

Methodik zur Unterstützung des ergonomischen Interventionsprozesses am Beispiel einer automatisierten OWAS-basierten Generierung von Vorschlägen zur technischen Gestaltung von Arbeitsplätzen

Christopher BRANDL¹, Dominik BONIN², Alexander MERTENS¹,
Sascha WISCHNIEWSKI², Christopher M. SCHLICK¹

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), RWTH Aachen University
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

² *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund
Friedrich-Henkel-Weg 1, D-44149 Dortmund*

Kurzfassung: Die Anwendung von Motion Capture Systemen für die markerlose Erfassung von Körperhaltungen im Rahmen der ergonomischen Analyse führt zu einer großen Menge zu analysierender Daten, welche durch die zunehmende Digitalisierung und Verfügbarkeit von Rechenleistung und Algorithmen effektiv und effizient genutzt werden können. Jedoch wurden insbesondere die Potenziale einer methodischen Vorgehensweise für den anschließenden ergonomischen Interventionsprozess sowie dessen Unterstützung durch Automatisierung bislang nicht erschlossen. Die hier vorgestellte Methodik zeigt einen ersten Ansatz zur automatisierten Unterstützung des ergonomischen Interventionsprozesses bei der Arbeitsplatzgestaltung. Das Tool lässt sich mit einem Motion Capture System koppeln, manuelle Eingaben oder der Import von bereits vorhandenen Untersuchungsdaten sind ebenfalls möglich. Vorteile und Potenziale werden im Anschluss unter Berücksichtigung von Grenzen und Risiken einer solchen Methodik diskutiert.

Schlüsselwörter: Arbeitsplatzgestaltung, Digitale Ergonomie, Interventionsprozess, Körperhaltung, OWAS

1. Einleitung

Die Anwendung innovativer Technologien und die zunehmende Digitalisierung in der Arbeitswelt ermöglichen im Hinblick auf die ergonomische Analyse von Belastungen in Arbeitssystemen sowohl eine digitale Datenerfassung als auch eine entsprechende digitale Nach- und Weiterverarbeitung der Daten. Die markerlose Erfassung von Belastungen durch arbeitsbedingte Körperhaltungen mit Motion Capture Systemen und deren ergonomische Bewertung mit dem Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) nach Karhu et al. (1977) ist beispielsweise Gegenstand des vom BMBF geförderten Verbundprojektes ENGAGE4PRO. Durch den Einsatz von Motion Capture Systemen lässt sich im Vergleich zur beobachtenden Datenerfassung u.a. der zeitliche Erfassungsaufwand reduzieren und die Datengenauigkeit verbessern, wobei gleichzeitig die Menge an erfassten Daten um ein vielfaches steigt. Die große Anzahl quantitativer Daten gilt es im Rahmen der ergonomischen Bewertung und Intervention nachzubearbeiten und zu analysieren. Ein manuelles Vorgehen stellt in diesem Kontext keine praktikable Lösung mehr dar. Die softwarebasierte Automatisierung der ergonomischen Bewertung nach OWAS

wurde bereits von Kivi & Mattila (1991) umgesetzt. Ein konkretes methodisches Vorgehen bei der ergonomischen Intervention auf der Grundlage von OWAS ist uns jedoch nicht bekannt. Im Allgemeinen lässt sich in Bezug auf Methoden zur ergonomischen Analyse von arbeitsbedingten Körperhaltungen und anderen physikalischen Belastungen festhalten, dass diese üblicherweise mit der Zuordnung einer Maßnahmenklasse enden. Die wissenschaftlichen Forschungstätigkeiten enden zumeist auch an diesem Punkt und fokussieren damit die Erfassung und Bewertung der Belastungen. Diese Aussage wird gestützt durch die Tatsache, dass die methodische Unterstützung im ergonomischen Interventionsprozess bspw. zur Schaffung technischer Voraussetzungen quasi nicht vorhanden ist, weder in dem deutschen Standardwerk „Arbeitswissenschaft“ (Schlick et al. 2010) noch in international etablierten Handbüchern (vgl. Salvendy 2012, Karwowski 2006, Marras & Karwowski 2006a, Marras & Karwowski 2006b, Wilson & Corlett 2005, Delleman et al. 2004, Stanton et al. 2004, Zandin 2001).

Deshalb wird im vorliegenden Beitrag für den ergonomischen Interventionsprozess am Beispiel von Belastungen durch arbeitsbedingte Körperhaltungen (1) einen vollständiger Interventionsprozess beschrieben, (2) die entwickelte Methodik für eine OWAS-basierte Intervention vorgestellt und (3) deren Implementierung in ein eigenständiges softwarebasiertes Werkzeug dargestellt.

