

# Reduktion der Mitarbeiterbelastung in der Kommissionierung auf Basis einer fortlaufenden Belastungsermittlung

Tobias RAMMELMEIER<sup>1</sup>, Kirsten WEISNER<sup>2</sup>, Willibald A. GÜNTNER<sup>1</sup>, Jochen DEUSE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml), Technische Universität München  
Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching b. München*

<sup>2</sup> *Institut für Produktionssysteme (IPS), Professur für Arbeits- und Produktionssysteme (APS),  
Technische Universität Dortmund, Leonhard-Euler-Straße 5, D-44227 Dortmund*

**Kurzfassung:** Aufgrund der demographischen Entwicklung in Deutschland stehen arbeitsbedingte körperliche Belastungen und daraus resultierende gesundheitliche Gefährdungen der Mitarbeiter zunehmend im Fokus der Wissenschaft und Industrie. Ziel der im folgenden Beitrag dargestellten Forschungsarbeiten ist die Realisierung einer gesunden körperlichen Mitarbeiterbelastung in der operativen Logistik. Basierend auf existierenden Arbeitsanalyseverfahren und durch die Integration von Motion Capturing und industriellen Sensoren wird eine automatisierte, fortlaufende Ermittlung, Bewertung und Visualisierung der Belastung ermöglicht.

**Schlüsselwörter:** Kommissionierung, demographischer Wandel, physische Belastung, Multiple-Lasten-Tool, Motion Capturing

## 1. Einführung und Motivation

Kommissionierprozesse sind trotz des zunehmenden Trends der Automatisierung nach wie vor durch einen hohen Anteil manueller Tätigkeiten geprägt (Arnold 2003). Gründe hierfür sind sowohl die hohen sensomotorischen Fähigkeiten der Mitarbeiter als auch deren hohe Einsatzflexibilität hinsichtlich schwankender Stückzahlen und divergierender Produktvarianten (Jünemann & Schmidt 2000). Insbesondere in der Kommissionierung auftretende manuelle Lastenhandhabungsvorgänge mit einer hohen Wiederholhäufigkeit je Arbeitsschicht sowie teils hohen Lastgewichten und ergonomisch ungünstigen Körperhaltungen resultieren in einer erhöhten Belastung des Muskel-Skelettsystems der Mitarbeiter. Folgen jener Belastung sind gesundheitliche Schädigungen sowie eine temporäre oder auch dauerhafte Arbeitsunfähigkeit (Hempfen et al. 2009; Jäger et al. 2001). Die wirtschaftlichen Auswirkungen des krankheitsbedingten Personalausfalls sind neben der verminderten Leistungsfähigkeit des Betriebes auch Qualitätsmängel, Lieferverzögerungen oder generelle Störungen im Leistungserstellungsprozess (Zangemeister & Nolting 1999).

Die zielgerichtete Implementierung ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen erfordert Transparenz über die tatsächlich vorliegende Belastungssituation. Aus diesem Grund erfolgt die Entwicklung einer an die Kommissionierung angepassten Bewertungsmethodik.

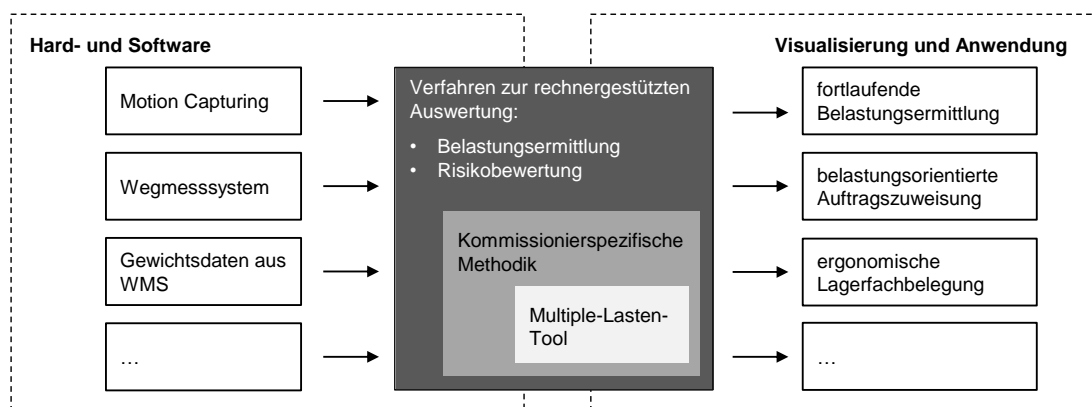
## 2. System zur automatisierten Erfassung, Bewertung und Visualisierung der Mitarbeiterbelastung in Kommissioniersystemen

