

## Weiterentwicklung der Kosten-Nutzen-Bewertung für Ergonomiemaßnahmen anhand von Praxisbeispielen der Automobilindustrie

Lars FRITZSCHE<sup>1</sup>, Christin HÖLZEL<sup>2</sup>, Michael SPITZHORN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *imk automotive GmbH, Amselgrund 30, 09128 Chemnitz.*

<sup>2</sup> *BMW Group, Knorrstraße 147, 80788 München.*

**Kurzfassung:** In diesem Beitrag wird der 2018 durch Illmann et al. publizierte Ansatz einer Kosten-Nutzen Analyse von Ergonomiemaßnahmen mit Praxisbeispielen aus der Automobilindustrie geprüft. Für die Technologie Oberfläche wurde der Einsatz eines Handhabungsgerätes, für die Technologie Montage ein Modularisierungskonzept untersucht. Die prognostizierten eingesparten Ausfall- und Fehlerkosten konnten für die Argumentation der Maßnahmenumsetzung herangezogen werden. Auf Basis der Erfahrungen wurden einige Aspekte in der Analyse ergänzt, um beispielsweise den Nutzen durch neu geschaffene Beschäftigungsmöglichkeiten für Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen berücksichtigen zu können. Des Weiteren wurde ein Ansatz für die Übertragung der Prognosefunktion, die bisher auf einer EAWS-Bewertung basiert, auf die BMW-eigene Ergonomiebewertungsmethode SERA erarbeitet. Abschließend werden weitere Schritte und offene Forschungsfragen zur Etablierung der Methodik diskutiert.

**Schlüsselwörter:** Ergonomiebewertung, EAWS, Kosten-Nutzen-Rechnung, Wirtschaftlichkeit, Ergonomiemaßnahmen

### 1. Einführung

Eine Ergonomische Arbeitsplatzgestaltung hängt von verschiedensten Faktoren ab und beeinflusst die Zufriedenheit, Produktivität und Gesundheit von Mitarbeitern maßgeblich (Frieling, 2014). Dennoch scheitert die Umsetzung ergonomischer Maßnahmen oft an Kosteneinsparungen. Die Wirtschaftlichkeitsbewertung ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen stellt deswegen im Spannungsfeld effizienter, kostengünstiger und wertschöpfungsorientierter Produktionssysteme eine zunehmende Herausforderung dar. Zwar ist die Ermittlung der Kosten einer Ergonomie-Maßnahme meist weniger problematisch, der Nutzen dagegen kann sehr facettenreich sein und ist oftmals nicht vollständig bewertbar. Erschwerend kommt hinzu, dass die Umsetzung der Maßnahme und deren Wirkungen (Nutzen) mitunter zeitlich weit auseinander liegen, wodurch die Herstellung eines kausalen Zusammenhanges kaum möglich ist.

Der auf dem GfA-Frühjahrskongress 2018 publizierte Beitrag von Illmann et al. 2018 stellte daher einen Ansatz vor, in dem die Vielzahl der durch Ergonomie-Maßnahmen verursachten Effekte prognostiziert und monetär bewertet werden können. Grundlage ist unter anderem eine Prognosefunktion zur Abschätzung der Veränderungen von Krankenstand und Qualitätskennzahlen in Folge von ergonomischen Verbesserungen, die auf Basis von Literaturrecherchen und eigenen Studien

erstellt wurde und eine Skalierung entsprechend der EAWS-Bewertungsmethodik beinhaltet:

$$KS_{soll} = KS_{ist} \times \left(1 - \frac{(EAWS_{ist} - EAWS_{soll}) \times 37,49\%}{(67,33Pkt. - 14,63Pkt.) \times 100\%}\right) \quad FA_{soll} = FA_{ist} \times \left(1 - \frac{(EAWS_{ist} - EAWS_{soll}) \times 63,86\%}{(67,33Pkt. - 14,63Pkt.) \times 100\%}\right)$$

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Erprobung des Verfahrens anhand zweier Praxisbeispiele aus der Automobilindustrie und beschreibt basierend auf den Erfahrungen ergänzende Punkte zur Weiterentwicklung der Kosten-Nutzen Analyse. Außerdem wird ein Ansatz vorgestellt, um die auf der EAWS-Bewertung bezogene Prognosefunktion auf das BMW-eigene Ergonomiebewertungssystem SERA zu übertragen.

