

## **Entwicklung einer Methode zur Ergonomiebewertung von logistischen Tätigkeiten am Beispiel eines Automobilherstellers**

Steffen CONRAD<sup>1</sup>, Martin SCHMAUDER<sup>2</sup>, Fred WONKA<sup>1</sup>, Maria WIEGERT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> AUDI AG, Werk Neckarsulm

NSU-Straße 1, 74148 Neckarsulm

<sup>2</sup> Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,

TU Dresden, Professur für Arbeitswissenschaft

Dürerstraße 26, 01307 Dresden

**Kurzfassung:** Die Demografische Entwicklung am Wirtschaftsstandort Deutschland stellt Unternehmen vor neue Herausforderungen hinsichtlich einer ergonomischen Bewertung, die der jeweiligen Nutzerpopulation gerecht wird. Gerade im Bereich der operativen Intralogistik sind die Mitarbeiter durch körperlich beanspruchende Aufgaben gefordert. Um diese Tätigkeiten sachgemäß für diese Arbeitsanforderungen bewerten zu können, soll eine entsprechende Ergonomiebewertungsmethode entwickelt werden. Faktoren wie Alter, Geschlecht und anthropometrische Unterschiede sollen bei der Entwicklung Berücksichtigung finden. Neben der Bewertung bestehender Prozesse, soll die Methode auch als präventives Instrument in der Planungsphase angewandt werden.

**Schlüsselwörter:** Ergonomie, Logistik, Demografischer Wandel, Ergonomiebewertung, physische Belastung, CharAT Ergonomics

### **1. Ausgangssituation**

Um Arbeitsplätze menschengerecht gestalten zu können, ist es erforderlich deren ergonomische Risiken möglichst genau zu kennen und zu bewerten. Speziell der Bereich der Intralogistik, also der innerbetriebliche Warenstrom vom Wareneingang bis Warenausgang (vgl. Walch 2011), birgt eigene charakteristische Arbeitsaufgaben. Günthner & Koch (2014) beschreiben den vergleichsweise geringen Automatisierungsgrad im Bereich der Kommissionierung. Diese Aussage lässt sich verallgemeinert auf den gesamten Bereich der Intralogistik übertragen. Die Arbeitsabläufe sind stark von manueller Lastenhandhabung wie beispielsweise dem Ziehen und Schieben oder Umsetzen von Lasten geprägt. Diese Tätigkeiten stellen Mitarbeiter dieser Bereiche vor physische Belastungen, die eine individuelle Beanspruchung auslösen (vgl. Rohmert 1984). Es gilt, diese Belastung in einem erträglichen Maß zu begrenzen, um gesundheitliche Schäden der Mitarbeiter zu vermeiden. Allein aus human-ethischen Gründen ist deren Schädigung sowohl durch den Beschäftigten selbst, als auch durch die Fürsorgepflicht der Unternehmer gegenüber ihren Beschäftigten zu vermeiden. Um dies zu gewährleisten, werden Verfahren zur Belastungsermittlung angewendet. Diese Analysen und die damit verbundene Sichtbarmachung eventueller ergonomischer Potenziale, haben die "Ausschaltung von gesundheitsschädigenden Faktoren vor ihrem Wirksamwerden" (Schell et al. 2001) zum Ziel. Meist ist es so, dass vorhandene und derzeit angewendete Methoden ihren Ursprung in der Bewertung von Montagetätigkeiten hatten und daher nach Goldscheid (2007) logistikspezifische Anforderungen nicht oder nur unzureichend berücksichtigen.

Aus diesem Grund wird im Rahmen des Forschungsprojektes „Ergonomie in der Logistik“ geprüft, inwieweit ergonomische Bewertungsmethoden und deren Aussage anwendbar auf intralogistische Arbeitsabläufe sind. Darüber hinaus wird näher auf die Fragestellung eingegangen, ob und wie geschlechtliche, demografische und anthropometrische Unterschiede der operativ tätigen Mitarbeiterpopulation in eine Bewertung einfließen können. Sich daraus ableitbare Mitarbeiterfähigkeiten, gekoppelt mit der zugehörigen Arbeitsanforderung, sollen dann, wie schon bei Bierwirth (2012) zu finden, in „eine Anpassung der Gestaltung der Arbeitssysteme an die Eigenschaften und Fähigkeiten der Arbeitspersonen“ überführt werden.

