

## Entwicklung einer Methodik zur Bildung von MTM-Bausteinsystemen für die Gestaltung menschlicher Arbeit

Thomas FINSTERBUSCH<sup>1,2</sup>, Martin SCHMAUDER<sup>2</sup>, Peter KUHLANG<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> *Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
Dürerstr. 26, 01062 Dresden*

**Kurzfassung:** Die bestehende Methodik zur Entwicklung höher aggregierter MTM-Bausteinsysteme (z. B. MTM-2) basiert im wesentlichen auf der Aggregation (Zusammenfassen) von Prozessbausteinen des MTM-Grundverfahrens (MTM-1) und der Reduktion von Einflussgrößen bzw. deren Ausprägungen, häufig unter der Zielstellung der Erhöhung der Anwendungsgeschwindigkeit zur Ermittlung von Vorgabezeiten. Die Forderung, ein MTM-Bausteinsystem zu entwickeln, dass zur Bewertung physischer Gefährdungen genutzt werden kann, beinhaltet neue Herausforderungen. Es ist zu prüfen ob diese mit der bestehenden Methodik zur Bausteinentwicklung erfüllt werden können. Erstmals wird bei der Prozessbaustein-Aggregation eine Anreicherung von Einflussgrößen durchgeführt, die den Informationsgehalt eines zukünftigen MTM-Bausteinsystems erhöht. Um dies zu ermöglichen, bedarf es einer neuen Methodik um zukünftige MTM-Bausteinsysteme zu entwickeln.

**Schlüsselwörter:** Prozessmodellierung, Bausteinsysteme, Prozesssprache, Ergonomie, MTM

### 1. Ausgangssituation

Mit der Entwicklung der Therbligs durch F.B. Gilbreth gelang es erstmals ein Bewegungsmodell des Menschen bei der Ausführung seiner 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 Verschwendungen des Arbeitsablaufes, deren Ursachen sowie die Möglichkeiten zur Verschwendungs-beseitigung aufzuzeigen. Andererseits beinhaltet eine solche Beschreibung nur das, was zu tun ist (Arbeitsmethode) und nicht, wie „gut“ es getan wird (Arbeitsweise). Nicht erfasst werden zudem Parameter (z. B. Gewicht, Fügetoleranzen, Bewegungslängen) einschließlich ihrer zeitlichen Auswirkung. Dieser Schritt wurde erst durch die Entwicklung von Prozessbausteinsystemen wie MTM (Methods-Time Measurement) oder WF (Work-Factor) ermöglicht.

Ursprünglich wurden diese Prozessbausteinsysteme, ihrem zur damaligen Zeit entsprechenden Hauptverwendungszweck, als Systeme vorbestimmter Zeiten (SvZ) bezeichnet. Aus heutiger Sicht ist diese Kategorisierung kontraproduktiv und

irreführend (Landau 2003). Der eigentliche Kern und die essentielle Intention der MTM-Anwendung ist die Modellierung (die Beschreibung und Bewertung) von Arbeitsabläufen (die Bildung von Bewegungsmodellen) und deren Gestaltung, da die Zeitermittlung immanent erfolgt (vgl. Schmauder & Spanner Ulmer 2014).

Für die Entwicklung des MTM-Grundverfahrens wurden Filmaufnahmen durchgeführt. Die darin ersichtlichen Arbeitsabläufe wurden in Elementarbewegungen (Grundbewegungen) gegliedert und die hauptsächlich zeitbeeinflussenden Parameter (Einflussgrößen) aufgezeigt und festgeschrieben. Mit Hilfe eines Nivellierungsverfahrens (LMS – Lowry, Maynard und Stegemerten) wurden die Elementarbewegungen auf ein einheitliches Zeitnormniveau (MTM-Normleistung) gebracht. Aus heutiger Sicht bleiben jedoch, bei der Entwicklung von MTM, eine Reihe von Parametern, die – aus damaliger Sicht - wenig Auswirkung auf den Arbeitsaufwand hatten (z. B. Bewegungsrichtung), unberücksichtigt. Im Besonderen aus Sicht einer modernen ergonomischen Gestaltung menschlicher Arbeit, ist diese Vernachlässigung nicht zu rechtfertigen.

Das Streben nach einer höheren Analysegeschwindigkeit von MTM-Bausteinsystemen, unter der Zielstellung Vorgabezeiten noch schneller ermitteln zu können, hat zur Entwicklung höher aggregierter Bausteinsysteme (z. B. MTM-2) geführt. Zeitbeeinflussende Parameter wurden reduziert und dies führte zu einer größeren und nicht mehr auf den Bewegungsablauf bezogenen Ablaufbeschreibung (Becks, 1979).