Grundlage für die Entwicklung einer kommissionierspezifischen Bewertungsmethodik zur aufwandsarmen Ermittlung der Mitarbeiterbelastung in Kommissioniersystemen ist das Multiple-Lasten-Tool (MLT). Dieses ermöglicht die kombinierte und kumulative Bewertung unterschiedlicher Lastenhandhabungsvorgänge. Die Aufnahme des jeweiligen Lastenhandhabungsprozesses erfolgt dabei unter Zuhilfenahme sog. Leitmerkmale, wie bspw. des Lastgewichts, der Körperhaltung, der Häufigkeit bzw. Dauer oder der Wegstrecke. Anhand genannter Parameter erfolgt die Ermittlung eines Gesamtrisikowertes zur Ermittlung der körperlichen Belastung (IAD 2010). Von besonderer Bedeutung für die Mitarbeiterbelastung ist die jeweils während der Lastenhandhabung eingenommene Körperhaltung, welche im

Rahmen des MLT anhand von vier Risikoklassen bewertet wird. Die den Klassen zugeordneten Körperhaltungen werden durch Piktogramme repräsentiert, die als grobe Einstufungshilfen dienen. Aufgrund dessen und bedingt durch die wenig detaillierte Beschreibung der Risikoklassen, erfolgt die Einstufung der auftretenden Körperhaltung oftmals subjektiv.

Genannte Kritikpunkte sowie die unzureichende Berücksichtigung kommissionierspezifischer Parameter (z. B. Entnahmetiefe/-höhe, Anzahl der Entnahmeeinheiten je Pick), erfordern die Konkretisierung des MLT. Zu diesem Zweck wurden, unter Zuhilfenahme eines digitalen Menschmodells, die Gelenkstellung belastungsrelevanter Körperbereiche (Rumpf, Ober-/Unterarm, Bein) den jeweiligen Risikoklassen zugeordnet. Zusätzlich zur Detaillierung der Risikoklassen für die Körperhaltung, beinhaltet die entwickelte Methodik die Verknüpfung kommissionier- und belastungsspezifischer Einflussgrößen. Mittels des digitalen Menschmodells konnten eindeutige Wirkzusammenhänge zwischen der Entnahmetiefe/-höhe bzw. Abgabehöhe/-tiefe und der eingenommenen Körperhaltung identifiziert werden.

Für die kontinuierliche, automatisierte und aufwandsarme Ermittlung und Visualisierung der Mitarbeiterbelastung erfolgt die Integration der Methodik in ein technisches System. Der Aufbau des Systems, bestehend aus der automatisierten Erfassung der Eingangsdaten, der rechnergestützten Auswertung und der Ergebnisvisualisierung, ist in Abbildung 1 dargestellt.



**Abbildung 1:** System zur Ermittlung, Bewertung und Visualisierung der Mitarbeiterbelastung

Die Erfassung der Leitmerkmale zur Beurteilung der körperlichen Belastung erfolgt durch die Implementierung eines Motion Capturing Systems sowie durch den Einsatz industrieller Sensoren und den Datenaustausch mit einem Warehouse Management System (WMS). Die Nutzung eines optischen, markerlosen Motion Capturing Systems basierend auf einer 3D-Kamera (Microsoft Kinect) sowie zusätzlicher Inertialsensoren ermöglicht die fortlaufende Aufnahme von Bewegungsabläufen und die Bestimmung der Körperhaltung des Kommissionierers. Die beim Ziehen oder Schieben zurückgelegte Wegstrecke wird durch ein spezielles Messrad am Kommissionierwagen ermittelt. Weitere kommissionierspezifische Daten wie Artikelgewichte oder die Anzahl der Entnahmeeinheiten je Position können über entsprechende Schnittstellen aus dem WMS ausgelesen werden.

Die rechnergestützte Weiterverarbeitung und Auswertung der Eingangsdaten erfolgt unter Berücksichtigung der kommissionierspezifischen Bewertungsmethodik. Dies ermöglicht die automatisierte, fortlaufende Ermittlung des Risikowertes der jeweils vorliegenden Mitarbeiterbelastung. Infolge der Speicherung der für jeden Handhabungsvorgang ermittelten belastungsrelevanten Daten in einer Datenbank sowie deren Verknüpfung mit den jeweiligen Auftrags- und Stammdaten aus dem WMS kann eine Vielzahl differenzierter Informationen zur Ableitung belastungsreduzierender Maßnahmen generiert werden.

