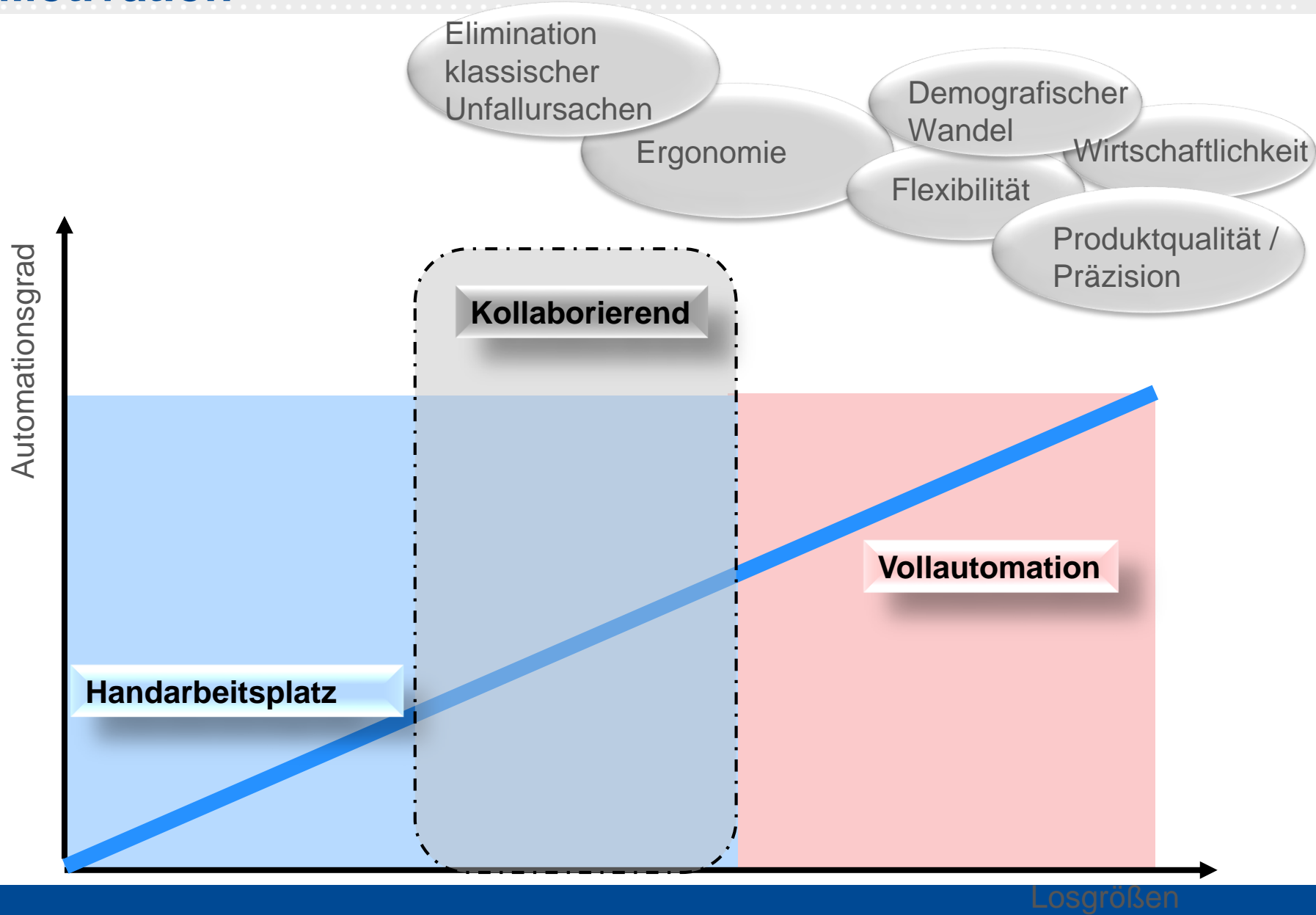
DGUV

Fachbereich Holz und Metall
Berufsgenossenschaft
Holz und Metall

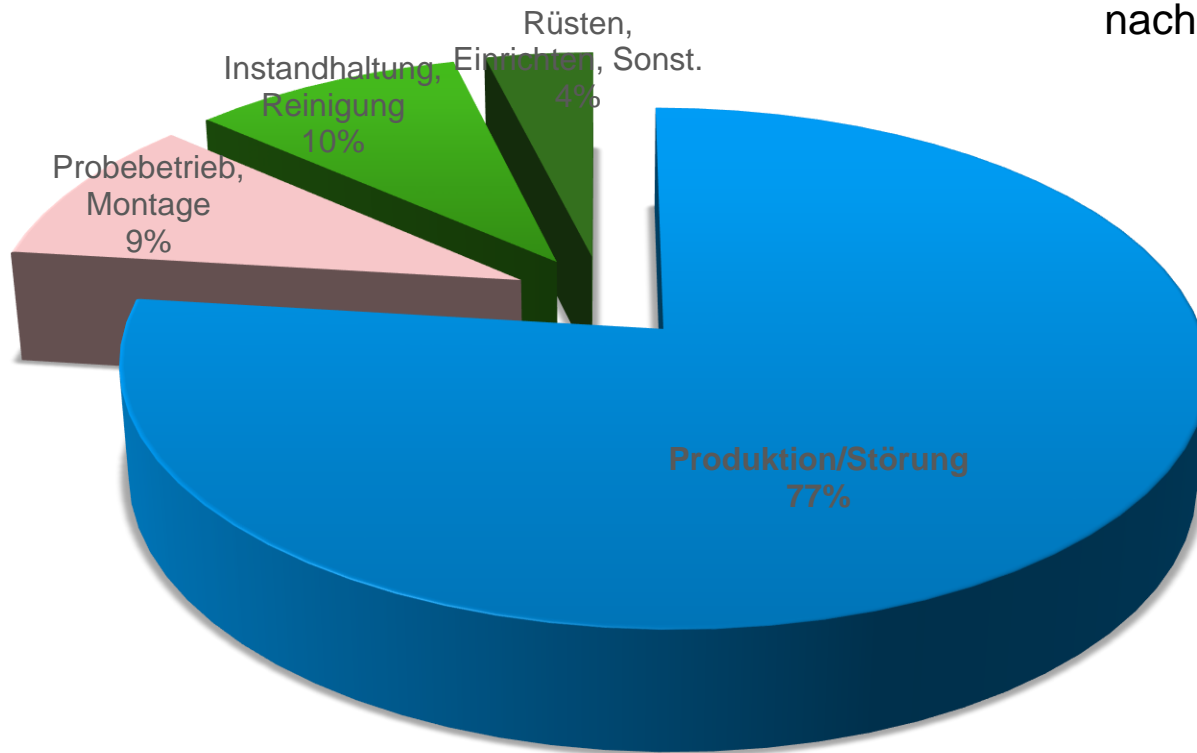
Tag der Arbeitssicherheit in Fellbach
10. und 11. April 2019

Mensch-Roboter-Kollaboration: Risiken und Chancen für die Prävention im Betrieb

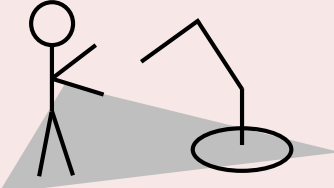
