



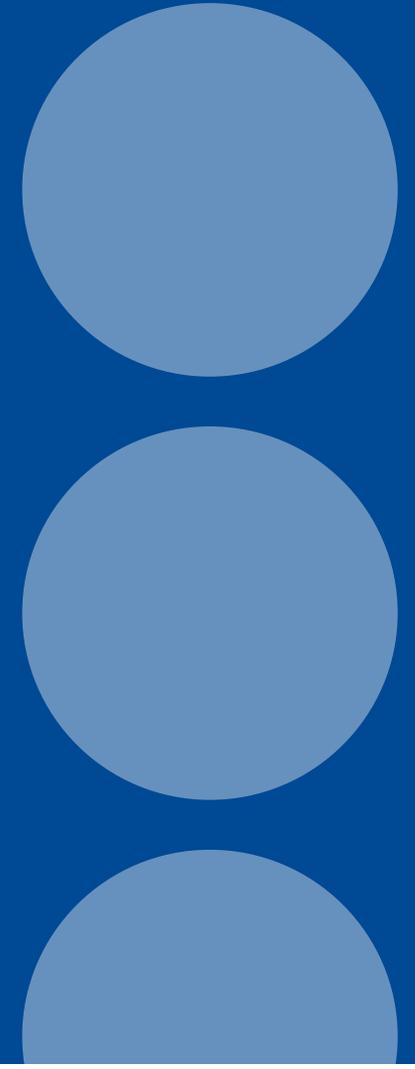
**IFA**

Institut für Arbeitsschutz der  
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

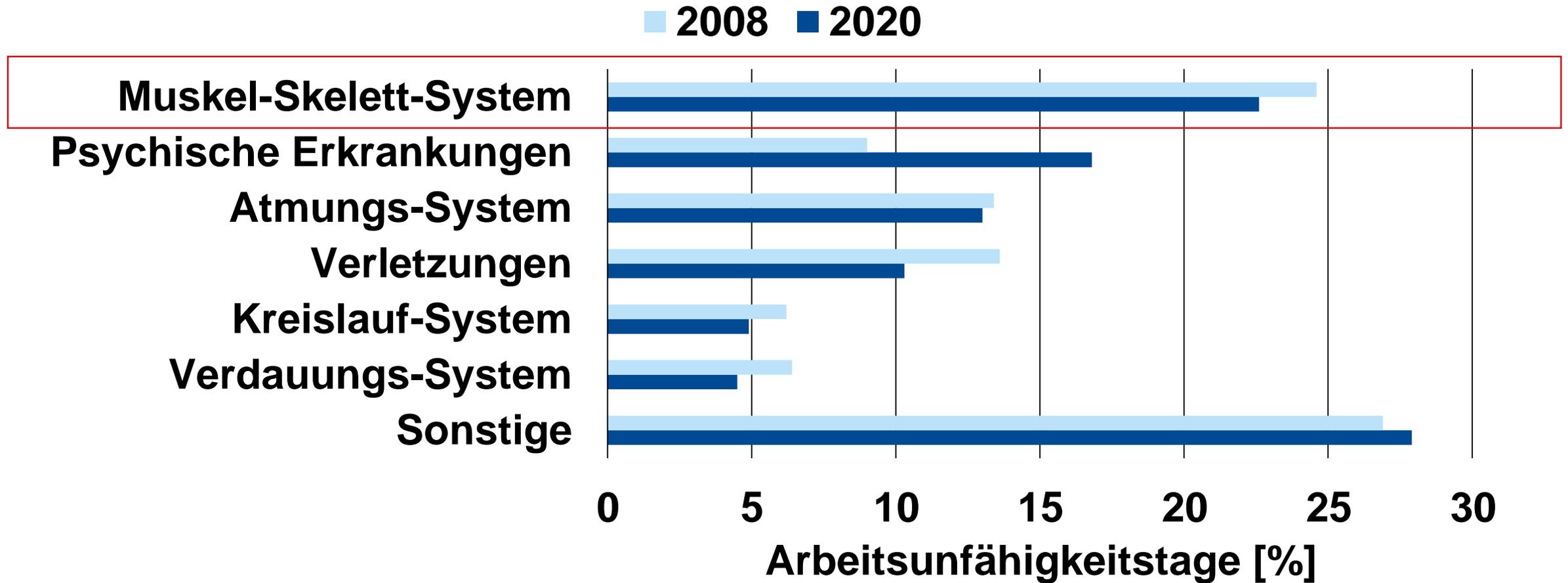
# Messwertbasierte digitale Gefährdungsbeurteilung – Einsatz von CUELA in der betrieblichen Praxis

