

Bewertung physischer Belastungen gemäß DGUV- Information 208-033 (bisher: BGI/GUV-I 7011) (Anhang 3)

In Anhang 3 der DGUV-Information 208-033 [1] (bisher: BGI/GUV-I 7011) sind verschiedene Beurteilungsverfahren für physische Belastungen nach „Stufe 3 – Unterstützung durch externe Spezialisten“ genannt.

Als Beispiel für ein solches Beurteilungsverfahren werden im Folgenden beispielhaft Messgrößen und Beurteilungsgrundlagen des CUELA¹-Messverfahrens aufgeführt: Bei diesem Verfahren wird ein personengebundenes Messsystem zur objektiven Erfassung physischer Belastungen eingesetzt (siehe z. B. Ellegast et al. 2000; Hoehne-Hückstädt et al. 2007 [2, 3]).

In **Teil 1** werden **Winkelbereiche verschiedener Körpergelenke** tabellarisch aufgeführt –kategorisiert nach einem Ampelschema. Für Kopf, Rumpf, obere und untere Extremitäten sind jeweils die Parameter, Bewegungsrichtungen sowie die zur Einteilung herangezogene Literatur angegeben.

Unter Berücksichtigung des physiologischen Bewegungsumfangs werden die Winkelkategorien als neutral bzw. akzeptabel („grün“), mittelgradig bzw. bedingt akzeptabel („gelb“) oder endgradig bzw. nicht akzeptabel („rot“) eingestuft.

Wichtig: Die Kategorisierung der Winkelbereiche erfolgt ohne Berücksichtigung von Parametern wie Dauer, Häufigkeit, Dynamik von Bewegungen bzw. Statik von Haltungen und äußeren Umständen (z. B. abgestützte Oberkörper- oder Armhaltung). Diese Bedingungen (vgl. auch die in der Norm genannten Nebenbedingungen) sind bei der Bewertung der jeweiligen Gelenkstellung oder Körperhaltung ebenfalls zu berücksichtigen.

In **Teil 2** sind zusätzlich zu den Winkelangaben **Momente und Kräfte** dargestellt. Hierzu liegen im CUELA-Messverfahren Bewertungsansätze vor für

- Momente und Bandscheibendruckkräfte im Bereich der unteren (Lenden-)Wirbelsäule
- Momente im Schultergelenk
- Handkräfte.

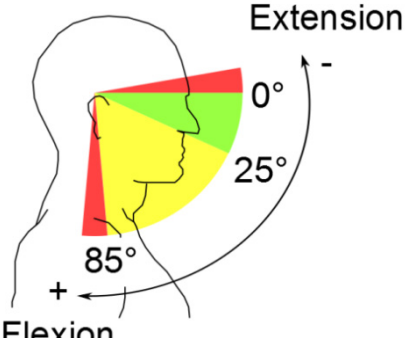
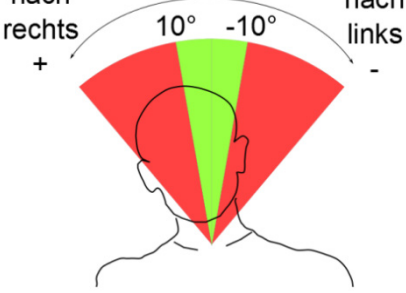
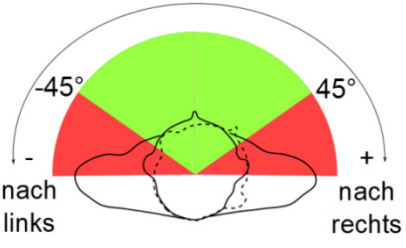
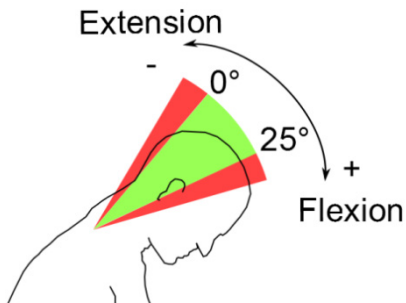
In **Teil 3** sind spezielle Kriterien zur Erfassung und Bewertung **manueller Arbeitsprozesse** dargestellt.

Insgesamt gilt es zu beachten, dass die Bewertung aller genannten Parameter lediglich Einzelkriterien für die (Gesamt-)Beurteilung einer Tätigkeit oder eines Arbeitsprozesses liefert.

