

Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbewertung von Ergonomie-Maßnahmen

Benjamin ILLMANN¹, Lars FRITZSCHE¹, Leif GOLDHAHN², Nadine KAISER²

¹ *imk automotive GmbH, Amselgrund 30, 09128 Chemnitz*

² *Hochschule Mittweida, Fakultät Ingenieurwissenschaften, InnArbeit – Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft
Technikumplatz 17, 09648 Mittweida.*

Kurzfassung: Der Beitrag widmet sich der Fragestellung, in wie weit sich die Vielzahl der durch Ergonomie-Maßnahmen verursachten Effekte prognostizieren und monetär darstellen lassen, sodass sie im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbewertung abgebildet werden können. Hierfür wurden 10 Effekte recherchiert, die sich mittels ca. 40 Kriterien prinzipiell bewerten lassen. Die angestrebte monetäre Quantifizierung differenziert nun in klassisches Berechnen, verallgemeinerte Prognosemodelle sowie nicht quantifizierbare Ansätze.

Schlüsselwörter: Ergonomiebewertung, EAWS, Wirtschaftlichkeit, ROI, Kosten-Nutzen-Rechnung

1. Einführung

Im Spannungsfeld zwischen Kosteneinsparung und Investition in ergonomische Arbeitsbedingungen für die Mitarbeiter reicht es oftmals nicht allein aus, allgemeine positive Effekte der Ergonomie gegenüber verschiedenen Stakeholdern darzustellen. Eine Entscheidung für derartige Investitionen können Entscheidungsträger normalerweise nur rechtfertigen, wenn sich diese auf ein positives Ergebnis einer Investitionsrechnung stützen. Aus diesem Grund müssen Arbeitswissenschaftler zunehmend die Sprache der Wirtschaft sprechen, um das Management zu überzeugen (vgl. Dul et al, 2012). Die Wirtschaftlichkeitsbewertung ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen stellt jedoch eine Herausforderung dar. Zwar ist die Ermittlung der Kosten einer Ergonomie-Maßnahme meist kein Problem, der Nutzen ist dagegen jedoch sehr facettenreich und kaum vollständig bewertbar. Erschwerend kommt hinzu, dass Ursache (Maßnahme) und Wirkung (Nutzen) mitunter zeitlich weit auseinander liegen, wodurch die Herstellung eines kausalen Zusammenhanges nicht immer möglich ist. Der Beitrag widmet sich daher der Fragestellung, in wie weit sich die Vielzahl der durch Ergonomie-Maßnahmen verursachten Effekte prognostizieren und monetär darstellen lassen, sodass sie im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbewertung abgebildet werden können.

2. Bewertungskriterien

Betrachtet man den aktuellen Stand der Forschung, ist festzustellen, dass Effekte ergonomischer Maßnahmen zwar mitunter monetarisiert werden, diese sich jedoch auf einzelne Faktoren beschränken und nur im Rahmen einer eindimensionalen Wirtschaftlichkeitsanalyse berechnet werden. Die Monetarisierungsansätze und Be-

wertungsgrößen sind dabei sehr unterschiedlich, einen Überblick zeigt Tabelle 1. Den meisten Veröffentlichungen ist gemein, dass sie die Wirtschaftlichkeit mittels statischer Amortisationszeit betrachten und retrospektiv durchgeführt wurden, also basierend auf im Nachhinein gewonnenen Erkenntnissen. In der Praxis sind jedoch Prognosen als Grundlage von Investitionsentscheidungen wichtiger.

