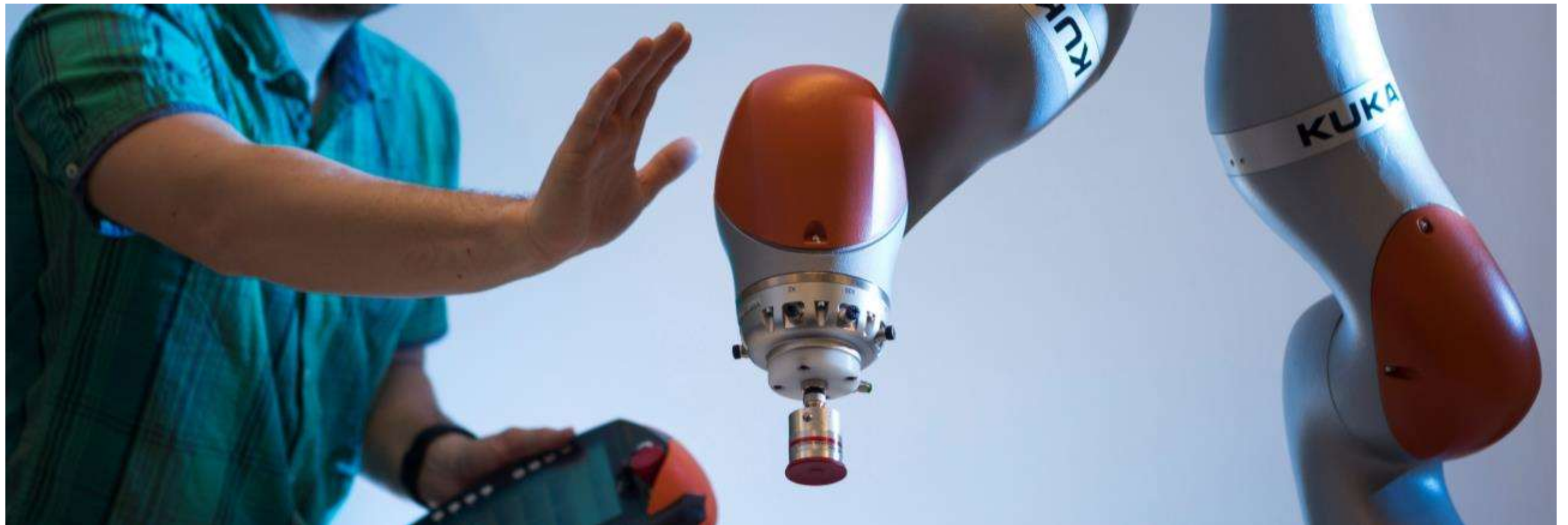


# Gefahren der Mensch-Roboter-Kollaboration und deren messtechnische Erfassung



Andreas Schlotzhauer

01.03.2017

# Mensch Roboter Kollaboration

2

## Die 4 K's

- Kapselung
- Koexistenz
- Kooperation
  - synchronisiert / gleichzeitig
- Kollaboration
  - physisch / kognitiv

## Kollaboration nach ISO/TS 15066

- Sicherheitsgerichteter überwachter Stopp
- Handführung
- Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung
- **Kraft- und Leistungsbegrenzung**

# Gefahren

3

## ■ Österreich:

- Bei 13 von ca. 90.000 anerkannten Arbeitsunfällen in 2015 war ein Roboter involviert = 0,014%
- 128 Industrieroboter pro 10.000 Beschäftigte in 2016 (Welt Ø: 69)

## ■ Deutschland:

- 51 schwere Unfälle mit Industrierobotern zwischen 2009 und 2016
- Nur ca. 25 MRK- Anwendungen im Serieneinsatz oder kurz davor

Quellen: AUVA,2015; BGHM,2016; IFR World Robotics Report, 2016; Fraunhofer IAO, 2016