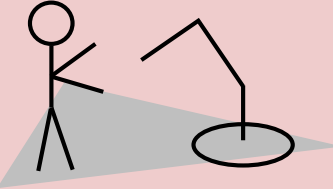

Dr. Matthias Umbreit
Berufsgenossenschaft Holz und Metall
Isaac-Fulda-Allee 18
55124 Mainz
Tel. +49 6131 802 13953
E-Mail: m.umbreit@bghm.de

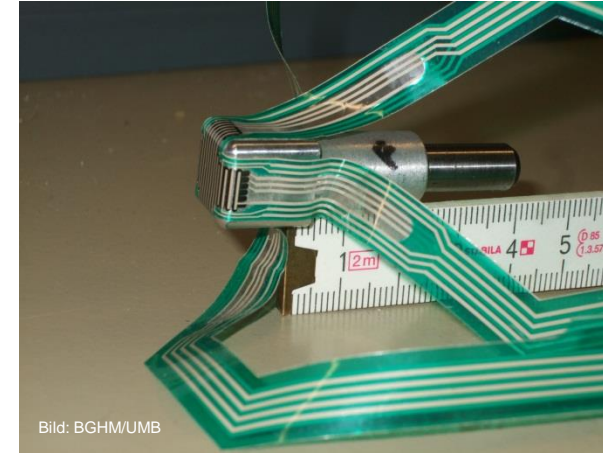


nach Art des Betriebes

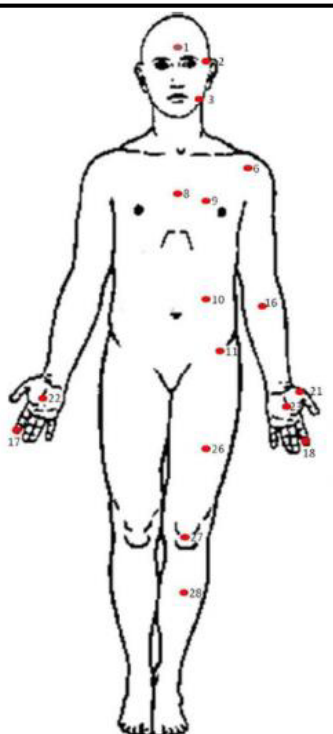


Auswertung von 52 schweren Unfällen an Industrieroboteranlagen im Zeitraum 2009-2016

