Hubert Biedermann (Hrsg.)

Industrial Engineering und Management

Beiträge des Techno-Ökonomie-Forums der TU Austria

Mit einem Geleitwort von
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wilfried Eichlseder

Springer Gabler

Herausgeber
Hubert Biedermann
Leoben, Österreich

Techno-ökonomische Forschung und Praxis
ISBN 978-3-658-12096-2 ISBN 978-3-658-12097-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-12097-9

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Springer Gabler
© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.
Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Fachmedien Wiesbaden ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort V

Vorwort VII

Inhaltsverzeichnis IX

Employability: Welche Kompetenzen fordern Unternehmen von TU-Absolventen? 1

Ulrich Bauer

Informationssystemdesign für Produktionssysteme der Zukunft 23

Gerald Lichtenegger, Wolfgang Vorraber, Christoph

Wolfsgruber, Siegfried Vössner

Einfluss der Maker Movement auf die Forschung und Entwicklung . 43

Christian Ramsauer, Matthias Friessnig

Agile Produktion - Ein Produktionskonzept für gesteigerten Unternehmenserfolg in volatilen Zeiten 63

Christian Ramsauer, Christian Rabitsch

Technologischer Fortschritt als Treiber von Geschäftsmodellinnovationen 83

Stefan Vorbach

Techno-Ökonomie: Entwurf eines interdisziplinären Bezugsrahmens für Lehre und Forschung im Schnittstellenbereich angewandte Naturwissenschaften und angewandte Sozialwissenschaften 103

Bernd M. Zunk

Lean Smart Maintenance 119

Hubert Biedermann

Change Management bei der Entwicklung von Performance Management Systemen 143

Bernd Kleindienst, Hubert Biedermann

Referenzmodellierung - Eine Möglichkeit zur Strukturgebung innerhalb der Informationslogistik? 165
Susanne Altendorfer-Kaiser

Management von Produkt- und Prozesskomplexität aus logistischer Sicht 177
Helmut Zsifkovits

Forschungsbericht zum Projekt "Die Dynamik von Asset Swap Spreads am europäischen Markt für Unternehmensanleihen" 193
Wolfgang Aussenegg

Experimentelle Analyse und Optimierung IT-gestützter interdisziplinärer Planungsprozesse 203
Michael Filzmoser, Iva Kovacic

Perspektiven zur Gestaltung menschlicher Arbeit im Industrial Engineering 211
Peter Kuhlang, Thomas Finsterbusch, Thomas Weber

Forschungsbericht zum Projekt: „Bewertung von Rücklösungsverpflichtungen in der Münze Österreich AG" 227
Astrid Bös, Walter S.A. Schwaiger

Forschungsbericht zum Projekt: „Kosten und CO_2-Emissionen im Produktionsnetzwerk von Magna Europe" 237
Sebastian Rötzer, Walter S.A. Schwaiger

Auf dem Weg zur Industrie 4.0 – ein dreistufiges Vorgehensmodell 247
Selim Erol, Andreas Schumacher, Wilfried Sihn

Ansatz zur Bewertung der Abfallentstehung im Wertstrom 267
Alexander Sunk, Thomas Edtmayr, Wilfried Sihn

Autorenverzeichnis 283

Perspektiven zur Gestaltung menschlicher Arbeit im Industrial Engineering

Peter Kuhlang, Thomas Finsterbusch, Thomas Weber

Institut für Managementwissenschaften - Bereich Betriebstechnik und Systemplanung/ Technische Universität Wien

1. Einleitung
2. Von Therbligs zu MTM-Prozessbausteinen
3. Ergonomic Assessment Worksheet (EAWS)
4. Die Entwicklung des MTM-Bausteinsystems Human Work Design (MTM-HWD®)
5. Beschreibung menschlicher Arbeit mit dem Bausteinsystem MTM-HWD®
6. Bewertung menschlicher Arbeit mit dem Bausteinsystem MTM-HWD®
7. Zusammenfassung und Ausblick
8. Literatur- und Quellenangaben

H. Biedermann (Hrsg.), *Industrial Engineering und Management,* Techno-ökonomische Forschung und Praxis, DOI 10.1007/978-3-658-12097-9_13, © Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

Abstract

Im Industrial Engineering bzw. Industrial Management ist vor dem Hintergrund der Entwicklungen rund um die Industrie 4.0 eine fundierte Kenntnis der Prinzipien und der Grundlagen manueller Arbeit bzw. guter Arbeitsgestaltung ganz wesentlich. Die Planung und Gestaltung produktiver, menschlicher Arbeit auf Grundlage einer international anerkannten, belastbaren und bewährten Bezugsgröße wird in der Smart Factory besondere Bedeutung erlangen, da Menschen, Maschinen und Computer sowie weitere Ressourcen unmittelbar miteinander kommunizieren und interagieren (werden).

Die in jüngster Zeit entstandenen MTM (Methods- Time Measurment) -Prozessbausteine mit immanenter Modellbildung für Soll-Zeiten und physische Gefährdungen eröffnen neue Möglichkeiten ganzheitlicher und interdisziplinärer Arbeits(-system-)gestaltung. Durch die Verzahnung und Verbindung komplexer ergonomischer (biomechanischer) und arbeitsmethodischer (zeitlicher) Bewertungsverfahren besteht nun bereits in frühen Phasen im Produktentstehungsprozess (PEP) die Möglichkeit Kosten- und Risikovermeidung zu betreiben (Kuhlang 2015).