## 2. Bewertung von Ergonomiemaßnahmen bei der BMW Group

### 2.1 Modularisierungskonzept in der Technologie Montage

Die überwiegend manuellen Tätigkeiten in der Montage begünstigen das Auftreten arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Erkrankungen, welche für zahlreiche Krankentage verantwortlich sind (Hölzel 2017). Hohe ergonomische Belastungen verstärken zudem den Zusammenhang von steigenden Krankenständen mit höherem Alter, was angesichts der zunehmenden Alterung der Belegschaften besonders problematisch ist (Fritzsche, 2010, Fritzsche et al., 2014). Eine mögliche Entlastung für den Mitarbeiter kann in der Automobilindustrie die Entwicklung von Bauteilmodulen sein, die in einer ergonomisch günstig gestalteten Vormontage zusammengesetzt und dann als Gesamtbauteil im Fahrzeug verbaut werden. Dadurch kann u.a. die Belastungszeit in ergonomisch ungünstigen Körperhaltungen reduziert werden. In diesem Beispiel wurde ein Modularisierungskonzept untersucht, welches Überkopftätigkeiten sowie die Belastung der Finger durch Aktionskräfte reduziert.

Die ergonomischen Verbesserungen wirken sich auf mehrere Arbeitsplätze sowie mehrere Mitarbeiter pro Schicht aus, da zwei der Arbeitsplätze Doppeltakte sind. Für jeden Arbeitsplatz wurde eine EAWS Analyse angefertigt. Die ermittelten Punktereduzierungen durch reduzierte Schulter- und Rumpfbelastungen sowie reduzierte Belastungen des Hand-Arm-Systems variierten, je nach Auswirkung der Maßnahme auf den Arbeitsplatz, zwischen 7,5 und 106,5 EAWS Punkten. Für die Kosten-Nutzen-Analyse wurde ein gewichteter Mittelwert von 49,0 Punkten Reduzierung durch die Maßnahme angenommen. Die weitere detaillierte Bewertung zur Gestaltung des Bauteilmoduls liefert folgende Ergebnisse:

- die Materialkosten pro Produkt erhöhen sich,
- Fertigungszeit wird eingespart,
- die Produktionskosten können um ca. 32.000 € und die Ausfall- und Fehlerkosten um ca. 27.000 € pro Jahr reduziert werden.

### 2.2 Einsatz von Hebehilfen in der Technologie Oberfläche

In der Lackiererei muss häufig die Frontklappe (Motorhaube) der Fahrzeuge geöffnet und gehalten werden. Zuerst wird die Klappe durch zwei Mitarbeiter jeweils einhändig geöffnet, dann hält ein Mitarbeiter die Klappe während ein zweiter eine Hilfsstütze ausbaut und die serienmäßigen Gasdämpfer montiert. Die resultierende

statische Haltearbeit mit den Händen Überkopf belastet die Nacken- und Schultermuskulatur, sowie den oberen Rücken. Die zum Halten benötigte Kraft, in der ungünstigen Körperhaltung, ist in Kombination mit der Häufigkeit des Vorgangs ein verstärkender Risikofaktor für Muskel-Skelett-Erkrankungen.

Der Einsatz einer ergonomisch gestalteten, einfach zu bedienenden Hebehilfe zum Öffnen und Halten der Frontklappe führt zu einer deutlichen Entlastung der Mitarbeiter. Durch Reduzierung der Überkopfarbeit, der Rumpfneigung sowie der aufzubringenden Kräfte wird die Belastung im konkreten Beispiel um 90,0 EAWS-Punkte reduziert.

Flexible Produktionsabläufe sowie die große Variantenvielfalt erfordern jedoch eine spezielle Konzeption der Hebehilfe und steigern dadurch die Investitionskosten. Um sicherzustellen, dass die Mitarbeiter die Hebehilfe einsetzen, sollte zudem kein zeitlicher Mehraufwand bei ihrer Verwendung entstehen (zumindest sollte einer der beiden Mitarbeiter zeitlich entlastet werden). Außerdem müssen die Mitarbeiter weiterhin in der Lage sein, bei verschiedenen Fahrzeugmodellen flexibel zu arbeiten. Die Erfüllung dieser Prämissen ist eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz einer Hebehilfe und damit für die Belastungsreduzierung der Mitarbeiter. Die weitere detaillierte Bewertung zum Einsatz der Hebehilfe liefert folgende Ergebnisse:

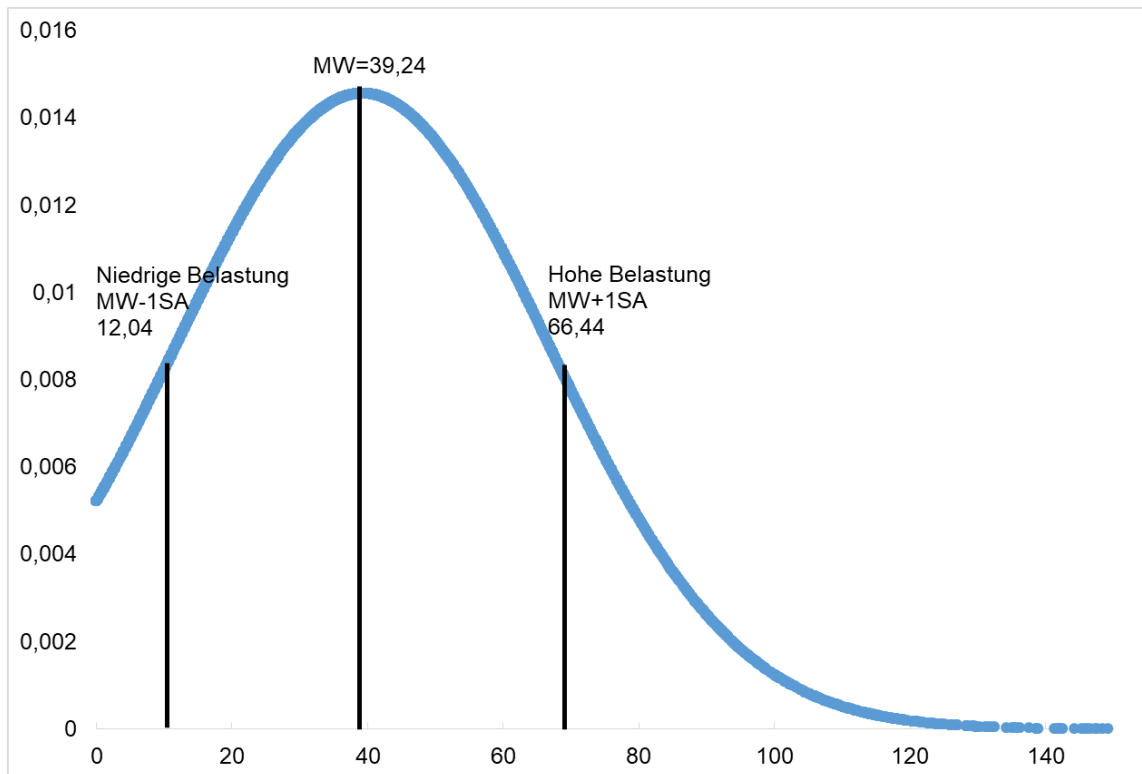
- es entstehen einmalige Investkosten für die Anschaffung,
- es wird insgesamt Fertigungszeit eingespart (obwohl das Öffnen der Klappe mit der Hebehilfe etwas länger dauert, wird Zeit eingespart, da das Klappenhandling für einen von zwei Mitarbeitern vollständig entfällt),
- die Produktionskosten können um ca. 2.300 € und die Ausfall- und Fehlerkosten um ca. 14.000 € pro Jahr reduziert werden.

### **3. Übertragung der Prognosefunktion von EAWS nach SERA**

Um die Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen, wurden für die beiden oben genannten Beispiele Ist- und Soll-Bewertungen in EAWS erstellt. Bei der BMW Group werden aber produktions- und produktionsnahe Arbeitsplätze mit der BMW-eigenen Methode SERA bewertet. Diese erlaubt u.a. die Visualisierung von Belastungen auf Körperbereiche. Die dafür erfassten Belastungen unterteilen sich in vier Cluster. Um die Kosten-Nutzen-Analyse zukünftig auf Basis vorhandener SERA-Bewertungen nutzen zu können, erfolgte die Übertragung der Prognosefunktion von EAWS auf SERA. Dazu wurden speziell die Werte des SERA-Clusters „Physische Belastung“ analysiert, da es, ähnlich wie der EAWS-Gesamtwert (Sektion 0 bis 3), die Belastungen durch ungünstige Körperhaltungen, Aktionskräfte und Lastenhandhabungen beinhaltet.

