

Beurteilung der Körperhaltung beim Heben und Tragen von Lasten mit Hilfe Kinect™ Kamera

Nuha SUZALY¹, Sina SPRENGER, Tobias NOWACK¹, Hartmut WITTE², Peter KURTZ¹

¹ *Fachgebiet Arbeitswissenschaft, Technische Universität Ilmenau*

² *Fachgebiet Biomechatronik, Technische Universität Ilmenau*

Kurzfassung: Laut Arbeitsschutzgesetz §4 ist Arbeit so zu gestalten, dass eine Gefährdung für die physische Gesundheit des Menschen möglichst vermieden wird. Manuelle Handhabung von Lasten geht mit einer latenten Gefährdung der Lendenwirbelsäule einher. Deshalb empfiehlt die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) die Leitmerkmalmethode zur Gefährdungsbeurteilung nach §§5 und 6 des Arbeitsschutzgesetzes sowie nach §2 der Lastenhandhabungsverordnung. Die Beurteilung der Körperhaltung wird bisher durch die subjektive Einschätzung eines Beobachters getroffen. Um eine möglichst objektive Beurteilung der Körperhaltung zu bieten, wird hier der Einsatz einer Kinect™ Kamera vorgeschlagen. Mit Hilfe dieser Tiefenkamera wird eine Pseudo-Skeletterkennung realisiert. Aus den Pseudo-Skelettdaten können verschiedene Gelenkwinkel (z.B. Schulter- oder Kniewinkel) berechnet werden. Auf Basis von Schwellwerten, die an den charakteristischen Körperhaltungen und Lastpositionen orientiert sind, ist eine objektivere Betrachtung und vergleichbare Beurteilung gewährleistet. Die notwendigen Schwellwerte wurden mit Hilfe von Probandenversuchen ermittelt und evaluiert.

Schlüsselwörter: Leitmerkmalmethode, Haltungsanalyse, Ergonomie, Muskel-Skeletterkrankungen, Kinect™

1. Hintergrund

Das Heben und Tragen von Lasten ist ein Arbeitsanteil, durch welchen die Gefahr der Muskel-Skeletterkrankungen erhöht wird. Infolge des demographischen Wandels ist neben der altersgerechten (mit Fokus auf den aktuellen Zustand) auch eine altersgerechte (Prozessorientierung) Arbeitsgestaltung erforderlich. Als eine Präventionsmaßnahme wird von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BauA) eine Gefährdungsbeurteilung mit der Leitmerkmalmethode (LMM) empfohlen.

Für diese Beurteilung der Arbeitsbedingungen werden im ersten Schritt vier Leitmerkmale erfasst: Lastgewicht, Zeitdauer bzw. Häufigkeit, Körperhaltung und Ausführungsbedingungen. Anschließend erfolgt aus der Einschätzung der Leitmerkmale die Bewertung einer Tätigkeit anhand eines tätigkeitsbezogenen Punktwertes. Dieser berechnet sich nach Formel 1.

$$(Last + Haltung + Ausführung) * Zeit = Punktwert$$

Formel 1: Berechnung des Punktwertes zur Bewertung von Tätigkeiten mit der Leitmerkmalmethode (BauA, 2012).

Zur Unterstützung der Haltungsanalyse soll eine Tiefenkamera z.B. Kinect™ oder Asus Xtion PRO LIVE eingesetzt werden. Durch die Verwendung eines definierten Algorithmus kann verhindert werden, dass bei gleicher Körperhaltung unterschiedliche Haltungswichtungen ermittelt werden.

2. Methodik

Die Tiefenkamera erzeugt durch die Anwendung eines Infrarot-Projektors und einer Infrarot-Kamera ein 3D-Bild. Der Infrarot-Projektor sendet eine definierte Punkt-Matrix in den Raum, deren Reflexe von der eingebauten Infrarot-Kamera aufgenommen werden. Zusätzlich zur Tiefenkamera ist eine RGB-Kamera integriert, die zur gewöhnlichen Aufnahme von 2D-Farbbildern genutzt werden kann (Clark et al., 2012).

Diese Tiefenkamera ermöglicht eine Personenerkennung sowie eine Pseudo-Skeletterkennung. Die ermittelten Gelenkdaten sind in Abb. 1 veranschaulicht. Anhand dieser Daten wurde ein Algorithmus entwickelt, um die Körperhaltung objektiv zu betrachten.