Die Entwicklung von MTM-Bausteinsystemen beruht auf den Prinzipien der Prozessbaustein-Aggregation, bei denen einzelne Prozessbausteine (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 (eine festgelegte Art des Vorgehens).

In der betrieblichen Anwendung werden die mit MTM-Bausteinsystemen (vor allem mit MTM-UAS - Universelles Analysiersystem) erstellten Ablaufbeschreibungen zunehmend auch für weitere Bewertungen herangezogen, besonders bei der Anwendung von Ergonomie-Bewertungsverfahren (z. B. EAWS – Ergonomics Assessment Worksheet). Dabei wurde festgestellt, dass der Informationsgehalt, also die Anzahl der Einflussgrößen der MTM-Bausteinsysteme, ungenügend und die Art der 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 Produktentwicklungsprozess (Konstruktion, Planung, Fertigung) mit dem Ziel, möglichst zeitlich und ergonomisch optimierte Arbeitsplätze und -prozesse zu gestalten.

## 2. Zielstellung

Die Entwicklung eines neuen MTM-Bausteinsystems wurde 2012 durch Mitgliedsunternehmen der Deutschen MTM-Vereinigung e.V. angestrebt. Unter dem Titel HUMAN WORK DESIGN entsteht in Zusammenarbeit der Deutschen MTM-Vereinigung e.V. und Mitgliedsunternehmen aus der Automobil- und Hausgerätebranche sowie Wissenschaftspartnern ein neues MTM-Bausteinsystem, das erstmals alle Informationen, die für eine einheitliche Beschreibung zur zeitlichen

und ergonomischen Bewertung benötigt werden, liefert. 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).

Jedoch gab es bis zum Beginn der Entwicklung im Jahr 2012 keine Methodik, wie ein solch neuartiges Bausteinsystem zu entwickeln ist. Die bisherige Methodik der MTM-Bausteinentwicklung erfolgte in sieben Schritten und basierte ausschließlich auf der Aggregation des Bausteinsystems MTM-1 (Glatz 1978). Es galt daher zu prüfen, inwieweit die bisherige Methodik für ein solches Vorhaben genutzt werden kann bzw. weiter zu entwickeln ist.

### **3. Vorgehensweise – wissenschaftlicher Forschungsprozess**

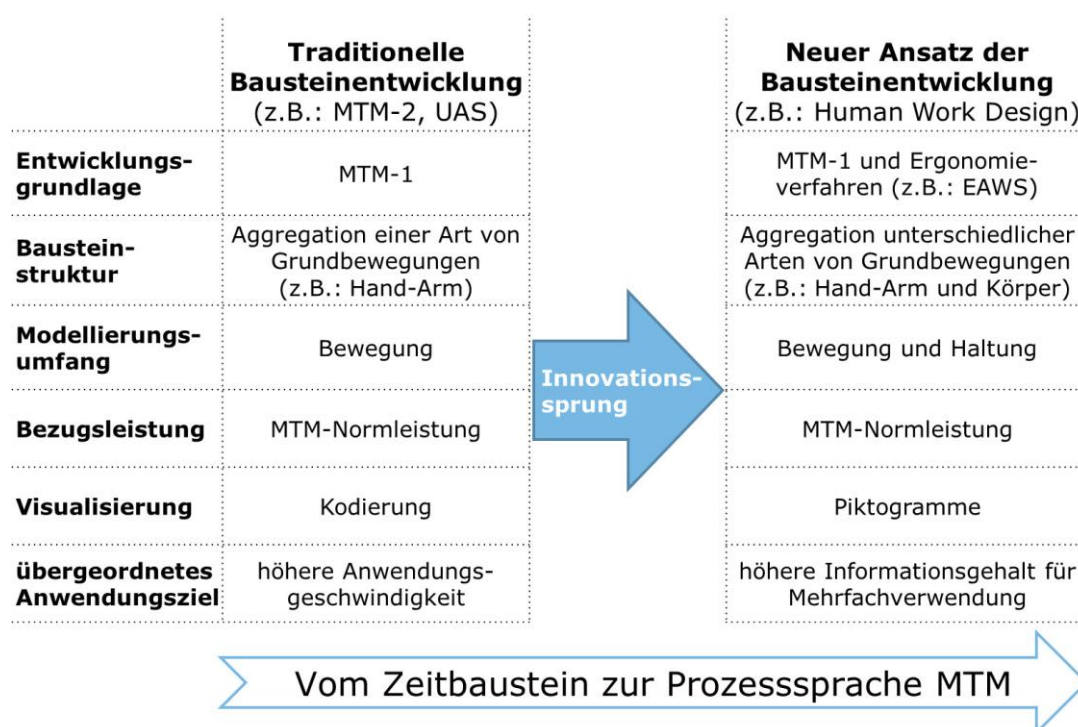
Begonnen wurde mit einer Recherche zur Bildung von höher aggregierten Bausteinsystemen (z.°B. MTM-UAS) und der Abgrenzung zur Entwicklung eines Grundverfahrens (z.°B. MTM-1) bei dem eine Leistungsnivellierung Bestandteil der Entwicklung ist. Die Entwicklung der bisherigen höher aggregierten Bausteinsysteme erfolgte unter anwendungsbezogenen Ansätzen. Nach Glatz (1978) sind für die Entwicklung eines höher aggregierten Bausteinsystems sieben Schritte notwendig.