Dr. Christoph Schiefer,  
Dr. Kai Heinrich

Fachtagung Arbeitsplanung und Prävention  
18. April 2023 in Mainz



# Ursache von Arbeitsunfähigkeitstagen

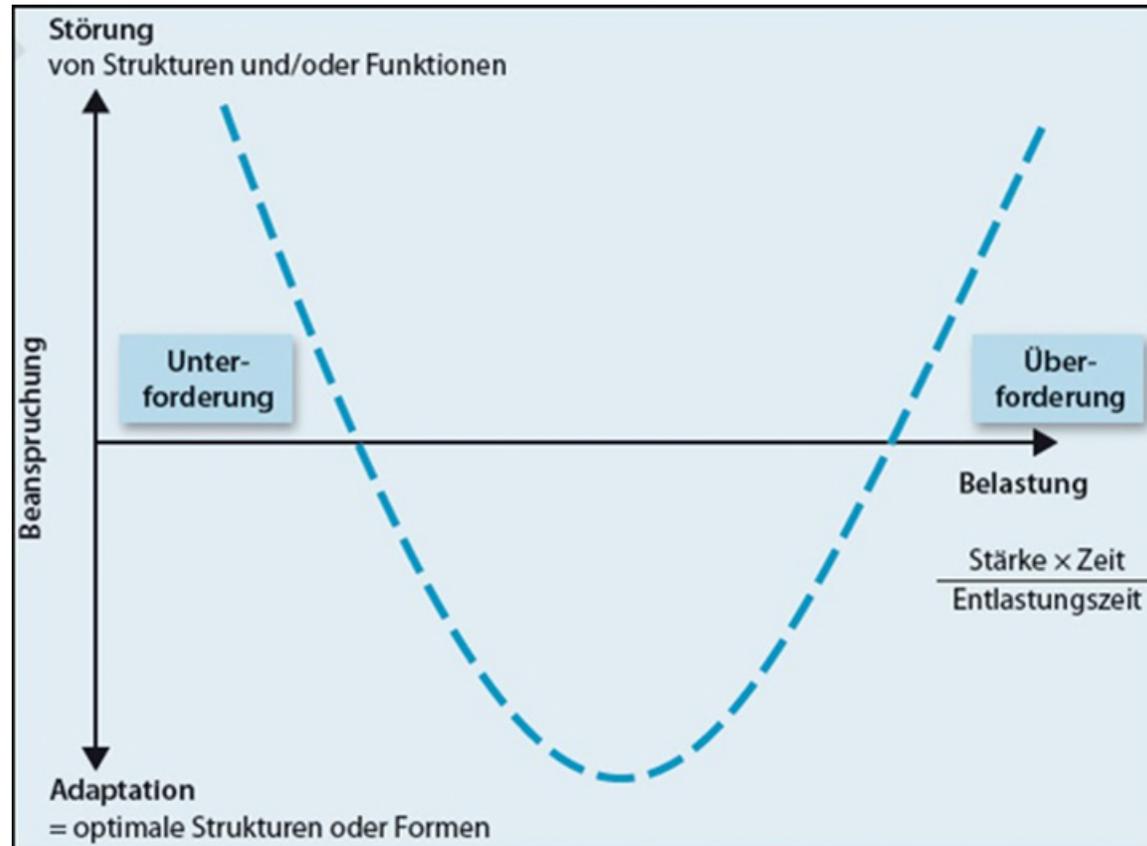


(nach BMAS 2010 & 2021)

# Belastungs – Beanspruchungskonzept

## Physische Unterforderung

- Maladaptation (Rückgang)



(Hartmann & Spallek 2009)