Tabelle 1: Übersicht monetärer Nutzeffekte ergonomischer Maßnahmen

| Kriterium | Bezugsgröße | Monetarisierungsansätze in der Literatur |
|---------------------------------|--|---|
| Erkrankungen | Zielwert des Fehlzeitenstandes | 1%ige Abweichung vom Zielwert entspricht einem durchschnittlichen Jahresgehalt eines Mitarbeiters (Neubert 2013) |
| | Krankenstand | Personalkosten (Bruttolöhne inkl. Überstundenzuschläge) der temporären Ersatzmitarbeiter (de Looze et al. 2010, S. 320) |
| | | Lohnfortzahlung (Sozialkosten) für erkrankte Mitarbeiter (Kemmlert |
| | | Überstunden der gesunden Mitarbeiter zur Kompensation (ebd.) |
| Unfälle | Anzahl Unfälle | Direkte, wie Lohnersatz, medizinische Kosten, Versicherungsbeiträge des Unternehmens (rückwirkend wirksam) und indirekte Kosten, wie Materialverluste, Produktivitätsverluste und administrative Kosten (Lanoie & Tavenas 1996) |
| Qualität | Nacharbeit | Personalkosten der nacharbeitenden Mitarbeiter: $\text{Fehleranzahl} \cdot \frac{\text{\textcircled{0}} \text{ Behebungszeit}}{\text{Fehlertyp}} \cdot \text{Stundensatz}$ (Neubert 2013) |
| | Ausschuss | Materialkosten (Yeow & Sen 2006, Guimarães et al. 2012) |
| | Rücksendungen | Reparaturkosten (Yeow & Sen 2003) |
| Produktionsinput/ Produktivität | Fertigungszeit | Kosten der Fertigungszeit, auf Basis Lohnkosten (Neubert 2013) |
| | | Umsatz (Helander & Burri 1995; Yeow & Sen 2003) |
| | Anzahl Mitarbeiter | Personalkosten der eingesparten Mitarbeiter (de Looze et al. 2010; Kemmlert 1996) |
| | Materialverbrauch | Eingesparte Materialkosten (Loo & Yeow 2015) |
| Mitarbeiterzufriedenheit | Fluktuationsrate | Personalkosten des Personalmanagers für den Rekrutierungsaufwand für einen neuen Mitarbeiter (Kemmlert 1996) |
| | | Kosten für das Anlernen neuer Mitarbeiter (Kemmlert 1996) |
| | | Kosten aufgrund geminderter Produktivität neuer Mitarbeiter (Kemmlert 1996) |
| Personenkreis | Reintegrationen erkrankter Mitarbeiter | Lohnfortzahlung pro Jahr je rückgeführten Mitarbeiter (Neubert 2013) |

3. Verfahrensentwicklung

Die Anforderungen an das Verfahren leiten sich aus dem Arbeitsumfeld in industriellen Unternehmen der Automobilindustrie ab. Das Verfahren soll daher allgemeingültig für manuelle Tätigkeiten in den Bereichen Montage, Karosseriebau, Lackiererei oder manueller Bearbeitung (Komponentenfertigung) geeignet sein. Die Berechnung orientiert sich an den betriebswirtschaftlichen Bedarfen und enthält eine Amortisationsrechnung sowie die Kapitalwertmethode zur monetären Bewertung der ergonomischen Maßnahmen. Zudem soll es eine Prognose der Nutzeffekte vor der Maßnahmenumsetzung erlauben (Ex-ante). Weitere Anforderungen sind: Vollständigkeit (bzgl. der möglichen direkten und indirekten Nutzeffekte), Eindeutigkeit (eindeutiges Ergebnis zur Priorisierung von Maßnahmen), Transparenz in der Ergebnisdarstellung und Rechnerunterstützung in der MS Excel Umgebung.

Der zentrale Aspekt bei der Verfahrensentwicklung ist eine hinreichende Prognose von Effekten ergonomischer Maßnahmen, um eine quantitative Entscheidung für oder gegen eine Maßnahme herbeizuführen. Insbesondere bei den eindimensionalen Verfahren ergibt sich neben der generellen Problematik der Monetarisierung auch ein Problem hinsichtlich der quantitativen Prognose der indirekten Effekte. Zangemeister (2000) empfiehlt individuelle Schätzungen auf Basis betrieblicher Vergleichsfälle. Erfahrungen aus anderen Reorganisationsprojekten unter gleichen Bedingungen können helfen, Schätzwerte zu ermitteln. Wenn allerdings nachvollziehbare Ansatzpunkten zur quantitativen Prognose fehlen, sollte man die Effekte bevorzugt nutzwertanalytisch bewerten, um zu große Spekulationen zu vermeiden. Er sieht deshalb den Ansatz der mehrdimensionalen Verfahren als einzig adäquate und erfolgsversprechende Lösung für das Problem der Bewertung der Auswirkungen von Reorganisationsprojekten bzw. ergonomischen Maßnahmen an.

