

Modellierung und Gestaltung menschlicher Arbeit mit dem neuen MTM-Bausteinsystem Human Work Design

Thomas FINSTERBUSCH¹, Jörg HÄRTEL¹, Torsten WAGNER², Jennifer BÜTZLER³, Marco FABER³, Ralph BRUDER², Peter KUHLANG¹,
Christopher M. SCHLICK³

¹ *Deutsche MTM-Vereinigung e.V. (MTM-Institut)
Eichenallee 11, 15738 Zeuthen*

² *Institut für Arbeitswissenschaft, TU Darmstadt
Otto-Berndt-Straße 2, 64287 Darmstadt*

³ *Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen
Bergdriesch 27, 52062 Aachen*

Kurzfassung: Die Entwicklung des Bausteinsystems Human Work Design (MTM-HWD) festigt den Wandel des MTM-Verfahrens hin zu einer Prozesssprache für die Modellierung menschlicher Arbeit. Auf Basis von Bewegungs-elementen und deren grafischer Darstellung lassen sich die Bewegungen des Menschen beschreiben und in Verbindung mit einem Ergonomie-Bewertungsverfahren (z. B. EAWS – Ergonomic Assessment Worksheet) bewerten. Somit kann erstmals ein direkter Zusammenhang bei der Gestaltung produktiver und ergonomischer Arbeitsabläufe (Arbeitsmethoden) ermöglicht werden.

Schlüsselwörter: Ergonomie, MTM, Prozesssprache, EAWS, Bausteinsystem, Methode

1. Die Entwicklung der MTM-Prozesssprache – von den Therbligs bis zum Bausteinsystem Human Work Design

Mit dem neu entwickelten MTM-Bausteinsystem Human Work Design rückt die Beschreibung und Bewertung – also die Modellierung – von Arbeitsabläufen in den Mittelpunkt bei der Gestaltung menschlicher Arbeit. Dies ist ein klares Bekenntnis zu den Ursprüngen der MTM-Bausteinsysteme. Die Grundlage für die Modellierung menschlicher Arbeit legte F.B. Gilbreth mit der Entwicklung von Bewegungselementen (Therbligs), die als Vorreiter des weltweit verbreiteten Bausteinsystems MTM-1 gelten (Landau 2013). Mit Hilfe der Therbligs wurde es möglich, menschliche Arbeitsabläufe in einer verkürzten und allgemein verständlichen Art darzustellen. Gilbreth ordnete den einzelnen Bewegungselementen Symbole zu, mit denen die menschlichen Bewegungen (z. B. Auswählen, Ergreifen) standardisiert beschrieben und der Arbeitsablauf unter produktiven (z. B. Entfall unnötiger Bewegungen) und ergonomischen Aspekten (z. B. Beidhandarbeit) gestaltet werden konnte.

Mit den Therbligs konnte jedoch keine Vorgabezeit ermittelt werden, da erst mit der späteren Entwicklung des MTM-Grundverfahrens (MTM-1) eine Zuordnung von Normzeitwerten zu den einzelnen MTM-1 Grundbewegungen erfolgte. Diese Bindung besteht bis heute und stellt nicht nur einen dauerhaften Standard dar, sondern bildet die Entwicklungsgrundlage für die in weiterer Folge entwickelten MTM-Bausteinsysteme (MTM-2, MTM-UAS und MTM-MEK) (Bokranz & Landau 2012). MTM verfügt somit über das umfangreichste Repertoire an Prozessbausteinen

unterschiedlicher Granularität zur Beschreibung und zeitlichen Bewertung menschlicher Arbeit.

Die Gestaltung menschlicher Arbeit reduziert sich jedoch nicht auf die Gestaltung produktiver Abläufe, vielmehr gilt es die Arbeit vom Menschen her zu denken. Im Jahre 2010 veröffentlichte das International MTM-Directorate (IMD) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeitswissenschaften der TU-Darmstadt das Ergonomie-Bewertungsverfahren EAWS, mit dem eine Beurteilung physischer Gefährdungen durchgeführt werden kann. Dabei werden eine Vielzahl ergonomischer Einflussgrößen (z. B. Rumpfdrehung, Körperhaltung, Reichweite, Gewicht, Kraft, Fingerkraft, Greifbedingung, Dauer, Häufigkeit) betrachtet. Häufig findet eine solche Bewertung getrennt von der Gestaltung produktiver Arbeitsabläufe statt. Eine Ursache für die getrennte Bewertung ist, dass die dafür benötigten Informationen des Arbeitsablaufes nicht in einer einheitlichen Beschreibung (Prozessbaustein mit zeitlichen und ergonomischen Einflussgrößen) vorliegen.