In diesem Beitrag werden daher Ansätze und Methoden dargestellt, die das Ziel verfolgen die Qualität der Beschreibung und der Gestaltung manueller Arbeit(-sabläufe) sowie von Arbeitssystemen zu verbessern. Die Ergonomie-Bewertungsmethode EAWS (Ergonomic Assessment Worksheet) und das neue MTM-Bausteinsystem Human Work Design werden näher beleuchtet. Diese Beschreibungs- und Bewertungsstandards menschlicher Arbeit beinhalten erstmals alle relevanten Einflussgrößen, die sowohl aus Sicht biomechanischer Bewertungsverfahren als auch zur zeitlichen Bewertung von Arbeitsabläufen notwendig sind und bieten somit im Industrial Engineering ganz neue Perspektiven, um menschliche Arbeit zu gestalten.

1 Einleitung

Mit Modellen zu arbeiten heißt sich mit wohldefinierter Absicht soweit von der Realität zu entfernen, dass die Betrachtung auf etwas Wesentliches zu konzentrieren ist. Dies bietet enorme Vorteile beim Erkenntnisgewinn. Schließlich wird der Blick nicht durch unwesentliche Details „verstellt". Auf der anderen Seite müssen Modelle valide sein. Das bedeutet, dass die aus ihnen gewonnenen Erkenntnisse auf die Realität zu übertragen sind. Hierin besteht das praktische Problem jeglicher Modellbildung. Denn wie schnell ist etwas scheinbar verständlich gemacht, indem man unzulässig vereinfacht, d.h. Wesentliches im Modell „weglässt" und so zu Schlüssen kommt, welche zwar im Modell richtig sind, aber nicht auf die Realität zu übertragen.

Gerade Industrial Engineers setzen sich dieser Gefahr in hohem Maße aus, denn ihre Aufgabe besteht in nichts Geringerem als in der Modellierung menschlicher Arbeit. Sie versuchen den Menschen, der noch von keiner Wissenschaftsdisziplin vollständig verstanden ist, so zu beschreiben, dass sein industrieller Arbeitseinsatz planbar, vorhersehbar wird. Denn genau das verlangt wirtschaftliche Unternehmensführung: Effizienter Einsatz der Ressource Mensch. Und hier hilft keine „Rückspiegel-Perspektive", d. h. keinem Arbeitsplaner nutzt es zu wissen, wieviel wertvolle Ressourceneinsatzzeit in der Vergangenheit verbraucht wurde und welche körperlichen Schäden daraus ggf. resultierten.

Solches Vorgehen wird jedoch vielfach noch als Stand der Technik wahrgenommen. Denn retrospektive Datenermittlungs- und Bewertungsmethoden bildeten lange Zeit das Instrumentarium des IE. Damit konnte man aus Vergangenheitsdaten heraus mutmaßen, wie sich die Ressource Mensch in Zukunft wohl verhalten wird, ohne den Menschen ausreichend verstehen zu müssen. Nur durch Statistik und die damit verbundenen Grundgesamtheiten an Ist-Daten ließen sich so gewonnene Zukunftsprognosen absichern. Statistik ist jedoch als nachgeschaltete Modellbildung zu verstehen, der vorausgesagte Sachverhalt ist mit statistischer Wahrscheinlichkeit richtig, solange alles so bleibt wie es in der untersuchten Grundgesamtheit war (Bokranz und Landau 2012). Für industrielle Massenproduktion im

20.Jahrhundert reichte diese Modellbildung auch aus, denn Innovations- und Veränderungszyklen waren oft ausreichend lang, um „unsichere" Anlaufphasen später wieder überkompensieren zu können. Anlaufverluste und Lernkurven waren in traditionellen industriellen Produktionssystemen kalkuliert.

Anders sieht die industrielle Produktion des beginnenden 21. Jahrhunderts aus: Begriffe wie Individualisierung, Flexibilisierung, One-Piece-Flow, Wandlungsfähigkeit etc. prägen die Diskussion um aktuelle Produktionskonzepte. Vergleichsweise kurze Produktlebenszyklen sind die praktische Folge stetig steigender Innovationsraten. Bevor sich ein Arbeitssystem „einschwingen" kann, steht sein Zweck schon wieder zur Disposition. Anlaufverluste werden unter weltweitem Kostendruck von produzierenden Unternehmen nicht akzeptiert. Veränderung ist Tagesgeschäft, stabile Grundgesamtheiten industrieller Arbeitsprozesse sucht man zunehmend vergebens. Die nachgeschaltete Modellbildung für Arbeitsabläufe versagt ihre Zuverlässigkeit in diesem z. T. turbulenten Umfeld. Vielmehr benötigt man experimentierfähige Modelle menschlicher Arbeit. Gleichzeitig verlangen solche Modelle mehrere Ergebnisgrößen. Denn alles, was man bislang an statistisch abgesicherten Bewertungen aus Ist-Abläufen gewonnen hat, muss auch das Modell liefern, wenn die Ist-Datenbasis „plötzlich" wegbricht.

An dieser Stelle ist folglich Pionierarbeit zu leisten, etwas was den Entwicklern von MTM und ähnlicher Systeme bereits in der ersten Hälfte des 20.Jahrhunderts zuzuschreiben ist. Denn ihnen gelangen erste Modellbildungen zur menschlichen Arbeit, freilich auf eine Ergebnisgröße beschränkt, die Prognose des Zeitverbrauchs. Dennoch sind ihre Arbeiten von großem Wert, denn es konnten erstmals parametrisierbare Grundbausteine menschlicher Arbeitsbewegungen identifiziert werden eine Modellierungsgrundlage, welche heute nach nahezu sechs Jahrzehnten Anwendung als überaus valide einzuschätzen ist. Eine zur Planung menschlicher Arbeit hinreichende Modellierung des Arbeitsvollzugs steht aber nach wie vor als bedeutsame Herausforderung, nicht nur im Industrial Engineering, sondern in vielen Fachdisziplinen. Denn der Mensch ist im Modell des Arbeitssystems das hinsichtlich seiner Funktion komplizierteste Element (Bokranz und Landau, 2012). Das Arbeitssystem-Modell wird im Industrial Engineering als soziotechnisches System verwendet, welches die Ressourcen Mensch und Betriebsmittel bei

der Aufgabenerfüllung abbildet. Dazu beschreibt man neben den beiden Ressourcen die Ein- und Ausgabe sowie den Arbeitsablauf, die Arbeitsaufgabe und die wirkende Umwelt.