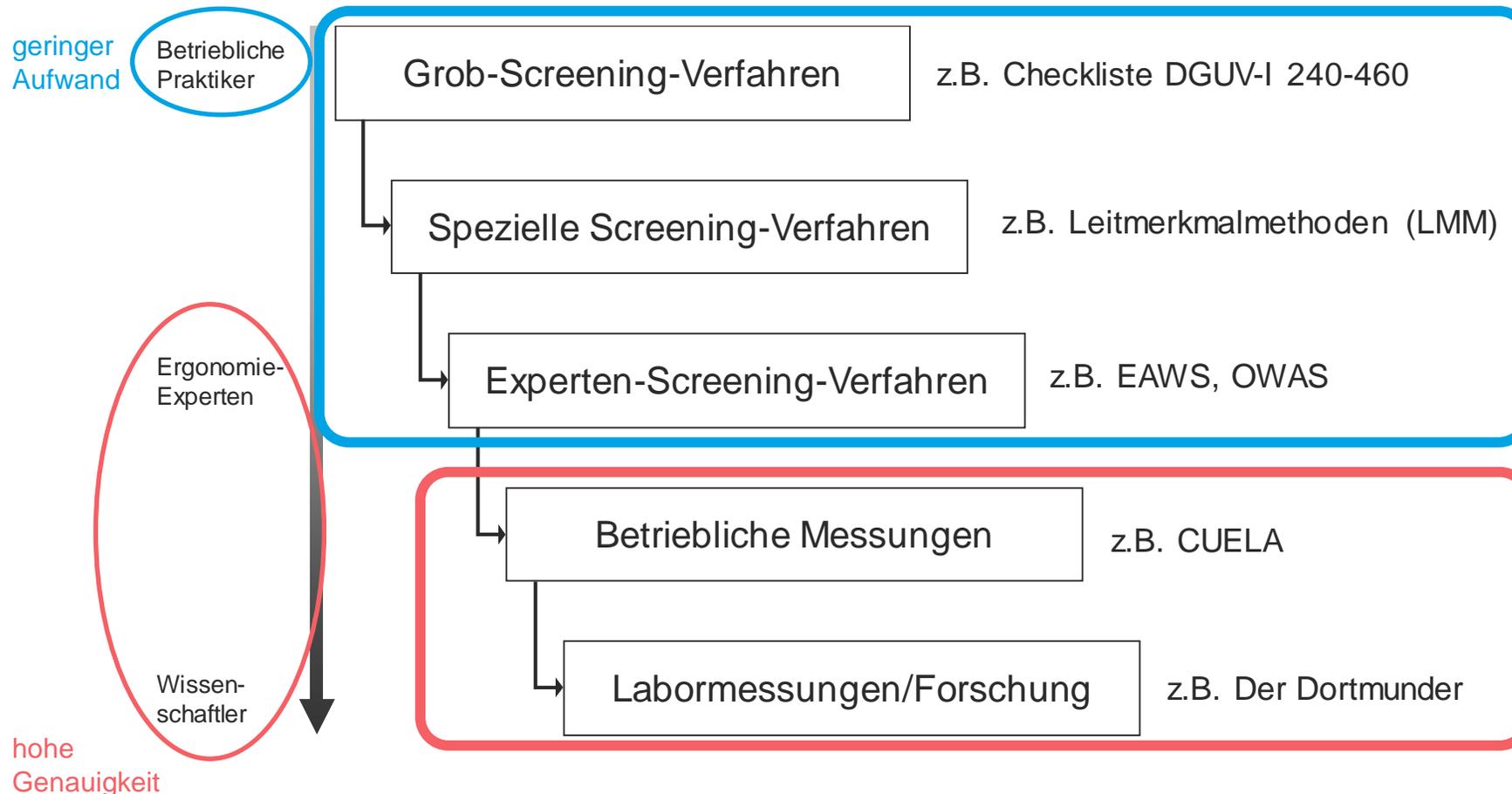
## Physische Überforderung

- Ermüdung

# Analyse von Muskel-Skelett-Belastungen mit CUELA



# GB physische Belastung – MEGAPHYS Konzept 2010



- **Beobachtungs-**  
**basiert**
- Bewertung bezogen auf Belastungsart
  
- **Messwert-**  
**basiert**
- Bewertung bezogen auf Körperregion

Ellegast, 2010

# MEGAPHYS: gemeinsames Risikokonzept

Risiko	Belastungshöhe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wahrscheinlichkeit einer körperlichen Überbeanspruchung</li> <li>Mögliche gesundheitliche Folgen</li> </ul>	Maßnahmen
	gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eine körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.</li> <li>Gesundheitsgefährdung nicht zu erwarten.</li> </ul>	Keine
	mäßig erhöht	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich.</li> <li>Ermüdung, geringgradige Anpassungsbeschwerden, die in der Freizeit kompensiert werden können.</li> </ul>	Für vermindert belastbare Personen sind Maßnahmen zur Gestaltung und sonstige Präventionsmaßnahmen sinnvoll.
	wesentlich erhöht	<ul style="list-style-type: none"> <li>Körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich</li> <li>Beschwerden (Schmerzen) ggf. mit Funktionsstörungen, reversibel ohne morphologische Manifestation.</li> </ul>	Maßnahmen zur Gestaltung und sonstige Präventionsmaßnahmen sind zu prüfen.
	hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>Körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich.</li> <li>Stärker ausgeprägte Beschwerden und / oder Funktionsstörungen, Strukturschäden mit Krankheitswert z. B. Chondrosen der LWS und HWS, Arthrosen, CTS.</li> </ul>	Maßnahmen zur Gestaltung sind erforderlich. Sonstige Präventionsmaßnahmen sind zu prüfen.