2. Der ergonomische Interventionsprozess

Der ergonomische Interventionsprozess wird initiiert durch die ergonomische Analyse von arbeitsbedingten Belastungen, welche als nicht mehr akzeptabel bewertet wurden. Der Input ist dementsprechend der gegenwärtige Belastungszustand sowie dessen ergonomische Bewertung. Der Output eines ergonomischen Interventionsprozesses sind wirksame Maßnahmen, die eine Verbesserung der belastenden Arbeitssituationen bewirken. Der Prozess wird vereinfacht in drei Phasen eingeteilt. In der ersten werden ergonomische Zielzustände identifiziert und priorisiert. Die zweite Phase umfasst die Entwicklung und Auswahl von Gestaltungslösungen. Hier kann bspw. die Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte nach VDI 2221 angewendet werden, um im Sinne einer trichterförmigen Vorgehensweise eine effektive und effiziente Ergebniserreichung zu gewährleisten. Die zusätzliche Einbindung der menschenzentrierten Gestaltungsaktivitäten nach DIN EN ISO 9241-210 wird sich akzeptanzsteigernd auf die in der dritten Phase zu implementierenden und zu evaluierenden Maßnahme auswirken. Die kontinuierliche Dokumentation von Gestaltungslösungen und wirksamen Maßnahmen kann durch eine Verknüpfung mit der Belastungssituation und den Zielzuständen eine adäquate Prozessoptimierung darstellen. In Abbildung 1 wird der ergonomische Interventionsprozess vereinfacht dargestellt. Die zumeist notwendigen Iterationsschleifen zwischen den Prozesselementen sind bspw. nicht dargestellt. Der dargestellte Prozess muss für die jeweilig angewandte ergonomische Bewertungsmethode konkretisiert werden. Dies wird nachfolgend am Beispiel von OWAS durchgeführt.

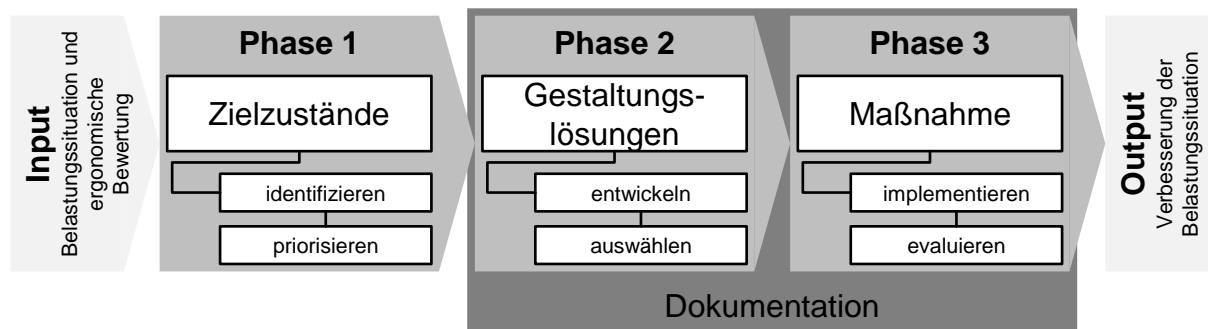


Abbildung 1: Ein ergonomischer Interventionsprozess für wirksame Maßnahmen zur Verbesserung der Belastungssituation ohne Iterationsschleifen.

3. Methodik für die ergonomische Intervention am Beispiel von OWAS

Der ergonomische Interventionsprozess startet für arbeitsbedingte Körperhaltungen, die nach OWAS als mindestens belastend (Maßnahmenklasse 2) und damit als nicht mehr akzeptabel eingestuft werden. Für solche Körperhaltungen sind in der ersten Phase ergonomische Zielzustände zu identifizieren und zu priorisieren. Dies geschieht rechnergestützt über einen mehrstufigen Algorithmus. Zunächst werden alle Körperhaltungen, die während des Bewertungszeitraums dokumentiert worden sind gruppiert und die prozentuale Verteilungshäufigkeit errechnet. Zur Identifizierung der Zielzustände durchläuft der Algorithmus für jede der vorhandenen Körperhaltungen zunächst alle möglichen OWAS Codierungen und selektiert diejenigen, die eine geringere Maßnahmenklasse im Vergleich zur Ausgangshaltung beinhalten. Im Anschluss werden diese kategorisiert und priorisiert. Eine Veränderung erster Ordnung bedeutet, dass lediglich eine Position der OWAS Codierung geändert werden muss, um eine geringere Maßnahmenklasse zu erreichen. Bei Veränderungen 2. Ordnung sind mindestens zwei Stellen der OWAS Codierung notwendig. Die selektierten „möglichen“ Verbesserungen werden in einer nach Maßnahmenklasse sortierten Liste abgespeichert und dem Anwender zur Verfügung gestellt.

