



IFA

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

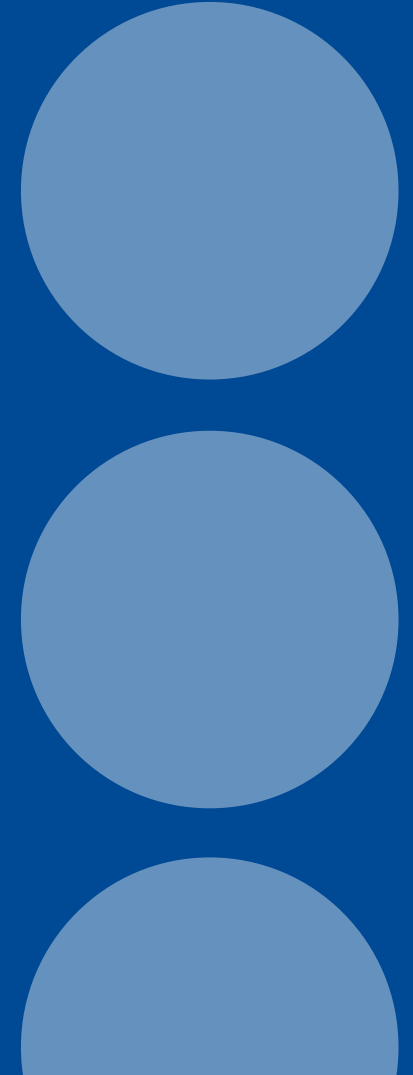
Messwertbasierte Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen

B. Weber, I. Hermanns-Truxius, K. Heinrich,
C. Schiefer, V. Schellewald, R. Ellegast

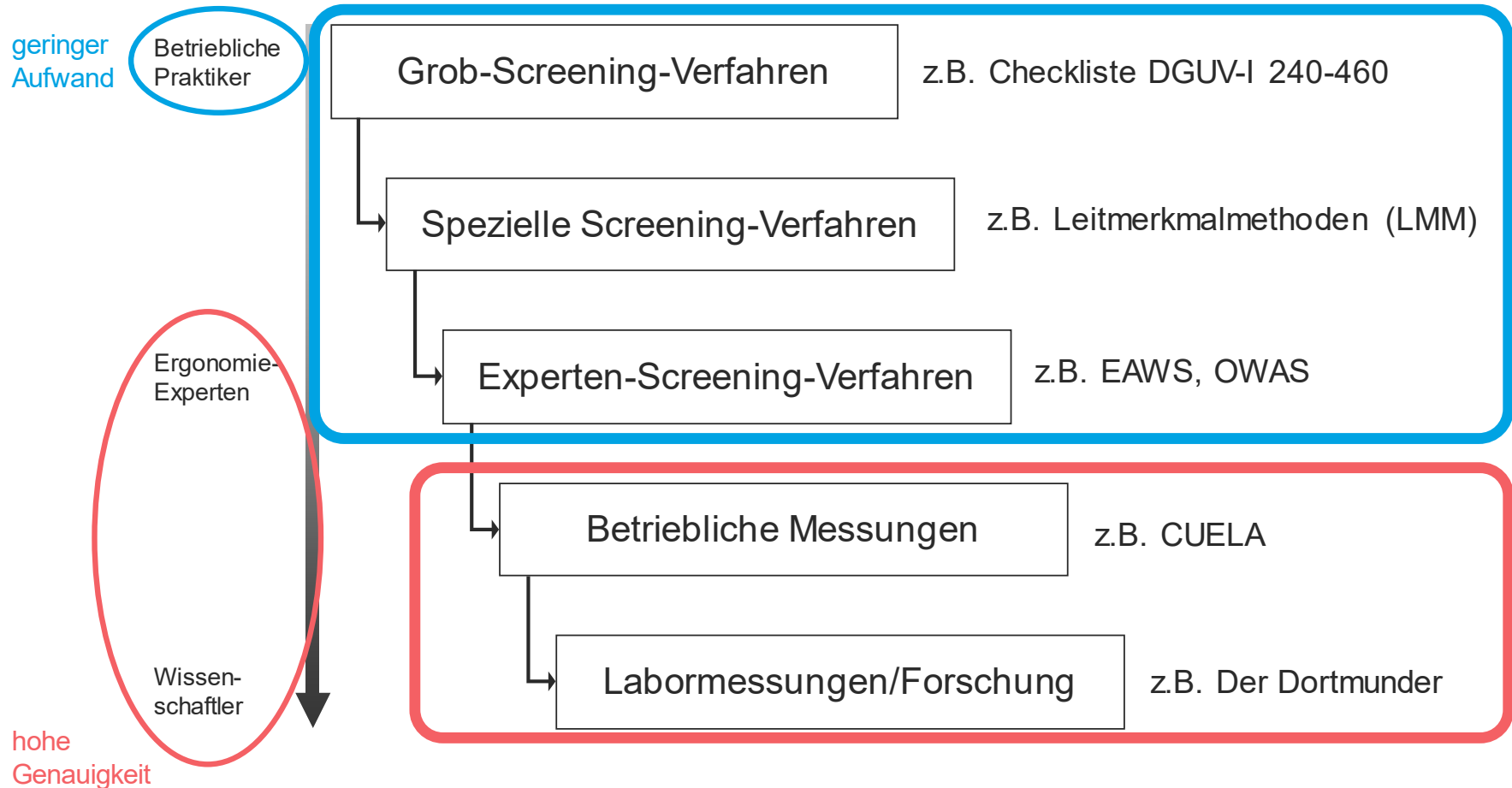
7. Fachtagung „Arbeitsplanung und Prävention“