¹ CUELA: Computer-unterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems

Teil 1: Winkelbereiche verschiedener Körpergelenke

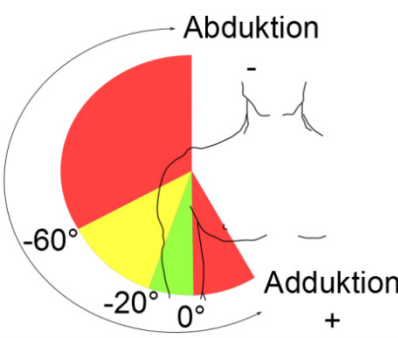
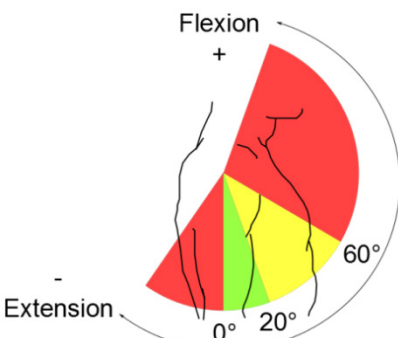
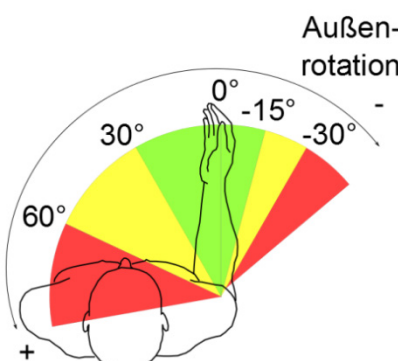
a) Kopf und Hals

Parameter	Bewegungsrichtung	Richtwerte für die Bewertung [°]	
Kopfniegung 	+: nach vorne (Flexion) -: nach hinten (Extension)	grün: 0 bis 25 gelb: 25 bis 85 rot: > 85 rot: < 0	in Anlehnung an ISO 11226 [4] (ohne Berücksichtigung der in der Norm genannten Nebenbedingungen)
Kopfseitneigung nach rechts + nach links - 	+: nach rechts -: nach links	grün: -10 bis 10 rot: < -10 rot: > 10	in Anlehnung an DIN EN 1005-4 [5] (ohne Berücksichtigung der in der Norm genannten Nebenbedingungen)
Halstorsion 	+: nach rechts -: nach links	grün: -45 bis 45 rot: < -45 rot: > 45	in Anlehnung an DIN EN 1005-4 [5] (ohne Berücksichtigung der in der Norm genannten Nebenbedingungen)
Halskrümmung Extension - Flexion + 	+: nach vorne (Flexion) -: nach hinten (Extension)	grün: 0 bis 25 rot: > 25 rot: < 0	in Anlehnung an ISO 11226 [4] (ohne Berücksichtigung der in der Norm genannten Nebenbedingungen)

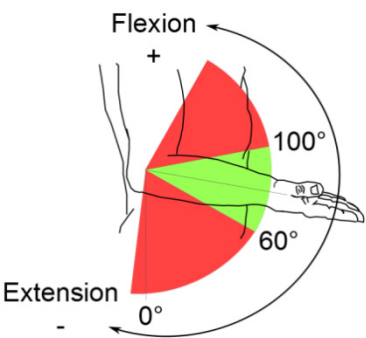
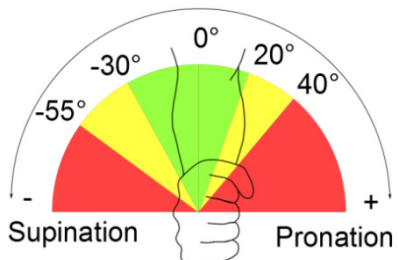
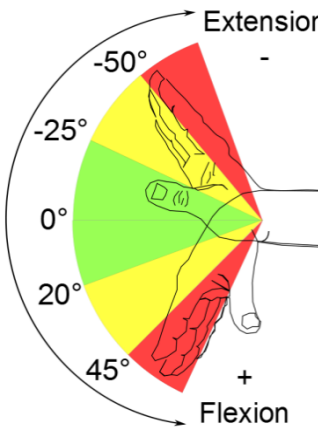
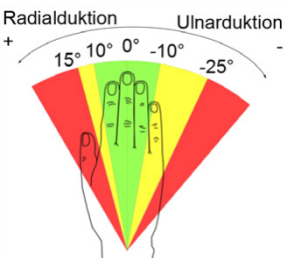
b) Oberkörper/Rumpf