Für die Prognosefunktion auf SERA Basis wurden über 8500 Arbeitsplatzanalysen verschiedener Technologien für verschiedene Standorte ausgewertet. Aus den Punktwerten im Cluster „Physische Belastung“ wurde ein gewichteter Mittelwert gebildet. Mit Hilfe der gewichteten Standardabweichung (SA) konnte dann analog der bisherigen Vorgehensweise eine typisch „niedrige“ und eine typisch „hohe“ Belastung für die SERA-Punktwerte definiert werden. In dem Bereich zwischen „niedriger“ und „hoher“ Belastung, der dem Mittelwert  $\pm$  einer Standardabweichung entspricht, liegen unter Annahme einer Normalverteilung 68,47% der SERA-Werte für das physische Cluster (vgl. Abbildung 1). Die auf Basis der statistischen Analyse abgeleitete Prognosefunktion stellt sich für den Krankenstand (KS) und die Fehleranzahl (FA) nun wie folgt dar:

$$KS_{soll} = KS_{ist} \times \left(1 - \frac{(SERA_{ist} - SERA_{soll}) \times 37,49\%}{(66,44Pkt. - 12,04Pkt.) \times 100\%}\right) \quad FA_{soll} = FA_{ist} \times \left(1 - \frac{(SERA_{ist} - SERA_{soll}) \times 63,86\%}{(66,44Pkt. - 12,04Pkt.) \times 100\%}\right)$$



**Abbildung 1:** „Niedrige“ und „Hohe“ Belastung nach SERA (physisches Cluster)

#### 4. Erweiterung der Verfahrens um zusätzliche Aspekte

Neben der Übertragung der Prognosefunktion von EAWS auf SERA wurde das Tool zur Kosten-Nutzen-Analyse um zusätzliche Einflussfaktoren bzw. Effekte ergänzt:

- das Schaffen von Einsatzmöglichkeiten für Mitarbeiter mit Einschränkungen
- die Vermeidung besonders hoher Belastungsspitzen („roter Arbeitsplätze“).

Wenn durch eine Maßnahme Mitarbeiter mit Einschränkungen wieder eingesetzt werden können, hat das eine positive Auswirkung auf die laufenden Betriebskosten. Bisher wurde dieser Aspekt nicht explizit betrachtet, deswegen wurde das Tool um ein neues Kapitel erweitert. Wichtig zur Abschätzung der Auswirkung ist eine Vorher-Nachher Betrachtung der veränderten Wertschöpfung durch den Einsatz von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen. Im Tool eingegeben, wird die Anzahl der Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkung, die nach Durchführung der Maßnahme am Arbeitsplatz eingesetzt werden können, sowie der effektive Zugewinn an wertschöpfender Tätigkeit. Zur richtigen Definition der Eingabeparameter hilft die Beantwortung folgender Fragen. War der Mitarbeiter, der durch die Veränderung am Arbeitsplatz eingesetzt werden kann vor Anpassung des Arbeitsplatzes:

- gar nicht mehr einsetzbar?
- nur noch eingeschränkt einsetzbar?

Die Berechnung der Einsparung durch den vollständigen Wiedereinsatz basiert auf dem Bruttolohn des Fertigungsbereiches. Generell ist festzustellen, dass Maßnahmen, die neue Möglichkeiten zur Beschäftigung einsatzeingeschränkter Mitarbeiter schaffen, sehr schnell zu Einsparungen führen können und damit sehr effektiv sind.

Besonders hohe Belastungsspitzen können bereits für gesunde Personen zu Überbeanspruchungen des Muskel-Skelett-Systems führen (Caffier et al. 1999). Bisher hatte es keinen Einfluss, in welchem Farbbereich (rot, gelb, grün) die aktuelle Bewertung des Arbeitsplatzes liegt. Da rote Arbeitsplätze sehr kritisch einzustufen sind und langfristig mit einem hohen gesundheitlichen Risiko einhergehen, wird ein zusätzlicher Faktor in das Verfahren integriert, der den Effekt der Belastungsreduktion im Falle der Beseitigung einer roten Ampel verstärkt. Hintergrund dafür ist unter anderem eine Besonderheit des SERA-Verfahrens. Während die EAWS-Methode Belastungen anhand einer aggregierten Risikopunktzahl und einer Gesamtampel bewertet, wird im SERA auf Merkmals-, Cluster- und Gesamtbelastungsebene nach Ampelfarben bewertet. Eine positive Auswirkung im Tool ergibt sich nur, wenn sich die Ampelfarbe des Clusters „physische Belastungen“ von rot nach gelb oder grün ändert. Um zu positive, nicht realistische Prognosen der Verbesserung der Kranken- und Fehlerquote zu vermeiden, die durch die Anwendung des Zusatzfaktors auftreten können, wurden Obergrenzen von maximal 60% Verbesserung Krankenstand und maximal 90% Verbesserung Qualität definiert. Die genaue Festlegung von Zusatzfaktor und Maximalgrenzen ist jedoch noch nicht abgeschlossen und muss sowohl wissenschaftlich als auch anhand weiterer Praxiserfahrungen verifiziert werden.