BGHM & DGUV Fachbereich Holz und Metall

22.04.2021



GB physische Belastung – MEGAPHYS Konzept 2010

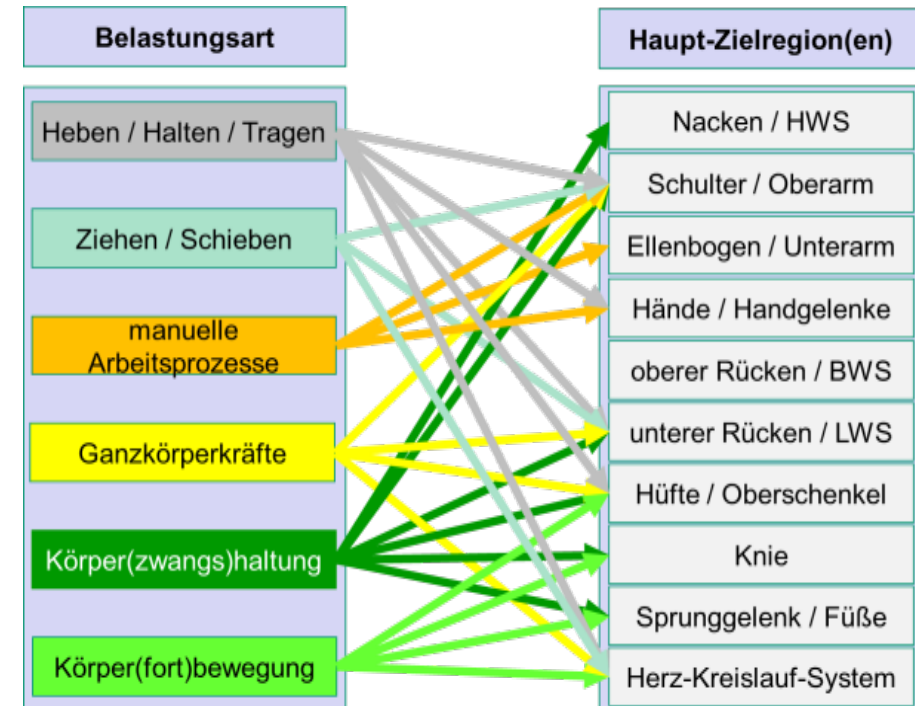
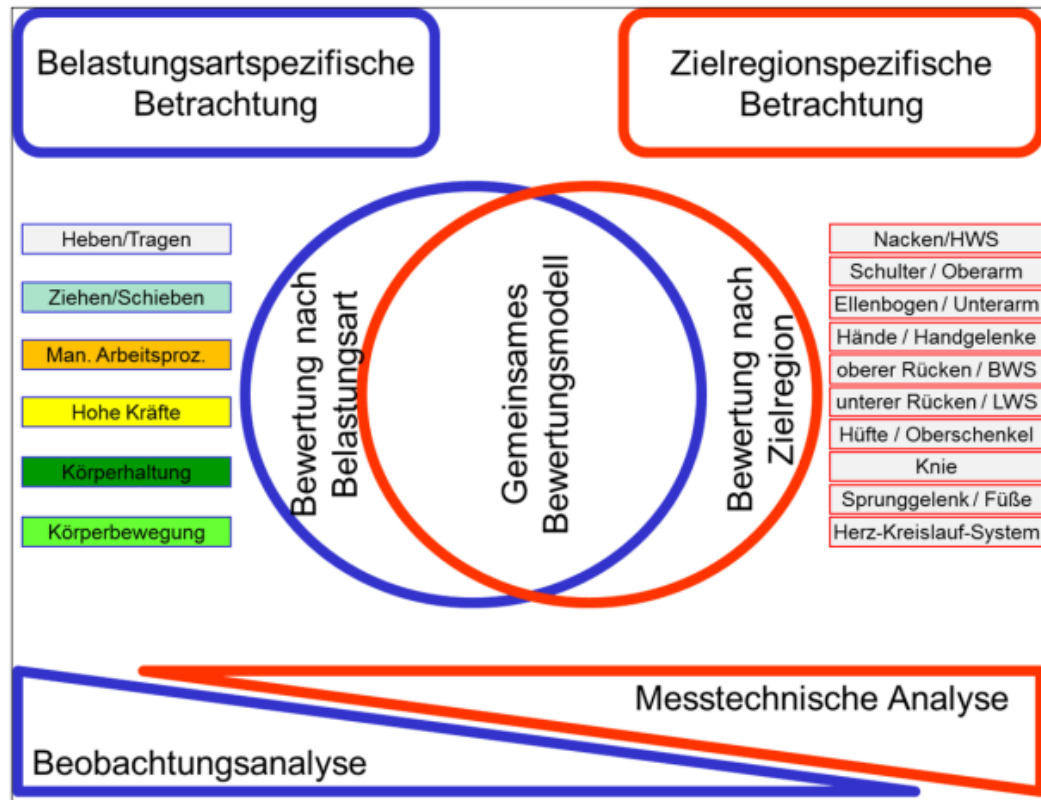