## **2. Herausforderung einer sich wandelnden Intralogistik**

Die Anforderungen an die Intralogistik haben sich in den vergangenen Jahren rasant entwickelt. Ein Grund dafür sind die steigenden Kundenanforderungen nach individualisierten Produkten. Die Hersteller reagieren darauf mit einer Erweiterung ihrer Produktpalette durch die Steigerung der Anzahl an Fahrzeugmodellen und zugehörigen Derivaten. Dies verdeutlicht das Beispiel der VOLKSWAGEN T5 Produktion in Hannover. Dieses Modell besteht bereits im Rohbau aus 2500 unterschiedliche Varianten, das in 150 verschiedenen Farben angeboten wird und an dem in der Montage bis zu 4000 weitere Teile unterschiedlichster Größe und Gewicht verbaut werden können (Geiger 2014).

Ein weiterer Grund für die wachsende Anforderung ist der immer stärker werdende Einfluss des sogenannten LEAN-Managements auf Unternehmensprozesse (Reitz 2009). Die damit einhergegangene Trennung von wertschöpfenden und wertunterstützenden Prozessen bedingt eine immer schärfere Abgrenzung von intralogistischen Tätigkeiten (als wertunterstützende Prozesse anzusehen) und beispielsweise reinen Montagetätigkeiten (als wertschöpfend zu verstehen).

### *2.1. Aufgabenprofil der operativen Intralogistik eines Automobilherstellers*

Der Begriff der Intralogistik ist durch Günther (2006) als „ die Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses, der Informationsströme sowie des Warenumschlags“ beschrieben. Der Fokus des Forschungsprojektes liegt auf der ergonomischen Bewertung der manuellen Prozesse, die von den Mitarbeitern eines Automobilherstellers zur Durchführung des Materialflusses ausgeführt werden müssen. Diese Tätigkeiten lassen sich aufgrund ihrer Anforderung grob in drei Bereiche unterteilen.

Zu Beginn der innerbetrieblichen Logistikkette erreichen die unterschiedlichen Fahrzeugteile das Montagewerk meist (gebündelt) in Form von Großladungsträgern (GLT), die von Mitarbeitern mit Gabelstaplern entladen und dann, falls erforderlich, in Kleinladungsträger (KLT), meist maschinell, vereinzelt werden.

Nach kürzest möglicher Lagerung werden die Teile in ihren Behältern durch sogenannte Routenzüge an den jeweiligen Bedarfsort an der Montagelinie gefahren. Diese Routenzüge bestehen aus einer Zugmaschine, die von einem Mitarbeiter (Routenfahrer) bedient wird und den angehängten Trailern (auf denen sich die GLT befinden) bzw. Fächerwagen (bestückt mit den KLT). Am Bedarfsort angekommen, findet ein Tausch von Leer- und Vollgut statt. Dazu werden die GLT mitsamt Trailer vom Routenfahrer manuell auf eine definierte Stellfläche geschoben. Bei der KLT-Bereitstellung, entnimmt der Routenfahrer die vollen KLT aus dem angehängten mehrlagigen Fächerwagen und setzt diese in ein Regal an der Montagelinie.

Oftmals werden die Artikel nicht nur sortenrein, sondern schon in vorgefertigten Zusammenstellungen angeliefert. Ist die Vorsortierung nicht schon durch den Zulieferer erfolgt, dann findet der Vorgang in einem eigenen Kommissionierbereich statt. Auch hier übernimmt der Mensch, trotz zunehmender Automatisierung, nach wie vor die zentrale Rolle. Dabei treten oft Lastenhandhabungen mit hoher Wiederholhäufigkeit und eventuell ungünstigen Körperhaltungen, bedingt durch hohe oder tiefe Entnahmepositionen, auf (vgl. Goldscheid 2007).