Kollaborationsart	Zweck	Sicherheitsanforderungen	Beispiel Anmerkung
<p>Handführung</p> 	<p>Manuelle Führung z.B. durch Joystick. und Zustimmschalter</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sichere Geschwindigkeit (Kategorie 3, PLd) ▪ Not-Halt leicht erreichbar ▪ Zustimmschalter (Kategorie 3, PLd) 	<p>Manuelle Feinpositionierung schwerer Teile Achtung Handführung ≠ Programmieren</p>
<p>Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung</p> 	<p>Roboter verlangsamt bei Annäherung Roboter beschleunigt bei Entfernung</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personendetektionssystem (Kategorie 3, PLd), z.B. Laserscanner, Sicherheits-3-D-Kamera ▪ Sichere Geschwindigkeit (Kategorie 3, PLd) ▪ Sicherheitsabstände nach EN ISO 13855 	<p>Kontrollaufgaben Achtung: Sicherheitsabstände nach EN ISO 13855 sind im Betrieb meist nicht vorhanden</p>
<p>Sicherheitsgerichteter Stopp</p> 	<p>Roboter stoppt bei Annäherung Roboter startet bei Entfernung</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personendetektionssystem (Kategorie 3, PLd), z.B. Laserscanner, Sicherheits-3-D-Kamera ▪ Sicherer Stopp bei jedem Zutritt ▪ Sichere Geschwindigkeit (Kategorie 3, PLd) ▪ Kein automat. Wiederanlauf im Detektionsbereich ▪ Sicherheitsabstände nach EN ISO 13855 ! 	<p>Kontrollaufgaben Achtung: Sicherheitsabstände nach EN ISO 13855 sind im Betrieb meist nicht vorhanden</p>
<p>Leistungs- und Kraftbegrenzung</p> 	<p>Roboter stoppt bei Kontakt wenn Kraft oder Druck über Limit</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pauschale Begrenzung auf 80W oder 150N entfällt ab Jan. 2012 ▪ Begrenzung von Kraft und/oder Druck bei Kontakt (Körperregion) ▪ Z.B. taktile Schutzeinrichtungen, Drehmomentsensoren (Kategorie 3, PLd) ▪ Sichere Geschwindigkeit (Kategorie 3, PLd) 	<p>Unterstützung manueller Tätigkeiten, Kommissionieraufgaben leichter Teile</p>



- 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

Front	Specific Localization	Body Region
	1	Mid of forehead
	2	Temple
	3	Masticatory muscle
	6	Shoulder joint
	8	Stemum
	9	Pectoral muscle
	10	Abdominal muscle
	11	Pelvic bone
	16	Arm nerve
	17	Forefinger pad d
	18	Forefinger pad nd
	21	Thenar
	22	Palm of hand d
	23	Palm of hand nd
	26	Thigh muscle
	27	Kneecap
	28	Shin splint
	d	Dominant body side
	nd	Non dom. body side

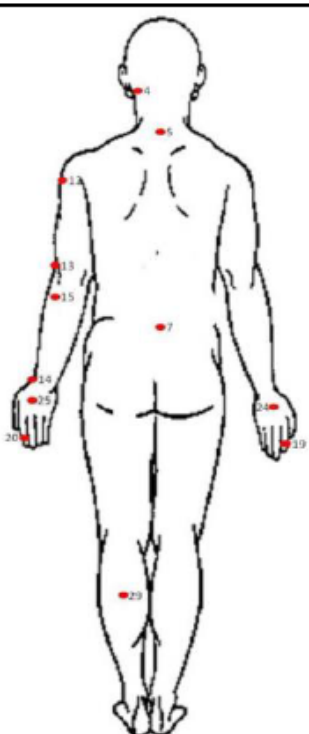
Rear	Specific Localization	Body Region
	4	Neck muscle
	5	7th neck muscle
	7	5th lumbar vertebra
	12	Deltoid muscle
	13	Humerus
	14	Radius bone
	15	Forearm muscle
	19	Forefinger end joint nd
	20	Forefinger end joint d
	24	Back of the hand d
	25	Back of the hand nd
	29	Calf muscle
	d	Dominant body side
	nd	Non dom. body side

Bild: Uni Mainz

Quelle: Uni Mainz

Kritische Zone

Körperllokalisierung		Quasi statischer Kontakt (Klemmen)		Transienter Kontakt (Freier Stoß)	
Spezifische Lokalisation	Körperregion	Spitzendruck p_s [N/cm ²] (Anmerkung 1)	Kraft F_s [N] (Anmerkung 2)	Spitzendruck p_T Faktor (Anmerkung 3)	Kraft F_T Faktor (Anmerkung 3)
1	Stimmritze	130	130	Kein	Kein
2	Schläfe	130	130		
3	Kaumuskel	110	65		
4	Halsmuskel	140	150	2	2
5	Domfortsatz 7. Halswirbel	210	150		
6	Schultergelenk	160	210		
7	Domfortsatz 5. Lendenwirbel	210	210		
8	Brustbein	120	140		
9	Brustmuskel	170	140		
10	Bauchmuskel	140	110		
11	Beckenknochen	210	180	2	2
12	Deltamuskel	190	150		
13	Oberarmknochen	220	150		
14	Speichenknochen	190	160		
15	Unterarmmuskel	180	160		
16	Armnerv	180	160		
17	Zeigefingerbeere d	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	250		220	
27	Kniescheibe	220	220		
28	Schienbein	220	120		
29	Wadenmuskel	210	120		

Statischer Druck
(Klemmen)

Statische Kraft
(Klemmen)