- **Beobachtungs-**
basiert
- Bewertung bezogen auf Belastungsart

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

Ellegast, 2010

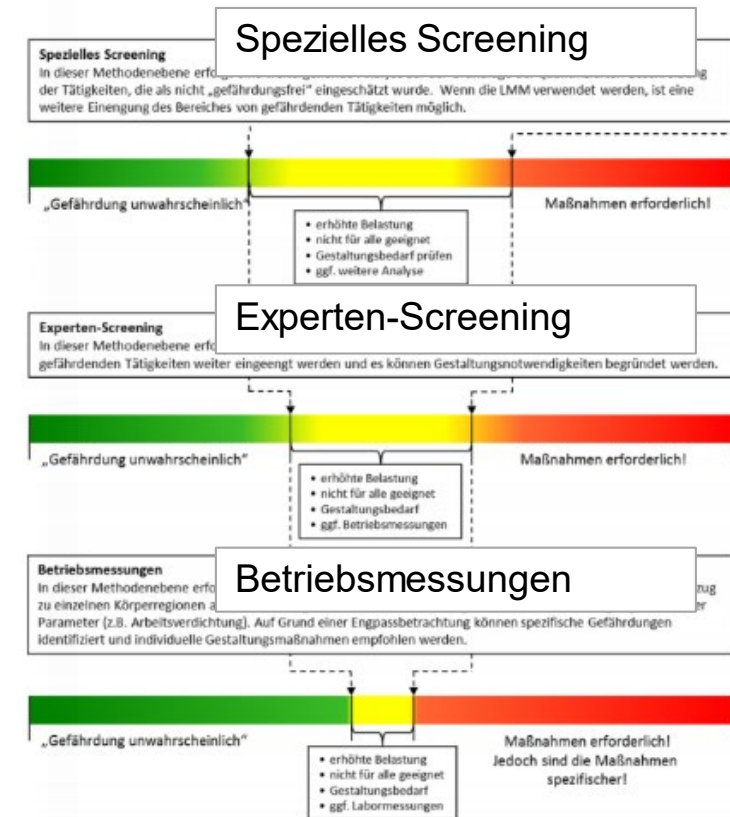
MEGAPHYS: gemeinsames Bewertungsmodell



Quelle: MEGAPHYS Abschlussbericht Band 1, 2019

MEGAPHYS: gemeinsames Risikokonzept

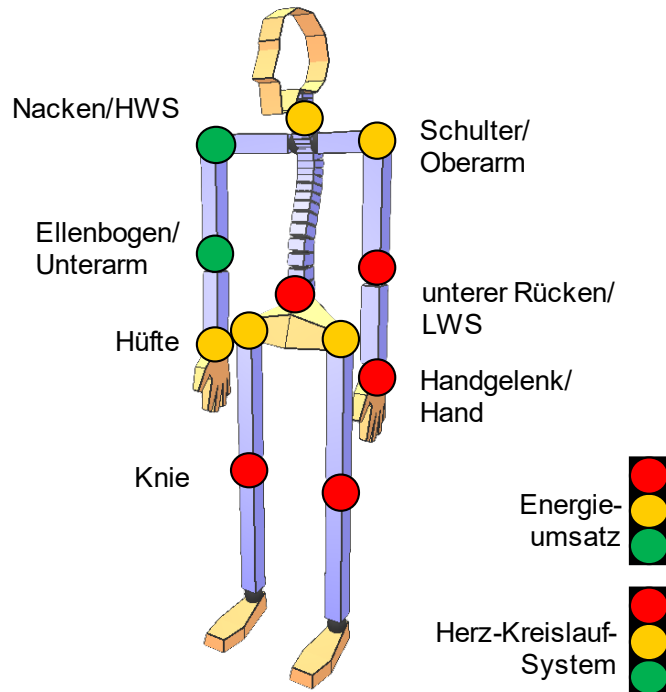
Risiko	Belastungshöhe	<ul style="list-style-type: none"> Wahrscheinlichkeit einer körperlichen Überbeanspruchung Mögliche gesundheitliche Folgen 	Maßnahmen
	gering	<ul style="list-style-type: none"> Eine körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich. Gesundheitsgefährdung nicht zu erwarten. 	Keine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



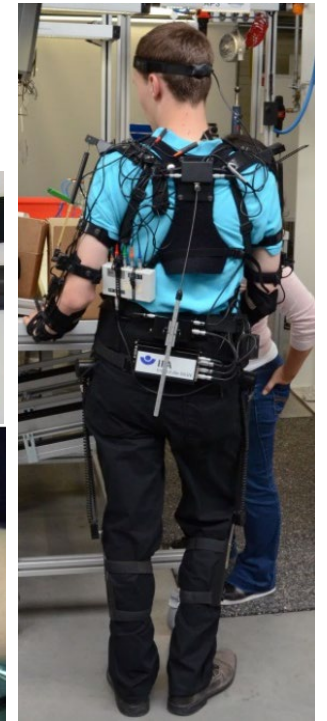
Quelle: MEGAPHYS Abschlussbericht Band 1, 2019

Messtechnische Analyse in MEGAPHYS

CUELA: Körperregion-bezogene Bewertungsverfahren



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



28 CUELA Belastungsindikatoren

Körperregion	CUELA-Belastungsindikatoren (kumulative Schichtwerte)																																				
Nacken / HWS	<ul style="list-style-type: none"> Zeitanteil nicht empfohlene Haltungen/Bewegungen Kopf [%] 																																				
Schultern / Oberarme	<ul style="list-style-type: none"> Zeitanteil nicht empfohlene Haltungen/Bewegungen Oberarme [%] Schultermoment [Nm/h] 																																				
Ellenbogen / Unterarme	<ul style="list-style-type: none"> Zeitanteil nicht empfohlene Haltungen/Bewegungen Ellenbogen [%] Repetitionsscore <table border="1"> <thead> <tr> <th>Micro-Pausen</th> <th>Score</th> <th>P50 up</th> <th>Score</th> <th>MPF</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 10</td> <td>0</td> <td>≤ 5</td> <td>0</td> <td>≤ 0,17</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>< 10 - 5</td> <td>1</td> <td>5,1 - 11,0</td> <td>1</td> <td>0,18 - 0,30</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>< 5</td> <td>2</td> <td>11,1 - 17,0</td> <td>2</td> <td>0,31 - 0,50</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3</td> <td>17,1 - 23,0</td> <td>3</td> <td>0,51 - 0,59</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4</td> <td>> 23,0</td> <td>4</td> <td>> 0,59</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Micro-Pausen	Score	P50 up	Score	MPF	Score	≥ 10	0	≤ 5	0	≤ 0,17	0	< 10 - 5	1	5,1 - 11,0	1	0,18 - 0,30	1	< 5	2	11,1 - 17,0	2	0,31 - 0,50	2		3	17,1 - 23,0	3	0,51 - 0,59	3		4	> 23,0	4	> 0,59	4
Micro-Pausen	Score	P50 up	Score	MPF	Score																																
≥ 10	0	≤ 5	0	≤ 0,17	0																																
< 10 - 5	1	5,1 - 11,0	1	0,18 - 0,30	1																																
< 5	2	11,1 - 17,0	2	0,31 - 0,50	2																																
	3	17,1 - 23,0	3	0,51 - 0,59	3																																
	4	> 23,0	4	> 0,59	4																																
Hände / Handgelenke	<ul style="list-style-type: none"> Zeitanteil nicht empfohlene Haltungen/Bewegungen Handgelenke [%] Repetitionsscore Kraftaufwendung Unterarme: P90 %MVC Zeitanteil muskelphysiol. Mikropausen [%] 																																				
Unterer Rücken (LWS)	<ul style="list-style-type: none"> Zeitanteil nicht empfohlene Haltungen/Bewegungen Rumpf [%] Bandscheibendruckkraft L5/S1 [kNh] Anzahl Richtwert-überschreitender Vorgänge Anzahl Lastgewichtshandhabungen 																																				
Hüfte	<ul style="list-style-type: none"> Kompressionskraft Hüftgelenk bei hüftbel. Tätigkeiten [%BWh] 																																				
Knie	<ul style="list-style-type: none"> Zeitanteil Kniebelastende Haltungen [%] Haltungswechsel in kniebel. Haltungen 																																				
Herz-Kreislauf-System/ Energieumsatz	<ul style="list-style-type: none"> mittlere Arbeitsherzfrequenz [bpm] mittlere %Herzfrequenzreserve Zeitanteil oberhalb Dauerleistungsgrenze [%] Arbeitsenergieumsatz [kJ] 																																				

biomechanische Indikatoren

kinematisch
 Körperhaltungen/-bewegungen
 Repetition
 ...

kinetisch
 Gelenkmomente
 Kompressionskräfte
 ...