Human Work Design liefert erstmals alle Informationen die für eine einheitliche Beschreibung benötigt werden. Grundlage für die Entwicklung des Bausteinsystems MTM-HWD sind das Bausteinsystem MTM-1 und die Ergonomie-Bewertungsverfahren (EAWS, APSA und EAB) (Finsterbusch et al. 2014).

2. Das Bausteinsystem Human Work Design

In einer zweijährigen Entwicklungsphase entstand ein neuartiges 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 (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 erstmals auch dessen Körperhaltungen während des Arbeitsablaufes beschrieben werden. Hierzu wurden neue Prozessbausteine entwickelt. (z. B. HOLD, WAIT). Dabei wurde bewusst auf eine Kodierung der HWD-Aktionen und Einflussgrößen verzichtet, damit die Beschreibung nicht nur dem geschulten Anwender zugänglich ist.

Beschreibungsformular (Form Human Work Design)															Ablage-Nr.																													
Planungsanalyse															Ausführungsanalyse																													
Bezeichnung															Blatt																													
Beginn															Ende															Begrenzung														
Inhalt															Inhalt															Inhalt														
Allgemeines															Allgemeines															Allgemeines														
Objekt															Objekt															Objekt														
Tätigkeit															Tätigkeit															Tätigkeit														
Vorgang															Vorgang															Vorgang														
Haupt-Handlung															Haupt-Handlung															Haupt-Handlung														
1															1															1														
2															2															2														
3															3															3														
4															4															4														
HWD-Zeichensystem															HWD-Zeichensystem															HWD-Zeichensystem														
Ziele oder Zielkriterien															Ziele oder Zielkriterien															Ziele oder Zielkriterien														

Abbildung 1: Beschreibungsformular des Bausteinsystems Human Work Design (MTM-HWD).

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 (Abb. 1).

2.1 Beschreibung menschlicher Arbeit mit dem Bausteinsystem MTM-HWD

Die Vielzahl an Einflussgrößen, die es bei der Aggregation der Prozessbausteine, darunter wird das Zusammenfassen von Grundbewegungen und Einflussgrößen nach definierten Prinzipien verstanden, 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 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 innerhalb einer Einflussgröße) festgelegt, der nicht angekreuzt werden muss. Dieser unterstützt den Anwender bei der Gestaltung produktiver und ergonomischer Abläufe. Somit kann mit MTM-HWD ein Bewegungsmodell der menschlichen Arbeit erstellt werden. Eine Bewegung wird bei MTM-HWD stets vollständig 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 werden. 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 vollständige Beschreibung der einzelnen Elemente des Körpers (unteren Extremitäten, Rumpf, Kopf/Nacken und obere Extremitäten).

2.2 Bewertung menschlicher Arbeit mit dem Bausteinsystem MTM-HWD

Die Bewertung gliedert sich in zwei Schritte. Zum einen sind den einzelnen HWD-Einflussgrößen Normzeitwerte zugeordnet, aus denen sich auf Grundlage eines (betrieblichen) Zeitgliederungsschemas eine 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.

3. Wissenschaftliche Absicherung

3.1 Untersuchung zur Ergonomie-Kopplung des Bausteinsystems MTM-HWD

Die wissenschaftliche Absicherung zur Nutzung der HWD-Beschreibung als Grundlage für eine Ergonomiebewertung wurde vom Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt (IAD) durchgeführt. Diese umfasst u.a. die Überprüfung, dass durch MTM-HWD eine geeignete und vollständige Beschreibung für die Ergonomie-Bewertungsverfahren APSA (Bogus & Dorn 2008), EAB (Lehr & Frölich 2003) und EAWS (Schaub et al. 2013) geliefert wird.