In der Möglichkeit der detaillierten Modellierung von Arbeitsmethoden liegt vor diesem Hintergrund die mit Abstand bedeutendste funktionelle Eigenschaft des MTM-Verfahrens. Sie wird als Modellbildungsimmanenz beschrieben und entfaltet ihre Wirkung insbesondere bei der Gestaltung von Arbeitssystemlayouts (Bokranz und Landau 2012, S.100). Die Arbeitsmethode steht für das Modell des Ablaufs beim Menschen. Den Begriff wird man definitorisch korrekt nur für Soll-Abläufe, also das im Mittel Machbare, den reproduzierbar erreichbaren Ablauf verwenden. Denn die bei der Modellbildung berücksichtigten Einflussgrößen des Soll-Zeitbedarfs der Arbeitsmethode und von physischen Gefährdungen für die Arbeitsperson sind die Gestaltparameter des Arbeitsplatzes bzw. des Arbeitsbereichs. In Verbindung mit den bei MTM „eingebauten" Ergebnisparametern, allem voran die Soll-Zeit, lassen sich Layoutvarianten für das Arbeitssystem bereits im Entwurf bzgl. ihrer Produktivitätswirksamkeit bewerten, eine notwendige Voraussetzung für planerische Perfektion. Beim MTM-Verfahren ist dieser Aspekt in den funktionellen .Eigenschaften Simulationsfähigkeit und Komplexitätsvariation beschrieben. Zudem ist dem MTM-Prozessmodell eine einheitliche Bezugsleistung immanent, die MTM-Normleistung. Damit sind die bei der messenden Zeitstudie notwendigen Leistungsbeurteilungen zur Soll-Zeitbildung hinfällig. Insofern scheint es logisch, Modelle für den Menschen im Arbeitsprozess auf Basis von MTM-Bausteinen zu bilden.

2 Von Therbligs zu MTM-Prozessbausteinen

Mit der Entwicklung der Therbligs durch Frank Bunker GILBRETH gelang es erstmals ein Bewegungsmodell des Menschen bei der Ausführung von Arbeit zu erstellen. Ein Therblig (z. B. Auswählen, Ergreifen, Festhalten, Einführen), auch als Bewegungselement (True Elements of Work) bezeichnet, beschreibt bzw. steht für ein „Stück" des Bewegungsablaufes (Landau 2013). Ein charakteristisches

Merkmal der Therbligs ist die Verwendung von Symbolen, mit Hilfe derer in verkürzter, allgemein verständlicher Form menschliche Arbeitsabläufe dargestellt werden. Zum einen ermöglicht eine solche Darstellung sog. Verschwendungen im Arbeitsablauf, deren Ursachen sowie die Möglichkeiten zur deren Beseitigung aufzuzeigen. Andererseits beinhaltet eine solche Beschreibung nur das, was zu tun ist (Arbeitsmethode) und nicht, wie bzw. in welcher individuellen Ausprägung es getan wird (Arbeitsweise). Nicht erfasst werden zudem Parameter (z. B. Gewichte, Fügetoleranzen, Bewegungslängen) einschließlich ihrer zeitlichen Auswirkung. Dieser Schritt wurde erst durch die Entwicklung von Prozessbausteinsystemen wie MTM oder WF (Work-Factor) ermöglicht.

Ursprünglich wurden diese Prozessbausteinsysteme ihrem Hauptverwendungszweck zur damaligen Zeit entsprechend als Systeme vorbestimmter Zeiten (SvZ) bezeichnet. Aus heutiger Sicht ist diese Kategorisierung kontraproduktiv und irreführend (Landau 2013, S.113). Der eigentliche Kern und die essentielle Intention der MTM-Anwendung ist die Modellierung (die Beschreibung und Bewertung) von Arbeitsabläufen (also die Bildung von Bewegungsmodellen) und deren Gestaltung, da die Zeitermittlung immanent erfolgt (Schmauder et al. 2014).

Die Entwicklung von MTM-Bausteinsystemen beruht auf den Prinzipien der Prozessbaustein-Aggregation, bei denen einzelne Prozessbausteine (z.B. MTM-1 Grundbewegungen) zu komplexeren Prozessbausteinen (z. B. MTM-2 Bewegungsfolgen oder MTM-UAS Grundvorgängen) zusammengefasst werden. Auch wenn sich die Art der Aggregation von Bausteinsystem zu Bausteinsystem unterscheidet, so erfolgte die Entwicklung eines höher aggregierten Bausteinsystems stets nach derselben Methodik.