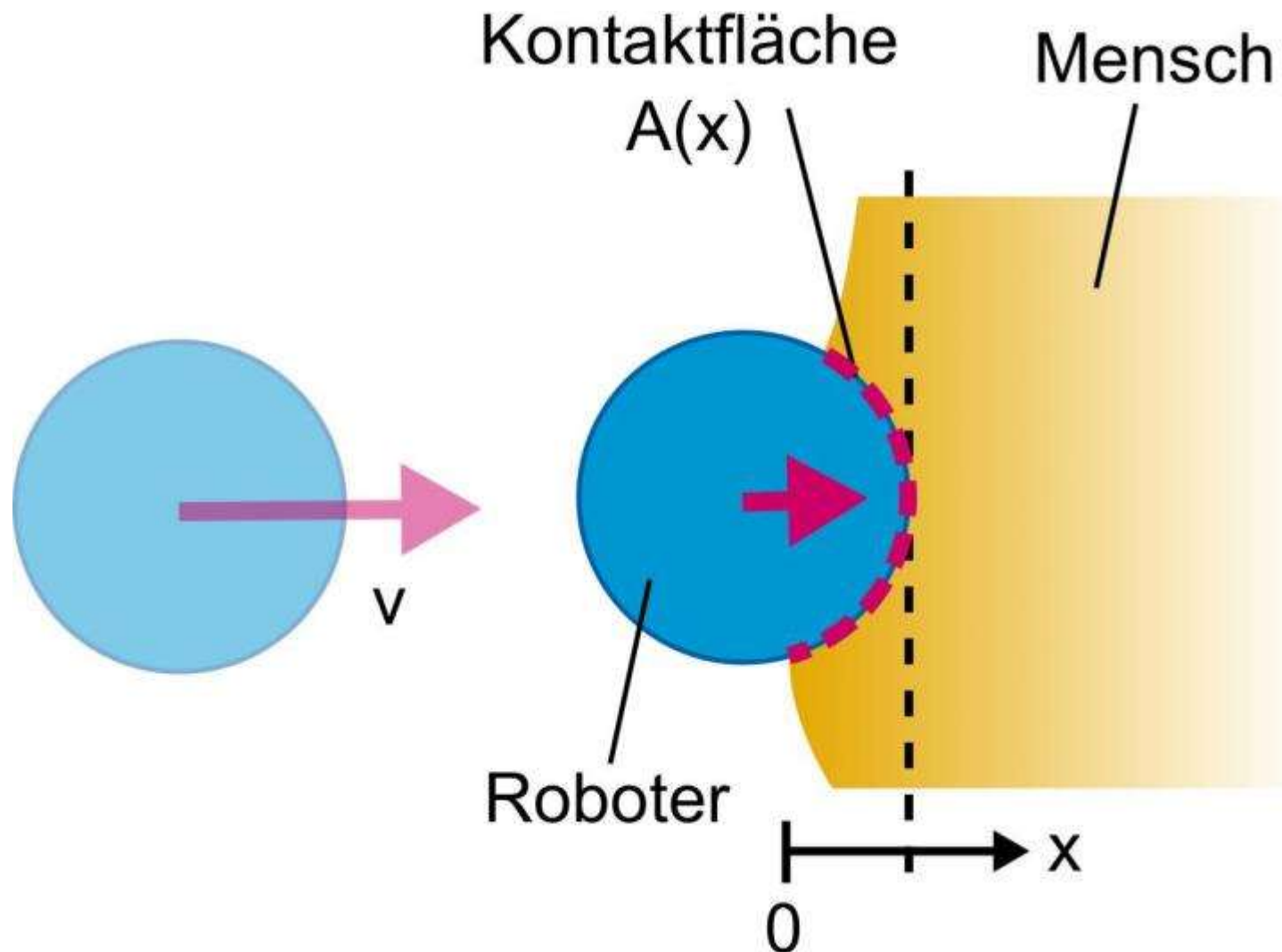
# Gefahren

4



# Physikalische Grundlagen einer Kollision

5



## Unelastischer Stoß

$$\mu \ddot{x} + b \dot{x} + kx = 0$$

$$p(x) = \frac{F(x)}{A(x)}$$

$$F(x) = \int_0^x \lambda A(x') dx'$$

$$E = \int_0^x F(x') dx' = \frac{1}{2} \mu v^2$$