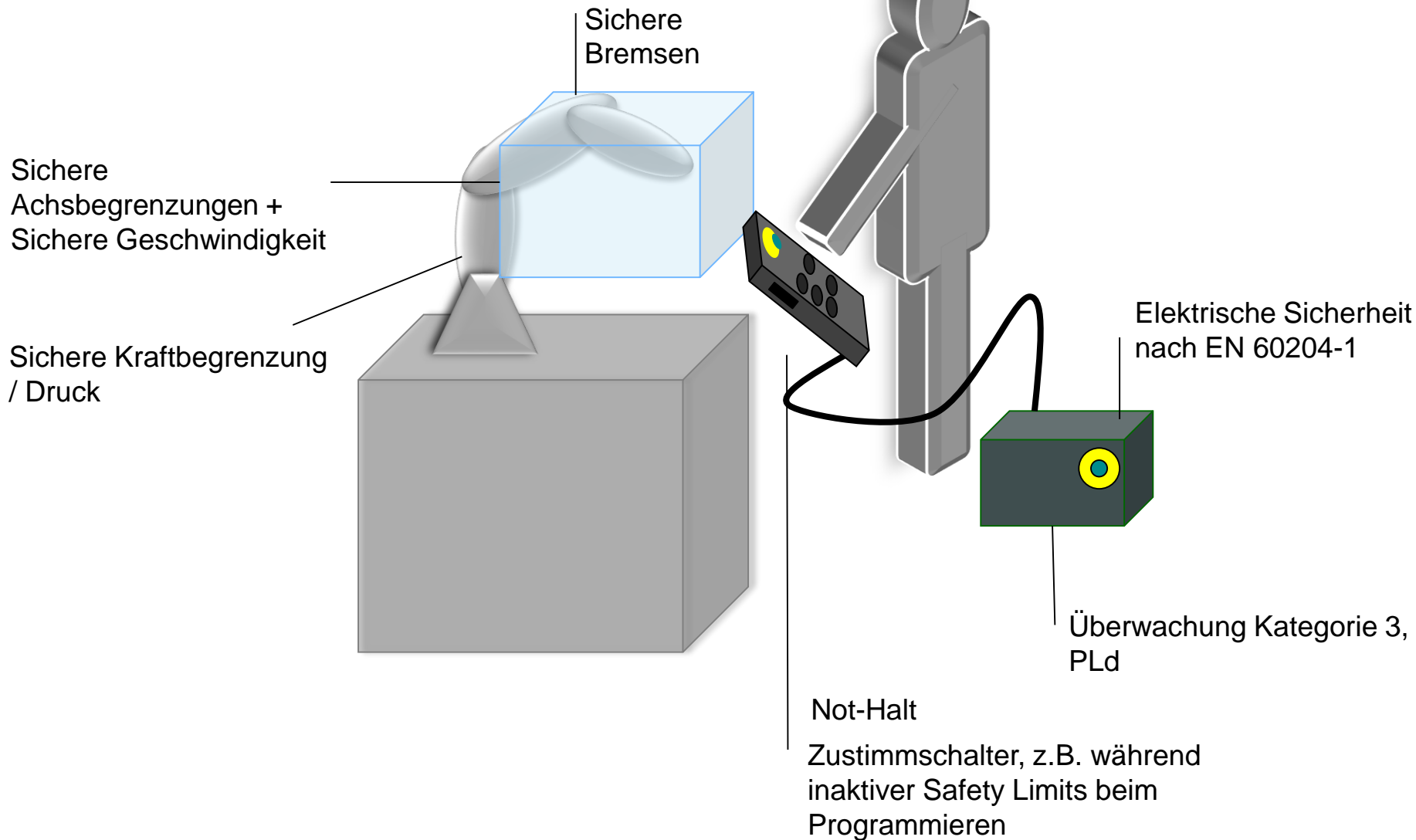
Faktor transienter Druck
(dynamischer Stoß)

Faktor transiente Kraft
(dynamischer Stoß)