In der betrieblichen Anwendung werden die mit MTM-Bausteinsystemen (vor allem mit MTM-UAS) erstellten Ablaufbeschreibungen zunehmend auch für weitere Bewertungen herangezogen, besonders bei der Anwendung von Ergonomie-Bewertungsverfahren (z.B. EAWS Ergonomic Assessment Worksheet). Dabei wurde festgestellt, dass der Informationsgehalt, also die Anzahl der Einflussgrößen der MTM-Bausteinsysteme, ungenügend und die Bausteingranularität (z.B. MTM-UAS Grundvorgänge) nicht hinreichend genau sind. Des Weiteren erstreckt

sich die Anwendung der MTM-Bausteinsysteme sowie der Ergonomie-Bewertungsverfahren zunehmend auf den kompletten Produktentstehungsprozess (Konstruktion, Planung, Fertigung) mit dem Ziel, möglichst zeitlich und ergonomisch optimierte Arbeitsplätze und -prozesse zu gestalten.

Die aktuelle Entwicklungsstufe der MTM-Bausteinsysteme repräsentiert mit Human Work Design (MTM-HWD®) die Erweiterung der Zeiteinflussgrößenmodellierung in MTM-Bausteinen um ergonomierelevante Parameter des Arbeitssystems, wodurch zunehmend ganzheitliche MTM-Prozessbausteine entstehen und nutzbar werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Wichtige Entwicklungsstufen hin zu MTM-Prozessbausteinen. (Finsterbusch und Weber 2015, S.118)

		Normzeit	Normzeit
	Zeit	Zeiteinflussgrößen	Prozesseinflussgrößen
Therbligs	Therbligs	Grundbewegungen	Prozessbausteine
Bewegungsstudium	MTA- Motion-Time Analysis	MTM-1 MTM-Grundsystem	MTM-Bausteinsystem

Nachfolgend wird der Einfluss von ergonomierelevanten Einflussgrößen auf die Entwicklung von Bausteinsystemen am Beispiel des biomechanischen Belastungsbewertungsverfahrens EAWS beschrieben.

3 Ergonomic Assessment Worksheet (EAWS)

Die Durchführung von Gefährdungsbeurteilungen bzw. Risikoanalysen und daher auch die Bewertung und Beurteilung ergonomischer Risiken sind in zahlreichen europäischen Staaten für Arbeitgeber verpflichtend und deren Anwendung in zahlreichen Gesetzen, wie bspw. dem Arbeitsschutzgesetz (§§ 3 bis 6) in Deutschland, verankert (Bierwirth et al. 2012, S.4409).

Das EAWS ist ein First-Level Risikobewertungsverfahren für biomechanische Belastungen (des gesamten Körpers und der oberen Extremitäten), das vorwiegend in industriellen Arbeitsumfeldern zur präventiven und korrektiven ergonomischen Gestaltung von Arbeitssystemen eingesetzt wird (Lavatelli et al. 2012;Mühlstedt et al. 2012, S.411). Es ermöglicht – bereits in frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses eine Gesamtrisikobewertung über alle körperlichen Belastungen,

denen ein Mitarbeiter während seiner Tätigkeitsausführung ausgesetzt sein kann (Schaub et al. 2012, S.3).

Die Bewertungsgrundlagen des EAWS entstammen einschlägigen internationalen (ISO), europäischen (CEN) und nationalen (DIN) Normen (Schaub et al. 2012, S.2), (inter-) national anerkannten Bewertungsverfahren ((Schaub et al. 2012, S.2) und einschlägigen Literaturquellen (z.B. Publikationen, Dissertationen). In Teilbereichen wurde auch direkt auf physiologische, biomechanische, psychophysische und epidemiologische Bewertungsansätze zurückgegriffen (Schaub et al. 2012, S.5).

Die Entwicklung des EAWS erfolgte zwischen 2006 und 2008 in enger internationaler Kooperation durch Experten aus den Gebieten Arbeitsschutz, Arbeitsmedizin, Physiologie/Biomechanik und Arbeitsgestaltung und wurde vom IMD (Internationalen MTM-Direktorat) koordiniert (Schaub et al. 2012, S.5).

Durch EAWS werden verschiedene an einem Arbeitsplatz vorhandene Belastungsarten in ihrem Zusammenwirken erfasst und zu einer physischen Gesamtbelastung der ein Mitarbeiter ausgesetzt ist, aggregiert. Hierbei werden Körperhaltung, Aktionskräfte und Lastenhandhabung sowie Belastungen aus Tätigkeiten mit hoher Wiederholhäufigkeit in vier Sektionen erfasst und bewertet (Bild 1).

In Sektion 1 (Körperhaltung) wird die Belastungshöhe über die betreffende Art der Körperhaltung (Stehen, Sitzen, Hocken...) in Kombination mit der Dauer (auf Basis der Taktzeit) berücksichtigt.

In Sektion 2 (Aktionskräfte) wird die Belastungshöhe in Abhängigkeit von der Art der Kraft, der Greifart bzw. der Körperstellung und der Kraftrichtung nach spezifischen Regeln ermittelt. Die Belastungsdauer bzw. -häufigkeit (auf Basis der Taktzeit) wird auch hier entsprechend beachtet.

