

Evaluation einer KINECT-basierten OWAS-Auswertung in der Mensch-Roboter-Interaktion

Marc SCHNEIDER, Barbara DEML

*Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation,
Karlsruher Institut für Technologie
Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe*

Kurzfassung: Dieser Beitrag berichtet über die Ergebnisse einer experimentellen Erhebung zur Evaluation einer KINECT-basierten OWAS-Methode nach Diego-Mas & Alcaide-Marzal (2014). Dabei lag der Fokus der Studie auf der Erprobung und Anwendung des Verfahrens in der Mensch-Roboter-Interaktion. Die vorliegenden Ergebnisse sind die ersten, die dieses Verfahren in der Mensch-Roboter-Interaktion anwenden. Die Auswertung zeigt aufgabenübergreifend signifikante Zusammenhänge zwischen der automatischen und der manuellen OWAS-Methode. Zusammen mit der signifikanten Korrelation zwischen dem Anstrengungs-Item des NASA-TLX und der OWAS-Methode zeigt die Studie die Eignung des Verfahrens für den Einsatz in der Mensch-Roboter-Interaktion.

Schlüsselwörter: OWAS, KINECT, Mensch-Roboter-Interaktion, NASA-TLX, CP50-Skala

1. Einleitung

Die Erhebung und Bewertung von physischen Belastungsfolgen in der Mensch-Roboter-Interaktion ist eine notwendige Voraussetzung für eine adaptive Schnittstellengestaltung, bei der die individuellen Leistungsvoraussetzungen der Nutzer sowie deren Qualifikation berücksichtigt werden. Das nachstehend untersuchte Verfahren von Diego-Mas und Alcaide-Marzal (2014) nutzt das KINECT-System von Microsoft, um eine automatisierte und online verfügbare OWAS-Analyse zu ermöglichen. OWAS zählt aufgrund seiner leichten und schnellen Erlernbarkeit, sowie der übersichtlichen Kategorisierung von Körperhaltungen, zu den am weitesten verbreiteten Verfahren zur belastungsorientierten Bewertung von Körperhaltungen (Gudehus, 2008). Der Körper wird dazu in einzelne Körperregionen (hier: Rücken, Arme, Beine) unterteilt, die anhand der verschiedenen Haltungen in Momentaufnahmen bewertet werden. Zusätzlich wird das Gewicht erfasst, welches von dem Probanden manipuliert wird (Karhu et al., 1977). Die Kritik, dass OWAS in der ursprünglichen Papier und Stift Variante zu grob ist (Gudehus, 2008), kann durch die relativ hohe Abtastrate der KINECT entkräftet werden und so bildet dieses neue Verfahren einen vielversprechenden Ansatz für die Bewertung physischer Belastungsfolgen in der Mensch-Roboter-Interaktion.

2. Die Verfahren

Zunächst sollen die eingesetzten subjektiven und objektiven Messverfahren vorgestellt werden, bevor auf den konkreten Versuchsablauf eingegangen wird. Es wird neben der automatischen OWAS-Methode auch die klassische Methode anhand einer Videoaufzeichnung ausgewertet. Um das subjektive Belastungsempfinden der Probanden zu erfassen wird auf den NASA-TLX und die CP50-Skala zurückgegriffen.

2.1 Die OWAS-Methode

Unter Verwendung der KINECT-basierten OWAS-Software von Diego-Mas & Alcaide-Marzal (2014) kann die OWAS-Auswertung voll automatisiert mit bis zu fünf Aufnahmen in der Sekunde erfolgen (Abbildung 1). Diese Methode wurde schon mehrfach unter Berücksichtigung des Stellwinkels zwischen Person und KINECT evaluiert, indem sie mit der händischen OWAS-Methode verglichen wurde (Clark et al., 2012). Die Ergebnisse bewerteten das Verfahren als sehr zuverlässig, was die Verwendung zur Bewertung der physischen Beanspruchung in der Mensch-Roboter-Interaktion motiviert. Trotz der vorliegenden Evaluationen ist es notwendig, die OWAS-Methode in diesem spezifischen Nutzungskontext nochmals zu erproben, da hier eine Vielzahl an Bedingungen von den bisherigen Studien abweichen. Unter anderem spielt dabei die teilweise Verdeckung von Körperteilen durch den Roboter und andere Arbeitsgegenstände eine große Rolle.