Quelle: DGUV-Information FBHM 080

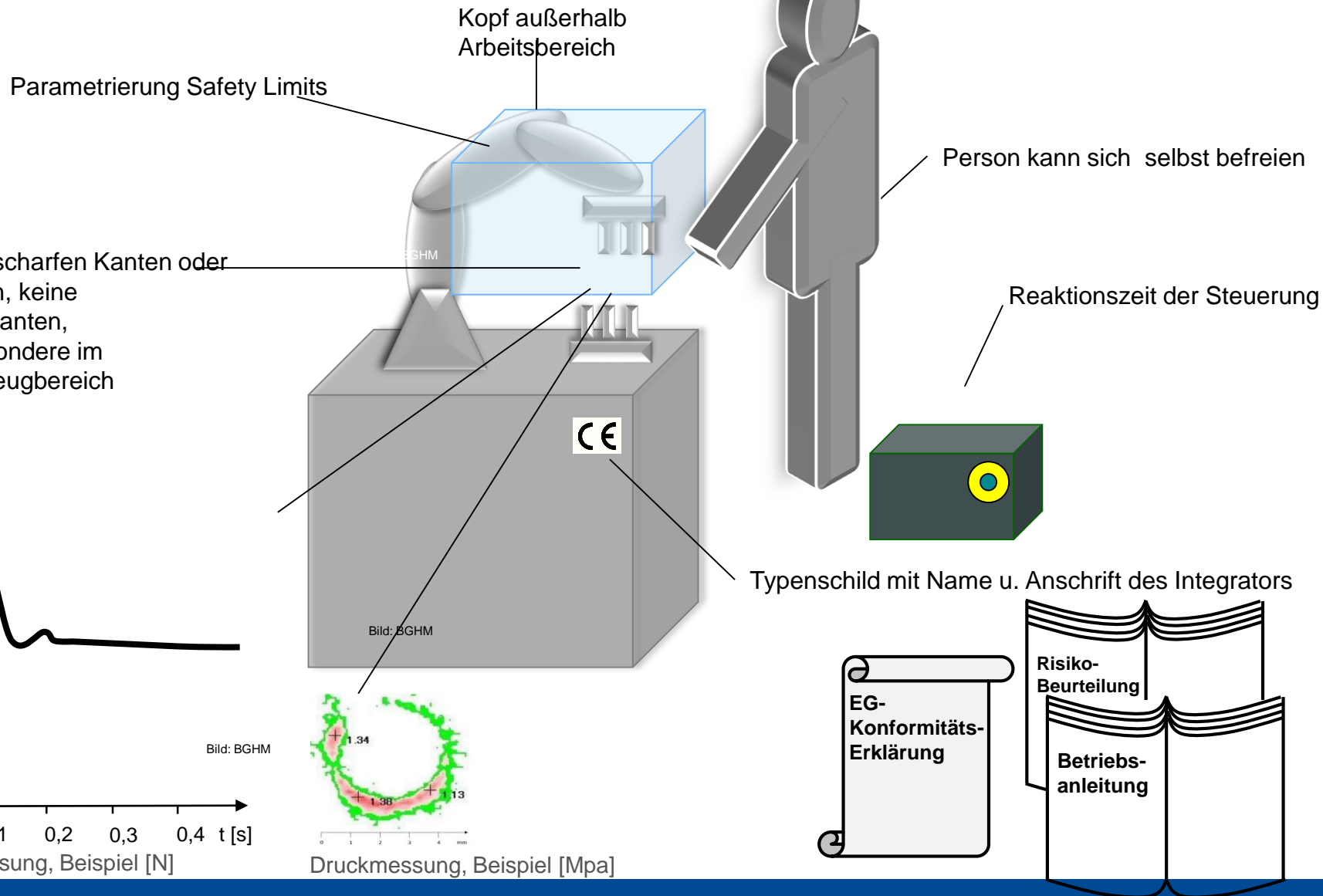
Sicherheitsbewertung Robotersystem -

a) Roboter ISO 10218-1



Sicherheitsbewertung Robotersystem -

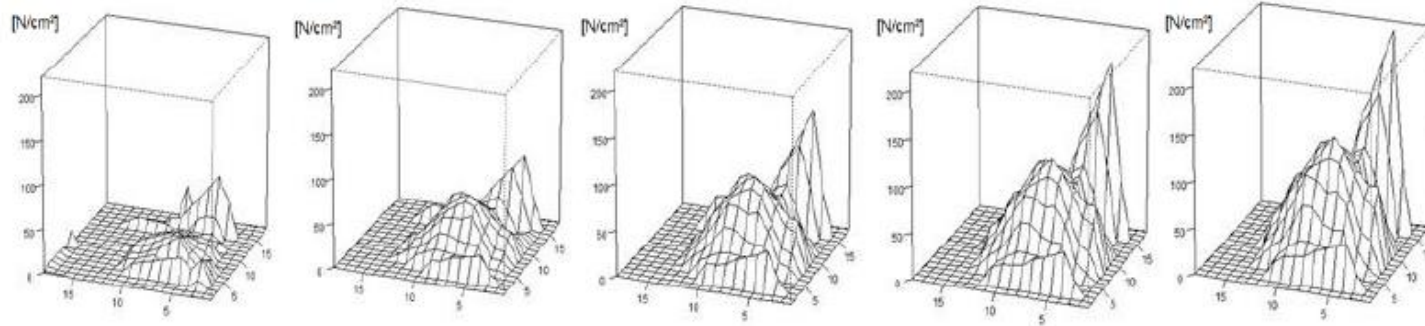
b) Applikation ISO 10218-2, ISO TS 15066