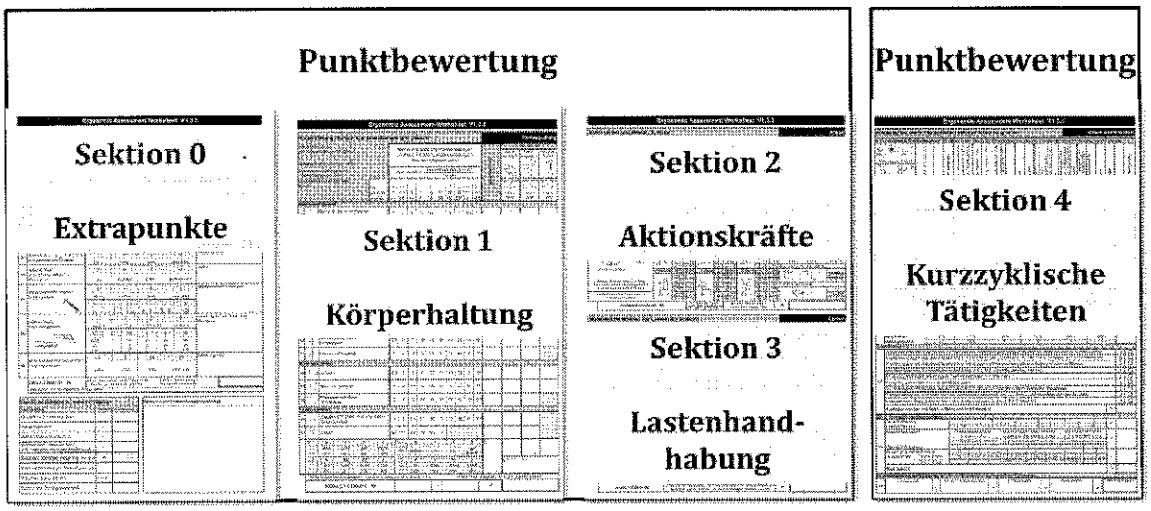

Bild 1: Bewertungsschema nach EAWS. (Wyrwol 2015, S.164)

Bei der Sektion 3 (Manuelle Lastenhandhabung) ist die Belastungshöhe abhängig vom Lastgewicht sowie der Körperhaltung und eventuell weiteren Einflussgrößen. Die Belastungsdauer wird hier auf Basis der Schichtdauer kalkuliert.

In der Sektion 4 (Dominante obere Extremität) wird die Belastungsintensität unter Berücksichtigung des Kraftniveaus, der Greifart, ungünstiger Gelenkstellungen und eventueller Zusatzfaktoren bewertet. Die Belastungsdauer wird einerseits durch die Frequenz der Bewegungen und andererseits über die Schichtdauer in Abhängigkeit von der Arbeitsorganisation berechnet.

Zur Ermittlung der biomechanischen Belastung während einer Tätigkeit sind die beiden wichtigsten Faktoren die Dauer bzw. die Häufigkeit der Belastungen sowie die Höhe bzw. Intensität der Belastung. Der EAWS Index für biomechanische Belastungen – der *Belastungsindex* (R) – ergibt sich aus dem Produkt von *Belastungshöhe* (Intensität I) und *Belastungsdauer* (D). Die EAWS-Analyse ermittelt für jeden Sektionsbereich (Gesamtkörper und Obere Extremitäten) einen Punktwert, der nach dem Ampelschema (grün, gelb, rot) gemäß Richtlinie 2006/42/EC bewertet wird (Schaub et al. 2012, S.4) (Bild 2).

Ein wichtiges Ziel der ergonomischen Arbeitsgestaltung ist die ganzheitliche Gestaltung des Arbeitsplatzes und der Arbeitsbedingungen in allen Phasen des Produktentstehungsprozesses. Das EAWS anzuwenden, bedeutet ergonomische Defizite bereits in der frühen Phase des Produktentstehungsprozesses, also schon

in Konstruktion und Planung, zu erkennen und so gesundheitliche Risiken von vornherein minimieren zu können.

0-25 Punkte	Grün	Niedriges Risiko: empfehlenswert; Maßnahmen nicht erforderlich
>25-50 Punkte	Gelb	Mögliches Risiko: nicht empfehlenswert; Maßnahmen zur erneuten Gestaltung / Risikobeherrschung ergreifen
>50 Punkte	Rot	Hohes Risiko: vermeiden; Maßnahmen zur Risikobeherrschung erforderlich

Bild 2: Ampelschema. (Internationales MTM-Direktorat 2015, S.40)

Das EAWS eröffnet die Möglichkeit, die Arbeitsgestaltung noch stärker auf den Menschen auszurichten, weil weitere prozessrelevante Einflüsse systematisch analysiert werden. Es liefert durch eine normierte objektive Einschätzung konkrete Angriffspunkte für Produkt- und Prozessverbesserungen in der jeweils als kritisch eingestuften Belastungsart.

Das Ergonomic Assessment Worksheet bildet zusammen mit dem MTM-Grundsystem (MTM-1) die Entwicklungsgrundlage für das MTM-Bausteinsystem MTM-HWD®.

4 Die Entwicklung des MTM-Bausteinsystems Human Work Design (MTM-HWD®)

In einer bislang zweijährigen Entwicklungsphase entsteht ein neuartiges MTM-Bausteinsystem (die HWD®-Aktionen samt deren Einflussgrößen), mit dem es erstmals möglich ist, auf Basis einer einheitlichen Beschreibung eine simultane Bewertung von Zeit und physischen Gefährdungen (bspw. in Verbindung mit EAWS) vorzunehmen. Mit den HWD®-Aktionen (OBTAIN, DEPOSIT, RETRACT, APPLY PRESSURE, MOVE LEG und CHECK) können nicht nur die Bewegungen des Menschen, sondern auch dessen Körperhaltungen während des Arbeitsablaufes beschrieben werden. Hierzu wurden neue Prozessbausteine entwickelt (z. B. HOLD, WAIT). Dabei wurde bewusst auf die bei anderen MTM-Bausteinsystemen übliche alphanumerische Kodierung der HWD®-Aktionen und

Einflussgrößen verzichtet, damit die Beschreibung nicht nur dem geschulten Anwender zugänglich ist.

Das Bausteinsystem MTM-HWD® ermöglicht somit erstmals umfassendere Modelle des menschlichen Arbeitsvollzuges erstellen zu können.

