

## Entwicklung einer Systematik zur körperregionenbezogenen Visualisierung der Belastungen, basierend auf einem bestehenden Belastungsbewertungsverfahren

Torsten WAGNER<sup>1</sup>, Steffen ALLMENDINGER<sup>2</sup>, Timm RÖMER<sup>1</sup>,  
Andrea SINN-BEHRENDT<sup>1</sup>, Mathias KEIL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Technische Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft,  
Otto-Berndt-Straße 2, D-64287 Darmstadt*

<sup>2</sup> *AUDI AG, Eettinger Straße, D-85045 Ingolstadt*

**Kurzfassung:** Die Ergonomiebewertung von Montagearbeitsplätzen stellt eine ganzheitliche Betrachtung der physischen Belastungseinflüsse dar. Da jedoch verschiedene Belastungskriterien auf ähnliche Körperregionen wirken, lassen sich die auftretenden Belastungen aus bisherigen Ergonomiebewertungen nicht ohne Weiteres körperregionsbezogen darstellen. Dies ist jedoch Voraussetzung, um zu einem späteren Zeitpunkt eine belastungsorientierte Rotation in Eigenregie der Gruppe durchführen zu können.

**Schlüsselwörter:** Gruppenarbeit, Rotation, physische Belastungen, Belastungsvisualisierung, ergonomische Arbeitsplatzgestaltung

### 1. Einleitung

Das Thema Ergonomie im Shopfloor-Management soll um eine Visualisierung erweitert werden, um so die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bezüglich einer belastungsoptimierten Rotation zu sensibilisieren. Zur Beurteilung der ergonomischen Güte von direkten Arbeitsplätzen wird bei der AUDI AG die Arbeitsplatzstrukturanalyse (APSA) verwendet (Bogus & Dorn 2008). Die ergonomische Gestaltungsgüte am Arbeitsplatz wird anhand eines Punktesystems bewertet und bildet somit eine ganzheitliche Betrachtung der körperlichen Belastungseinflüsse ab. Bei der Arbeitsplatzstrukturanalyse handelt es sich um ein Expertensystem, dessen Arbeitsplatzbewertungen und Ergebnisse nur in den jeweiligen Fachabteilungen genutzt, nicht aber im Detail an die Werker kommuniziert werden. Analysen werden auf Shopfloor-Ebene bisher nicht visualisiert, was jedoch eine zielgruppengerechte Information bezüglich der ergonomischen Rahmenbedingungen an den Arbeitsplätzen und eine darauf basierende, selbstorganisierte Rotation erleichtern würde.

Zu den in APSA beschriebenen Belastungssituationen ist nun zunächst die Anzahl der belasteten Körperregionen zu identifizieren und deren Belastungsverteilung abzuschätzen. Anschließend wird abhängig von der Intensität der lokalen Belastung eine Färbung der Körperregion vorgenommen. Zur grafischen Umsetzung der Visualisierung wird ein erster Entwurf erstellt.

## 2. Hintergrund

Um die Beschreibung der Belastungssituation und deren Belastungsverteilung auf die Körperregionen zu interpretieren, ist zunächst das APSA-Verfahren näher zu untersuchen.

Das Bewertungsverfahren APSA leitet sich aus dem kombinatorischen Bewertungsverfahren AAWS (Schaub 2004) ab und unterscheidet sich von diesem u.a. durch die in der Sektion der statischen Körperhaltung vorhandene, segmentierte Betrachtung des menschlichen Körpers: In unterschiedlichen Tabellen werden Rumpfhaltung, Armhaltung und Beinhaltung unabhängig voneinander bewertet und zu einem Gesamtpunktwert Körperhaltung zusammengefasst. Jede Tabelle ist dabei unterteilt nach Haltung des betrachteten Körperteils und prozentualer Dauer der Belastung. Aus diesen beiden Kriterien wird ein eindeutiger Code generiert. Die Unterteilung in Körperregionen ist für die segmentierte Betrachtung des Menschen zur späteren Visualisierung vorteilhaft, für die Sektionen Aktionskräfte bzw. Lastenhandhabung existiert jedoch aktuell keine körperregionenbezogene Belastungsbeschreibung.