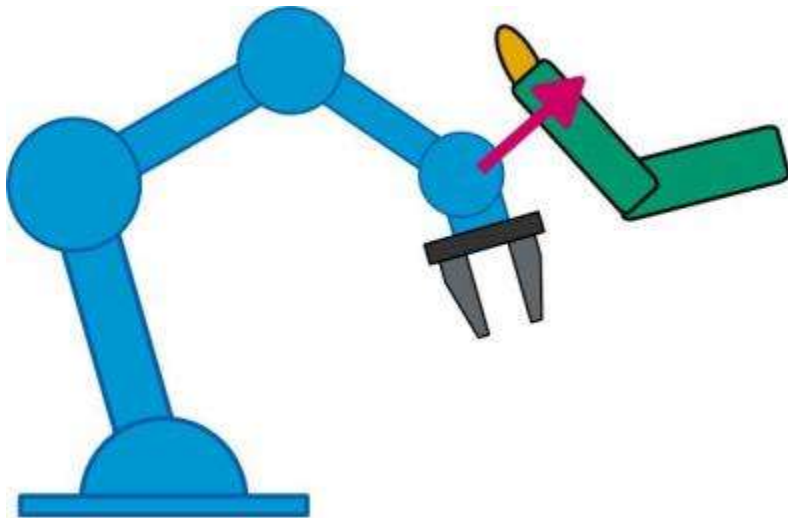


# Physikalische Grundlagen Kollision

6

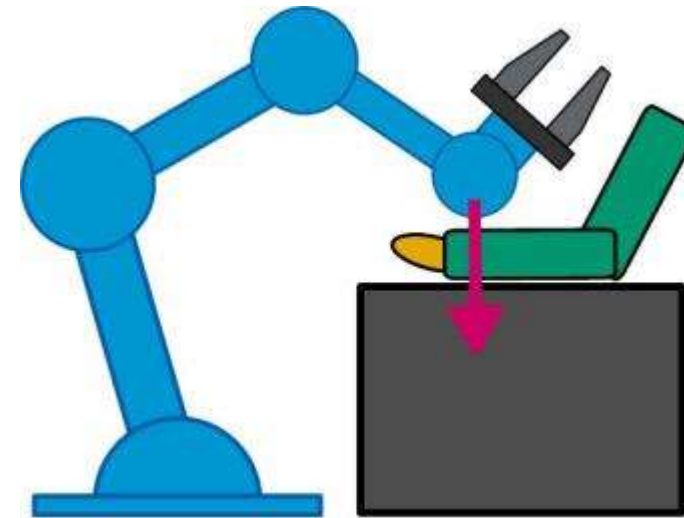
## Transienter Kontakt

- Kontakt  $< 0,5s$
- Mensch kann sich befreien



## Quasi-statischer Kontakt

- Kontakt  $> 0,5s$