hoch - 

wesentlich erhöht - 

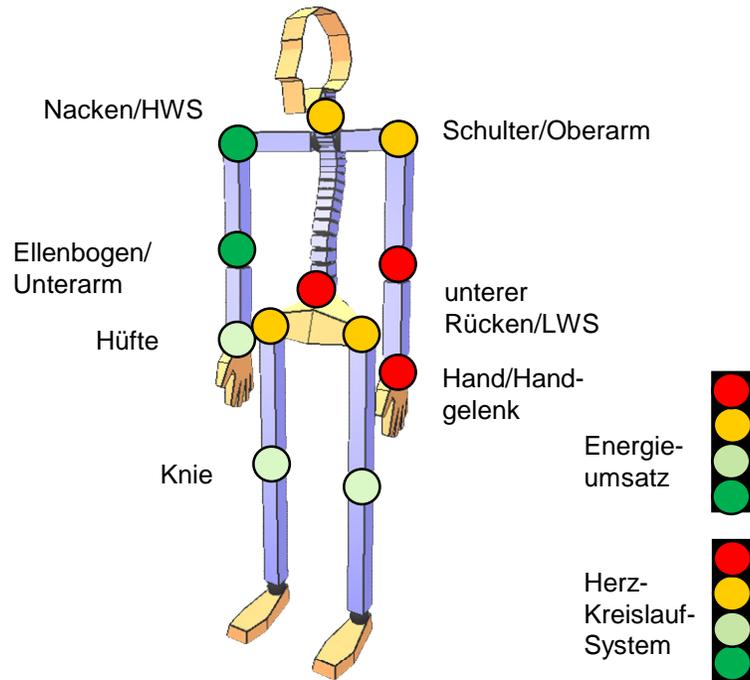
mäßig erhöht - 

gering - 

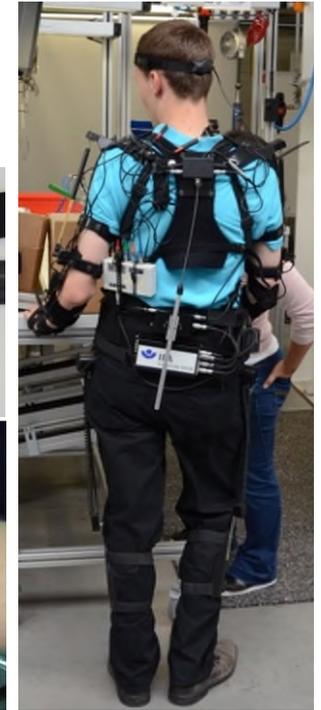
Quelle: MEGAPHYS Abschlussbericht Band 1, 2019