Parameter	Bewegungsrichtung	Richtwerte für die Bewertung [°]	
Rumpfneigung Extension 	+: nach vorne (Flexion) -: nach hinten (Extension)	grün: 0 bis 20 gelb: 20 bis 60 rot: > 60 rot: < 0	in Anlehnung an ISO 11226 [4] und DIN EN 1005-4 [5] (ohne Berücksichtigung der in den Normen genannten Nebenbedingungen)
Rumpfseitneigung 	+: nach rechts -: nach links	grün: -10 bis 10 gelb: -10 bis -20 gelb: 10 bis 20 rot: < -20 rot: > 20	in Anlehnung an ISO 11226 [4] und ergänzt nach Drury 1987 [6] (ohne Berücksichtigung der in der Norm genannten Nebenbedingungen)
Rückenkrümmung Extension 	+: nach vorne (Flexion) -: nach hinten (Extension)	grün: 0 bis 20 gelb: 20 bis 40 rot: > 40 rot: < 0	eigene Beurteilung in Anlehnung an DIN 1005-4 [5]
Rückentorsion 	+: nach rechts -: nach links	grün: -10 bis 10 gelb: -20 bis -10 gelb: 10 bis 20 rot: < -20 rot: > 20	eigene Beurteilung in Anlehnung an DIN 1005-4 [5]

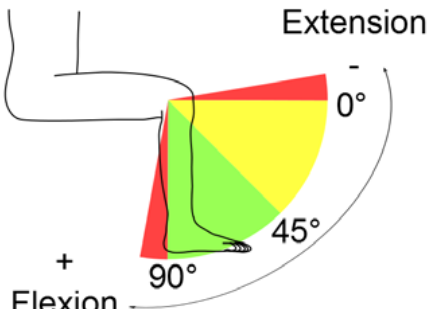
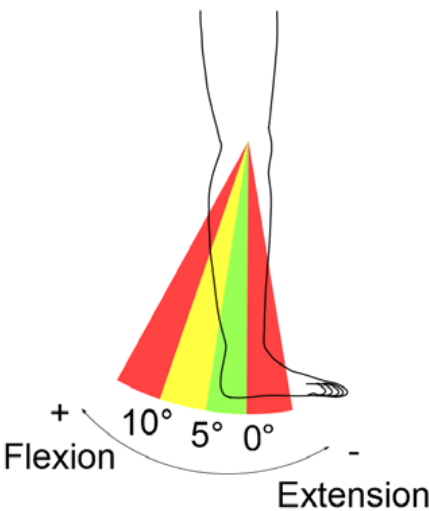
c) Schultern/Oberarme

Parameter	Bewegungsrichtung	Richtwerte für die Bewertung [°]	
Schultergelenk Oberarm-Adduktion/-Abduktion 	+: zum Körper hin (Adduktion) -: vom Körper weg (Abduktion)	grün: 0 bis -20 gelb: -20 bis -60 rot: < -60 rot: > 0	in Anlehnung an ISO 11226 [4] und DIN EN 1005-4 [5] (ohne Berücksichtigung der in den Normen genannten Nebenbedingungen)
Schultergelenk Oberarm-Flexion/-Extension 	+: nach vorne (Flexion) -: nach hinten (Extension)	grün: 0 bis 20 gelb: 20 bis 60 rot: < 0 rot: > 60	in Anlehnung an DIN EN 1005-4 [5] (ohne Berücksichtigung der in der Norm genannten Nebenbedingungen)
Schultergelenk Oberarm-Rotation 	+: nach innen (Innenrotation) -: nach außen (Außenrotation)	grün: -15 bis 30 gelb: -15 bis -30 gelb: 30 bis 60 rot: < -30 rot: > 60	eigene Beurteilung in Anlehnung an Drury, 1987 [6]