Da diese betrachteten Verfahren Derivate des EAWS bzw. seines Vorgängers AAWS (Schaub 2004) darstellen, wurde zunächst untersucht, welche Merkmale jene Verfahren gemeinsam haben und worin die Unterschiede liegen. Auf dieser Grundlage aufbauend wurde zunächst der Bezug von EAWS zu dem iterativ entwickelten Bausteinsystem HWD hergestellt. Anschließend wurden die Besonderheiten der anderen beiden Verfahren betrachtet. Die Untersuchung von MTM-HWD bezüglich EAWS erfolgte in Anlehnung an die zeilenweise Struktur des EAWS, indem zunächst jede der 26 HWD-Einflussgrößen zu den jeweiligen Belastungsmerkmalen der Bewertungsverfahren zugeordnet wurde (Abb. 2).

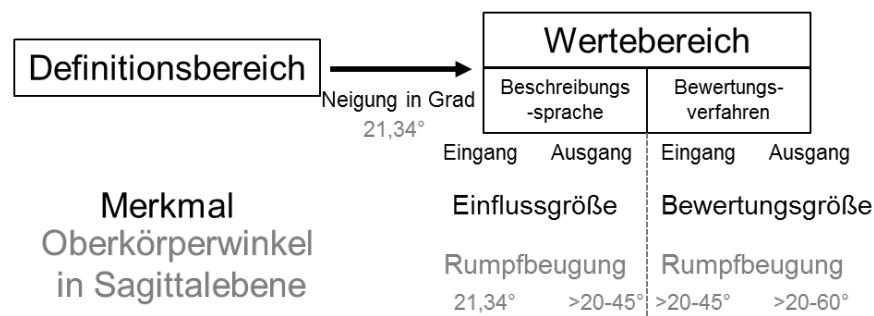


Abbildung 2: Begriffswelt zur wissenschaftlichen Untersuchung des Bausteinsystem MTM-HWD.

Dabei wurde geprüft, dass das Bausteinsystem HWD und dessen Einflussgrößen, die zur Belastungsanalyse herangezogen werden (z. B. den Oberkörperwinkel in der Sagittalebene), so hoch aufgelöst sind, dass Informationen in der entsprechenden Genauigkeit für die betrachteten Bewertungsverfahren zur Verfügung gestellt werden. Um die Vollständigkeit der Beschreibungssprache zu bewerten, wurde die Skalierung jeder einzelnen Einflussgröße analysiert und die Abbildung des maximal möglichen Wertespektrums eines Merkmals betrachtet (Definitionsbereich) (Abb. 3).

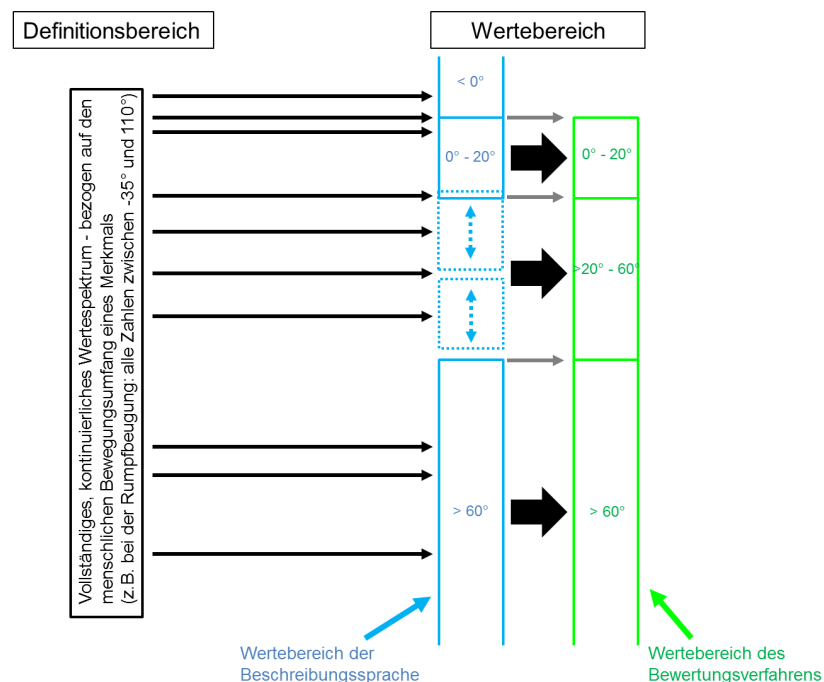


Abbildung 3: Systematische Analyse der Abbildung von kontinuierlichen Größen in der Beschreibungssprache am Beispiel der Rumpfbeugung.