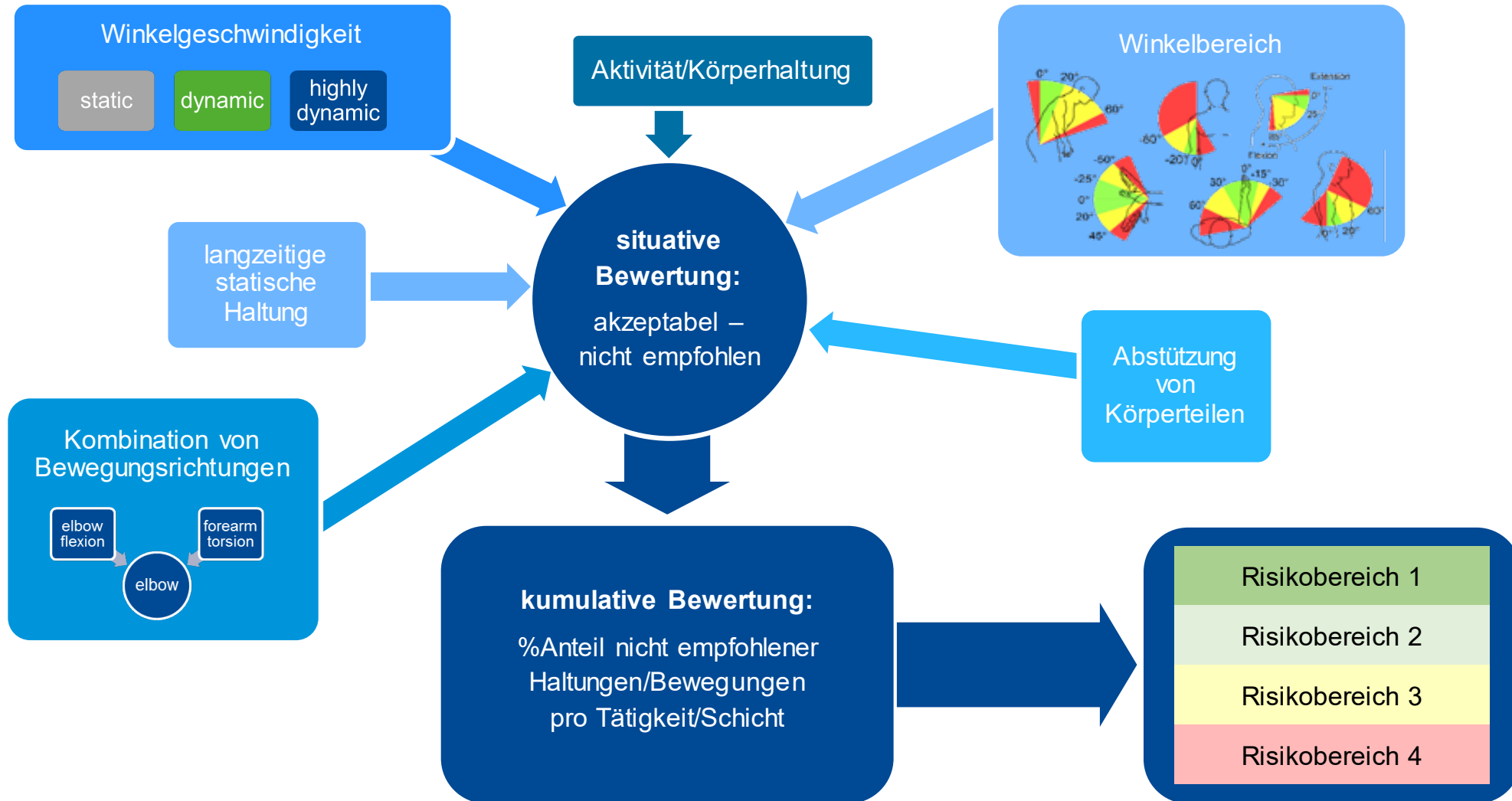
leistungs-physiologische Indikatoren

Muskelaktivität
 muskuläre Beanspruchung
 muskelphysiol. Mikropausen

Herzfrequenz
 mittl. HF_{Arbeit}
 mittl. %HF_{Reserve}
 ...

Energieumsatz
 EU_{Arbeit}

Anteil nicht empfohlene Haltungen/Bewegungen [% NEH]



Repetitionsscore (Handgelenk Flex./Ext. / Unterarm Sup./Pronation)

Mean Power Frequency (MPF) 50. Perzentil [Hz]			Winkelgeschwindigkeit (ω) 50. Perzentil [$^{\circ}$ /s]			Mikropausen* (MP) [% Zeit]		
MPF ^b	MPF-Score ^a	Verbale Verankerung ^a	ω ^b	ω -Score ^a	Verbale Verankerung ^a	MP ^b	MP-Score ^a	Verbale Verankerung ^a
≤ 0.17	0	Nicht häufig	≤ 5	0	Extrem langsame Bewegung, (keine Anstrengung)	≥ 10	0	Lange reguläre Pausen
> 0.17 bis ≤ 0.25	1	Langsam, stetig	> 5 bis ≤ 11	1	Sehr langsame Bewegung	≥ 5 bis < 10	1	Konsistente, auffallend lange Pausen
> 0.25 bis ≤ 0.32	2	Stetig	> 11 bis ≤ 17	2	Bewegung	< 5	2	Selten lange/häufig kurze Pausen
> 0.32 bis ≤ 0.39	3	Schnell, stetig	> 17 bis ≤ 23	3	Moderate Bewegung (Anstrengung)			
> 0.39	4	Schwierigkeit den Takt zu halten	> 23	4	Schnelle Bewegung (Anstrengung)			

Rep Score =

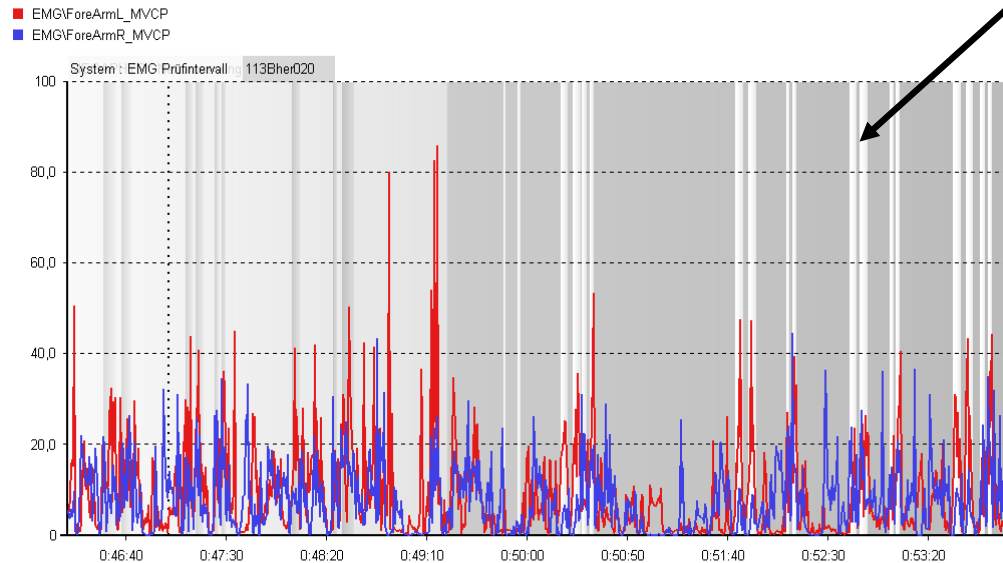
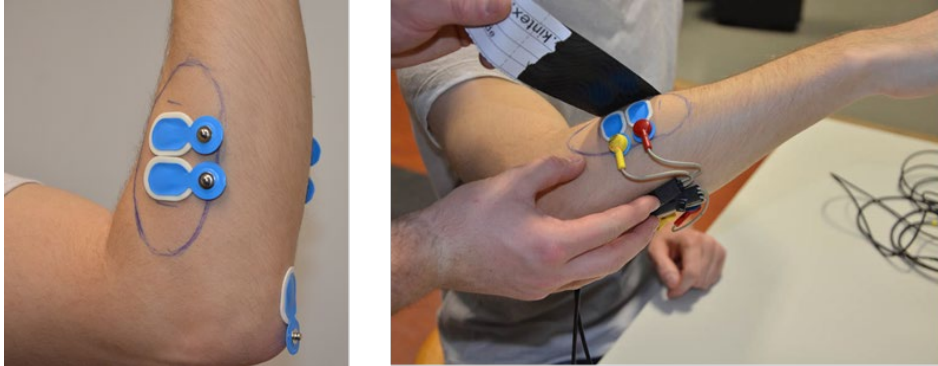
+