- Klemmsituation



# Biomechanische Grenzwerte

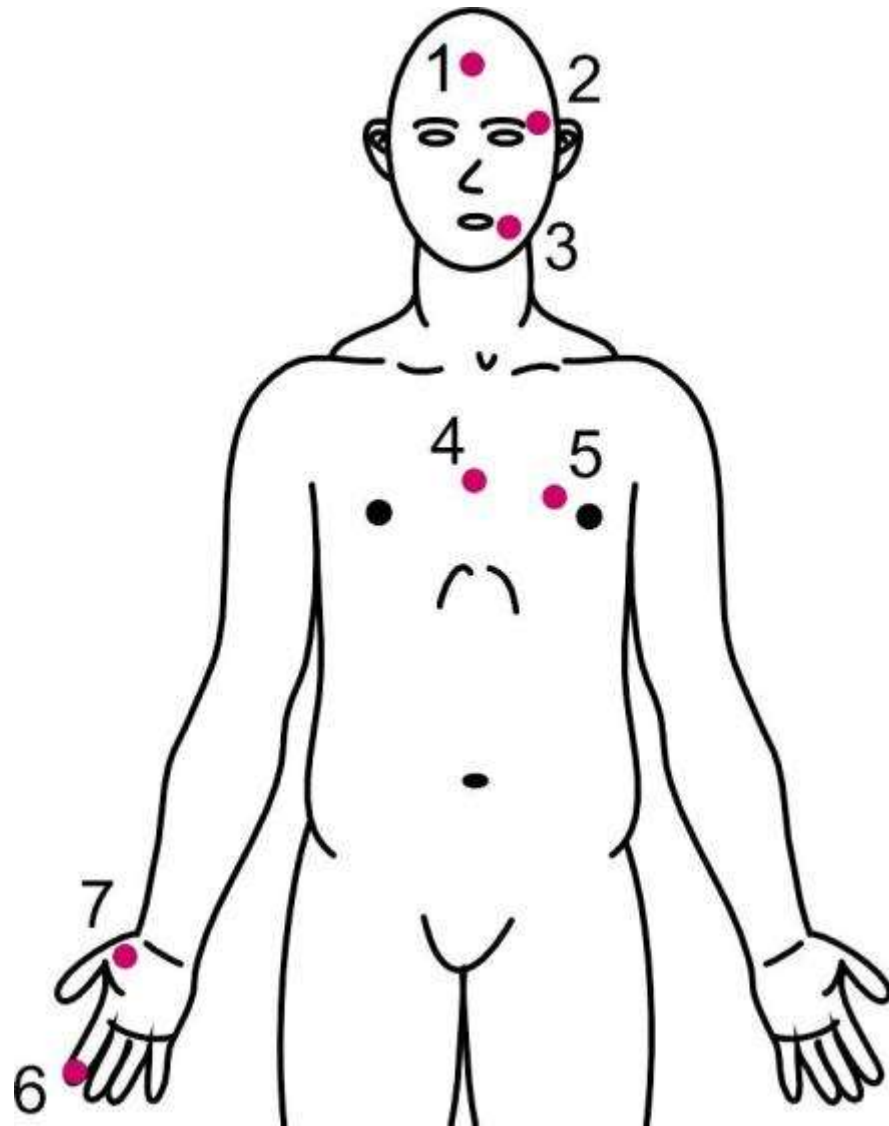
## Forschungsprojekt IFA und Universität Mainz

### Probanden:

- 40 Metallarbeiter
- 60 durchschnittliche Menschen
- Alter: 18 – 66 Jahre
- BMI: 16,4 – 36,5 kg/m<sup>2</sup>