Ebenfalls wurde untersucht, dass die durch MTM-HWD abgebildeten Wertebereiche im Ergebnis vollumfänglich, lückenlos und eindeutig sind. Zudem wurden bei der Entwicklung von MTM-HWD kommende Weiterentwicklungen der ergonomischen Bewertungsverfahren berücksichtigt. So ist z. B. das Merkmal Kopfhaltung für die ergonomischen Bewertungsverfahren zukunftsweisend.

Darüber hinaus besitzt jede Einflussgröße in MTM-HWD einen Grundwert, welcher optimale Prozessbedingungen entweder hinsichtlich Ergonomie, Energiebedarf, Zeit und/oder Anwendungsgeschwindigkeit darstellt. Dieser Grundwert ist in den Beschreibungsformularen jeweils vorausgewählt, wodurch beim Beschreiben eines optimalen Prozesses nur ein minimaler Eingabeaufwand entsteht. Gehäufte Abweichungen von diesen Grundwerten weisen den Anwendern (z. B. Prozessplaner) auf Verbesserungspotentiale im Bewegungsablauf hin. Diese Herangehensweise unterstützt den Leitgedanken von MTM („Von Anfang an richtig“). Durch die Untersuchung des IAD wurde die Auswahl jedes Grundwertes begründet und belegt.

3.2 Untersuchung zur Verifizierung des Bausteinsystem MTM-HWD

Um eine Aussage über die Validität des neuen Bausteinsystems treffen zu können, wurden durch das Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen (IAW) in einem ersten Schritt (Verifizierung) statistische Untersuchungen durchgeführt. Im Folgenden wird ein Auszug aus diesen Untersuchungen vorgestellt. Zunächst wurden zur Stichprobenbeschreibung 43 Datensätze hinsichtlich der Häufigkeiten der verwendeten MTM-1- und HWD-Prozessbausteine analysiert. Die für die betrachteten Datensätzen am häufigsten auftretenden MTM-1-Bausteine waren Move (27,3%), Grasp (18,7%), Reach (15,6%) und Release (13,0%). Bei den HWD-Analysen dieser Datensätze traten am häufigsten die Bausteine Deposit (60,6%) und Obtain (31,1%) auf. Im nächsten Schritt der Analyse wurden die erhobenen Gesamtzeiten der HWD-Arbeitszyklen mit den korrespondierenden Gesamtzeiten der MTM-1-Analysen verglichen. Bei der Analyse der Datensätze (Abb.4) mit dem höher aggregierten Bausteinsystem HWD zeigten sich mit durchschnittlich 1909,4 TMU (SD: 887,2 TMU) höhere Zeiten als bei der Analyse dieser Daten mit MTM-1 (MW: 1847,6 TMU; SD: 879,8 TMU).