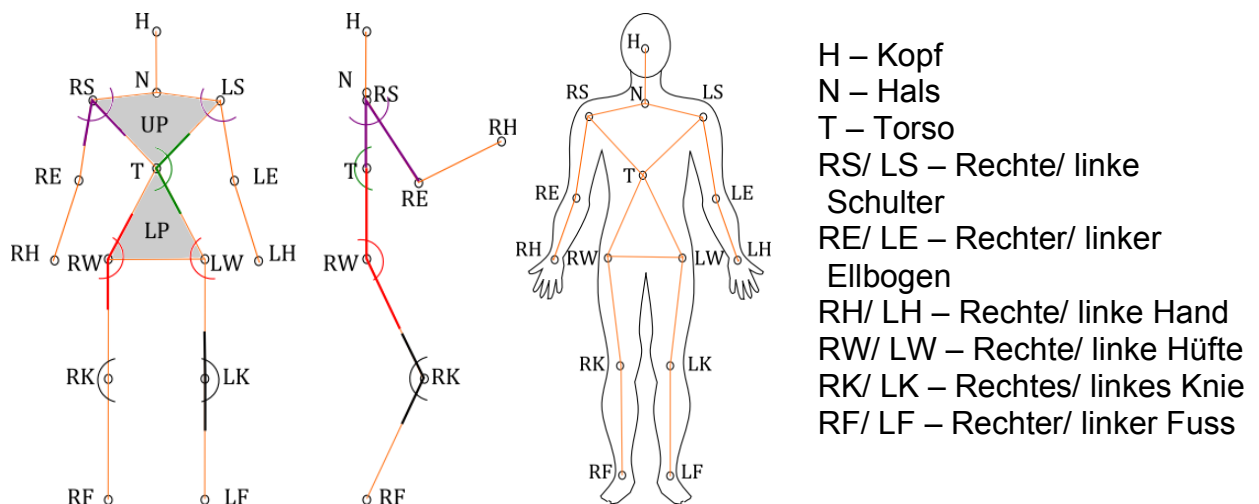


Abbildung 1: Das Pseudo-Skelettmodell der OpenNI Bibliothek. Die Punkte entsprechen den erkannten anatomischen Merkmalen (Processing, 2014).

Tabelle 1: Klassifikation der Körperhaltung in die verschiedenen Risikobereiche entsprechend der LMM unter Verwendung eines Farbschemas (BauA, 2012).

Farbschema	Beschreibung des Risikobereichs	Haltungswichtung
Grün	Körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich	1
Gelb	Körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich	2
Orange	Körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich	4
Rot	Körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich.	8

Aus den Gelenkdaten wird für ausgewählte Gelenke der Gelenkwinkel berechnet. Diese dienen als Eingangswerte für die Körperhaltungsanalyse und die Einordnung in die verschiedenen Risikobereiche (siehe Tab. 1).

Die Haltungswichtung erfolgt durch einen schwellwertbasierten Algorithmus. Die Schwellwerte sind für Winkel der Schulter-, Hüft- und Kniegelenke sowie des Torsos in der Software festgelegt. Entsprechend des in Abb. 2 dargestellten Algorithmus findet die Bewertung der Körperhaltung statt.

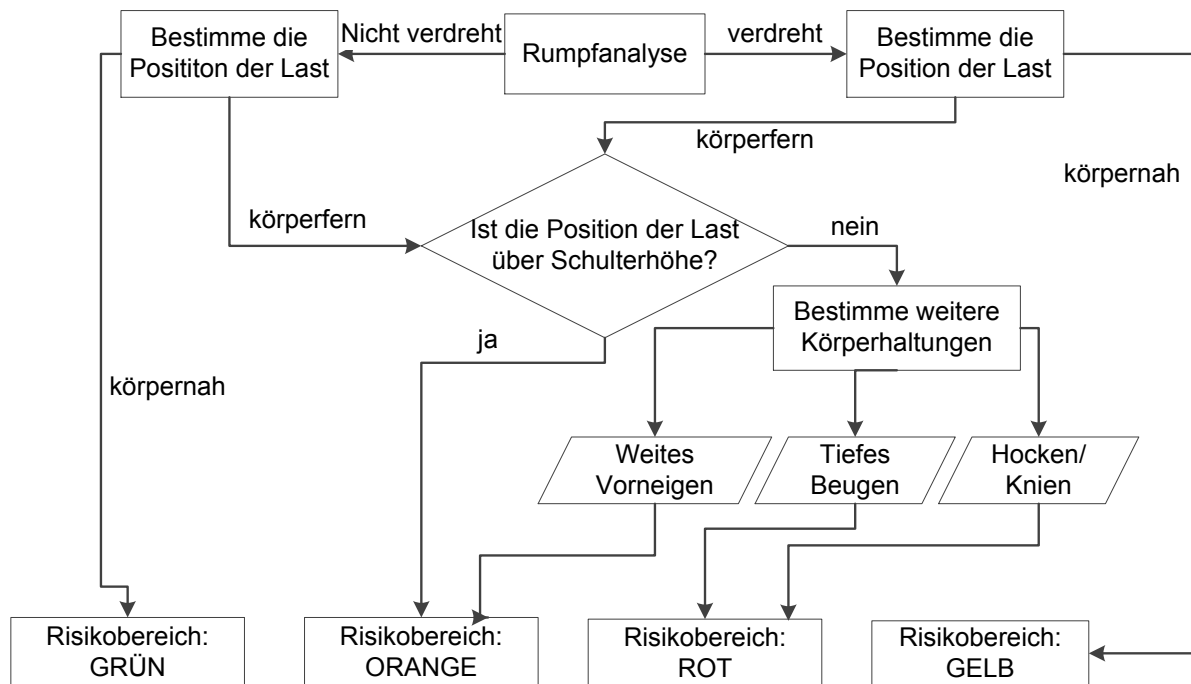


Abbildung 2: Schematisches Diagramm zum Ablauf des Algorithmus für die Körperhaltungsanalyse anhand der Leitmerkmalmethode.

