

Automatisierung von Ergonomiebewertungen durch Bewegungserfassung am Beispiel des Ergonomic Assessment Worksheet (EAWS)

Martin BENTER, Steffen RAST, Manuela OSTERMEIER, Peter KUHLANG

*MTM-Institut, Deutsche MTM-Vereinigung e.V.
Eichenallee 11, 15738 Zeuthen*

Kurzfassung: Die ergonomische Gestaltung menschlicher Arbeit wird durch den demografischen Wandel für produzierende Unternehmen immer wichtiger. Das Ergonomic Assessment Worksheet (EAWS) ist eine Methode zur Bewertung ergonomischer Risiken, bei der Arbeitsprozesse systematisch analysiert werden. Die Erfassung menschlicher Bewegungen mit neuen Technologien (Motion Tracking) erlaubt es, Informationen über die Körperhaltungen und -bewegungen von Menschen mit geringem Aufwand zu erfassen. Dieser Beitrag evaluiert die automatisierte Anwendung des EAWS unter Verwendung eines Motion Tracking-Systems.

Schlüsselwörter: Ergonomie, physische Belastungen, EAWS, Bewegungserfassung, Motion Tracking

1. Motivation

Die Förderung und Erhaltung der Gesundheit der Mitarbeiter ist eine zentrale Aufgabe von Unternehmen. Insbesondere in Ländern wie Deutschland, in denen das durchschnittliche Alter zunimmt (Destatis 2015), steigt die Bedeutung dieser Aufgabe. Arbeitsprozesse müssen so gestaltet werden, dass auch Mitarbeiter mit höherem Alter diese problemlos bewältigen können und dass sie die Gesundheit der Mitarbeiter bei dauerhafter Ausführung nicht schädigen (Schlick et al. 2010).

In der praktischen Umsetzung dieser Aufgabe haben sich Methoden zur Bewertung ergonomischer Risiken wie das Ergonomic Assessment Worksheet (EAWS) bewährt. Sie erfordern jedoch Expertenwissen sowie manuellen Aufwand, wodurch der Methodeneinsatz eingeschränkt wird. Eine Möglichkeit, diese Hürden zu reduzieren und so die Anwendbarkeit zu erhöhen, ist die Automatisierung durch Technologien zur Erfassung menschlicher Bewegungen (Motion Tracking).

2. Vorgehen des EAWS und Umsetzung mit dem AXS-Anzug

2.1 Vorgehen des Ergonomic Assessment Worksheet (EAWS)

Das Ergonomic Assessment Worksheet (EAWS) eignet sich besonders zur Bewertung ergonomischer Risiken im industriellen Umfeld, da es dort eine Aufnahme typischer physischer Belastungen der Mitarbeiter ermöglicht (Lavatelli et al. 2012). Es erfasst dazu mehrere unterschiedliche Belastungsarten und aggregiert diese zu einer Gesamtbelastung. Die Risikobereiche *Körperhaltung*, *Aktionskräfte* und *Lastenhandhabung* beschreiben die Beanspruchung des Gesamtkörpers. Zusätzlich bewert-

tet es die Belastung der oberen Extremitäten durch Tätigkeiten mit hoher Wiederholhäufigkeit (Schaub et al. 2012).

Bei Durchführung einer Analyse muss der Anwender zu jeder Belastungsart spezifische Einflussfaktoren erfassen (vgl. Tabelle 1). Besonders relevante Einflussgrößen sind dabei die Intensität (Kraftaufwand und Körperhaltung) und die Dauer der Belastungen.

Tabelle 1: EAWS – Risikobereiche und Einflussfaktoren (in Anlehnung an DMTMV 2014)