Quelle: DGUV, 2017

# Biomechanische Grenzwerte: ISO/TS 15066



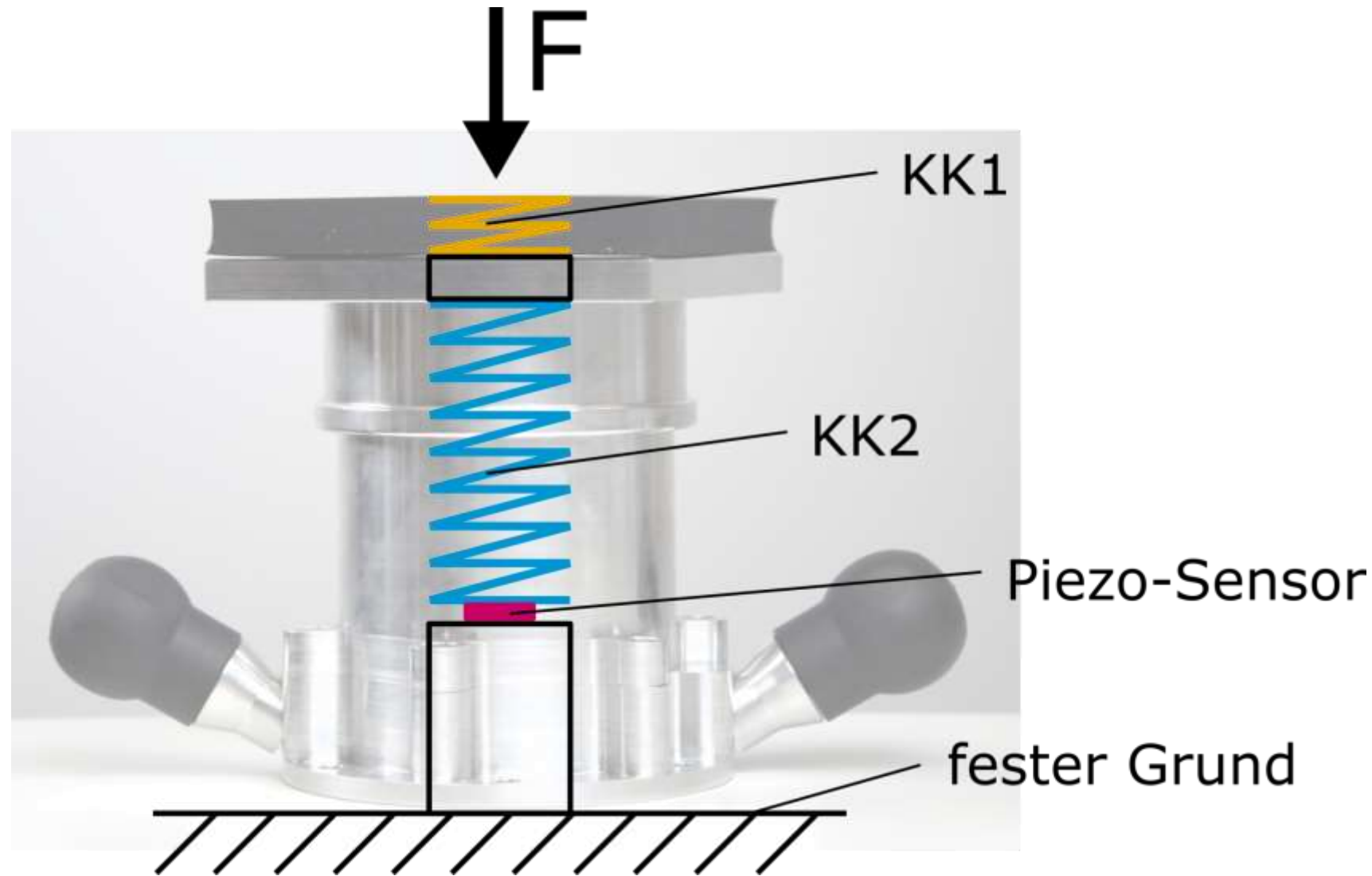
spezifische Körperregion		quasi-statisch		transient	
		$p / \frac{N}{cm^2}$	$F / N$	$p / \frac{N}{cm^2}$	$F / N$
1	Mitte der Stirn	130	130	x2	x2
2	Schläfe	110	130		
3	Kaumuskel	110	65		
4	Brustbein	120	140		
5	Brustmuskel	170	140		
6	Fingerballen	270	140		
7	Handballen	200	140		

vgl. ISO/TS15066:2016



# Messen von Kraft und Druck

9



KK1



KK2



# Messen von Kraft und Druck



# Messen von Kraft und Druck

## Geringe Sensitivität



## Hohe Sensitivität



vgl.: Wahrburg et. al, IROS 2016

# Messen von Kraft und Druck

## Einfluss der Trajektorie und der Kollisionsstelle

Kopfhöhe

Rumpfhöhe



# Messen von Kraft und Druck

---

## Sensitivität KUKA LBR iiwa

- Mit steigender Geschwindigkeit sinkt der Einfluss der Sensitivität-Einstellung



# Gefahren der Mensch-Roboter-Kollaboration und deren messtechnische Erfassung

14



Vielen Dank!

Andreas Schlotzhauer