# Messtechnische Analyse in MEGAPHYS

## CUELA: Körperregion-bezogene Bewertungsverfahren

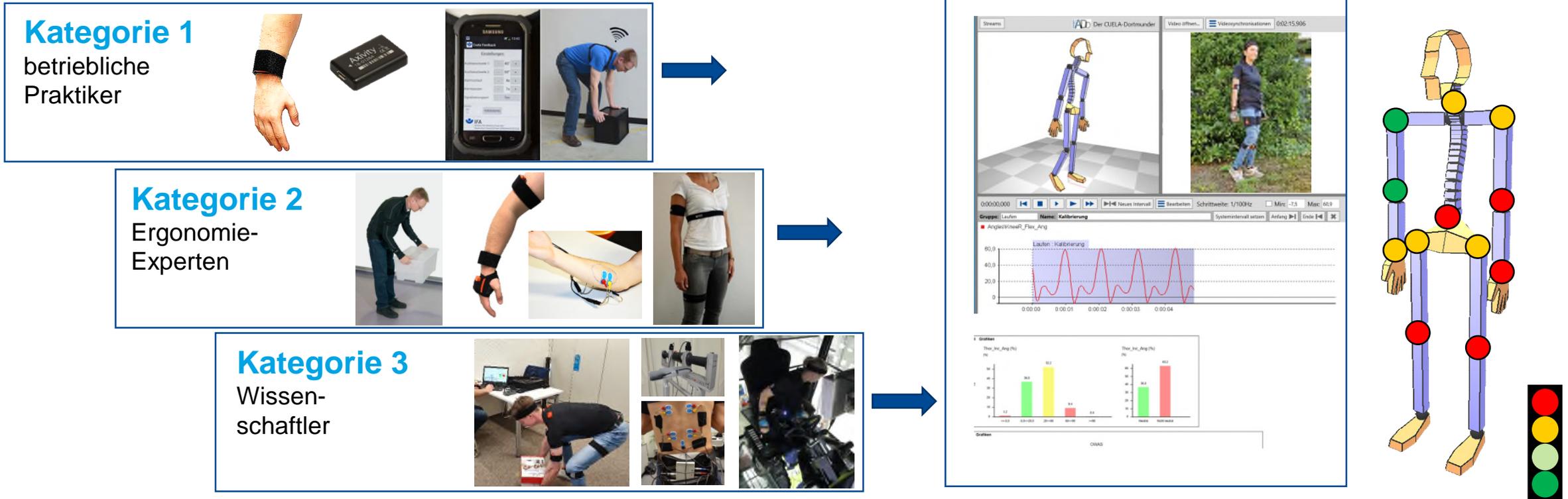


- Bewegungserfassung (Ganzkörpersystem)
- Elektromyographie (EMG)
- Herzfrequenz
- Video



# Vertiefende / Spezifische Gefährdungsbeurteilung

## Einsatz von CUELA Messsystemen in unterschiedlichen Komplexitätsstufen



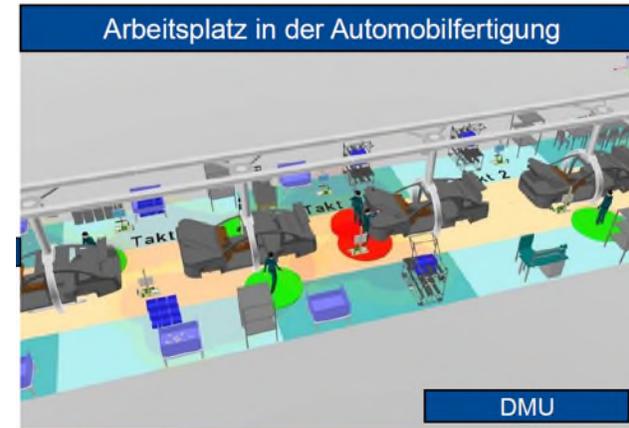
# Anwendungsfall: Digitale Produktionsplanung in VR

Ergonomische Bewertung VOR Einrichtung von Arbeitsplätzen

## 1) Standard-Fall: **DMU / Simulation**

simulierte Bewegungsausführung

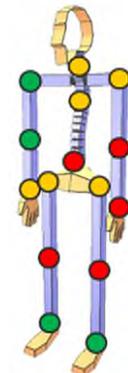
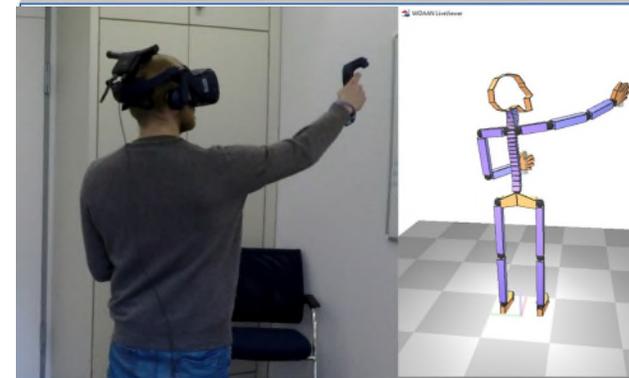
Beobachtungsbasierte Bewertungsverfahren



## 2) Ansatz CUELA-VR: **DMU (+PMU) in VR**

reale Bewegungsausführung

Messwertbasierte Bewertungsverfahren



# Herleitung der Bewertungsverfahren

- **Risikofaktoren aus epidemiologischen Studien**

(u. a. Seidler et al. 2020, Dalbøge et al. 2022)

- **Arbeitsphysiologische / biomechanische Erkenntnisse und zugehörige Studien mit messtechnischer Expositionsermittlung**

(u. a. Kullig et al. 1984; Svennson et al. 1987; ACGIH 2018; Rempel und Potvin 2022; Abdel-Malek et al. 2022)