+

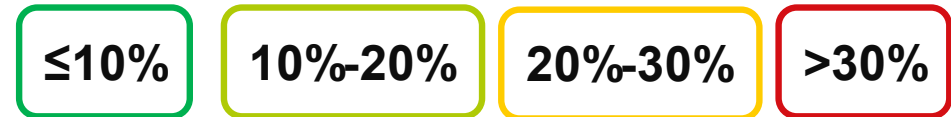


* Mikropausen: kontinuierliche Zeitsequenz ≥ 0.5 s + geringe Winkelgeschwindigkeit (< 1.0 /s) nach Hansson et al. (1996)
 a nach Latko Skala (ACGIH, 2001, 2018; Latko et al., 1997)
 b nach Arvidsson et al., 2003; Balogh et al. 2003; Barrero et al., 2012; Hansson et al., 2009; Hansson et al., 2004; Hansson et al., 2000; Nordander et al., 2013; Ohlsson et al., 1994; Stal et al., 1999

P90 %MVC Unterarme

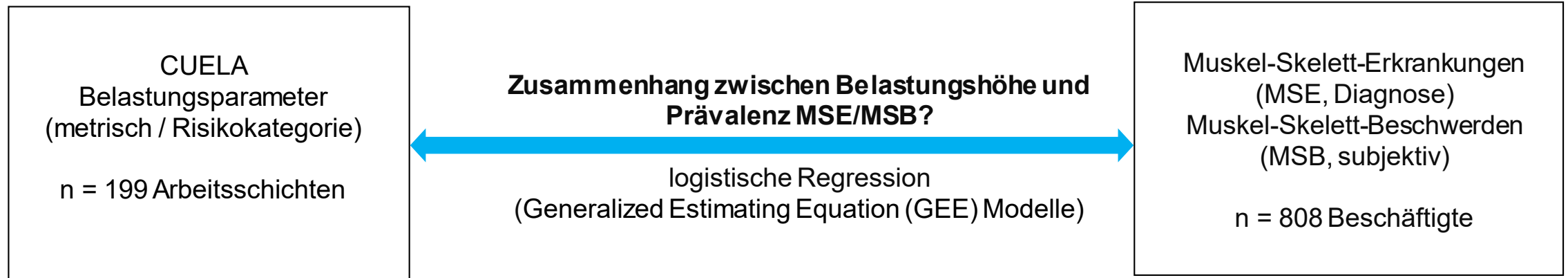


- **MVC**
= maximum voluntary contraction
- **%MVC-Werte**
= zur MVC in Relation gesetzte EMG-Daten
- **P90 %MVC**
= 90. Perzentil der %MVC-Werte
→ **Muskuläre Belastungsspitzen**
- **Bewertung*:**



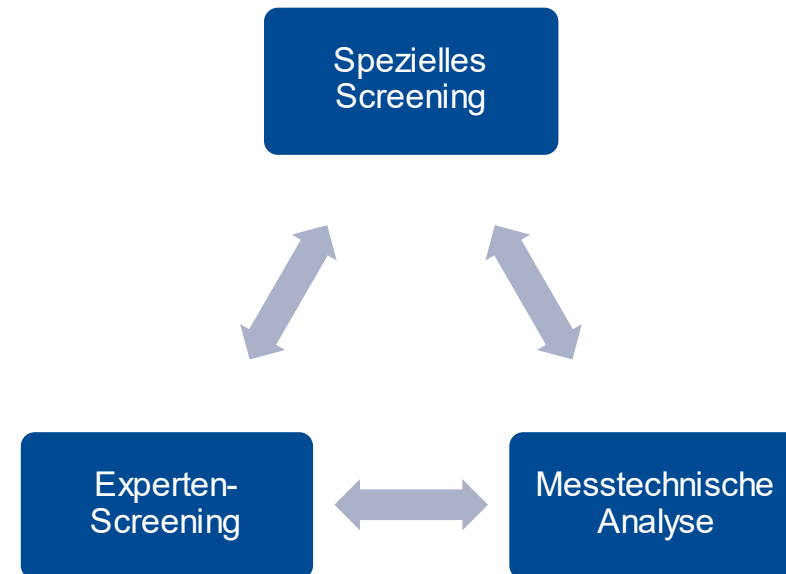
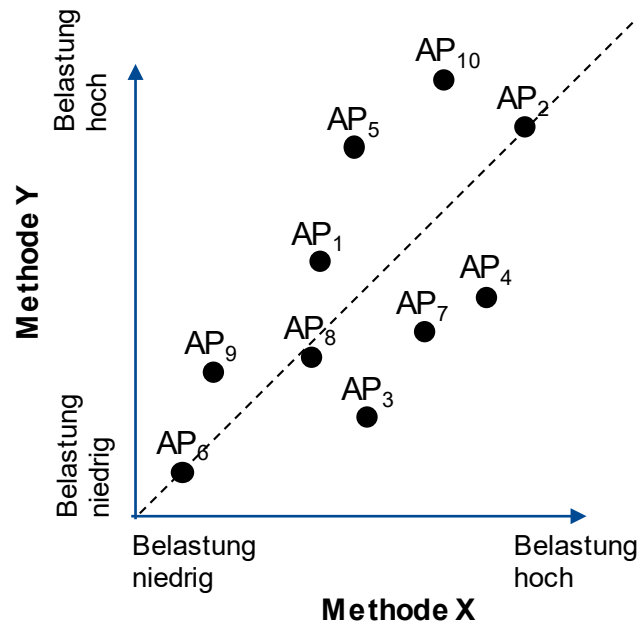
*Kategorisierung nach Hansson et al. 2004, 2009

Validierung der CUELA Indikatoren

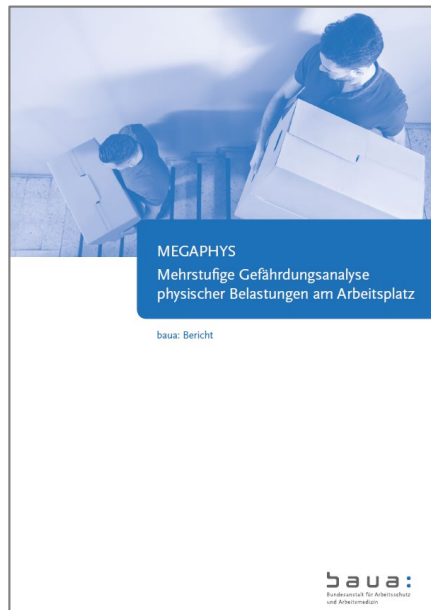


Konvergenzbetrachtung

Zusammenhang zwischen den Bewertungen der verschiedenen Methoden?