Risikobereich	Einflussfaktoren	Beispiele der Ausprägung	
Körperhaltungen mit geringem Kraftbedarf	Körperhaltung	Stehen & Gehen im Wechsel	nach vorn gebeugt Knien
	Haltdauer	20% der Taktzeit	12 Sekunden je Minute
Aktionskräfte	Maximalkraft in Körperhaltung	Stehen, aufrecht, anheben: 245 N	Knien, gebeugt, ziehen: 220 N
	Belastungshöhe	33,3% der Maximalkraft	Maximalkraft
	Belastungsdauer	10% der Taktzeit	9 Sekunden je Minute
manuelle Lastenhandhabung	Körperhaltung	aufrechter Oberkörper	tiefes Beugen oder Vorneigen
	Belastungshöhe	10 kg	30 kg
	Belastungsdauer	25 Umsetzungsvorgänge je Schicht	2.500 Meter je Schicht
	Transportmittel	keins	Transportwagen
	Ausführungsbedingungen	geringer Rollwiderstand	Riffelblech oder unebener Boden
	Geschlecht	männlich	weiblich
zusätzliche belastende Einflussfaktoren – Gesamtkörper		Arbeitsraum schlecht zugänglich	starke Rückschlagkräfte
obere Extremitäten: geringe Lasten mit vielen Wiederholungen	Haltung der Armgelenke	gekipptes Handgelenk	eingedrehter Ellenbogen
	Greifart	Umfassungsgriff	starker Fingerzufassungsgriff
	Belastungshöhe	5-20 N	135-225 N
	Belastungsdauer bei Arbeitsaufgabe	10 Aktionen je Minute	20 Sekunden je Minute
	Dauer der Arbeitsaufgabe je Schicht	1,5 Stunden je Schicht mit Pausen	5 Stunden je Schicht ohne Pausen
	Greifbedingungen	gut	schlecht
	Zusatzfaktoren	ungeeignete Handschuhe	Präzisionsaufgaben

Zusätzlich zu diesen Belastungen werden für die Bewertung der Arbeitsaufgabe allgemeine, organisatorische und technische Daten (z. B. Datum der Analyse, bewerteter Arbeitsplatz, Taktzeit) benötigt (DMTMV 2014).

Nach der Erfassung dieser Daten bildet der Anwender einen Punktwert zur Beschreibung des Risikos. Ein höherer Punktwert repräsentiert dabei eine höhere physische Belastung des Mitarbeiters. Die erfasste Arbeitsaufgabe kann damit in drei Kategorien in Ampelfarben eingeordnet werden. Ist der Punktwert im grünen Bereich, ist sie ergonomisch unbedenklich. Ist er im roten Bereich, sind Maßnahmen notwendig, um die Belastungen des Mitarbeiters zu reduzieren (DMTMV 2014).

2.2 Umsetzung des EAWS mit dem AXS-Anzug

Das Unternehmen AXS Motionsystem Korlátolt Felelősségű Társaság (AXS) hat in Zusammenarbeit mit der Deutschen MTM-Vereinigung e. V. (MTM) ein System (im Folgenden: AXS-Anzug) entwickelt, das eine größtenteils automatisierte EAWS-Analyse erlaubt. Dazu besteht es hardwareseitig aus einem Anzug, der mit verschiedenen Sensoren zur Erfassung von Bewegungsdaten und aufgewendeten Kräften ausgestattet ist (vgl. Abbildung 1a).

Bei Durchführung einer Analyse trägt ein Mitarbeiter den Anzug und führt damit einen Zyklus der zu bewertenden Arbeitsaufgabe durch. Mit den aufgenommenen Daten leitet die dazugehörige Software anschließend Körperhaltungen sowie Krafthöhen und -richtungen ab. Abbildung 1b zeigt ein ermitteltes Menschmodell in der AXS-Software.

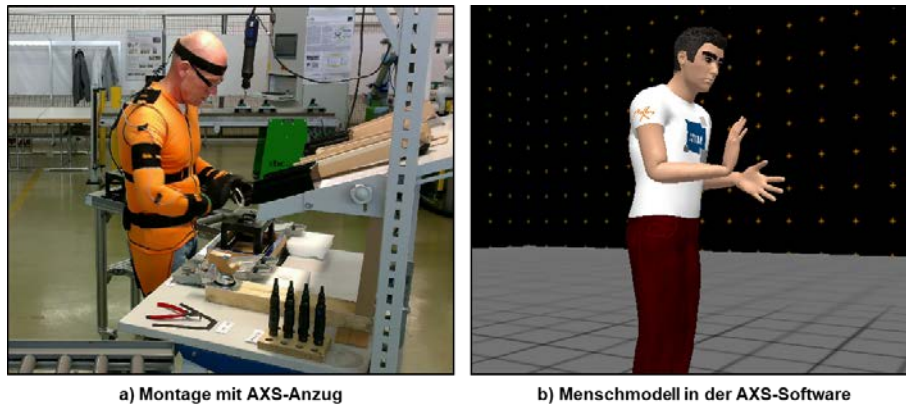


Abbildung 1: Anwendung des AXS-Anzuges zur Erfassung menschlicher Bewegungen

Damit steht ein Großteil der für eine EAWS-Analyse benötigten Daten zur Verfügung. Die nicht durch den AXS-Anzug ermittelbaren Daten muss der Anwender manuell eingeben. Tabelle 2 fasst zusammen, welche Informationen durch den Anzug ermittelt werden und welche Informationen nachgepflegt werden müssen.