3. Ergebnisse

Eine Echtzeit-Analyse der quasi-statischen Körperhaltung wurde mit zwölf Probanden durchgeführt. Das Pseudo-Skelettmodell ändert während des Hebens oder Tragens einer Last entsprechend des bestimmten Risikobereiches seine Farbe (siehe Tabelle 1). Abb. 3 stellt einen Bewertungsfall dar, bei dem das Heben der Last vom Boden nach den Kriterien der LMM als rot eingestuft wird.

Mit Hilfe der entwickelten Software wird anhand dieser Aufnahmen die Analyse der Körperhaltung erstellt. Die ermittelten Daten werden dann in eine weitere Software übertragen, um die abschließende Bewertung entsprechend aller Leitmerkmale zu berechnen. Sobald allerdings der Proband eine Haltung einnimmt, die im roten oder orangenen Bereich liegt, wird er sofort akustisch darauf hingewiesen (Biofeedback) und kann somit die Dauer der Belastung reduzieren.

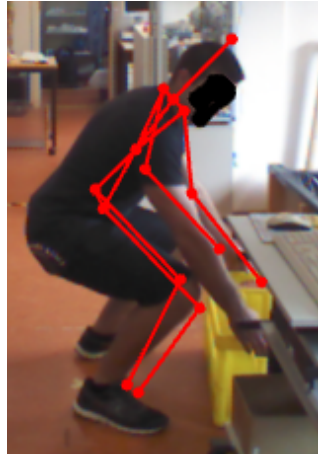


Abbildung 3: Analyse der quasi-statischen Körperhaltung während des Hebens einer Last. Die Farbe des Pseudo-Skeletts stellt den Risikobereich dar.

4. Diskussion

Der vorgestellte Algorithmus unter Nutzung einer Tiefenkamera ermöglicht die angestrebte objektive und wiederholgenaue Beurteilung der Körperhaltung. Für den Bewerter stellt sie somit ein wichtiges Hilfsmittel dar, um die bisher subjektive Haltungswichtung zu verbessern. Da die Pseudo-Skeletterkennung mit Hilfe einer Tiefenkamera jedoch auch Grenzen hat und es unter schwierigen Aufnahmebedingungen zu Fehldetektionen kommen kann, muss der Beurteiler die ermittelten Daten anhand des Farbbildes überprüfen. Die Haltungswichtung wird in Echtzeit berechnet und somit kann schon während einer schädlichen Hebe- oder Tragetätigkeit ein Warnton erzeugt werden. Hiermit ist das Ziel des Anwendungsfalls eine Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen am Arbeitsplatz erreicht. Der Warnton weist darauf hin, dass der Arbeitsprozess zu modifizieren und zum Beispiel ein Hilfsmittel zu verwenden ist.

5. Literatur

- Andersen, J. H. and Haahr, J. P. (2007). Risk factors for more severe regional musculoskeletal symptoms: A two-year prospective study of a general working population. *American College of Rheumatology*, 56(4): 1355–1364
- Clark, Ross A. ; Pua, Yong-Hao ; Fortin, Karine; Ritchie, Callan; Webster, Kate E.; Denehy, Linda and Bryant, Adam L. (2012). Validity of the Microsoft Kinect™ for assessment of postural control. *Gait & Posture*, 36: 372–377
- Rempel, D. M.; Harrison, R. J. and Barnhart, S. (1992). Work-related cumulative trauma disorders of the upper extremity. *The Journal of the American Association*, 267(6): 838–842
- Burdorf, A. and Laan, J. (January 1991). Comparison of methods for the assessment of postural load on the back. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 17(6): 425–429
- Klussmann, A. ; Steinberg, U. ; Liebers, F. ; Gerhardt, H. and Rieger, M. A. (2010). The key indicator method for manual handling operations (KIM-MHO) - evaluation of a new method for the assessment of working conditions within a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11: 272
- Processing 2. <http://processing.org/>, Last visited: 21 March 2014
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - BAuA (2012). Gefährdungsbeurteilung mithilfe der Leitmerkmalmethode. <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/Gefaehrdungsbeurteilung.html>, Last visited: 21 March 2014
- Man-Systems Integration Standards, Revision B, Section 3 (July 2005). Anthropometry and Biomechanics. <http://msis.jsc.nasa.gov/sections/section03.htm>, Last visited: 15 July 2014