Projektberichte MEGAPHYS

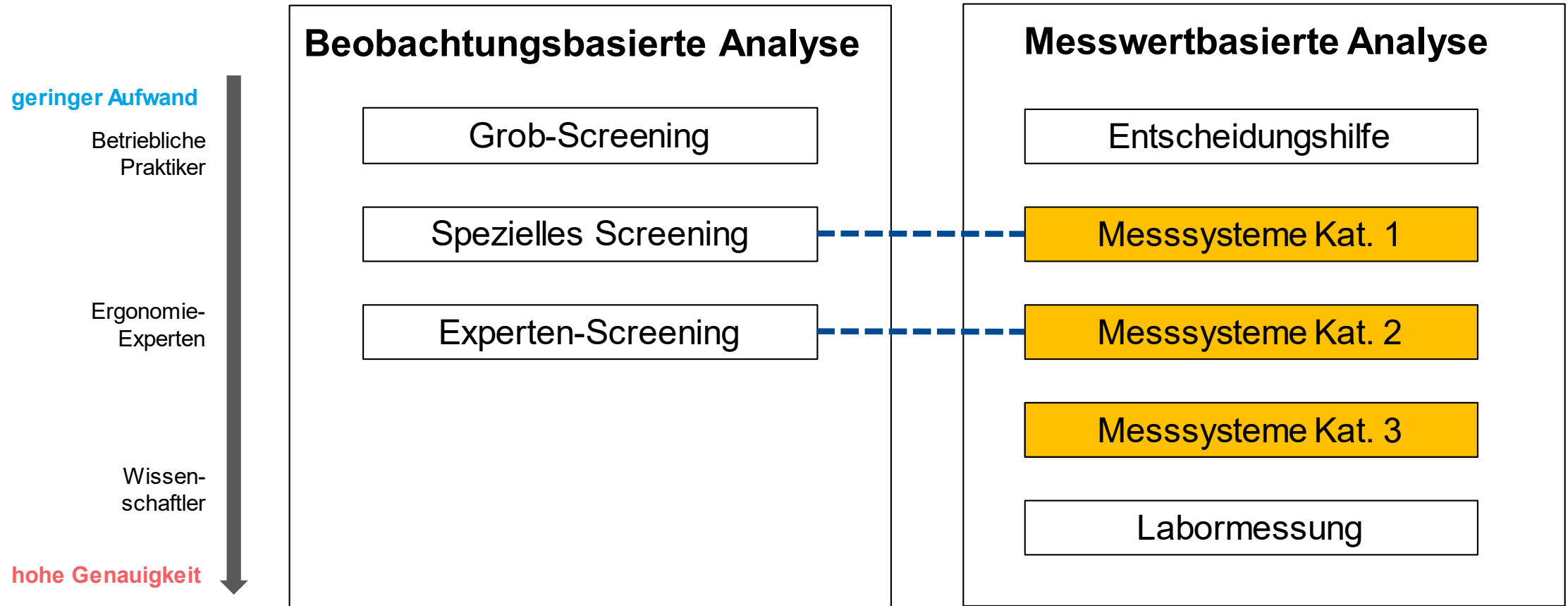


https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2333.pdf?__blob=publicationFile&v=11



<https://publikationen.dguv.de/forschung/dguv-report/3635/dguv-report-3/2020-megaphys-mehrstufige-gefaehrungsanalyse-physischer-belastungen-am-arbeitsplatz>
Webcode: p012862

GB physische Belastung – digitale Weiterentwicklung 2020+



Kategorisierung von Messsystemen

Kategorie 1



1-2 Sensoren

Analyse einzelner Expositionsparameter
(z. B. Haltung und Bewegung einer Körperregion)

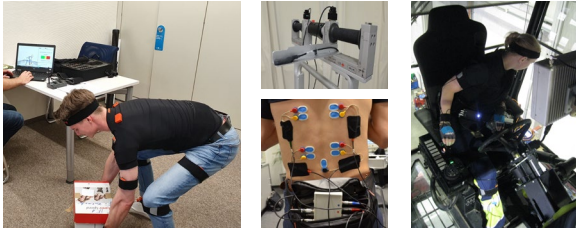
Kategorie 2



≥ 2 Sensoren

Analyse mehrerer Expositionsparameter
(z. B. Haltung und Bewegung einer erweiterten Körperregion)