Tabelle 2: EAWS – durch den AXS-Anzug bestimmbare Risikobereiche und Einflussfaktoren

Risikobereich	Einflussfaktoren	automatisch durch AXS-Anzug bestimmt?
Körperhaltungen mit geringem Kraftbedarf	Körperhaltung	ja
	Haltungsdauer	ja
Aktionskräfte	Maximalkraft in Körperhaltung	ja
	Belastungshöhe	ja
	Belastungsdauer	ja
manuelle Lastenhandhabung	Körperhaltung	ja
	Belastungshöhe	ja
	Belastungsdauer	teilweise
	Transportmittel	nein
	Ausführungsbedingungen	nein
	Geschlecht	nein
zusätzliche belastende Einflussfaktoren – Gesamtkörper		nein
obere Extremitäten: geringe Lasten mit vielen Wiederholungen	Haltung der Armgelenke	ja
	Greifart	ja
	Belastungshöhe	ja
	Belastungsdauer bei Arbeitsaufgabe	ja
	Dauer der Arbeitsaufgabe je Schicht	nein
	Greifbedingungen	ja
	Zusatzfaktoren	nein

Der AXS-Anzug erfasst alle Informationen, die die Haltung des Körpers oder von einzelnen Körperteilen beschreiben. Ebenso ist dies für die Informationen der Fall, die die auftretenden Kräfte beschreiben. Durch die Erfassung der Bewegungsdaten mit Zeitstempeln kann er zudem die zugehörigen Dauern ermitteln.

Der vorgesehene Einsatz des Anzuges beschränkt sich jedoch auf einen Arbeitstakt. Somit kann er einen Teil der zeitlichen Informationen (z.B. Belastungsdauer je Schicht) nicht vollständig bestimmen. Bei der Belastungsdauer der *manuellen Lastenhandhabung* kann er beispielsweise ermitteln, wie lange ein Handhabungsvorgang dauert. Jedoch kann er nicht erfassen, wie oft dieser je Schicht auftritt. Zudem kann er Informationen, die über Kräfte und Haltungen hinausgehen, also zum Beispiel über verwendete Hilfsmittel (z.B. Handschuhe) oder sonstige Gegebenheiten (z.B. rutschiger Boden) ebenfalls nicht ermitteln.

3. Evaluierungsszenario

3.1 Beschreibung des Vorgehens und der untersuchten Arbeitsaufgabe

Um den AXS-Anzug zu evaluieren, wird eine industrietypische Arbeitsaufgabe zunächst mit der klassischen Analyse bewertet. Anschließend wird die gleiche Arbeitsaufgabe mit dem AXS-Anzug untersucht. In beiden Fällen ermittelt ein Experte die manuell zu erfassenden Informationen.

Die untersuchte Arbeitsaufgabe ist dabei eine Montage von Industriegetrieben in der Versuchsumgebung des Instituts für Produktionssysteme (IPS) der Technischen Universität Dortmund. Abbildung 2 zeigt den Arbeitsplatz und die Schritte der untersuchten Arbeitsaufgabe.

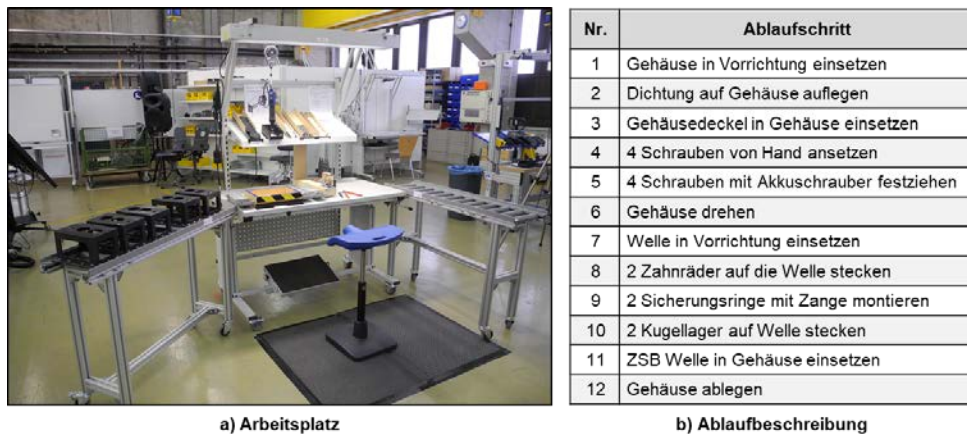


Abbildung 2: Arbeitsaufgabe für die Evaluierung der EAWS-Analyse mit dem AXS-Anzug