Beispielsweise werden in der Sektion Lastenhandhabung im Wesentlichen die Oberkörperhaltung, das Lastgewicht und die Handhabungshäufigkeit beschrieben - eine sich daraus abgeleitete, lokale Belastung des menschlichen Körpers ist jedoch nicht nur auf den Oberkörper begrenzt: Je nach Oberkörperhaltung und mit zunehmendem Lastgewicht werden zum einen die Hände/Finger als direkte Lastkoppelungsglieder, die Arme/Schultern als angrenzende Strukturen, aber auch die Lendenwirbelsäule sowie die Beine zunehmend beansprucht. In der Sektion Aktionskräfte wird die Belastung zunächst als Arm-/Ganzkörperkraft, Handgelenksbelastung oder Fingerkraft kategorisiert und anschließend mit jeweils zwei Kraftniveaus qualitativ beschrieben. Ein Rückschluss auf die Körperhaltung während der Kraftaufbringung und somit eine differenzierte Belastungsverteilung ist auf Grundlage dieser Beschreibung nicht möglich.

## 3. Vorgehensweise

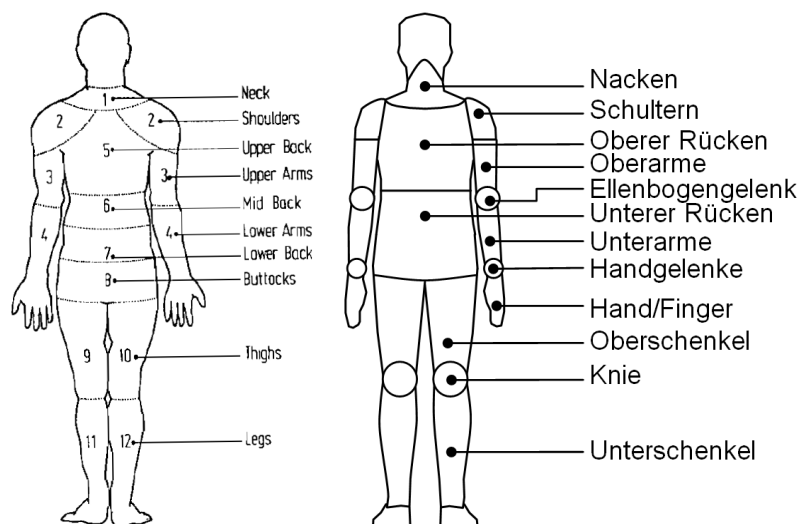
Um aus dieser teilweise undifferenzierten Sammelbewertung eine Rücktransformation der erkennbaren, belasteten Strukturen des menschlichen Körpers zu ermöglichen, wurde zunächst in der Literatur nach orientierenden Anhaltswerten für Standardfälle recherchiert, um eine qualitative Einschätzung abzusichern. Hilfreiche Angaben zur Belastungsverteilung auf Körperregionen finden sich dabei unter anderem in den Tabellen von Sämman (1970) bzw. in den Informationsschriften zu Berufskrankheiten der BAuA (2011). Basierend auf diesen Angaben wurde anschließend mittels arbeitsmedizinischer Expertise für jede Zeile jeder Tabelle jeweils eine Belastungsverteilung u.a. nach den Kriterien „Lokale Muskelermüdung“ sowie „Langzeitgefährdung“ (z. B. hinsichtlich der biomechanischen Belastung im Bereich der unteren Lendenwirbelsäule) abgeschätzt.

Parallel zur Literaturrecherche wurde eine fiktive Belastungsbeschreibung eines Arbeitsplatzes in APSA analysiert, um die größtmögliche Auflösung der zu visualisierenden Körperregionen zu bestimmen. Eine solche Belastungsbeschreibung besteht sowohl aus einer Auflistung an APSA-Codes als auch den für diese Codes zugeordneten Punktwerten. Die Codes spiegeln dabei Koordinatenbezüge in den jeweiligen Bewertungstabellen wider.

Durch die Analyse der eindeutigen Codes lassen sich hierbei wesentlich präzisere Aussagen über eine bestehende Belastungssituation des Werkers ziehen, als durch die mehrdeutigen Punktwerte in den einzelnen Sektionen. Da es sich sowohl bei den Punktwerten als auch bei der zugrundeliegenden Belastungsbeschreibung der einzelnen Codes eines Arbeitsplatzes jedoch um eine rein summarische Beschreibung handelt, lassen sich hieraus z. B. keine Rückschlüsse auf die zeitliche Abfolge von Belastungen oder die Belastungsdichteverteilung an einem Tag ziehen. Solche Effekte können daher in einer algorithmierten Transformation der Belastungsbeschreibung in einer körperregionenbezogenen Belastungsvisualisierung nicht berücksichtigt werden.