- **Häufigkeitsverteilungen aus Expositionsdatenbanken des IFA**  
Betriebsmessungen zu Tätigkeits- und Arbeitsschicht-bezogenen Risikofaktoren von Arbeitstätigkeiten/-schichten aus vielen unterschiedlichen Branchen

# Schulterläsionen - Risikofaktoren

Hauptrisikofaktoren arbeitsbedingter MSE des Schultergelenks:

(z. B. *Bernard 1997, da Costa & Vieira 2010, van der Molen et al. 2017, Seidler et al. 2020, Dalbøge et al. 2022*)

- **Haltung:** z.B. Arbeiten über Schulterniveau und darüber
- **Kraft:** Arbeiten mit Kraftaufwendungen im Schulterbereich
- **Bewegung:** repetitive Bewegungen im Schultergelenk
- **Hand-Arm-Vibration (HAV):** Hand-Arm-Schwingungen

→ **Kombinationen von Expositionen:**

z. B. repetitive Kraftaufwendungen (u. a. Dalbøge et al. 2022)

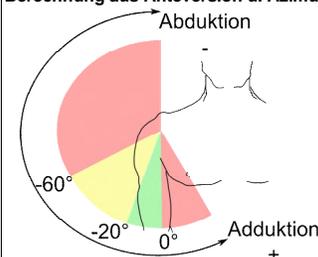
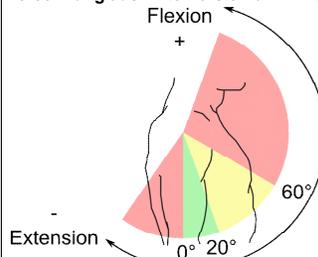
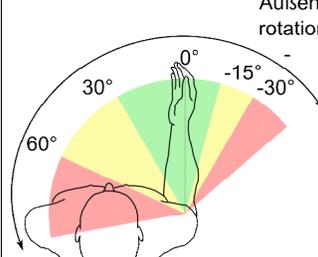
**wichtigster  
Risikofaktor: Kraft**  
Arbeiten mit  
Kraftaufwendungen im  
Schulterbereich

(u.a. Weber, Douwes, Forsman, et al.  
2018; Dalbøge et al. 2022)

# Risikofaktor Haltung

## • Indikatoren:

- Anteil [%] neutrale / mittelgradige / endgradige Körperwinkel
- Anteil [%] statische (Zwangs)haltungen
- Anteil [%] Arbeit über Schulterhöhe/über Kopfhöhe

Parameter	Bewegungsrichtung	Richtwerte für die Bewertung	
<b>Schultergelenk Adduktion</b> Berechnung aus Anteversion u. Azimut 	+: zum Körper hin (Adduktion) -: vom Körper weg (Abduktion)	<b>grün:</b> 0 bis -20° <b>gelb:</b> -20 bis -60° <b>rot:</b> <-60° <b>rot:</b> >0°	DIN EN 1005-4
<b>Schultergelenk Flexion</b> Berechnung aus Anteversion u. Azimut 	+: nach vorne (Flexion) -: nach hinten (Extension)	<b>grün:</b> 0 bis 20° <b>gelb:</b> 20 bis 60° <b>rot:</b> <0° <b>rot:</b> >60°	DIN EN 1005-4
<b>Schultergelenk Innenrotation</b> Außenrotation 	+: nach innen (Innenrotation) -: nach außen (Außenrotation)	<b>grün:</b> -15 bis 30° <b>gelb:</b> -15 bis -30° <b>gelb:</b> 30 bis 60° <b>rot:</b> <-30° <b>rot:</b> >60°	in Anlehnung an Drury, 1987

# Risikofaktor Kraftaufwendung

**Expositionsermittlung:** IMU + Kraftsensoren / Lastgewicht; IMU + EMG Schultermuskulatur

**Indikatoren:**

- Muskelkraftausnutzungsgrad[%]
- Anteil [%] leicht/mittel/schwer
- Dosis Momente [Nmh] (*Expositionshäufigkeitsverteilungen*)
- P50 / P90 [%MVC\_EMG] (nach Hansson et al. 2004; 2009)
- Kumulativ gehandhabte Lastgewichte [kgs]



(DGUV)