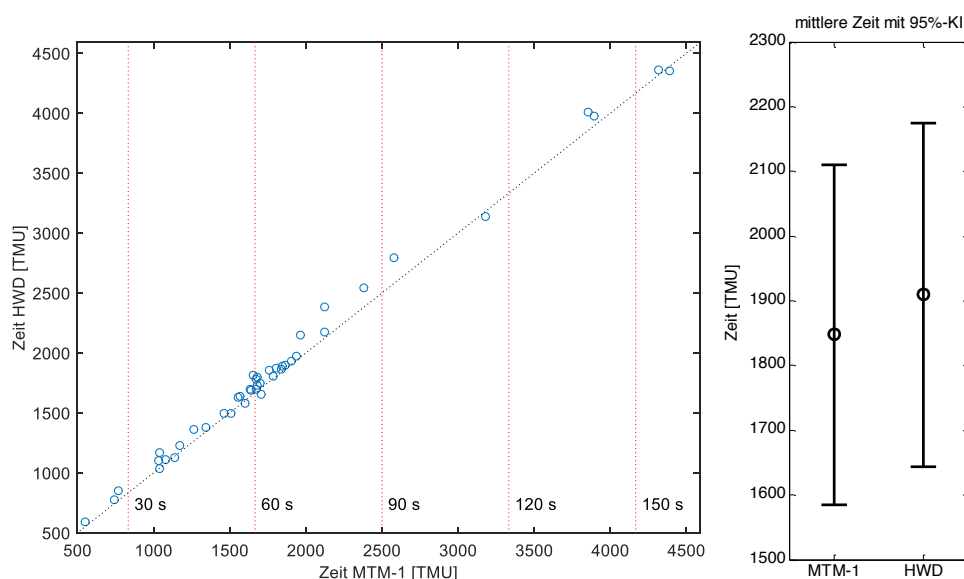


Abbildung 4: Vergleich der HWD und MTM-1-Zeiten in Streudiagrammdarstellung (links) und Darstellung der jeweiligen 95. Konfidenzintervalle (rechts)

Mittels eines t-Tests ($\alpha = 0,05$) konnte zudem nachgewiesen werden, dass sich die Differenz zwischen MTM-1 und MTM-HWD signifikant von 0 unterscheidet ($t(42) = -6.0794$; $p < 0,001$). Die Zeiten nach MTM-HWD liegen hiernach durchschnittlich 61,8 TMU über den MTM-1-Zeiten, wobei das 95. Konfidenzintervall [41,9 TMU; 81,7 TMU] beträgt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4 dargestellt.

Die Untersuchung zeigte für den angestrebten Anwendungsbereich eine durchschnittlich positive Abweichung zwischen den Zeiten der MTM-1- und MTM-HWD-Analysen kleiner 5 %.

Zusammenfassend konnte mit Hilfe der durchgeführten Analysen gezeigt werden, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Bausteinsystemen MTM-1 und MTM-HWD besteht. Das endgültige Ergebnis der Verifizierung lag zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nicht vor.

4. Ausblick

Die ersten statistischen Auswertungen lassen darauf schließen, dass sich Human Work Design als neues Bausteinsystem in die MTM-Bausteinlandschaft zwischen den Prozesstypen 1 und 2 einreihen wird. Die bisherige zweidimensionale Darstellung aller Bausteinsysteme (Hierarchieebene und Prozesstyp) ist für die Auswahl des Bausteinsystems MTM-HWD nur bedingt geeignet. Für eine klare Abgrenzung gegenüber den klassischen Bausteinsystemen (MTM-2, MTM-SD) wäre eine dritte Dimension (z. B. Ergebnisgrößen: Art Beschreibung, Ergonomie, Zeit, Ablaufindikatoren) hilfreich. Human Work Design spiegelt eine neue Art der MTM-Bausteinsysteme wieder 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.

5. Literatur

- 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. Dortmund: GfA-Press, 2008, S. 297-300
- Bokranz, R.; Landau, K.: Handbuch Industrial Engineering. Produktivitätsmanagement mit MTM. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2012.
- Finsternbusch, T.; Wagner, T.; Mayer, M.; Kille, K.; Bruder, R.; Schlick, C.; Jasker, K.; Hantke, U.; Härtel, J.: Human Work Design- Ganzheitliche Arbeitsgestaltung mit MTM. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.): Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft - 60. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund : GfA-Press, 2014, S. 324–326.
- Landau, K.: Mehr Tun Müssen? 100 Jahre Produktivitätsmanagement, Stuttgart, Ergonomia, 2013.
- Lehr, R.; Frölich, W., Methodenwerkzeug EAB zur Beurteilung körperlicher Arbeit. In: K. Landau (Hrsg.) Good Practice - Ergonomie und Arbeitsgestaltung. Stuttgart: Ergonomia Verlag, 2003, S. 73-91
- Schaub, K.; Caragnano, G.; Britzke, B.; Bruder, R.: The European Assembly Worksheet.[Online-Edition: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1463922X.2012.678...>]; In: Theoretical Issues in Ergonomics Science, Volume 14 (Issue 6) pp. 616-639. ISSN 1463-922X [Artikel], (2013)
- Schaub, K.: Das „Automotive Assembly Worksheet“ (AAWS). In: Landau, K. (ed.): Montageprozesse gestalten: Fallbeispiele aus Ergonomie und Organisation. Stuttgart: Ergonomia Verlag, 2004, 91-111.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt allen Mitwirkenden am Projekt Human Work Design für die kompetente und konstruktive Zusammenarbeit.