Quellen: FBHM

Forehead



Abdominal muscle

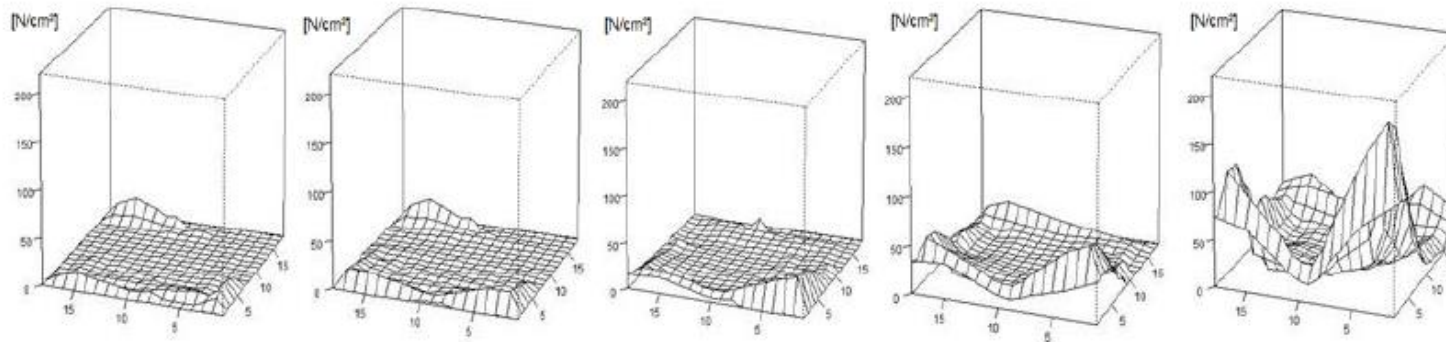
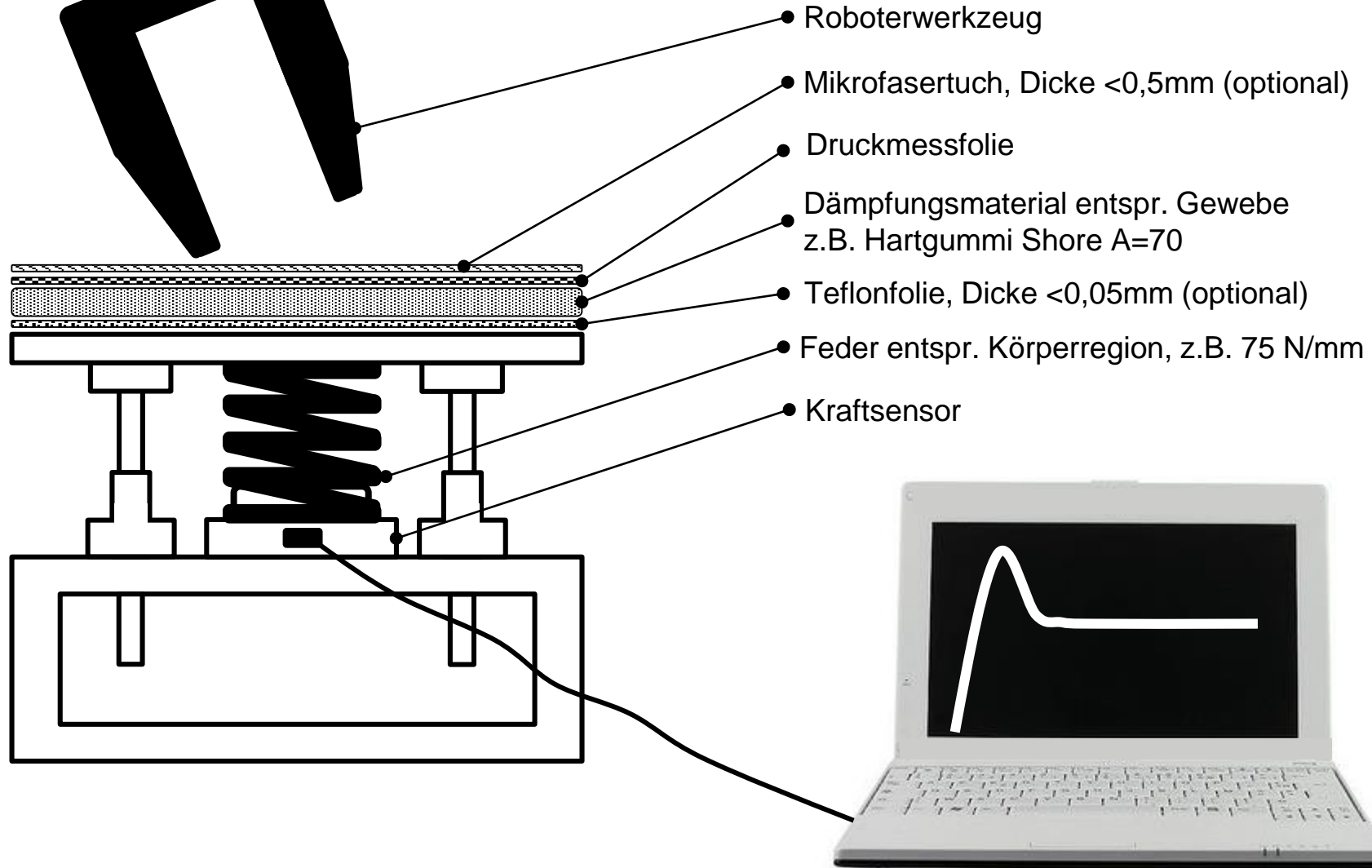


Figure 6: Exemplarily modelled distributions of pressure during two PPT measurements at the forehead (top) and the abdominal muscle (bottom). N = Newton. Time span between each frame amounted to approximately 3 seconds.