## *2.2. Mitarbeiterstruktur und Prognose am Wirtschaftsstandort Deutschland*

Der stattfindende Demografische Wandel beeinflusst die Entwicklungen der Mitarbeiterstruktur sichtlich. Dies äußert sich beispielsweise durch ein stetig steigendes durchschnittliches Alter der Belegschaft. Wesentliche Ursachen sind zum einen, dass das Wachstum der Belegschaft durch die Produktivitätssteigerungen begrenzt wird und der Personalzufluss junger Mitarbeiter zusätzlich durch die geringe Fluktuation eingeschränkt ist. Zum anderen ist der nationale Rückgang der jährlichen Geburtenrate zu nennen, der nach Angaben des Statistisches Bundesamt (2013) seit Ende der 1990er Jahre relativ konstant bei 1,4 Kindern je Frau liegt. Die rückläufige Entwicklung der absoluten Anzahl an Geburten verstärkt sich derweil noch durch die stetig geringer werdende Anzahl an potentiellen Müttern. Böhm et al. (2009) beschreiben die Problematik, dass „mit fortschreitendem Alter ein deutlicher Anstieg der Gesundheitsprobleme zu beobachten ist.“ Insbesondere Erkrankungen des Muskel-Skelettsystems sind nach einer Pressemitteilung (17.12.2013) der BKK mit über einem Viertel (26,5%) die häufigste Ursache für Arbeitsunfähigkeit in Deutschland. Im Hinblick auf eine Berücksichtigung des Alters innerhalb einer ergonomischen Bewertungsmethode findet sich in Keil (2011) die Aussage, dass „ein arbeitswissenschaftlicher Modellansatz, der die Einflüsse der altersabhängigen Leistungsveränderungen berücksichtigt [...], bisher nicht vorliegt.“

## **3. Ergonomische Bewertbarkeit intralogistischer Tätigkeiten**

Das intralogistische Tätigkeitsprofil ist stark durch manuelle Lastenhandhabung in unterschiedlichsten Körperhaltungen von Umsetzvorgängen und dem Ziehen und Schieben von Lastgewichten mit mehreren hundert Kilogramm geprägt. Um einen Eindruck der Bewertbarkeit dieser speziellen Tätigkeiten zu bekommen, wurden Referenzarbeitsplätze mit entsprechenden Charakteristika ausgewählt und mit unterschiedlichen Methoden zur Ermittlung der physischen Belastung bewertet. Zur Anwendung kamen das *Multiple-Lasten-Tool (MLT)* vom Institut für Arbeitswissenschaft (IAD), das *Ergonomic Assessment Work Sheet (EAWS)*, das *New Production Worksheet (NPW)*, das Verfahren des *IAD zur Bewertung körperlicher Belastung (IAD BkB)* sowie die unternehmenseigene Bewertungsmethode *Arbeitsplatz-Struktur-Analyse (APSA)*. Alle Verfahren haben gemeinsam, dass sie nach Analyse ihrer enthaltenen Kriterien einen zusammengefassten Risikowert ausgeben, der nach DIN EN 614-1:2009-06 in Form einer 3-Zonen-Bewertung (meist in Ampelfarben) abgebildet werden. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der ergonomischen Bewertung von zwei möglichen Arbeitsplätzen nach diesem Schema dargestellt. Arbeitsplatz 1 beinhaltet das reine Schieben von Trailern, während es sich bei Arbeitsplatz 2 um eine Mischung aus Umsetzen von Kleinteilen, Schieben eines Kommissionierwagens und leichten Montagetätigkeiten handelt. Trotz normierter Punkteskala ergab sich ein recht

unterschiedliches Ergebnisbild im Methodenvergleich. Die Ergebnisse zeigen eine große Streuung bei dem Risikowert, sowohl als auch im Hinblick auf die 3-Zonen-Bewertung. Begründet ist dies in der Berücksichtigung und/oder der Gewichtung einzelner Bewertungskriterien der angewendeten Methoden.