In diesem Sinne ist es zielführend möglichst viele Effekte in Zahlenwerte zu überführen. Die Monetarisierbarkeit lässt sich in drei Gruppen einteilen:

- monetär quantifizierbare Effekte (Betriebsmittelbedarf, Personalbedarf, Materialbedarf, Fertigungszeit)
- schwer (indirekt) monetär quantifizierbar Effekte (Krankenstand, Qualität, Fluktuation, Unfallhäufigkeit)
- nicht monetär quantifizierbare Effekte (Arbeitsmotivation, Zufriedenheit, Unternehmensimage, etc.).

Der Ansatz des entwickelten Verfahrens sieht daher eine Mehrstufigkeit vor, die sich aus der Monetarisierbarkeit von Nutzen-Faktoren ableitet.

- 1. Stufe: veränderte Produktionskosten
- 2. Stufe: veränderte Ausfallkosten und Fehlerkosten
- 3. Stufe: sonstige Faktoren (bisher nicht umgesetzt)

Gemäß der Empfehlung von Zangemeister (2000) besteht die Möglichkeit die dritte Stufe z.B. im Rahmen einer Nutzwertanalyse auszuwerten. Generell wäre es zwar denkbar eine monetäre Bewertung dieser Stufe vorzunehmen, mangels entsprechender Befunde der Forschung ist dann jedoch mit einer erheblichen Unschärfe zu rechnen, die das eigentliche Ergebnis stark beeinflussen würde.

Für den Krankenstand und die Fehleranzahl wurde jeweils ein Prognoseansatz gewählt, in dessen Rahmen die Vorhersage der Auswirkungen einer Ergonomie-Maßnahme in Abhängigkeit von der Veränderung der körperlichen Belastung erfolgt. Die körperliche Belastung wird dabei durch die entsprechende Punktzahl aus dem EAWS (Ergonomic Assessment Worksheet) für den Arbeitsplatz repräsentiert. Ein ähnliches Vorgehen wäre auch mit anderen Ergonomie-Bewertungsverfahren denkbar. Der Prognoseansatz umfasst die Recherche, Auswahl und statistische Auswertung geeigneter Studien. Zur Überführung in eine Prognosefunktion sind diverse Annahmen zu treffen, welche im Weiteren diskutiert werden.

Zur Ermittlung der Prognosefunktion wurden Veröffentlichungen zu Effekten ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen recherchiert, die einen unmittelbaren Fertigungsbezug haben. Studien in fertigungsfernen Branchen (z.B. Einzelhandel oder Pflege) wurden für die Auswertung nicht herangezogen. Tabelle 2 zeigt die Auswertung der Studien sowie einen Mittelwert der Effekte. Dieser Wert ist für eine Prognosefunktion erforderlich, jedoch ist anzumerken, dass aufgrund mangelnder Vergleichbarkeit der Kenngrößen, des Studiendesigns, der Betrachtungszeiträume und der ungleichen Definition einer „hohen“ und „niedrigen“ Belastung eine Ungenauigkeit zu erwarten ist. Die hohe Standardabweichung bestätigt dies.

Tabelle 2: Auswertung von Effekten ergonomischer Maßnahmen auf die Kenngrößen „Krankenstand“ und Fehleranzahl (Buchstabe ID: klein = Längsschnittstudie, groß = Querschnittstudie)