### 3. Anwendung des entwickelten Systems in der Kommissionierung

Ein zentrales Ergebnis der entwickelten kommissionierspezifischen Methodik sowie deren technischer Integration in Form des dargestellten Systems ist die erhöhte Transparenz über

die Belastungssituation und -verläufe der Mitarbeiter. Anhand identifizierter Wirkzusammenhänge sowie unter Berücksichtigung belastungsrelevanter Auftragspezifika (z. B. Anzahl der Artikel je Auftrag, Art der zu handhabenden Artikel, Lagerfachbelegung) können Kommissionieraufträge gemäß ihrer resultierenden Belastung bewertet werden. Je nach Höhe der aktuellen Belastung eines Mitarbeiters kann diesem dann ein höher oder weniger belastender Auftrag zugeteilt werden. Die Verknüpfung der Informationen Entnahmehöhe/-tiefe und Abgabehöhe/-tiefe mit den daraus resultierenden Körperhaltungen sowie die Berücksichtigung der jeweils handzuhabenden Lastgewichte ermöglicht zudem die Einführung einer ergonomisch günstigen Lagerfachbelegung (Grosse & Glock 2013) sowie die belastungsorientierte Zonierung des Kommissioniersystems. Die gewonnene Transparenz über die jeweilige Belastungssituation eines Mitarbeiters erlaubt zudem die belastungsorientierte Implementierung arbeitsorganisatorischer Maßnahmen (z. B. Job Rotation). Zentrales Ergebnis der Systemanwendung ist die Ableitung prospektiver ergonomischer Maßnahmen zur Planung und Gestaltung eines Kommissioniersystems.

#### 4. Fazit

Vor dem Hintergrund des demographischen Wandels ist die durch manuelle Lastenhandhabungsprozesse verursachte hohe Mitarbeiterbelastung in Kommissioniersystemen nachhaltig zu reduzieren, um langfristige gesundheitliche Schädigungen zu vermeiden. Die entwickelte Methodik ermöglicht die zielgerichtete Ableitung ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen. Zur aufwandsarmen Durchführung der Methodik erfolgt deren technische Integration in ein System zur automatisierten Belastungsermittlung, -bewertung und -visualisierung unter Einsatz von Motion Capturing und industriellen Sensoren.

#### 5. Literatur

- Arnold D (2003) Materialfluss in Logistiksystemen. Springer, Berlin.
- Grosse EH, Glock CH (2013) Menschliche Faktoren in der Kommissionierung. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 108: 203-207.
- Hempfen S, Finke Y, Deuse J (2009) Ergonomie in logistischen Prozessen. In: Tagungsband zur GfA-Herbstkonferenz 2009 (Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V.) 23.09.-25.09.09 Millstadt, Austria; Tagungsband Landau, K. (Hrsg.): Produktivität im Betrieb, Stuttgart, Ergonomia-Verlag.
- IAD - Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt (IAD). Multiple-Lasten-Tool. Bewertung multipler (manueller). Lastenhandhabungen. Hintergrundinformationen zu Tool 1.4. Darmstadt,
- Jäger M, Jordan C, Theilmeier A, Luttmann A (2001) Dortmunder Lumbalbelastungsstudie 2: Ermittlung und Beurteilung vergleichbarer Tätigkeiten hinsichtlich der Körperhaltung und der Wirbelsäulenbelastung bei verschiedenen beruflichen Tätigkeiten. Sankt Augustin: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG).
- Jünemann R, Schmidt T (2000) Materialflusssystem - Systemtechnische Grundlagen, Berlin: Springer.
- Zangemeister C, Nolting HD (1999) Kosten-Wirksamkeitsanalyse im Arbeits- und Gesundheitsschutz. Einführung und Leitfaden für die betriebliche Praxis. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Sonderschrift S. 44. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), 3. Aufl. Dortmund Berlin.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

#### **IGF-Vorhaben 440 ZN**

*Das IGF-Vorhaben 440 ZN der Forschungsvereinigung Bundesvereinigung Logistik e.V. – BVL, Schlachte 31, 28195 Bremen wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*