Tabelle 1: Risikowert und Einordnung nach DIN EN 614-1:2009-06 von zwei Arbeitsplätzen durch unterschiedliche ergonomische Bewertungsverfahren

Methode	Arbeitsplatz 1: Schieben von Trailern		Arbeitsplatz 2: Kommissionieren	
	♂	♀	♂	♀
EAWS	25	32	22	24
MLT	47	55	49	55
IAD BkB	33		24	
NPW	25	32	16	19

Diese Resultate stützen Aussagen der BAuA (2007) wo es heißt, „eine Methode für alle Fälle erscheint nach kritischen Betrachtungen fast unmöglich zu sein. [...]“. Notwendig erscheint deshalb die Eingrenzung auf relevante, realistische und sicher erfassbare Merkmale der Tätigkeit.“ Eben diese Merkmale gilt es zu identifizieren und in eine angepasste Bewertungsmethode zu überführen.

Eine weitere ausschlaggebende Beobachtung wurde während der Untersuchungen gemacht. Die Methoden setzen (in der allgemeinen Bewertung eines Arbeitsplatzes) einen Durchschnittsmenschen voraus. Die Körperhöhe der Mitarbeiter stach als wesentlicher Faktor heraus, da er einen ganz entscheidenden Einfluss auf die individuelle Körperhaltung während einer Arbeitsausführung hat. Während ein beispielsweise durchschnittlich großer Mann von 175 cm (entspricht dem 50. männlichen Körperhöhenperzentil) Greifräume über seiner Schulterhöhe noch erreichen kann, ist dies für eine 154 cm große Frau (entspricht dem 5. weiblichen Körperhöhenperzentil) gar nicht mehr möglich. Dies verdeutlicht Abbildung 1 links, in der die Greifräume eines Menschmodells einer kleinen Frau (5. weibliches Perzentil) und eines großen Mannes (95. männliches Perzentil) dargestellt sind. Rechts finden sich die Verteilungen der Körperhöhen nach DIN 33402-2:2005-12. Daraus geht deutlich hervor, dass es den Standardmenschen nicht gibt.

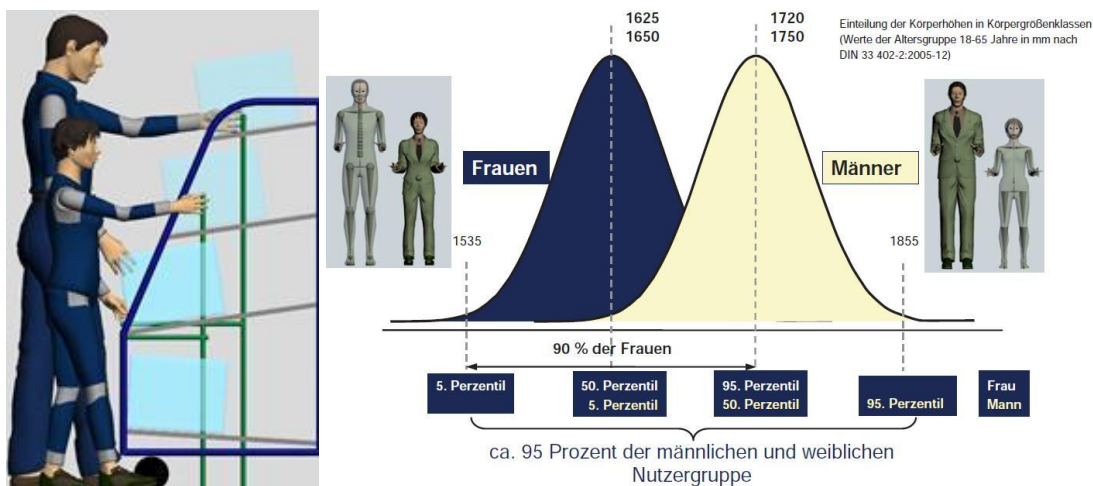


Abbildung 1: Links: Greifräume zweier Menschmodelle. 5. Perzentil weiblich und 95. Perzentil männlich aus Analysen durch CharAT Ergonomics. (Kamusella 2014b) Rechts: Körperhöhenverteilung getrennt nach Geschlecht (Merkel & Schmauder 2012).