3.2 Klassische EAWS-Analyse der Arbeitsaufgabe

Für die klassische EAWS-Analyse war zunächst die Aufnahme von allgemeinen Informationen der Arbeitsaufgabe notwendig, die in Abbildung 3 dargestellt sind. Die organisatorischen Daten sind dabei Annahmen (Ausnahme: Zykluszeit), da der Arbeitsplatz nicht im dauerhaften produktivem Betrieb ist. Im Anschluss hat ein Experte alle Einflussfaktoren der verschiedenen Risikobereiche (vgl. Tabelle 1) manuell ermittelt und daraus die Punkte zur Bewertung des ergonomischen Risikos abgeleitet.

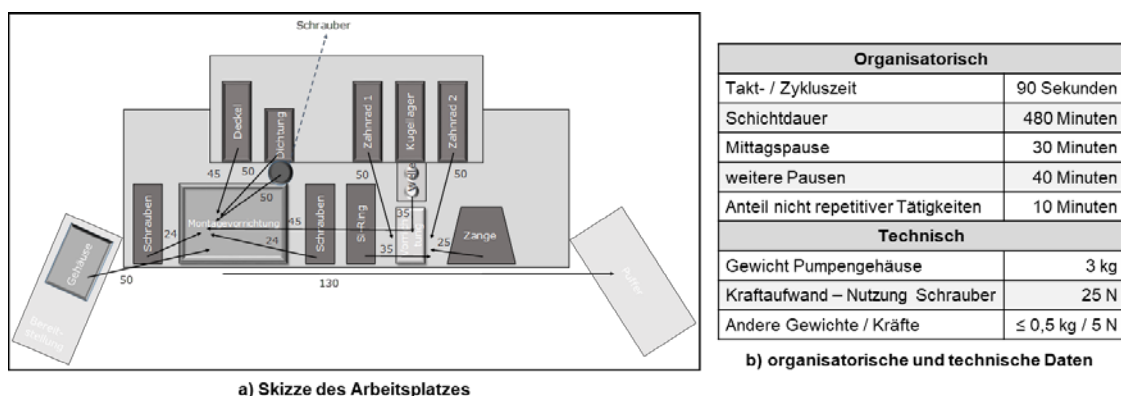


Abbildung 3: Allgemeine Informationen über die Arbeitsaufgabe für die EAWS-Analyse

Das Ergebnis der Analyse ist in Tabelle 3 zusammengefasst. Bei der beobachteten Arbeitsaufgabe sind demnach die manuelle Lastenhandhabung (z.B. Transport des Getriebes) und die repetitiven Tätigkeiten der oberen Extremitäten (z.B. Handhabung des Schraubers) besonders belastend. Der resultierende Gesamtpunktwert beträgt 19 Punkte (Maximum der Werte *Summe Gesamtkörper* und *obere Extremitäten*). Damit ist die Arbeitsaufgabe ergonomisch unbedenklich.

Tabelle 3: Ergebnis der klassischen EAWS-Analyse

Risikobereich	Punktwert der EAWS-Analyse
Körperhaltungen mit geringem Kraftbedarf	2,0
Aktionskräfte	0,0
manuelle Lastenhandhabung	17,0
zusätzliche Einflussfaktoren Gesamtkörper	0,0
Summe Gesamtkörper	19,0
obere Extremitäten	17,0

4. Ergebnis der Evaluierung und Diskussion

4.1 Ergebnis der Evaluierung

Nach der Bewertung der Aufgabe mit der klassischen EAWS-Analyse wurde eine Analyse unter Verwendung des AXS-Anzugs durchgeführt. Dazu hat ein Mitarbeiter zunächst einen Arbeitstakt mit dem Anzug aufgenommen (vgl. Abbildung 1). Anschließend hat ein EAWS-Experte die fehlenden Informationen (vgl. Tabelle 2) ergänzt. Da dies auch bei der klassischen Analyse der Fall war, sind diese Informationen in beiden Fällen identisch und verursachen somit keine Abweichungen.