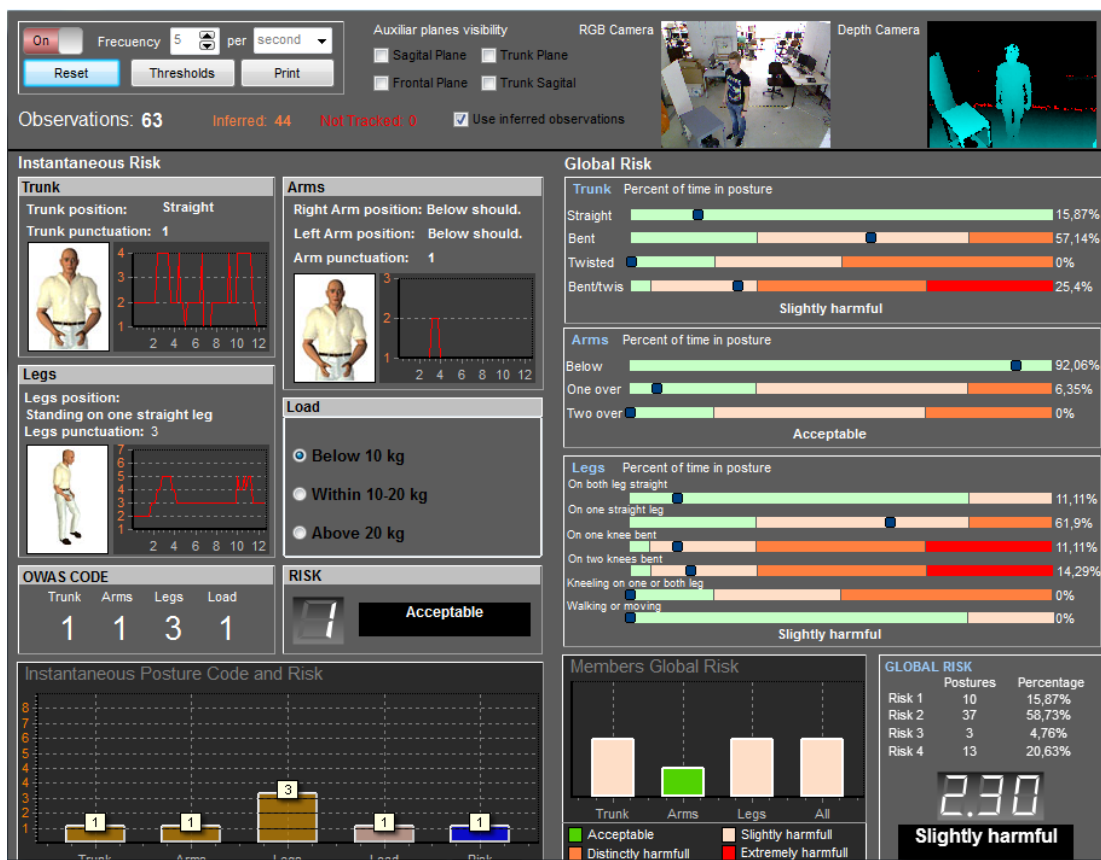


Abbildung 1: KINECT-basierte OWAS-Software (am Beispiel VP1)

Die Software errechnet in Echtzeit die Lundqvist-Indizes in Abhängigkeit der Aufnahmedauer. So steht neben den Bewertungen der einzelnen Körperregionen, auch ein Gesamtrisiko für die Auswertung zur Verfügung, auf was sich diese Studie im Wesentlichen beziehen wird (Diego-Mas & Alcaide-Marzal, 2014).

2.2 NASA-TLX

Der NASA-TLX Fragebogen wird in dieser Studie als Standardinstrument zur Erfassung der Gesamtbeanspruchung der Arbeitsaufgabe verwendet. Der NASA-TLX wurde dabei der SWAT-Analyse und dem Workload Profile aufgrund der einfachen Anwendung, der niedrigen Beeinflussung des eigentlichen Versuchs, sowie der hohen Validität und Reliabilität vorgezogen (Rubio et al., 2004).

2.3 CP50-Skala

Die CP50-Skala ist ein Verfahren zur Bewertung der Beanspruchung in konkreten Körperregionen (hier: Rücken, Arme, Beine, Nacken, Schultern) und des gesamten Körpers auf einer offenen Skala von 1-50. Die Skala ist weiter in fünf semantische Intervalle bezüglich der Beanspruchungshöhe gegliedert (Hartung, 2006).