Für die Unterstützung der zweiten Phase greift der Algorithmus zusätzlich auf eine empirische Erfahrungsdatenbank zurück, mit der für die Generierung von Gestaltungslösungen zu jeder Körperhaltung ergonomische Interventionsvorschläge zur Verfügung gestellt werden. Die Vorschläge sind gruppiert in *technische*, *organisationale* und *personenzentrierte* Maßnahmen.

In der dritten Phase werden die vom Anwender ausgewählten Maßnahmen im Betrieb umgesetzt und im Anschluss erneut evaluiert. Ist die Maßnahme erfolgreich, wird diese dokumentiert und in einer betriebsinternen „best practice“ Lösungsdatenbank abgespeichert, die wiederum bei folgenden Untersuchungen mit angezeigt werden kann.

4. Implementierung der Methodik als softwarebasiertes Werkzeug

Zur Unterstützung der Anwender wurde im BMBF geförderten Projekt „ENgAge4Pro – Ergonomie-Navigator für die alters- und altersgerechte Produktion“ ein Software-Tool entwickelt, welches die Unterstützung des folgenden Interventionsprozesses bei Arbeitsplatzanalysen die mit OWAS durchgeführt wurden, rechnergestützt ermöglicht. Im Projektrahmen werden die Körperhaltungsdaten durch

ein markerloses Motion Capture System erfasst. Das hier vorgestellte ausgelagerte Modul bietet die Möglichkeit, zuvor durchgeführte Analysen mittels einer *.csv Datei zu importieren, oder einzelne OWAS-Codierungen manuell einzutragen. Neben der Darstellung von OWAS-Codierungen werden generische Vorschläge als Textbausteine ausgegeben. Die ausgegebenen Körperhaltungen werden zusätzlich durch Piktogramme visualisiert (siehe Abbildung 2). Weiterhin können eigene Verbesserungsvorschläge eingebracht werden, welche in einer Datenbank gespeichert und im Anschluss exportiert werden können. Die Exportfunktion bietet die Möglichkeit selektierte oder alle möglichen Verbesserungsvorschläge zu exportieren. Eine Hilfeseite kann bei Bedarf aufgerufen werden, mit den Menüpunkten Ansicht und Einstellungen kann das Tool individualisiert werden.

ID	Owas	MK	ID	MK	[%]	ID	MK	Soll	MKSoll
1	1261	1	1161	1	20.62	2161	2	1161	1
3	1261	1	1261	1	51.55	2161	2	3161	1
5	1261	1	2161	2	26.8	4151	4	1151	2
7	1261	1	4151	4	1.03	4151	4	2151	3
9	1261	1				4151	4	4111	2
11	1261	1				4151	4	4121	2
13	1261	1				4151	4	4131	2
15	1261	1				4151	4	4171	2
17	1261	1							
19	1261	1							
21	1261	1							
23	1261	1							

Abbildung 2: Alpha Version v1.0 des Software-Tools: 1) Rohdaten in Code Ansicht (*.csv Import, manuelle Eingabe oder Übernahme von Mocap-Daten aus ENgAge4Pro möglich) 2) Prozentuale Verteilungshäufigkeit der Körperhaltungen 3) errechnete Verbesserungsmöglichkeiten 4) Visualisierung der zugehörigen „IST“ und „Ziel“-Körperhaltungen 5) Anzeige der Erfahrungsdatenbank 6) Grafische Darstellung der Rohdaten 7) Möglichkeit eigene Interventionsmaßnahmen einzugeben.

5. Diskussion und Fazit

Der Ansatz einer effektiven und effizienten ergonomischen Analyse von arbeitsbedingten Körperhaltungen durch die Verknüpfung von Motion Capture Systemen zur Erfassung mit etablierten ergonomischen Bewertungsmethoden erscheint vielversprechend (Diego-Mas & Alcaide-Marzel 2014). Die anderen Forschungsaktivitäten bezogen auf arbeitsbedingte Körperhaltungen fokussieren gegenwärtig immer noch fast ausschließlich auf die ergonomische Analyse, bspw. die Untersuchung der Übereinstimmungsvalidität verschiedener Beobachtungsmethoden (Lee & Karwowski 2007) oder der Interaktionen zwischen Körperteilhaltungen (Lim et al. 2011). Der ergonomische Interventionsprozess scheint dabei aus dem Fokus von Forschungsaktivitäten gerückt zu sein. Der ergonomische Interventionsprozess ist jedoch ebenso wichtig wie die ergonomische