| Zusammenhang körperliche Belastung und Kenngröße „Krankenstand“ | | | | | | |
|---|----|---------------------------|--|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Nr. | ID | Studie | Kenngröße | Kenngröße (vor bzw. rot) | Kenngröße (nach bzw. grün) | Auswirkung (vor > nach) |
| 1 | a | Hendrick 1996 (S. 5) | Krankenstand | 8,00% | 2,00% | -75,00% |
| 2 | b | Kemmlert 1996 (CS I) | Krankenstand | - | - | -5,00% |
| 3 | c | Kemmlert 1996 (CS III) | Krankenstand | 30,00% | 20,00% | -33,33% |
| 4 | d | Laitinen et al. 1997 | Krankenstand | 12,80% | 12,50% | -2,34% |
| 5 | e | McKenzie et al. 1985 | verlor. Arbeitstage | 1224 | 162 | -86,76% |
| 6 | f | Moore 1994 | verlor. Arbeitstage | 225 | 31 | -86,22% |
| 7 | g | Neumann et al. 2006 | Krankenstand | 9,00% | 8,30% | -7,78% |
| 8 | h | Parentmark et al. 1993 | Krankenstand | 17,00% | 13,70% | -19,41% |
| 9 | i | Wickström et al. 1993 | Krankentage | 3,1 | 1,9 | -38,71% |
| 10 | F | Fritzsche et al. 2014 | Ø Fehlzeitendauer | 12,88 | 10,26 | -20,34% |
| Mittelwert | | | | | | -37,49% |
| Standardabweichung | | | | | | 31,66% |
| Zusammenhang körperliche Belastung und Kenngröße „Fehleranzahl“ | | | | | | |
| 1 | A | Almgren & Schaurig 2012 | Ø Fehleranzahl pro Minute | 12,68 | 4,79 | -62,22% |
| 2 | B | Eklund 1995 | Anzahl an Qualitätsmängeln | 4088,00 (25%) ^{1*} | 4154,00 (75%) ^{1*} | -66,13% |
| 3 | C | Falck et al. 2010 | Gesamtanzahl an Qualitätsfehlern ^{2*} | 5244,00 | 1733,00 | -66,95% |
| 4 | D | Falck et al. 2012 | Anzahl an Fehlern | 5045,00 | 746,00 | -85,21% |
| 5 | E | Falck & Rosenqvist 2014 | Gesamtanzahl an Fehlern ^{2*} | 5045,00 | 650,00 | -87,12% |
| 6 | F | Fritzsche et al. 2014 | Fehlerzahl je Teammitglied | 37,25 | 20,79 | -44,19% |
| 7 | G | Ivarsson & Eek 2016 | Anzahl an Q.-Abweichungen | 43,50 | 29,00 | -33,33% |
| 8 | H | Sandström & Svensson 1996 | Ø Anzahl an Q.-Mängeln | 4,85 (11%)* | 13,45 (89%)* | -65,72% |
| Mittelwert | | | | | | -63,86% |
| Standardabweichung | | | | | | 17,09% |
| ^{1*} Die Tätigkeiten besaßen den angegebenen Anteil an Montagezeit, die zur Berechnung in Relation gesetzt wurden. . ^{2*} Entgegen der anderen Studien, wurden hier nicht nur werkseitige, sondern auch kundenseitige Fehler einbezogen. | | | | | | |

Basierend auf dieser Literaturrecherche erfolgte die Entwicklung einer Prognosefunktion. Dafür wurden die Mittelwerte der Effekte sowie die Definition von hoher und niedriger Belastung in Form der EAWS-Bewertung verwendet und in eine Funktion überführt. Die Definition „hoher“ und „niedriger“ Belastung erfolgte mittels der Auswertung einer realen Ergonomielandkarte mit ca. 120 bewerteten Arbeitsplätzen, wobei der Mittelwert der Punkte von rot (67,33 Pkt.) und grün (14,63 Pkt.) analysierten Arbeitsplätzen gegenübergestellt wurde. Dieser Prognoseersatz wurde im Rahmen eines Expertenworkshops (N = 9) erarbeitet und ist für den Krankenstand (KS) sowie die Fehleranzahl (FA) nachfolgend dargestellt:

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

Es wird also von einem linearen Zusammenhang ausgegangen. In der Literatur fand sich keine Quelle, welche quantitative Aussagen über diesen Zusammenhang liefert, so dass eine entsprechende Vereinfachung akzeptabel scheint. Darüber hinaus wird im erzeugten Verfahren davon ausgegangen, dass die Effekte sofort und nachfolgend konstant eintreten, wenngleich in der Realität kaum davon auszugehen ist. Auch dafür fand sich keine Quelle, die eine Zeitabhängigkeit hinreichend quantitativ beschreibt.