# Risikofaktor Repetition

## Anhebung des Oberarms (Flexion Schultergelenk, Abduktion Schultergelenk)

### Indikatoren:

#### Repetitionswert

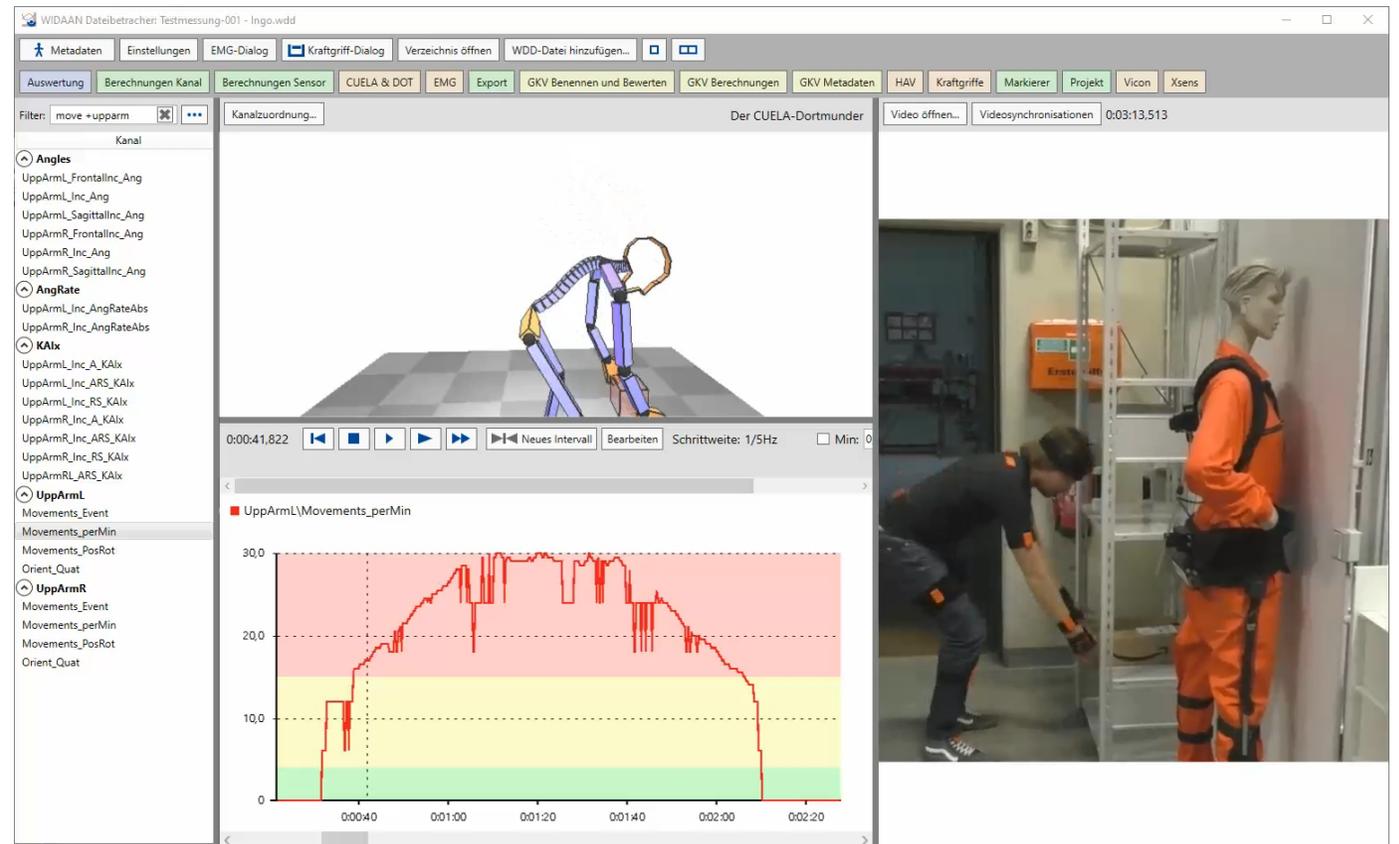
- P50 der abs.  $\omega$  [ $^{\circ}/s$ ]  
(nach Arvidsson et al. 2021)