Die HWD®-Einflussgrößen (z. B. Rumpfdrehung, Entfernungsbereich) zeichnen sich durch eine klare Definition und durch eine bildhafte Darstellung (Piktogramme) der einzelnen Ausprägungen (Skalierung einer Einflussgröße) aus (Bild 3).

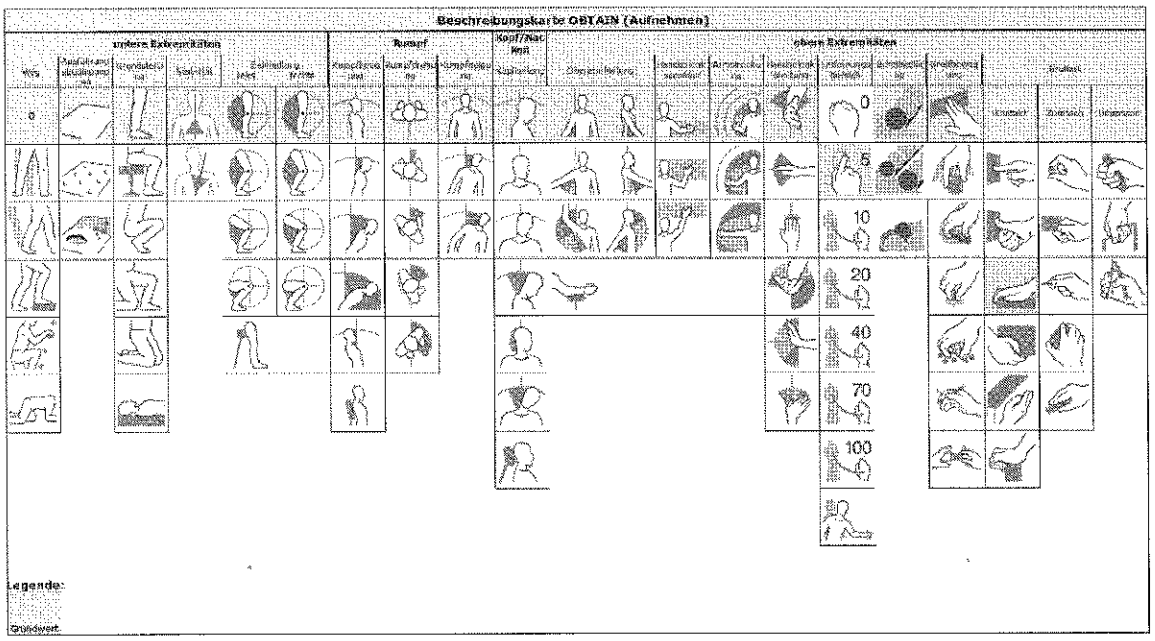

Bild 3: Die HWD®-Aktion OBTAIN samt Einflussgrößen. (Finsterbusch und Härtel 2015, S.141)

5 Beschreibung menschlicher Arbeit mit dem Bausteinsystem MTM-HWD®

Die Vielzahl an Einflussgrößen, die es bei der Aggregation (Darunter wird das Zusammenfassen von Grundbewegungen und Einflussgrößen nach definierten Prinzipien verstanden) der Prozessbausteine zu berücksichtigen galt, führte zu einem neuen Erscheinungsbild. Während sich die Anwendung der klassischen MTM-Bausteinsysteme durch eine Datenkarte und dem Ausfüllen strukturierter Analyseformulare auszeichnet, wird beim Bausteinsystem MTM-HWD® ein vorgedrucktes Beschreibungsformular verwendet, auf dem die jeweiligen Aktionen

samt ihrer Einflussgrößen anzukreuzen sind. Um die Anwendung (das Markieren der entsprechenden Felder) zu beschleunigen, wurde ein Grundwert (farbliche Markierung der Ausprägung einer Einflussgröße) festgelegt, der nicht angekreuzt werden muss. Dieser unterstützt Anwender bei der Gestaltung produktiver und ergonomischer Soll-Abläufe. Somit kann mit MTM-HWD® ein Bewegungsmodell der menschlichen Arbeit erstellt werden. Eine Bewegung wird bei MTM-HWD® stets umfassend beschrieben. Eine Teilbeschreibung (z. B. nur zeitliche Einflussgrößen) ist somit nicht möglich. Zudem wurden weitere Einflussgrößen (z. B. Kopfhaltung) ergänzt, die in den bestehenden Verfahren bisher nicht betrachtet wurden. Ziel war es, ein Bausteinsystem zu entwickeln, mit dem ein vom Menschen abgeleitetes Bewegungsmodell erstellt werden kann. Die Beschreibung umfasst somit nicht nur mehr Informationen als für eine Ergebnisgröße (z. B. Zeit) notwendig sind, sondern sie berücksichtigt eine umfassende Beschreibung der einzelnen Elemente des Körpers (untere Extremitäten, Rumpf, Kopf/Nacken und obere Extremitäten).

6 Bewertung menschlicher Arbeit mit dem Bausteinsystem MTM-HWD®

Die Bewertungsschritte liefern gleichzeitig zwei Ergebnisgrößen. Zum einen sind den einzelnen HWD®-Einflussgrößen Normzeitwerte zugeordnet, aus denen sich auf Grundlage eines (betrieblichen) Zeitgliederungsschemas ein Zeitstandard (z. B. Vorgabezeit) ermitteln lässt. Zum anderen wird eine Belastungsanalyse durchgeführt, indem durch Kopplung eines Ergonomie-Bewertungsverfahrens (z. B. EAWS) ein Belastungsindex (Punktwert) ermittelt wird. Kopplung bedeutet hierbei, dass die Informationen aus der Beschreibung (z. B. Aktionen, Einflussgrößen, Zeit, Häufigkeiten) dem Algorithmus (Sektionen und Regelwerk) des Bewertungsverfahrens zur Verfügung gestellt werden.