4. Fallbeispiel

Bei einem Automobilhersteller wurden mehrere Maßnahmen zum Test des Verfahrens hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit geprüft. Wie in Tabelle 3 ersichtlich liefert das Verfahren je nach Stufe der Betrachtung unterschiedliche Ergebnisse. So hat Maßnahme 1 (z.B. Hilfsmiteileinsatz) zwar kurzfristig die längere Amortisationszeit und eine geringere Einsparung der Produktionskosten, kann jedoch gegenüber Maßnahme 2 (z.B. Entfall manueller Prüfung) nach 5 Jahren einen höheren Kapitalwert aufweisen. Es wird deutlich, dass die oft gewünschte Kennzahl „Kosten pro Ergonomie-Punkt“ eine verfälschte Einschätzung liefert. Auch die reine Berechnung der Produktionskosten wird einer vollständigen Einschätzung nicht gerecht. Erst die Einbeziehung der Ausfall- und Fehlerkosten lässt eine realistische Bewertung der Investition zu.

Tabelle 3: Gegenüberstellung verschiedener Fallbeispiele

| | Parameter | Maßnahme 1 | Maßnahme 2 |
|---------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Eingabe | Ergonomieverbesserung | - 5 Pkt. | - 30 Pkt. |
| | Investkosten | 5.000 € | 400 € |
| | Fehlerkosten pro Jahr (IST-Stand) | 77.000 € | 420 € |
| | Zeitersparnis | 0,26 min | 0,28 min |
| Ausgabe | Reduktion Produktionskosten pro Jahr | 10.300 € | 11.300 € |
| | Reduktion Ausfallkosten pro Jahr | 90 € | 380 € |
| | Reduktion Fehlerkosten pro Jahr | 4.700 € | 150 € |
| | Amortisationszeit | 0,4 Jahre | 0,05 Jahre |
| | Kapitalwert nach 5 Jahren | 68.300 € | 56.800 € |

5. Fazit

Im Ergebnis der Arbeit liegt ein praxisnahes Bewertungsverfahren zur Kosten-Nutzen-Rechnung von arbeitsgestalterischen Maßnahmen vor, welches prototypisch als Microsoft Excel®-Tool umgesetzt und an Beispielen der Automobilindustrie erprobt wurde. Das Bewertungstool kann Arbeitswissenschaftler und Ingenieure in der Planungsphase dabei unterstützen, empfohlene Ergonomie-Maßnahmen hinsichtlich Ihrer Wirtschaftlichkeit zu bewerten und miteinander zu vergleichen. Es ist zu berücksichtigen, dass dieses Verfahren gewisse Ungenauigkeiten bei der Prognose beinhaltet, die durch die Komplexität des Problems und der heterogenen Datenlage bedingt sind. Hier wäre eine umfangreichere Metaanalyse wünschenswert, wenngleich wahrscheinlich nur wenig zusätzliche geeignete Studien zu finden sind. Die notwendigen Vereinfachungen (lineare Zusammenhänge, Superposition unterschiedlicher Studien, sofortiger Eintritt der Wirksamkeit) reduzieren zwar die Aussagekraft der Kapitalwerte und Amortisationszeiten, welche durch das Verfahren erzeugt werden.

Dennoch können nun Ergonomie-Maßnahmen deutlich plausibler miteinander verglichen und bzgl. Ihrer Wirksamkeit realistischer eingeschätzt werden.