Source: Mainz University



Quellen: FBHM

Bild: DGUV-Information FBHM 080

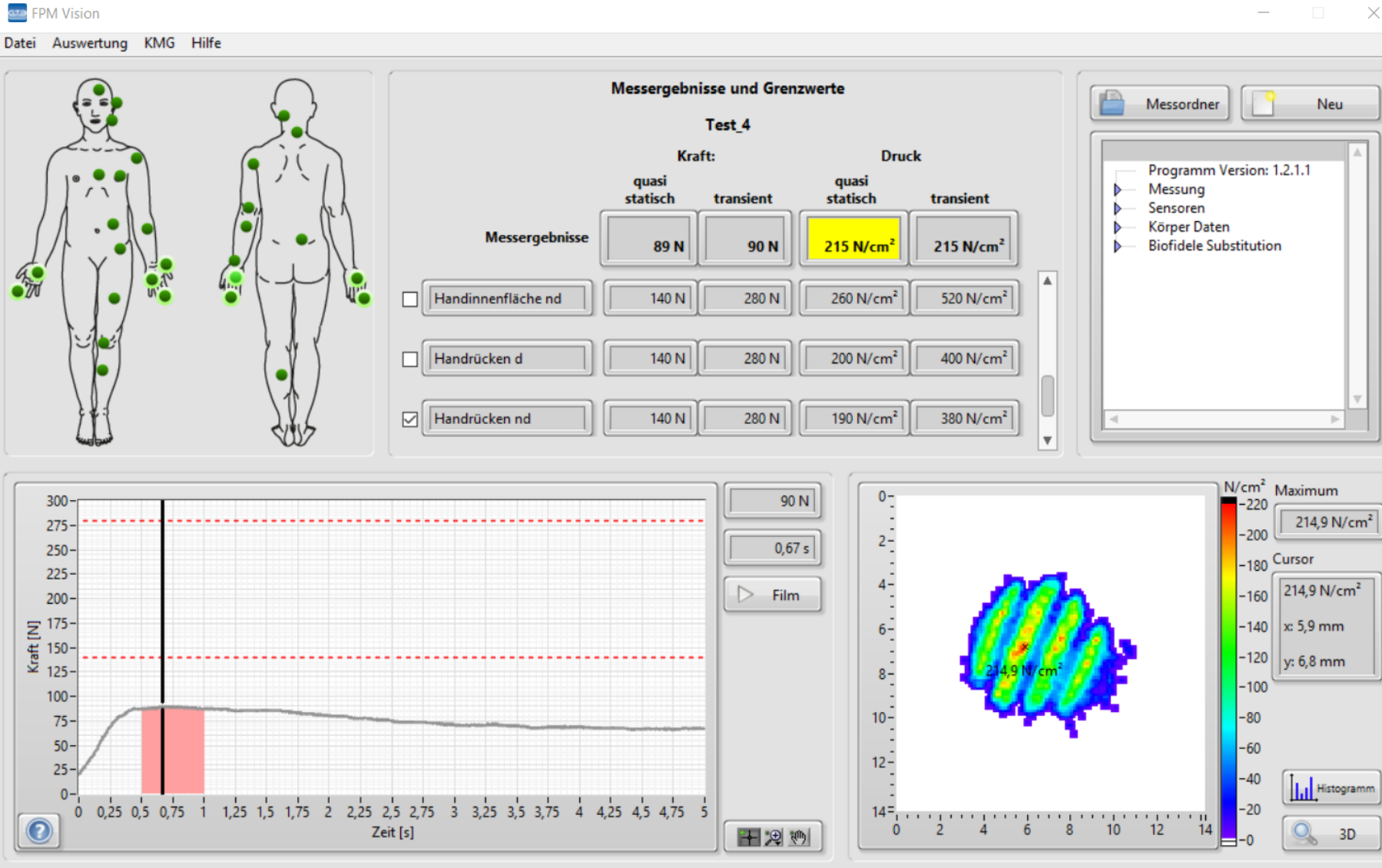


Bild: FBHM, GTE

Beim Betrieb ist auf folgendes zu achten:

- Betriebsanleitung des Herstellers verfügbar halten
- Auszug der wichtigsten Anweisungen als Betriebsanweisung gut sichtbar und dauerhaft an der Maschine
- Verhalten bei Störungen und
- Verhalten in Notsituationen, z.B. Einklemmtsein
- Schulung des Personals, z.B. Safety-Programmierer
- Wegen des generell möglichen Kontakts Roboter-Mensch nur gesunde Bediener (Betriebsarzt kontaktieren)
- Wie für jede andere Maschine: Wiederkehrende Prüfungen nach BetrSichV 1/Jahr (siehe DGUV-I 209-074).
- Infolge Verschleiß können sich sicherheitsgerichtete Parameter verändern: Wiederholungsmessungen von Kraft und Druck
- Ebenso nach jedem Umbau, Programmänderung, Softwareupdate etc. Wiederholungsmessungen von Kraft und Druck