Human Work Design spiegelt eine neue Art der MTM-Bausteinsysteme wider und verkörpert den Wandel im Verständnis, in der Wahrnehmung und in der Anwendung von MTM hin zu einer internationalen Prozesssprache für die Modellierung menschlicher Arbeit.

Das Prinzip der methodenfokussierten Bildung von MTM-Modellen beinhaltet, ausgehend von einer idealisierten Arbeitsmethode das unvermeidbare Pensum an Restriktionen (z. B. am Arbeitsplatz notwendige Bewegungslängen) zu ergänzen, um einen realistischen Prozessstandard (Soll-Ablauf) zu entwickeln (siehe Bild 4, rechter Teil).

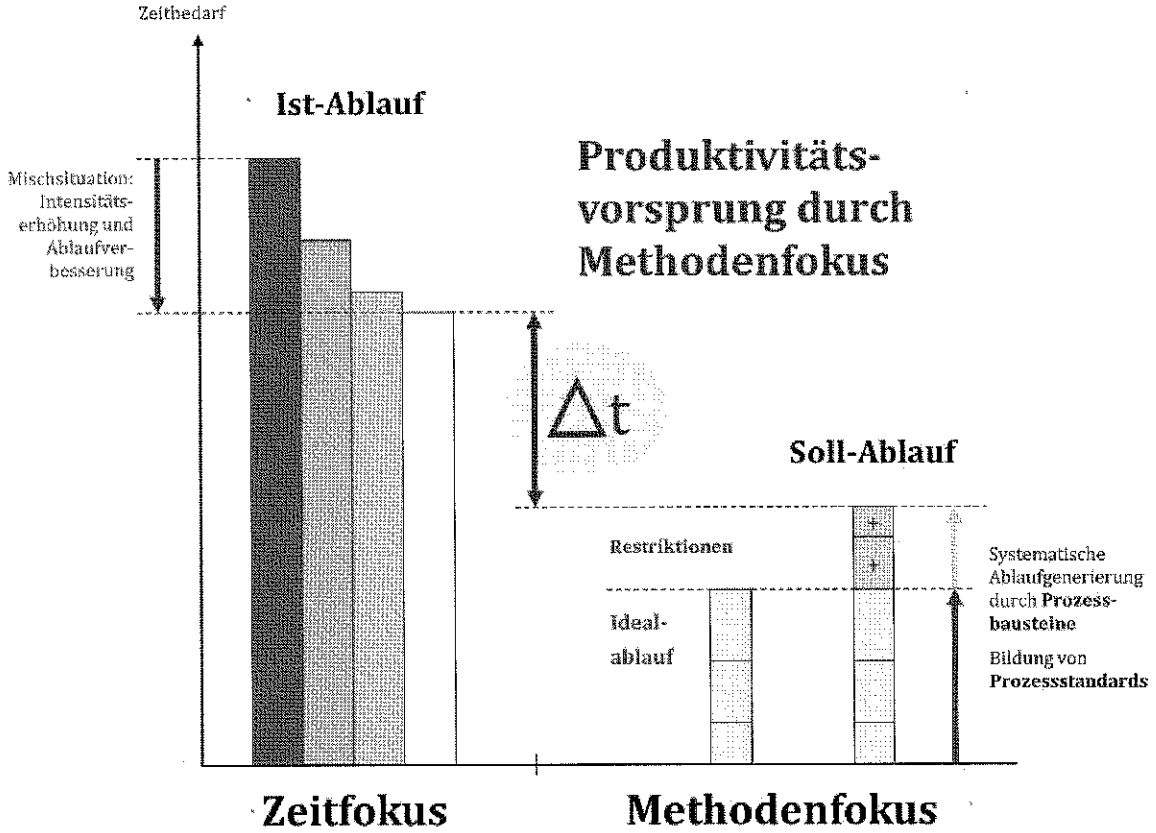

Bild 4: Zeitwettbewerb vs. Methodenwettbewerb. (Finsterbusch und Weber2015, S.122)

Dem gegenüber steht die dem Kaizen-Grundverständnis entlehnte Vorgehensweise, sich schrittweise ausgehend von einer bestehenden Situation an verbesserte Abläufe anzunähern. Da man dabei den Aufwand scheut, aussagefähige Prozessmodelle (wie eine Modellierung mittels MTM) für Ist-Abläufe zu entwickeln, muss man sich an beobachtbaren Indikatoren für die Effizienz der Arbeit orientieren, um eine Verbesserung als solche zu erkennen. Häufig wird hier der Zeitverbrauch pro Stück herangezogen (siehe Bild 4, linker Teil). Dabei kommt es jedoch zur Vermischung verschiedener Einflussgrößen pro Verbesserungsschritt (z. B. Ar-

beitsintensität und Methodenvereinfachung), der man praktisch nur durch ein Experimentierdesign mit systematischer Einflussgrößenvariation begegnen kann. Durch die fehlende Modellbildung für den Zeitverbrauch sind diese Einflussgrößen jedoch nur bedingt und unscharf zu benennen, so dass systematische Experimente (KVP-Verbesserungsschritte) nur unter vergleichsweise hohem Aufwand zu realisieren sind. Aus diesem Grunde verzichtet man in der Praxis häufig auf i. d. S. systematische Experimente und es wird ein unzulässiger Schluss gezogen: Die durch Verbesserungsschritte beobachtbare kürzeste Ausführungszeit stünde für die beste Arbeitsmethode. In manchen Fällen bedient man sich auch des Bestarbeiter-Prinzips, wonach die Arbeitsweise des schnellsten Mitarbeiters zum Soll deklariert wird.