#### 4. Ergebnisse

Die zur Visualisierung herangezogene Aufteilung der Körperzonen basiert auf der Unterteilung von Corlett und Bishop (1976) und passt diese an die prinzipiell in APSA darstellbaren Körperzonen an (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Körperregionen nach Corlett & Bishop (1976) (links) und davon abgeleitete Körperregionen für APSA (rechts)

Die konkrete Belastungsvisualisierung unterscheidet zwischen drei Stufen der Darstellung von belasteten Strukturen (stark belastet, belastet, gering belastet), welche durch unterschiedliche Einfärbungen der betroffenen Regionen dargestellt werden.

Zur Bestimmung dieser Intensität wird zunächst ausgehend von der Belastungsbeschreibung nach APSA eine auf die jeweilige Körperregion bezogene Belastung ermittelt, welche sich aus prozentualen Anteilen der zugeordneten Punktwerte errechnet. Dabei wird für die einzelnen Belastungen der Zielregionen / Körpersegmente, welche den wesentlichen Anteil der Belastung tragen, der in APSA vergebene Punktwert zu 100% zugeordnet. Im Falle der Lastenhandhabung betrifft dies beispielsweise die untere Lendenwirbelsäule. Weniger stark belastete Regionen bekommen in Abhängigkeit der abgeschätzten Belastung 50%, 25% oder 0% des Punktwertes zugeordnet. Durch die Koppelung an den Punktwert einer Belastungsart wird die Belastungsdauer der Belastungssituation berücksichtigt. Die Summe der

Teilpunkte der jeweiligen Körperregionen liefert dann das Beurteilungskriterium für die Intensität der Einfärbung der betreffenden Körperregion.

## 5. Ausblick

Langfristig kann die Visualisierung der Belastungsverteilung die Grundlage für eine belastungsoptimierte Rotation bilden. Eine anschauliche, direkt am Arbeitsplatz verfügbare Informationsbereitstellung unterstützt die Werker, dies in Eigenregie durchführen zu können. Dies bewirkt eine erhöhte Rotationsgüte innerhalb der Arbeitsgruppen und steigert darüber hinaus das Wohlbefinden. Arbeitsgruppen mit einseitigen Belastungsmerkmalen können anhand der Systematik aufgedeckt werden. Durch planerische oder organisatorische Handlungsempfehlungen können daraufhin die Belastungen gezielt gelenkt und gesteuert werden, sodass einseitige Belastungen reduziert werden.

Die Umsetzung der hier vorgestellten Visualisierung wird im nächsten Schritt hinsichtlich ihrer Verständlichkeit auf Shopfloor-Ebene evaluiert werden.

## 6. Literatur

- BAuA, Merkblätter und wissenschaftliche Begründungen zu den Berufskrankheiten der Anlage 1 zur Berufskrankheiten-Verordnung (BKV), zuletzt aktualisiert durch die Zweite Verordnung zur Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung vom 11. Juni 2009, Abschnitt 2. Durch physikalische Einwirkungen verursachte Krankheiten. 2011 Accessed December 11, 2014. <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Berufskrankheiten/Dokumente/Merkblaetter.html>
- Bogus, T.; Dorn, R.: Arbeitswissenschaftliche Methoden im Planungs- und Fertigungsprozess. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.): Produkt- und Produktions- Ergonomie - Aufgabe für Entwickler und Planer – 54. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. München. GfA-Press, 2008, S. 297-300.
- Corlett, E.N.; Bishop, R.P.: A technique for assessing postural discomfort. In: Ergonomics. 1976, 19(2), S. 175-182. DOI: 10.1080/00140137608931530
- Sämann, W.: Charakteristische Merkmale und Auswirkungen ungünstiger Arbeitshaltungen: Ein Beitrag zur optimalen Gestaltung der Arbeitsbedingungen. Verb. f. Arbeitsstudien, REFA, e.V. Darmstadt. Beuth, 1970.
- Schaub, K.: Das „Automotive Assembly Worksheet“ (AAWS). In: Landau, K. (ed.): Montageprozesse gestalten: Fallbeispiele aus Ergonomie und Organisation. Stuttgart. ergonomia Verlag, 2004, S. 91-111.