3. Experimentalaufbau

Um das System umfassend in dem Nutzungskontext zu erproben, werden von den Probanden insgesamt drei Bewegungen ausgeführt, wobei jeweils eine andere Positionierung gegenüber der KINECT gewählt wird. Nach jeder der Aufgaben werden die vorgestellten Fragebögen gereicht. Die erste Aufgabe ist das Nachfahren einer T-förmigen Bahn auf einem Tisch mittels eines Stiftes. Diese Aufgabe soll das Einlernen einer Schweißbahn mit Hilfe eines Kraft-Momenten-Sensors simulieren und ist somit sehr nah an dem späteren Einsatzgebiet. Die zweite und dritte Aufgabe bestehen aus dem Umsetzen von zwei Gewichten (7,5 kg, 12,5 kg) von einer tiefen Regalebene auf eine hüfthohe Ebene. Hierbei liegt der Fokus im speziellen auf der OWAS-Methode und deren Verhalten bei extremen Körperhaltung (hier: starkes Beugen der Oberkörpers unter Last). Neben der KINECT werden die Bewegungen auch durch eine Videokamera aufgezeichnet, um so die manuelle OWAS-Methode anzuwenden. Zur Vermeidung von Reihenfolgeeffekte wird die Reihenfolge der Aufgaben randomisiert.

4. Datenanalyse und Ergebnisse

Insgesamt umfasst die Stichprobe 18 Probanden, die im Mittel 23,17 Jahre alt sind ($SD = 3,43$) und keine körperlichen Einschränkungen haben. Für die Auswahl der nachstehend ausgewerteten statistischen Koeffizienten wird zunächst der Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung durchgeführt (Field, 2009), der für alle ausgewählten Variablen die Normalverteilungsannahme bestätigte. Für die manuelle OWAS-Methode liegt die Inter-Rater-Reliabilität für drei Bewerter bei 96%. Die Stichprobe liefert für die Bahnaufgabe ($r = .50$; $p < .05$) sowie für die Manipulation des leichten ($r = .57$; $p < .01$) und des schweren Gewichtes ($r = .45$; $p < .05$) signifikante Zusammenhänge zwischen den Lundqvist-Indizes der automatisierten und der

manuellen OWAS-Auswertung. Der Mittelwert der automatisierten OWAS-Bewertung ($M = 2,31$; $SD = 0,21$) liegt dabei leicht über dem der manuellen Bewertung ($M = 2,08$; $SD = 0,12$). Nach einer engpassbezogenen Betrachtung bietet dieses Ergebnis den Vorteil des schnelleren Eingreifens bei steigenden Belastungsfolgen (Rohmert & Landau, 1979). Bei einer detaillierten Betrachtung der Unterschiede zwischen den Methoden wird bei der automatisierten Methode nach Diego-Mas & Alcaide-Marzal (2014) eine Verzerrung der Bein角度 bei Nicht-Erkennung hin zu extremen (hoch beanspruchenden) Haltungen festgestellt. Es werden die extremen Beinhaltungen der automatischen Auswertung ignoriert, um die Ergebnisse im Anschluss erneut mit der manuellen Methode zu vergleichen.

Tabelle 1: Einfluss der Beinbewertung auf den Zusammenhang zwischen den OWAS-Methoden

	Korrelationskoeffizienten zwischen automatisierter und manueller OWAS-Methode		
	Bahn	Gewicht Leicht	Gewicht Schwer
mit extremen Beinbewertungen	$r = .50$; $p < .05$	$r = .57$; $p < .01$	$r = .45$; $p < .05$
ohne extreme Beinbewertungen	$r = .65$; $p < .01$	$r = .67$; $p < .01$	$r = .49$; $p < .05$

Die Korrelationskoeffizienten zeigen, dass sich die beiden OWAS-Methoden, insbesondere bei dem Bahnszenario, noch weiter annähern, wobei der engpassorientierte Ansatz weiterhin Bestand hat. Aus diesem Zusammenhang lässt sich folglich der hohe Einfluss der Beinerkennung auf eine zuverlässige Bewertung durch die automatisierte OWAS-Methode erkennen. Eine wichtige Bedingung für den Einsatz in der Mensch-Roboter-Interaktion ist demnach die Sicherstellung einer dauerhaften Erkennung der Beine, trotz der komplexen Versuchsumgebungen.