Der beschriebene Missstand einer Durchschnittsbewertung kann durch die gängigen Bewertungsverfahren in Form einer allgemeinen Arbeitsplatzbewertung nicht aufgedeckt werden. Deshalb werden derzeit charakteristische Arbeitsabläufe, wie in 2.1 beschreiben, mittels der ergonomischen Analysesoftware CharAT-Ergonomics designed und analysiert. Dazu werden mit Hilfe dieses Tools die Arbeitssysteme modelliert, in denen sich dann ein anthropometrisch veränderbares Menschmodell bewegt und vorgegebene Arbeitsabläufe durchführt. Während dessen kann die physische Beanspruchung nach ergonomischen Bewertungsverfahren, wie beispielsweise dem *Rapid Upper Limb Assessment* oder *Ovako Working posture Assessment System*, angezeigt werden (Kamusella 2014a). Dadurch konnte ein eindeutiger Zusammenhang zwischen unterschiedlicher Ausführung von Arbeitsaufgaben der Körperhöhe und dem Entnahme- bzw. Abgabeort des zu manipulierenden Gegenstandes erbracht werden. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich nicht nur die Körperhaltungen unterscheiden können, sondern dass manche Szenarien durch gewisse Nutzerpopulationen nicht risikolos ausgeführt werden können. Darum besteht die Forderung nach einer Berücksichtigung der Körperhöhe in einer ergonomischen Risikoanalyse, die der zugehörigen Nutzerpopulation entspricht. Diesen Gedanken haben bereits Merkel und Schmauder (2012) formuliert: "Die hohe Variationsbreite der Körpermaße muss bei der Gestaltung von Produkten beachtet werden. Einen Durchschnittsmenschen zu definieren und sich bei der Gestaltung an dessen Abmessungen zu orientieren, ist in den meisten Fällen nicht sinnvoll." Denn "Ergonomie ist, wenn es passt!", und das für jedermann.

#### **4. Diskussion und Ausblick**

Die Analysen von Arbeitsabläufen in der operativen Intralogistik haben gezeigt, dass bereits viel getan wird, um Arbeitsplätze zu bewerten und diese letztlich ergonomisch günstig zu gestalten. Jedoch gibt es Faktoren, die derzeit noch keinen, bzw. noch keinen ausreichenden Einfluss auf die Risikoanalyse haben. Darum gilt es herauszuarbeiten und zu diskutieren, welche Kriterien in eine Bewertungsmethode aufgenommen werden und wie stark jedes Einzelne gewichtet wird. Bei Einbeziehung des Einflussfaktors Körperhöhe wird die Komplexität einer Ermittlung des Risikowertes sicher deutlich erhöht. Dies darf die Nutzerfreundlichkeit für den Anwender jedoch nicht signifikant negativ beeinflussen, da sonst die Gefahr einer nicht korrekten Anwendung besteht. Dazu gibt es bereits Ideen einer Referenzbewertung eines Arbeitsplatzes, mit der anschließend durch IT-Systeme die Risikowerte für unterschiedliche Gruppen errechnet werden. Diese Ergebnisse müssen zusätzlich so dargestellt werden, dass eine einfache Ableitung von Maßnahmen zur Optimierung getroffen werden kann. Neben der regelmäßigen Bewertung bestehender Arbeitsplätze, sollen die Ausarbeitungen dieses Forschungsvorhabens auch zur präventiven Gestaltung in der Planungsphase eingesetzt werden. Die Gründe dafür liegen auf der Hand: Ergonomische Defizite sollen gar nicht erst entstehen, in dem den Mitarbeitern von Anfang an ergonomisch hoch ausgereifte Arbeitssysteme zur Verfügung gestellt werden.

#### **Literaturverzeichnis**

DIN 33402-2:2005-12, 2005-12: Ergonomie - Körpermaße des Menschen - Teil 2: Werte.

GfA, Dortmund (Hrsg.) VerANTWORTung für die Arbeit der Zukunft – Beitrag E.1.1

DIN EN 614-1:2009-06, Juni 2009: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze - Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze; Deutsche Fassung EN 614-1:2006+A1:2009.