„Action Level“: 60 $^{\circ}/s$

#### Anzahl Gelenkbewegungen [1/min]

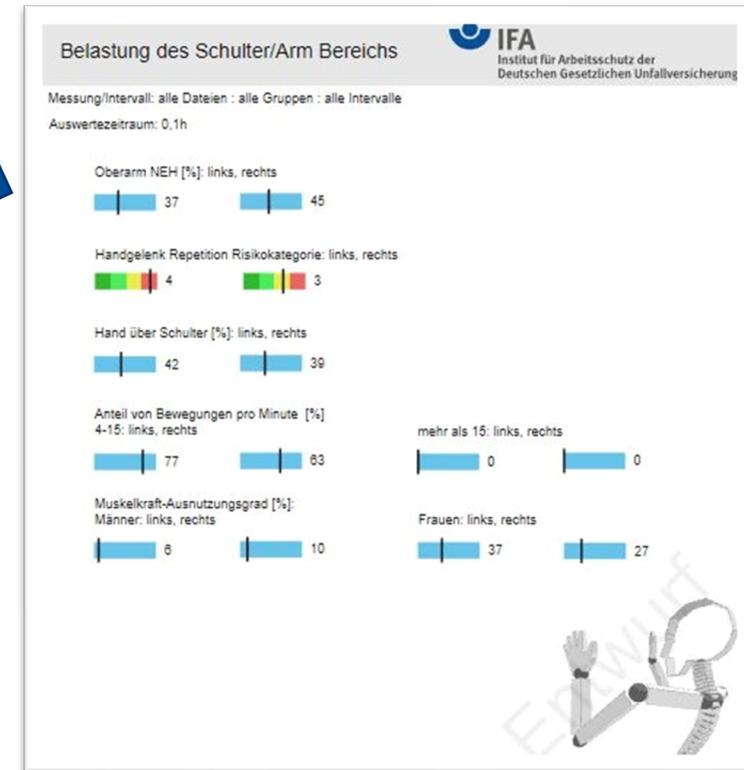
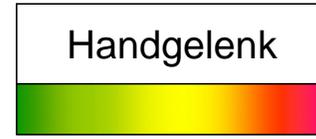
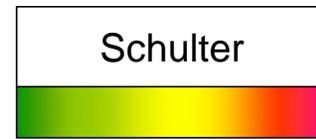
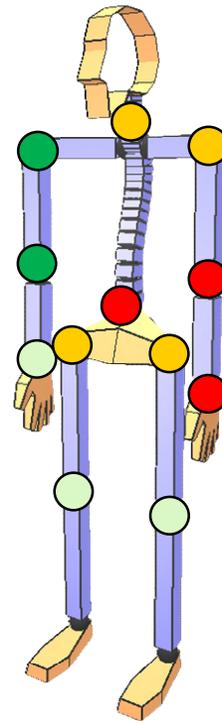
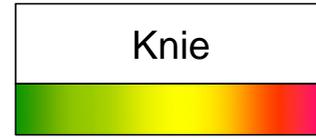
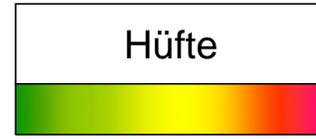
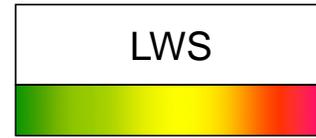
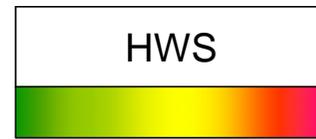
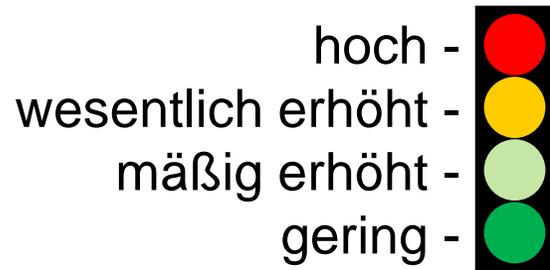
(u.a. Svendsen et al. 2013, Dalbøge et al. 2014)

- moderat: 4-14/min
- hoch:  $\geq 15$ /min



# CUELA Module - Körperregionbezogene Bewertungsverfahren

## Risikokzept:



## Zusammenfassung

- Standardisierte Bewertung Körperregion-bezogener Muskel-Skelett-Belastungen auf Basis kontinuierlich erfasster, objektiver Messdaten
- Zuverlässiger Nachweis wirksamer ergonomischer Arbeitsgestaltung
- Vertiefende / spezifische Gefährdungsbeurteilung
- Anwendungsgebiet: Forschung, Beratung und betriebliche Praxis
- Erstellung systematischer Messwertkataster



**IFA**

Institut für Arbeitsschutz der  
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit.**

Kontakt:

[Christoph.Schiefer@dguv.de](mailto:Christoph.Schiefer@dguv.de)

[Kai.Heinrich@dguv.de](mailto:Kai.Heinrich@dguv.de)