Gefährdung	Risiko	Schutzmaßnahme
<u>Mechanische Gefährdung des Werkers</u> – Unbeabsichtigter Kontakt mit gefahrbringenden Bewegungen	Hoch	– Mitarbeiterschulung vor Inbetriebnahme /Befreien – 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 – Ausreichende Beleuchtung
<u>Mechanische Gefährdung von Programmierern, Einrichtern und Instandhaltern</u> – Unbeabsichtigter Kontakt mit gefahrbringenden Bewegungen	Hoch	– Betriebsartenwahlschalter, Zustimmschalter und reduzierte Geschwindigkeit (Risikobewertung des Herstellers anfordern) – Safety-Programmierer qualifizieren
<u>Mechanische Gefährdung von Besuchern</u> – 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
<u>Psychische Gefährdung</u> – Einklemmtsein 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
<u>Ergonomie</u> – Ungünstige Körperhaltung	Mittel	– Positionierung des Roboters auf Sockel oder hängend – Optimierte Bahnplanung - erste Bewegung vom Werker weg (Sichtprüfung)
<u>Elektrische Gefährdung</u> – Elektrischer Schlag, statische Aufladung	Mittel	– Ausführung der Anlage nach EN 60204-1 (EG-Konformität)



- Keine Prüfpflicht für Industrierobotersysteme einschl. MRK-Anlagen
- Prüfungen und Zertifizierungen auf freiwilliger Basis nach BG-Prüfgrundsätzen (basieren auf EN ISO 10218-1/2 und ISO TS 15066)
- Keine Bescheinigung von biomechanischen Grenzwerten ohne Prüfung der funktionalen Sicherheit

Häufige praktische Probleme in der Applikation

- Scherkanten
- Keine MRK-fähigen Greifer (Kanten, Nachlauf)
- Zu hohe Geschwindigkeiten im Klemmbereich, Taktzeitprobleme



Harmonisierte Normen nach EG-Maschinenrichtlinie

209-074

DGUV Information 209



Industrieroboter

Januar 2015

Checkliste:
Stand: 02/2014

Dokumentation

Äußere technische Merkmale

Innere Sicherheit

Kollaborierende Robotersysteme

(Freilaufender Betrieb ohne äußere Schutzvorrichtungen)

Liegen für die Roboterapplikation folgende technische Unterlagen vor:

- EG-Konformitätserklärung
- Risikobeurteilung
- Betriebsanleitung
- CE-Zeichen

Anmerkung:
Dokumentation für Roboterapplikation einschließlich Werkzeugen und Vorrichtungen. Diese Unterlagen stellt in der Regel der sogenannte Roboter-Integrator zusammen, d.h. die Firma, welche den Roboter produziert und dem Betreiber zur Nutzung übergibt. Die Unterlagen für den "nackten" Roboter sind nicht ausreichend. Wenn kein Integrator existiert muss der Betreiber die o.g. Unterlagen selbst erstellen.

- Typenschild mit Name und Anschrift des Herstellers (Typenschild des Roboters ist nicht ausreichend)
- Not-Halt-Taster leicht erreichbar
- Keine scharfen oder spitzen Kanten an Werkzeug und Werkstück. Polsterung an Scherkanten
- Kann sich der Mitarbeiter jederzeit von der Ausrüstung entfernen bzw. selbst befreien?
- Keine großen Traglasten
- Ist der Kopf außerhalb des Arbeitsbereichs?
- Ist der Roboter sicher? Sichere Geschwindigkeit, Position, Kraft (Kategorie 3, PLd)

Anmerkung:
Kann in der Regel nur durch ein Zertifikat einer zugelassenen Prüfstelle nachgewiesen werden.

- Wurden Geschwindigkeit, Kraft und Position gemessen, um sie zu minimieren?

DGUV-Information

Kollaborierende Robotersysteme

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

Entwurf 11/2015

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 zum Einsatz von Roboter-Integratoren und der Nutzung von Systemintegratoren, Betreibern, Unfallversicherern, Systemintegratoren, Herstellern, Unfallversicherern, Zulieferern und Zulieferern.

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 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

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-Konformitätserklärung und einem CE-Zeichen ausgestattet sein. Die harmonisierten Europäischen Normen EN ISO 10218-1 [2] und EN ISO 10218-2 [3] lösen die sogenannte Vermutungswirkung aus. Bei Anwendung dieser Normen darf davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen der EG-Maschinenrichtlinie eingehalten wurden.

Die Anforderungen speziell zu kollaborierenden Robotersystemen sind in EN ISO 10218-1 und EN ISO 10218-2 ständig.

Gleiches gilt für die DGUV-Information 209-074 „Industrieroboter“ [4].

2 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung ist ein nach Maschinenrichtlinie erforderliches Dokument. Sie muss spätestens zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme beim Maschinenhersteller bzw. Roboter-Integrator verfügbar sein. Risikobeurteilungen für kollaborierende Robotersysteme unterscheiden sich in der Vorgehensweise grundsätzlich nicht von solchen für andere Maschinen oder Roboteranlagen. Beispiele für Risikobeurteilungen befinden sich in [4].

Risikobeurteilungen für kollaborierende Robotersysteme sollten insbesondere die unmittelbare Nähe von Mensch und Robotersystem berücksichtigen und entsprechende Schutzmaßnahmen ableiten. Eine ausführliche Zusammenstellung möglicher Gefährdungen, die an kollaborierenden Robotersystemen auftreten können, ist in der DGUV-Information 209-074 [4] dargestellt.