## 5. Fazit

Das durch Illmann et al. 2018 publizierte Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsberechnung von Ergonomiemaßnahmen, das aktuell in Form eines Excel-Tools umgesetzt ist, konnte anhand von zwei automobilspezifischen Beispielen aus verschiedenen Produktionsbereichen erprobt werden. Bisher war es kaum möglich den ergonomischen Benefit einer Maßnahme in eine Kostenkalkulation einzubeziehen. Häufig werden deswegen Ergonomiemaßnahmen zugunsten anderer Ziele verworfen. Für beide Beispiele konnte ein positiver finanzieller Effekt für die Umsetzung der Maßnahmen prognostiziert werden. Die Ergebnisse der Berechnung wurden zur Argumentation der Maßnahmenumsetzung herangezogen. Zudem wurde das Tool um zusätzliche Aspekte erweitert und für eine Bewertung mit dem BMW-eigenen Bewertungsverfahren SERA befähigt. Ein erster Vergleich der beiden Berechnungsverfahren führte zu einer ähnlichen Prognose der finanziellen Einsparungen.

Im nächsten Schritt soll die ursprüngliche Funktion des Prognoseansatzes, vor allem die von Illmann et al. 2018 bezüglich der zur Berechnung herangezogenen Mittelwerte für Krankenstand (37,49%) und Qualität (63,86%) verifiziert werden. Dazu wird aktuell eine erweiterte Literaturrecherche durchgeführt. Eine von Renner et al. 2012 durchgeführte Studie ergab beispielsweise, dass die Mittelwerte für die Verbesserung des Krankenstandes (45,65%) aufgrund von ergonomischen Interventionen in vergleichbarer Höhe liegen. Auch die Studie von Seeley et al. 2003 berichtet von 50% eingesparten „workers compensation costs“ durch den Einsatz alternativer Werkzeuge.

## 6. Literatur

- Caffier, G., Steinberg, U., Liebers, F. (1999). Praxisorientiertes Methodeninventar zur Belastungs- und Beanspruchungsbeurteilung im Zusammenhang mit arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen. 1. Auflage. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH.
- Frieling, E. (2014) Theorie- und Methodendefizite der Arbeitswissenschaft - ein Zwischenruf! Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 68(4), 229–230.
- Fritzsche, L. (2010). Work Group Diversity and Digital Ergonomic Assessment as New Approaches for Compensating the Aging Workforce in Automotive Production. Dissertation, TU Dresden.
- Fritzsche, L., Wegge, J., Schmauder, M., Kliegel, M. & Schmidt, K.-H. (2014). Good ergonomics and team diversity reduce absenteeism and errors in car manufacturing. *Ergonomics*, 57 (2), 148–161.
- Illmann, B., Fritzsche, L., Goldhahn, L., Kaiser, N. (2018) Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbewertung von Ergonomie-Maßnahmen. GfA-Press, Dortmund.
- Hölzel, C. (2017) Belastungsreduzierung für das Hand-Arm-System bei manuellen Montagetätigkeiten. Dissertation, Technische Universität München.
- Seeley, P.A., Marklin R.W. (2003) Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Applied Ergonomics*, 34, 429-439.
- Renner JS1, de M Guimarães LB, de Oliveira PA. (2012) A socio-technical approach for improving a Brazilian shoe manufacturing system. *Work*, 41, 1743-1750, IOS Press.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten**

65. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft  
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

---

## **GfA-Press**

---

**Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019**

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,  
Technische Universität Dresden;  
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2019  
ISBN 978-3-936804-25-6

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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

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

**Screen design und Umsetzung**

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)