Kategorie 3



Multisensorsysteme

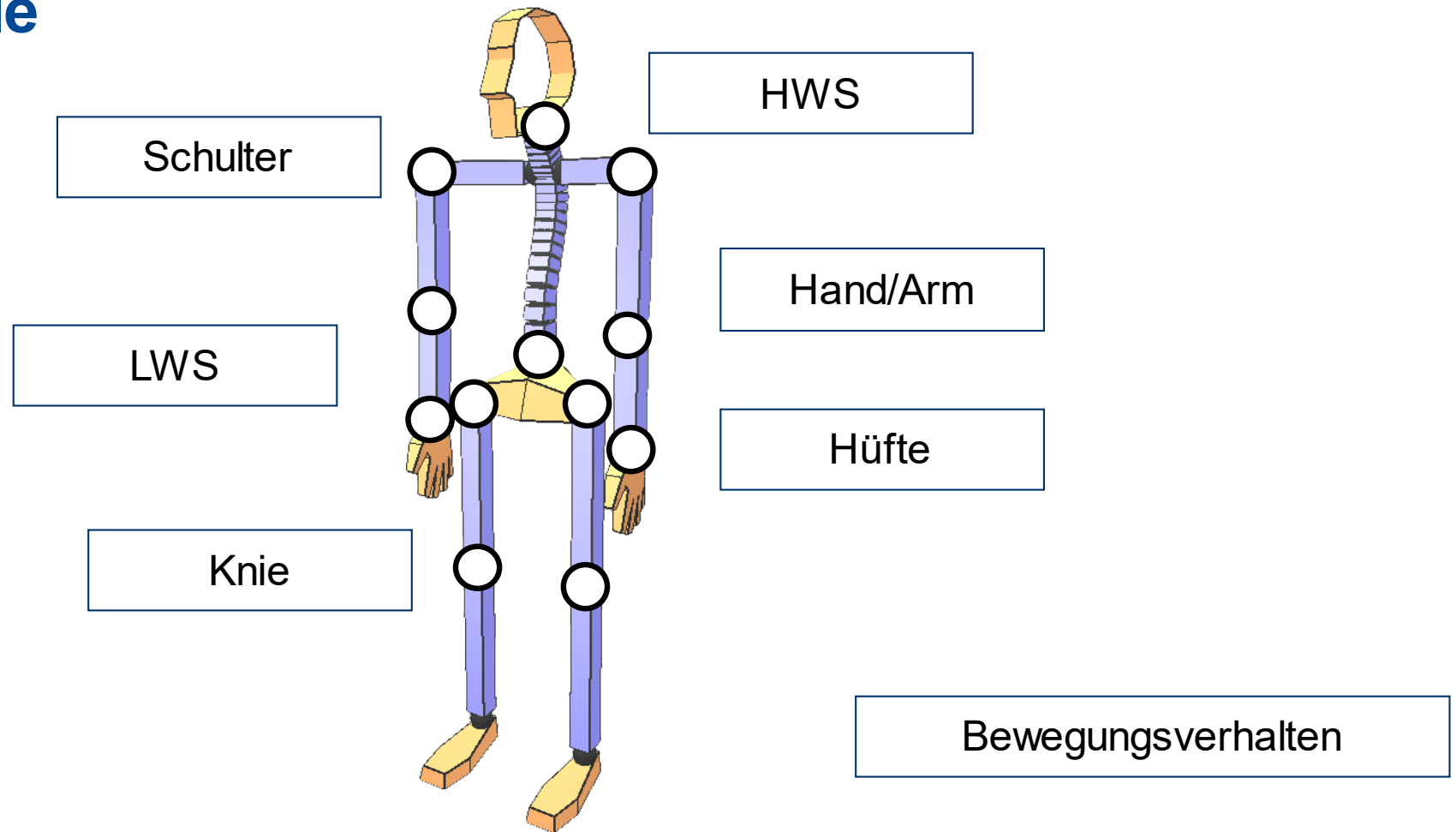
Analyse vieler Expositionsparameter und komplexer Zusammenhänge
(z. B. Bewegung mehrerer Körperregionen + Kraftaufwendung)

zunehmende Anzahl an Sensoren / verschiedenen Sensortypen

Zunahme an Aufwand / Komplexität / Genauigkeit

nach Holtermann et al., 2017

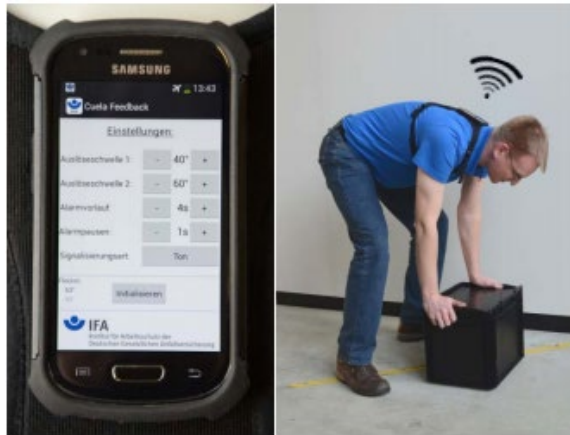
CUELA Module



CUELA LWS Modul: Kategorie 1

System-Beispiel:

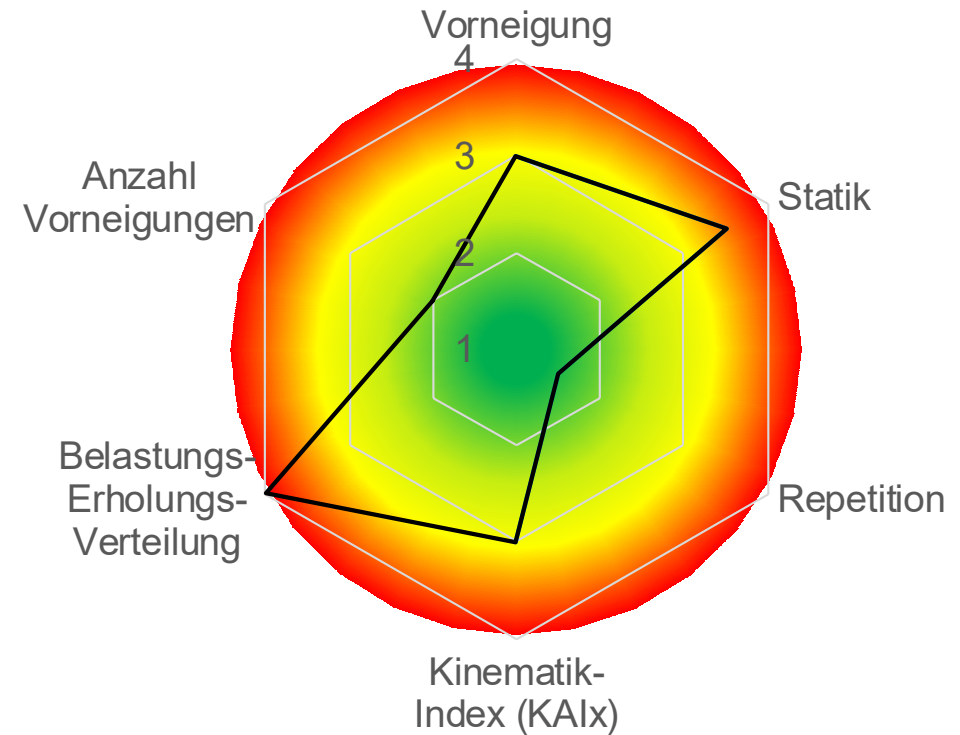
1 Sensor am Rücken (BWS)



Anwendungsbeispiele:

- einfache Gefährdungsanalyse
- Feedback-System

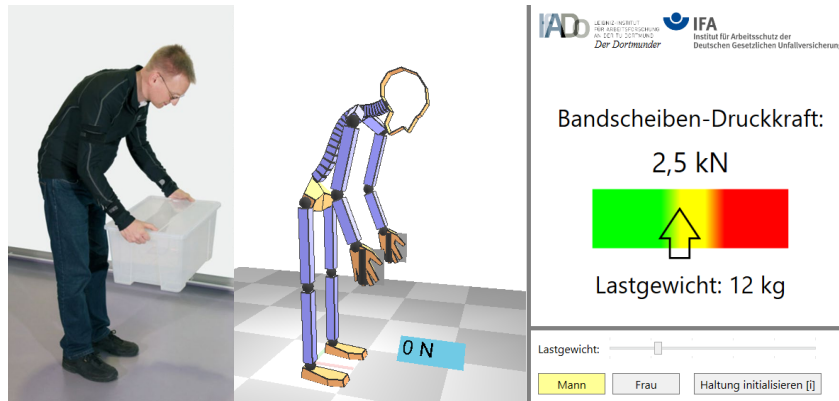
Beurteilung der Risikofaktoren



CUELA LWS Modul: Kategorie 2

System-Beispiel:

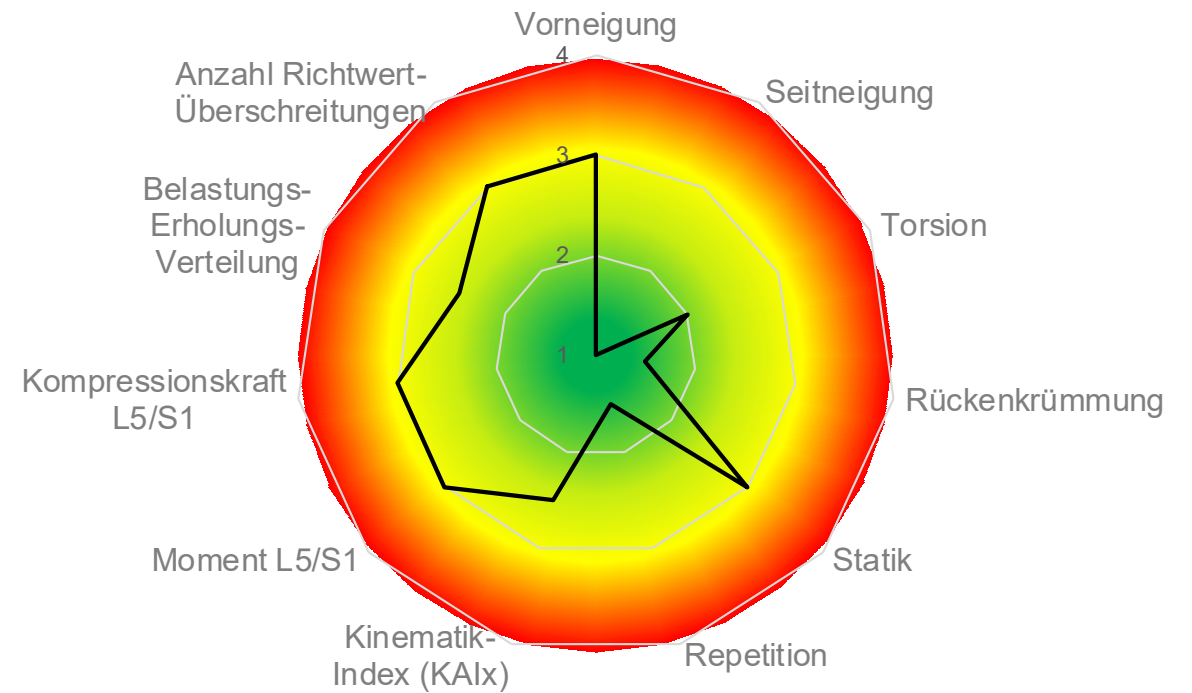
6 Sensoren an Rücken und Armen:
BWS (1), LWS (1), Arme (2+2)



Anwendungsbeispiele:

- spezifische Gefährdungsanalyse
- Training rückenschonender Verhaltensweisen

Beurteilung der Risikofaktoren



CUELA LWS Modul: Kategorie 3

System-Beispiel:

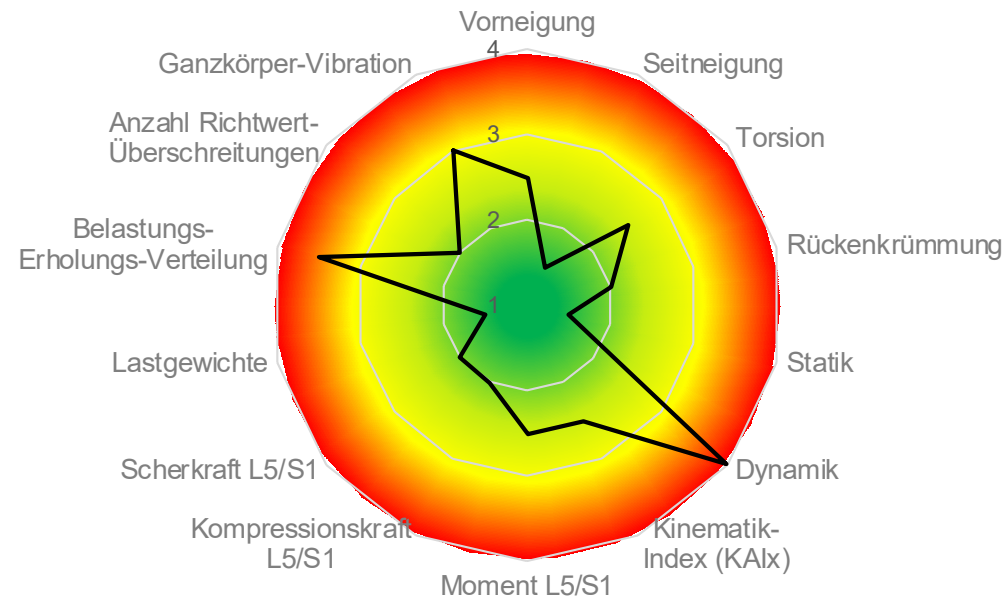
16 Sensoren am ganzen Körper:
 Kopf (1), BWS (1), LWS (2), Arme (2+2),
 Hände (2), Beine (2+2) Füße (2)



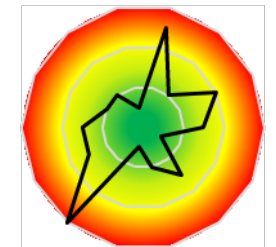
Anwendungsbeispiele:

- Expertenanalyse im Feld
- wissenschaftliche Laborstudien

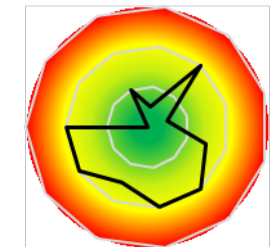
Beurteilung der Risikofaktoren



HWS



Schulter



**weitere
Lokalisationen...**

Fazit

CUELA-Indikatoren

→ Messwertbasierte Verfahren zur Erkennung von Belastungs- und Gefährdungsschwerpunkten des Muskel-Skelett-Systems

Digitale Weiterentwicklung

→ Verfahren können mit unterschiedlich komplexen Messsystemen eingesetzt werden (Kategorie 1 - 3)

Digitale Gefährdungsbeurteilung

→ Nutzung der Verfahren in der digitalen Arbeitsplanung (Simulation, VR)



IFA

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit.**

britta.weber@dguv.de