BAuA; Steinberg, Ulf; Dr. sc. med. Caffier, Gustav; Dipl.-Ing. Schultz, Karin; Dr.-Ing. Jakob, Martina; Behrendt, Sylvia (2007): Bericht "Leitmerkalmethode Manuelle Arbeitsprozesse". Forschung Projekt F 1994. Dortmund, Berlin, Dresden: BAuA.

Bierwirth, Max (2012): Entwicklung eines Managementmodells zur Integration einer systematischen Verhältnisprävention in die Arbeitsgestaltung in Industrieunternehmen. Techn. Univ., Diss.-- Darmstadt, 2012. Stuttgart: Ergonomia-Verl.

BKK Dachverband e.V. (17.12.2013): BKK Gesundheitsreport 2013. Rückenschmerzen sorgen für meiste Ausfalltage - Krankenstand 2013 steigt marginal über den Wert von 2012. Berlin.

Böhm, Karin; Tesch-Römer, Clemens; Ziese, Thomas (Hg.) (2009): Gesundheit und Krankheit im Alter. Berlin: Robert-Koch-Inst (Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes).

Geiger, Thomas (2014): Puzzle mit unendlich vielen Teilen. In: *Automobilwoche - Technologie im Volkswagen-Konzern* (Sondernummer), S. 94–95.

Goldscheid, Christian (2007): Ermittlung der Wirbelsäulenbelastung in manuellen Kommissioniersystemen. Aachen: Shaker (Bd. 1).

Günther, Peter (2006): Intralogistik – eine starke Branche stellt sich vor. In: Dieter Arnold (Hg.): *Intralogistik. Potentiale, Perspektiven, Prognosen*. 1. Aufl. Berlin: Springer (VDI), S. 5–16.

Günthner, W. A.; Koch, M. (2014): Erstellung einer ergonomischen Lagerstrategie und -organisation durch ein Arbeitslast analysierendes Warehouse-Management-System (ErgoWMS). neue Ausg. Garching b. München: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluß Logistik (fml) TU München.

Kamusella, Christiane (2014a): Ergotyping. Technische Universität Dresden - Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme - Professur für Arbeitswissenschaft. Dresden. Online verfügbar unter <http://www.ergotyping.de>, zuletzt geprüft am 29.11.2014.

Kamusella, Christiane (2014b): Simulation von Kommissioniertätigkeiten.

Keil, Mathias (2011): Konsequenzen des demographischen Wandels für zukünftige Produktions- und Technologieabläufe. am Beispiel der altersbedingten Veränderungen der Fähigkeit des Sehens / Technische Universität Chemnitz, Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme. Chemnitz: IBF.

Merkel, Torsten; Schmauder, Martin (2012): Ergonomisch und normgerecht konstruieren. 1. Aufl. Berlin [u.a.]: Beuth (Praxis).

Reitz, Andreas (2009): Lean TPM. In 12 Schritten zum schlanken Managementsystem - Effektive Prozesse für alle Unternehmensbereiche - Gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit durch KVP - Erfolge messen mit der Lean-TPM-Scorecard. 1. Auflage. München: mi-Wirtschaftsbuch.

Rohmert, Walter (1984): Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. In: *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 38, 3, S. 193–200.

Schell, H. M.; Schlichtherle, S.; Lauterbach, K. W. (2001): Evidenzbasierte Medizin zur Sicherung der Qualität der betrieblichen Gesundheitsförderung. In: Holger Pfaff und Wolfgang Slesina (Hg.): *Effektive betriebliche Gesundheitsförderung. Konzepte und methodische Ansätze zur Evaluation und Qualitätssicherung*. Weinheim: Juventa (Gesundheitsforschung), S. 117–126.

Statistisches Bundesamt (2013): Geburtenzahl durch demografische Entwicklung vorgezeichnet. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/ImFokus/Bevoelkerung/Geburtenzahl.html>.

Walch, Manuel Dennis (2011): Belastungsermittlung in der Kommissionierung vor dem Hintergrund einer alternsgerechten Arbeitsgestaltung der Intralogistik. München: fml Lehrstuhl für Fördertechnik, Materialfluss, Logistik.