Analyse, weil diese ohne die Absicht der Entwicklung und Implementierung von korrektiven Maßnahmen nutzlos wäre. Das vorgestellte methodische Vorgehen bei der ergonomischen Intervention am Beispiel von OWAS sowie dessen Implementierung als softwarebasiertes Werkzeug ermöglicht die Reduzierung zeitlicher Aufwände, menschlicher Fehler bei der Datenverarbeitung und eine Unterstützung bei der Ideengenerierung für korrektive Maßnahmen. Vorrangig in der ersten Phase des ergonomischen Interventionsprozesses können mit dem softwarebasierten Werkzeug große Datenmengen in kurzer Zeit übersichtlich gruppiert und priorisiert werden. Durch die Unterstützung bei der Dokumentation von generischen und konkreten Lösungsvorschlägen wird die Ideengenerierung verbessert. Dabei besteht jedoch das Risiko, dass die Interventionsmöglichkeiten rein auf die erzeugten Zielzustände fokussieren. Die Implementierung von verbessernden Maßnahmen muss also immer eine Anpassung des Arbeitsplatzes an den Menschen forcieren. Lediglich bei eher freien Arbeitstätigkeiten, die eine hohe Streuung der individuellen Arbeitsweisen beinhalten, werden auch die personenzentrierten Verbesserungsvorschläge priorisiert, um wertvolle Unterstützung bei der präventiven Verbesserung von Körperhaltungen und Bewegungsabläufen zu bieten. Weitere zu berücksichtigende Aspekte bei der Verwendung eines solchen Tools sind insbesondere der Datenschutz (Speicherung persönlicher Daten, Schutz vor Missbrauch) und die Sicherstellung einer logischen Prüfung und Beurteilung der automatisiert vorgeschlagenen Interventionsmöglichkeiten durch einen ergonomisch geschulten Experten. Das Tool kann bei der Verarbeitung großer Datenmengen und bei der Ideengenerierung für ergonomische Interventionsmaßnahmen unterstützen, jedoch nicht Expertise und Urteilsfähigkeit ersetzen.

6. Literatur

- Delleman NJ, Haslegrave CM, Chaffin DB (2004) Working Postures and Movements - Tools for Evaluation and Engineering. Boca Raton: CRC Press.
- Diego-Mas JA, Alcaide-Marzal J (2014) Using Kinect™ sensor in observational methods for assessing postures at work. *Applied ergonomics*, 45:976-985.
- Karhu O, Kansi P, Kuorinka I (1977) Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. *Applied ergonomics*, 8:199-201.
- Karwowski W (2006). Handbook on standards and guidelines in ergonomics and human factors. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kee D, Karwowski W (2007) A comparison of three observational techniques for assessing postural loads in industry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 13:3-14.
- Kivi P, Mattila M (1991) Analysis and improvement of work postures in the building industry: application of the computerised OWAS method. *Applied ergonomics*, 22:43-48.
- Lim CM, Jung MC, Kong YK (2011) Evaluation of upper-limb body postures based on the effects of back and shoulder flexion angles on subjective discomfort ratings, heart rates and muscle activities. *Ergonomics*, 54:849-857
- Marras WS, Karwowski W (2006a) The occupational ergonomics handbook. Fundamentals and assessment tools for occupational ergonomics. Boca Raton: CRC Press.
- Marras WS, Karwowski W (2006b) The occupational ergonomics handbook. Interventions, controls and applications in occupational ergonomics. Boca Raton: CRC Press.
- Salvendy G (2012) Handbook of Human Factors and Ergonomics. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Schlick CM, Bruder R, Luczak H (2010) Arbeitswissenschaft. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Stanton N, Hedge A, Brookhuis K, Salas E, Hendrick H (2004) Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods. Boca Raton: CRC Press.
- Wilson JR, Corlett N (2005) Evaluation of human work. Boca Raton: CRC Press.
- Zandin KB (2001) Maynard's Industrial Engineering Handbook. New York: The McGraw-Hill Companies.

Danksagung: Das dem Beitrag zugrundeliegende Forschungsvorhaben „ENGAGE4PRO – Ergonomie-Navigator für die alters- und altersgerechte Produktion“ wurde mit Mitteln des BMBF (FKZ: 16SV6143/16SV6144) gefördert. Projektträger ist der VDI/VDE-IT.