6. Literatur

- Almgren, J., Schaurig, C. (2012) The influence of production ergonomics on product quality: A research project conducted at a paced assembly line. Gothenburg: Chalmers University of Technology: Master of Science Thesis.
- de Looze, M. P., Vink, P., Koningsveld, E. A. P., Kuijt-Evers, L., van Rhijn, J. W. (2010) Cost-effectiveness of ergonomic interventions in production. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries* 20(4):316-323.
- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., Wilson, J. R., van der Doelen, B. (2012). A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession. *Ergonomics*, 55 (4): 1-27.
- Eklund, J. A. E. (1995): Relationships between ergonomics and quality in assembly work. *Applied Ergonomics* 26(1):15-20.
- Falck, A.-C., Örtengren, R., Högberg, D. (2010) The impact of poor assembly ergonomics on product quality: A cost-benefit analysis in car manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries* 20(1):24-41.
- Falck, A.-C., Örtengren, R., Rosenqvist, M. (2012) Relationship between complexity in manual assembly work, ergonomics and assembly quality. URL: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/local_162543.pdf>
- Falck, A.-C., Rosenqvist, M. (2014) A model for calculation of the costs of poor assembly ergonomics (part 1). *International Journal of Industrial Ergonomics* 44(1):140-147.
- 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.
- Guimarães, L. B. de M., Ribeiro, J. L. D., Renner, J. S. (2012) Cost-benefit analysis of a socio-technical intervention in a Brazilian footwear company. *Applied Ergonomics* 43(5):948-957.
- Helander, M. G., Burri, G. J. (1995) Cost effectiveness of ergonomics and quality improvements in electronics manufacturing. *International Journal of Industrial Ergonomics* 15(2):137-151.
- Hendrick, H. W. (1996) Good ergonomics is good economics. *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings* 40(1):1-15.
- Ivarsson, A., Eek, F. (2016) The relationship between physical workload and quality within line-based assembly. *Ergonomics* 59(7):913-923.
- Kemmlert, K. (1996) Economic Impact of Ergonomic Intervention – Four case studies. *Journal of Occupational Rehabilitation* 6(1):17-32.
- Laitinen, H., Saari, J., Kuusela, J. (1997) Initiating an innovative change process for improved working conditions and ergonomics with participation and performance feedback: A case study in an engineering workshop. *International Journal of Industrial Ergonomics* 19(4):299-305.
- Lanoie, P., Tavenas, S. (1996) Costs and benefits of preventing workplace accidents: the case of participatory ergonomics. *Safety Science* 24(3):181-196.
- Loo, H. S., Yeow, P. H. P. (2015) Effects of two ergonomic improvements in brazing coils of air-handler units. *Applied Ergonomics* 51:383-391.
- McKenzie, F., Stormont, J., van Hook, P., Armstrong, T. J. (1985) A program for control of repetitive trauma disorders associated with hand tool operations in a telecommunications manufacturing facility. *American Industrial Hygiene Association Journal* 46(11):674-678.
- Moore, J. S. (1994) Flywheel truing - a case study of an ergonomic intervention. *American Industrial Hygiene Association Journal* 55(3):236-244.
- Neubert, N. (2013) Return-on-Investment in der Arbeitswissenschaft: Qualitäts- und Produktivitätsverbesserungen durch ergonomische Arbeitsplatzgestaltung. Uni Darmstadt: Institut für Arbeitswissenschaft, Dissertation
- Neumann, W. P., Winkel, J., Medbo, L., Magneberg, R., Mathiassen, S. E. (2006) Production system design elements influencing productivity and ergonomics: A case study of parallel and serial flow strategies. *International Journal of Operations & Production Management* 26(8):904-923.
- Parenmark, G., Malmkvist, A.-K., Örtengren, Roland (1993) Ergonomic moves in an engineering industry: Effects on sick leave frequency, labor turnover & productivity. *International Journal of Industrial Ergonomics* 11(4):291-300.
- Sandstrom, R., Svensson, I. (1996) Konsekvenser av monteringsovanliga artiklar SAAB 900 [Consequences of parts difficult to assemble Saab 900]: In: Eklund, Jorgen A. E. (Hrsg.): *Ergonomi, produktivitet, kvalitet—sex praktiska fall*. Linköping, Sweden: Linköping University of Technology, Division of Industrial Ergonomics. 29-38
- Wickström, G., Hyytiäinen, K., Laine, M., Pentti, J., Selonen, R. (1993) A five-year intervention study to reduce low back disorders in the metal industry. *International Journal of Industrial Ergonomics* 12(1-2):25-33.
- Yeow, P. H. P., Sen, R. N. (2003) Quality, productivity, occupational health and safety and cost effectiveness of ergonomic improvements in the test workstations of an electronic factory. *International Journal of Industrial Ergonomics* 32(3):147-163.
- Yeow, P. H. P., Sen, R. N. (2006) Productivity and quality improvements, revenue increment, and rejection cost reduction in the manual component insertion lines through the application of ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics* 36(4):367-377.
- Zangemeister, C. (2000) Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse (EWA): Grundlagen, Leitfaden und PC-gestützte Arbeitshilfen für ein "3-Stufen-Verfahren" zur Arbeitssystembewertung. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Fb 879: Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

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 Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

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

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de