d) Ellenbogen, Unterarme und Hände

Parameter	Bewegungsrichtung	Richtwerte für die Bewertung [°]	
Ellenbogengelenk Unterarm-Flexion/-Extension 	+: Beugung des Unterarms (Flexion) -: Streckung des Unterarms (Extension)	grün: 60 bis 100 rot: < 60 rot: > 100	in Anlehnung an McAtamney und Corlett, 1993 [7]
Ellenbogengelenk Unterarm-Pronation/-Supination 	+: Handfläche nach unten (Pronation) -: Handfläche nach oben (Supination)	grün: -30 bis 20 gelb: -30 bis -55 gelb: 20 bis 40 rot: < -55 rot: > 40	in Anlehnung an Drury, 1987 [6]
Handgelenk Hand-Flexion/-Extension 	+: zur Handfläche hin (Flexion) -: zum Handrücken hin (Extension)	grün: -25 bis 20 gelb: -25 bis -50 gelb: 20 bis 45 rot: < -50 rot: > 45	in Anlehnung an Drury, 1987 [6]
Handgelenk Radial-/Ulnarduktion 	+: zum Daumen hin (Radialduktion) -: zum Kleinfinger hin (Ulnarduktion)	grün: -10 bis 10 gelb: -10 bis -25 gelb: 10 bis 15 rot: < -25 rot: > 15	in Anlehnung an Drury, 1987 [6]

e) untere Extremitäten/Kniegelenke

Parameter	Bewegungsrichtung	Richtwerte für die Bewertung [°]	
Kniegelenk Kniewinkel im Sitzen 	+: Beugung des Unterschenkels (Flexion) -: Streckung des Unterschenkels (Extension)	grün: 45 bis 90 gelb: 0 bis 45 rot: < 0 rot: > 90	in Anlehnung an ISO 11226 [4] (ohne Berücksichtigung der in der Norm genannten Nebenbedingungen)
Kniegelenk Kniewinkel im Stehen 	+: Beugung des Unterschenkels (Flexion) -: Streckung des Unterschenkels (Extension)	grün: 0 bis 5 gelb: 5 bis 10 rot: < 0 rot: > 10	in Anlehnung an ISO 11226 [4] (ohne Berücksichtigung der in der Norm genannten Nebenbedingungen)

Zusätzlich zu diesem Winkelschema erfolgt eine Beurteilung der Körperhaltungen nach dem **OWAS-Verfahren** (Karhu 1977 [8]).

Teil 2: Kräfte und Momente

Parameter	Richtwerte für die Bewertung	
L5/S1-Moment [Nm] (3D-Hebelarm von Handmittelpunkt bis L5/S1)	grün:	0 bis 40
	gelb:	40 bis 80
	orange:	85 bis 135
	rot:	> 135
		in Anlehnung an Tichauer, 1978 [9]
L5/S1-Kompressionskraft [kN]	Männer	
	grün:	0,7 bis 2,3
	gelb:	2,3 bis 3,2
	rot:	> 3,2
	Frauen	
	grün:	0,7 bis 1,8
	gelb:	1,8 bis 2,5
	rot:	> 2,5
	in Anlehnung an Dortmunder Richtwerte, Jäger et al., 2001 [10]	
Schultergelenkmoment [Nm] (Summe für beide Schultergelenkmomente beim Hand- haben von Lasten oder bei manueller Kraftausübung)	grün:	0 bis 40
	gelb:	40 bis 80
	orange:	80 bis 120
	rot:	> 120
		in Anlehnung an Tichauer, 1978 [9]
Handkräfte [N]		Beurteilung siehe ISO 11228 Teil 1 und 2 [11, 12]