Ein gravierender Nachteil dieser nachgeschalteten Modellierung besteht jedoch darin, dass man dazu zunächst Arbeitsversuche unternehmen und die dafür erforderlichen Arbeitssysteme schaffen muss. Insofern wird man bevorzugen, bereits im Planungsprozess ein MTM-HWD®-Modell zu generieren und damit (gedanklich) zu experimentieren.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Modellierung menschlicher Arbeit ist und bleibt ein spannendes Betätigungsfeld nicht nur für Industrial Engineers. Die in jüngster Zeit entstandenen MTM-Prozessbausteine mit immanenter Modellbildung für Soll-Zeiten und physische Gefährdungen eröffnen Möglichkeiten prospektiver Arbeitssystemgestaltung, die bislang nur durch Verknüpfung komplexer ergonomischer Bewertungsverfahren mit MTM handhabbar waren. Damit ist eine Entwicklungsstufe des MTM-Verfahrens erreicht, welche den Anwendungsschwerpunkt von MTM im Produktentstehungsprozess (PEP) deutlich nach vorn rückt; dahin wo es um Kosten- und Risikovermeidung geht. In dieser Ausprägung liefert das MTM-Verfahren einen essentiellen Beitrag zur Stärkung der Engineering-Kompetenz, d. h. MTM hilft dabei, komplexe Ziel- und Problemfelder produktiver und gleichermaßen ergonomischer Gestaltung bereits im Entwurf industrieller Arbeitssysteme zu beherrschen.

Die logisch nächste Herausforderung ist die Integration der MTM-Modellierungssystematik in der digitalen Fabrik. Damit ist auch die Ära der „Systeme vorbestimmter Zeiten" (SvZ) endgültig Vergangenheit. Denn mit MTM-HWD® steht eine moderne Modellierungssprache für Arbeitsprozesse zur Verfügung deren Nutzung nur zur Zeitermittlung in Analogie dem Ansinnen gleich käme, ein Smartphone ausschließlich zum Fotografieren verwenden zu wollen.

Literatur- und Quellenangaben

Bierwirth, M.; Schaub, K.; Kugler, M.; Sinn-Behrendt, A.; Bruder, R. (2012): Prevention of MSD by means of ergonomic risk assessment (tools) in all phases of the vehicle development process, IOS Press, 2012. S. 4409.

Bokranz, R.; Landau, K. (2012): Handbuch Industrial Engineering. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2012.

Finsterbusch, T.; Härtel, J. (2015): Modellierung menschlicher Arbeit – Das Bausteinsystem MTM-HWD®. In: Kuhlang, P. (Hrsg.): Modellierung menschlicher Arbeit im Industrial Engineering – Grundlagen, Praxiserfahrungen und Perspektiven. Stuttgart: Ergonomia, 2015. S. 129-156.

Finsterbusch, T.; Weber, T.(2015): Modellierung menschlicher Arbeit mit MTM – Grundsätze und Entwicklungen. In: Kuhlang, P. (Hrsg.): Modellierung menschlicher Arbeit im Industrial Engineering – Grundlagen, Praxiserfahrungen und Perspektiven. Stuttgart: Ergonomia, 2015. S. 113-128.

Internationales MTM-Direktorat (2015): Ergonomic Assessment Work-Sheet. Training-Manual, Release 1.3.5.2015A, 2015.

Kuhlang, P. (2015): Modellierung menschlicher Arbeit im Industrial Engineering - Grundlagen, Praxiserfahrungen und Perspektiven, Stuttgart, Ergonomia, 2015.

Landau, K. (2013): Mehr Tun Müssen? 100 Jahre Produktivitätsmanagement, Stuttgart, Ergonomia, 2013.

Lavatelli, I.; Schaub, K.; Caragnano, G. (2012): Correlations in between EAWS and OCRA Index concerning the repetitive loads of the upper limbs in automobile manufacturing industries, IOS Press, 2012. S. 4436.

Mühlstedt, J.; Schaub, K.; Illmann, B.; Bauer, S.; Fritzsche, L.; Wagner, T.; Bullinger-Hoffmann, A. (2012): Ergonomic assessment of automotive assembly tasks with digital human modelling and the ´ergonomics assessment worksheet´(EAWS), Inderscience Enterprises Ltd., 2012. S 411.

Rast, S.(2015): Ganzheitliche Ergonomie im Industrial Engineering – prospektive, präventive und korrektive MTM-Ergonomiewerkzeuge. In: Kuhlang, P. (Hrsg.): Modellierung menschlicher Arbeit im Industrial Engineering – Grundlagen, Praxiserfahrungen und Perspektiven. Stuttgart: Ergonomia, 2015. S. 167-182.

Schaub, K.; Caragnano, G.; Britzke, B.; Bruder, R.(2012): The European Assembly Worksheet. Theoretical Issues in Ergonomics Science. DOI:10.1080/1463922X.2012.678283. 2012. S. 2-5.

Schmauder, M., Spanner-Ullmer, B. (2014): Ergonomie - Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. In: REFA-Fachbuch-Reihe Arbeitsgestaltung. Darmstadt: Carl Hanser Verlag, 2014.

Wyrwol, N.(2015): MTM – Chance für die interdisziplinäre Arbeitsgestaltung im Unternehmen. In: Kuhlang, P. (Hrsg.): Modellierung menschlicher Arbeit im Industrial Engineering – Grundlagen, Praxiserfahrungen und Perspektiven. Stuttgart: Ergonomia, 2015. S. 157-166.