In einem zweiten Auswertungsschritt werden die OWAS-Bewertungen mit dem subjektiven Beanspruchungsempfinden der Probanden verglichen. Die vorliegende Stichprobe liefert weder für die Gesamtbewertung des NASA-TLX, noch für die CP50-Skala signifikante Zusammenhänge in Bezug auf OWAS. Im Wesentlichen können zwei Gründe für die Differenz zwischen subjektiver und objektiver Bewertung extrahiert werden. Ein Aspekt ist dabei die Dauer der Aufnahmen, die im Mittel sowohl bei dem Bahnszenario ($M = 56,94s$; $SD = 27,67$) als auch den Gewichtsszenarien ($M = 10,72s$; $SD = 1,53$) sehr kurz waren. Eine granulare Beanspruchungsbewertung, wie die der CP50-Skala oder des NASA-TLX, ist für ungeübte in diesem kurzen Zeitraum nur sehr schwer realisierbar. Insbesondere die Bewertung der körperteilbezogenen Beanspruchungen in den Bereichen von Schulter, Nacken und Rücken waren durch die Probanden schwer zu differenzieren. Ein zweiter Aspekt ist die Ausführungsvarianz. Es wurden keine konkreten Vorgaben zur Handlungsausführung gegeben, sodass die Probanden beispielsweise aus dem Rücken oder aus den Beinen heben konnten, was einerseits zu einer differenzierten OWAS-Bewertung führt und andererseits aber auch einen starken Einfluss auf das subjektive Beanspruchungsempfinden hat (Schmidtke, 1993). Für die Auswertung kann die beschriebene Varianz der Körperhaltungen mit der Varianz in den Beinhaltungen operationalisiert werden, da diese maßgeblich für den Bewegungsablauf ist. Die Analyse zeigt, dass je höher die Varianz in den Beinhaltungen ist, desto schwächer ist der Zusammenhang zwischen OWAS und

dem NASA-TLX ($r = -.92$; $p < .01$) sowie der CP50-Skala ($r = -.57$; $p < .05$). Auch die Fishers z-Transformation bestätigt diese Unterschiede (Field, 2009). Bei allen Untersuchungen auf Einflussfaktoren wird deutlich, dass das Anstrengungs-Item aus dem NASA-TLX unabhängig von allen untersuchten Einflüssen ist. Dies deckt sich mit den positiven Zusammenhängen zwischen der Anstrengungsbewertung und der OWAS-Methode sowohl bei dem Bahnszenario ($r = .51$; $p < .05$), als auch bei dem leichten ($r = .32$) und dem schweren Gewicht ($r = .28$). Diese, wenn auch nicht signifikanten Zusammenhänge, können aufgrund der hohen Homoskedastizität als repräsentativ angesehen werden. Die Auswertungen liefern den Schluss, dass die automatische OWAS-Methode unter der Auflage der Beinerkennung für den Einsatz in der Mensch-Roboter-Interaktion geeignet ist und darüber hinaus auch das Anstrengungsempfinden der Probanden abbilden kann.

5. Diskussion

Die vorstehende Auswertung hat gezeigt, dass die automatisierte und die manuelle OWAS-Methode unabhängig von der Bewegungsaufnahme und des Stellwinkels der Person zu der KINECT (hier: $\alpha \leq 45^\circ$) signifikante Korrelationen aufweisen. Eine wichtige Voraussetzung für die Verwendung in der Mensch-Roboter-Interaktion ist jedoch die nahezu vollständige Erkennung der Beine. Es gibt keine signifikanten Zusammenhänge zwischen OWAS und den beiden subjektiven Erhebungsverfahren, wobei es einen starken positiven Zusammenhang mit dem Anstrengungs-Item aus dem NASA-TLX gibt, der als repräsentativ angesehen werden kann. Die Nutzung des KINECT-Systems zur Bewertung von Körperhaltungen stieß auf eine sehr hohe Nutzerakzeptanz bei den Probanden, da sie weder Messinstrumente anlegen mussten, noch sich umziehen oder entkleiden mussten. Im Zusammenhang mit den Ergebnissen konnte die Eignung der KINECT-basierten OWAS-Auswertung für zukünftige Arbeiten in dem Bereich Mensch-Maschine-Interaktion gezeigt werden.

6. Literatur

- Clark, R. A., Pua, Y.-H., Fortin, K., Ritchie, C., Webster, K. E., Denehy, L., et al. (2012). Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control. *Gait & Posture* 36, 372-377.
- Diego-Mas, J. A., & Alcaide-Marzal, J. (2014). Using Kinect sensor in observational methods for assessing postures at work. *Applied Ergonomics* 45, 976-985.
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS*. London: SAGE Publications Ltd.
- Gudehus, T. (2008). *Entwicklung eines Verfahrens zur ergonomischen Bewertung von Montagetätigkeiten durch Motion-Capturing*. Kassel: Kassel University Press.
- Hartung, J. (2006). *Objektivierung des statischen Sitzkomforts auf Fahrzeugsitzen durch die Kontaktkräfte zwischen Mensch und Sitz*. München: Technische Universität München.
- Karhu, O., Kansil, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 199-201.
- Rohmert, W., & Landau, K. (1979). *Das arbeitswissenschaftliche Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse (AET): Handbuch*. Stuttgart: Huber.
- Rubio, S., Díaz, E., Martín, J., & Puente, J. M. (2004). Evaluation of Subjective Mental Workload: A Comparison of SWAT, NASA-TLX, and Workload Profile Methods. *Applied Psychology* 53, 61-86.
- Schmidtke, H. (1993). *Ergonomie*. München: Hanser Verlag.