Tabelle 4 zeigt das Ergebnis dieser Analyse und vergleicht es mit dem Ergebnis der klassischen Analyse. Es ist ersichtlich, dass die Risikobereiche *Körperhaltungen mit geringem Kraftbedarf* und *Aktionskräfte* in beiden Analysen gleich bewertet wurde. Bei der *manuellen Lastenhandhabung* und bei den *oberen Extremitäten* wurde mit der automatisierten Analyse ein höherer Punktwert ermittelt als mit der klassischen Analyse. Die *zusätzlichen Einflussfaktoren Gesamtkörper* haben in beiden Analysen das gleiche Ergebnis; diese wurden jedoch in beiden Fällen manuell ermittelt. Die Gesamtpunktzahl der automatisierten Analyse liegt bei 24,0 Punkten und damit um 5 Punkte (26 %) höher als bei der klassischen Analyse.

Tabelle 4: Vergleich der EAWS-Analysen (manuelle und automatisierte Analyse)

Risikobereich	Punktwert der EAWS-Analyse			
	manuelle Analyse	automatisierte Analyse	Abweichung	
Körperhaltungen mit geringem Kraftbedarf	2,0	2,0	0,0	0%
Aktionskräfte	0,0	0,0	0,0	0%
manuelle Lastenhandhabung	17,0	22,0	5,0	29%
zusätzliche Einflussfaktoren Gesamtkörper	0,0	0,0	0,0	0%
Summe Gesamtkörper	19,0	24,0	5,0	26%
obere Extremitäten	17,0	17,3	0,3	2%

4.2 Diskussion der Ergebnisse

Der Vergleich der Analyseergebnisse hat gezeigt, dass der AXS-Anzug noch nicht die gleichen Ergebnisse liefert wie die klassische Analyse. Die Abweichung des Ergebnisses ist jedoch relativ gering (26 %). Zudem ist positiv zu vermerken, dass der Anzug ergonomische Risiken tendenziell höher bewertet und so zumindest Probleme nicht vernachlässigt.

Es gibt verschiedene Gründe für die Abweichungen zwischen den Analysen, die durch die unterschiedliche Erfassung der Einflussgrößen bedingt sind:

- Die Ermittlung der zeitlichen Informationen (z.B. Belastungsdauer) erfolgte bei der klassischen Analyse durch eine MTM-1-Analyse (Bokranz & Landau 2006). Damit liegt ein belastbarer Wert für die durchschnittliche Dauer der Arbeitsschritte vor. Mit dem Anzug erfolgte nur die Aufnahme eines Taktes. Wenn bspw. einzelne Schritte länger dauerten, flossen diese überproportional in die Risikobewertung ein.
- Der Anzug behindert den Werker zwar kaum bei der Bewegung des Gesamtkörpers, die verwendeten Handschuhe (inkl. Sensoren) erschweren jedoch die Bewegung der Hände. Dadurch können einzelne Arbeitsschritte verfälscht ausgeführt werden.
- Durch fehlerhafte Sensoren oder unzureichende Kalibrierung der Sensoren des Anzugs ist es möglich, dass die erfassten Informationen nicht hundertprozentig die Realität abbilden. Dadurch können bspw. Kräfte fehlerhaft ermittelt werden.

Trotz der Abweichungen und der möglichen Ursachen hat sich gezeigt, dass sich der Anzug bereits im jetzigen Entwicklungsstatus zur Unterstützung von EAWS-Analysen eignet. Die in der Evaluierung aufgedeckten Unterschiede werden genutzt, um den Anzug weiterzuentwickeln.

5. Literatur

- Bokranz R, Landau K (2006): Produktivitätsmanagement von Arbeitssystemen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Destatis - Statistisches Bundesamt (2015): Bevölkerung Deutschlands bis 2060 - Ergebnisse der 13. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- DMTMV - Deutsche MTM-Vereinigung e. V. (2014): Lehrgangsunterlage – EAWS-Praktiker. Hamburg: Deutsche MTM-Vereinigung e. V.
- Lavatelli I, Schaub K, Caragnano G (2012): Correlations in between EAWS and OCRA Index concerning the repetitive loads of the upper limbs in automobile manufacturing industries, IOS Press.
- Schaub K, Caragnano G, Britzke B, Bruder R (2012): The European Assembly Worksheet. In: Theoretical Issues in Ergonomics Science. Volume 14 (Issue 6), S. 616-639. London: Taylor & Francis.
- Schlick C, Bruder R, Luczak H, Mayer M, Abendroth B (2010): Arbeitswissenschaft (3., vollständig überarb. und erw. Aufl.). Berlin: Springer.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet, den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de