Teil 3: Erfassung und Bewertung manueller Arbeitsprozesse

Parameter

- Statische Haltungen (> 4 s)
- Repetition
 - Frequenz der Gelenkbewegung in einer Ebene um den Mittelwert in Anlehnung an Kilbom 1994) [13]
 - Mess- und Auswerteprotokoll in Anlehnung an Hansson et al. (2004 u. 2009) [14, 15]
 - Median der Winkelgeschwindigkeit für Handgelenk-Flexion/Extension ω_{Ha} [°/s]
 - Median der Mittenfrequenz (MPF) für Handgelenk-Flexion/Extension MPF_{Ha} [Hz]
 - prozentualer Anteil von kinematischen Micro-Pausen [%]
($\omega_{Ha} < 1^\circ/s$, $t \geq 0,5$ s, Handgelenk)
- Kraftaufwand der Hände bzw. Beanspruchung der Unterarmmuskulatur
 - Mess- und Auswerteprotokoll in Anlehnung an Hansson et al. 2004 u. 2009 [14, 15]
 - prozentuale Anteile muskelphysiologischer Micro-Pausen (%MVC < 0,5, $t \geq 0,5$ s) [%]
 - P10 der %MVC-Werte (Unterarm-EMG, „statischer Anteil“)
 - P90 der %MVC-Werte (Unterarm-EMG, „dynamischer Anteil“)
 - Mess- und Auswerteprotokoll in Anlehnung an Silverstein et al. 1986 [16]
 - adjustiertes Unterarm-EMG = $MW[\%MVC] + Var[\%MVC]/MW[\%MVC]$
 - adjustierte Greifkraft = $F_{max} * \text{adjustiertes Unterarm-EMG [N]}$

Literatur

- [1] DGUV-Information 208-033 (bisher: BGI/GUV-I 7011): Belastungen für Rücken und Gelenke – was geht mich das an? (09.13). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2013
- [2] Ellegast, R.P.; Kupfer, J.: Portable posture and motion measuring system for use in ergonomic field analysis. In: Landau, K. (Hrsg.): Ergonomic software tools in product and work-place design. Ergon, Stuttgart 2000, 47-54
- [3] Hoehne-Hückstädt, U.; Herda, C.; Ellegast, R.P.; Hermanns, I.; Hamburger, R.; Ditchen, D.: Muskel-Skelett-Erkrankungen der oberen Extremität. BGIA-Report 2/2007. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin 2007
- [4] ISO 11226: Ergonomics – Evaluation of static working postures (Ergonomie – Evaluierung von Körperhaltungen bei der Arbeit) (12.00). Beuth, Berlin 2000
- [5] DIN EN 1005-4: Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen (01.09). Beuth, Berlin 2009
- [6] Drury, C.G.: A Biomechanical Evaluation of the Repetitive Motion Injury Potential of Industrial Jobs. Seminars in Occupational Medicine 2 (1987) Nr. 1, 41-47
- [7] McAtamney, L.; Corlett, E.N.: RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Appl. Ergon. 23 (1993) Nr. 2, S. 91-99
- [8] Karhu, O.; Kansil, P.; Kuorinka, I.: Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. Appl. Ergon. (1977) S. 199-201
- [9] Tichauer, E.R.: The Biomechanical Basis of Ergonomics – Anatomy Applied to the Design of Work Situations. Wiley, New York 1978
- [10] Jäger, M.; Luttmann, A.; Göllner, R.: Belastbarkeit der Lendenwirbelsäule bei manueller Lastenhandhabung – Ableitung der „Dortmunder Richtwerte“ auf Basis der lumbalen Kompressionsfestigkeit. Zbl. Arbeitsmed. 51 (2001) S. 354-372
- [11] ISO 11228-1: Ergonomics – Manual handling – Part 1: Lifting and carrying (Ergonomie – Manuelles Handhaben von Lasten – Teil 1: Heben und Tragen) (05.03). Beuth, Berlin 2003
- [12] ISO 11228-2: Ergonomics – Manual handling – Part 2: Pushing and pulling (Ergonomie – Manuelle Handhabungen – Teil 2: Ziehen und Schieben) (04.07). Beuth, Berlin 2007
- [13] Kilbom, Å.: Repetitive work of the upper extremity: Part I – Guidelines for the practitioner. Int. J. Indust. Ergon. 14 (1994) S. 51-57
- [14] Hansson, G.; Balogh, I.; Ohlsson, K.; Skerfving, S.: Measurements of wrist and forearm positions and movements: effect of, and compensation for, goniometer crosstalk. J. Electromyogr. Kinesiol. 14 (2004) S. 355-367
- [15] Hansson, G.; Balogh, I.; Ohlsson, K.; Granqvist, L.; Nordander, C.; Arvidsson, I.; Akesson, I.; Unge, J.; Rittner, R.; Strömberg, U.; Skerfving, S.: Physical workload in various types of work: Part I. Wrist and forearm. Int. J. Indust. Ergon. 39 (2009) S. 221-223

- [16] Silverstein, B.; Fine, L.; Armstrong, T.: Hand wrist cumulative trauma disorders in industry.
Brit. J. Ind. Med. 43 (1986) S. 779-784