Die wesentlichen Entwicklungsziele für das neue MTM-Bausteinsystem sind eine hohe Anwendungsgeschwindigkeit und der spätere Anwendungsbereich, der heute durch die Ausprägung des Prozesstyps spezifiziert wird. Im zweiten Schritt erfolgte das Konzeptionieren des Bausteinsystems, das heißt, es wurde die Bausteinstruktur (Granularität der Prozessbausteine und möglichen Einflussgrößen) grob festgelegt. Bevor die eigentliche Prozessbaustein-Aggregation erfolgen konnte, war es erforderlich im angestrebten Anwendungsbereich Film- und Videoaufnahmen repräsentativer Abläufe anzufertigen (Schritt 3) und mit dem MTM-Grundverfahren (MTM-1) zu analysieren (Schritt 4). Diese Analysen dienen zum einen für Häufigkeitsanalysen (z. B. für die Prozessbaustein-Aggregation durch „Häufigkeitsgewichtung“) sowie für die spätere Verifizierung und Validierung des neuen Bausteinsystems. Im fünften Schritt erfolgte die eigentliche Entwicklung der Struktur der Einflussgrößen und die Zuordnung der Zeitwerte des neuen Bausteinsystems. Diese entsteht durch Anwendung der Prinzipien zur Prozessbaustein-Aggregation samt Rundungsregeln. Die Entwicklung schließt mit einer statistischen Auswertung, dem Erstellen von Analysen mit dem neuen Bausteinsystem und dem Vergleich zu den Zeitwerten mit den MTM-1 Analysen (Schritt 6) sowie dem Test des Bausteinsystems im Anwendungsbereich ab (Schritt 7). Mit den Schritten 6 und 7 wird zum einen der Anwendungsbereich des Bausteinsystems (die Systemabweichung) bestimmt. Zudem gilt es ein eindeutiges Schulungskonzept zu entwickeln, um auch den Anwendungsfehler gering zu halten. Dabei stellt die (statistische) Genauigkeit nur ein Qualitätsmerkmal bei der Bausteinentwicklung dar (Bokranz & Landau 2012).

#### *3.1 Merkmale der neuen Methodik*

In Abb. 1 sind die wesentlichen Unterschiede der beiden Methodiken dargestellt. Signifikant ist die unterschiedliche Entwicklungsgrundlage. In der neuen Methodik werden mindestens zwei Verfahren verwendet. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Art der Prozessbaustein-Aggregation, die sich in der Baustein-

struktur, im Modellierungsumfang und in der Visualisierung darstellt. Der Inhalt eines Prozessbausteins besteht nunmehr nicht nur aus einem Zusammenfassen von Hand-Arm Bewegung (ein Aufnehmen (MTM-2) ergibt sich aus einem Hinlangen, Greifen und Loslassen (aus MTM-1)), sondern kann auch Körperbewegungen (z. B. Gehen, Bücken) umfassen (ein OBTAIN (MTM-HWD) beinhaltet Körperbewegungen, Hinlang- und Greifbewegungen). Das Loslassen wurde nicht wie üblich dem Aufnehmen (bei MTM-HWD „OBTAIN“) zugeordnet, da sonst eine chronologische Beschreibung des Bewegungsablaufes nicht mehr möglich ist. Zudem werden neben den Bewegungen des Menschen auch dessen Körperhaltungen beschrieben. Hierfür war die Entwicklung neuer Prozessbausteine erforderlich, da Körperhaltungen mit dem Bausteinsystem MTM-1 bisher nicht beschrieben, respektive kodiert (Buchstaben-Zahlen-Kombination) werden, sondern sich „nur“ zwischen den Analysezeilen ableiten lassen. Unverändert bleibt selbstverständlich die Bezugsleistung (MTM-Normleistung).



**Abbildung 1:** Merkmale der traditionellen und neuartigen Bausteinentwicklung

### 3.2 Neue Methodik zur Entwicklung erweiterter Bausteinsysteme

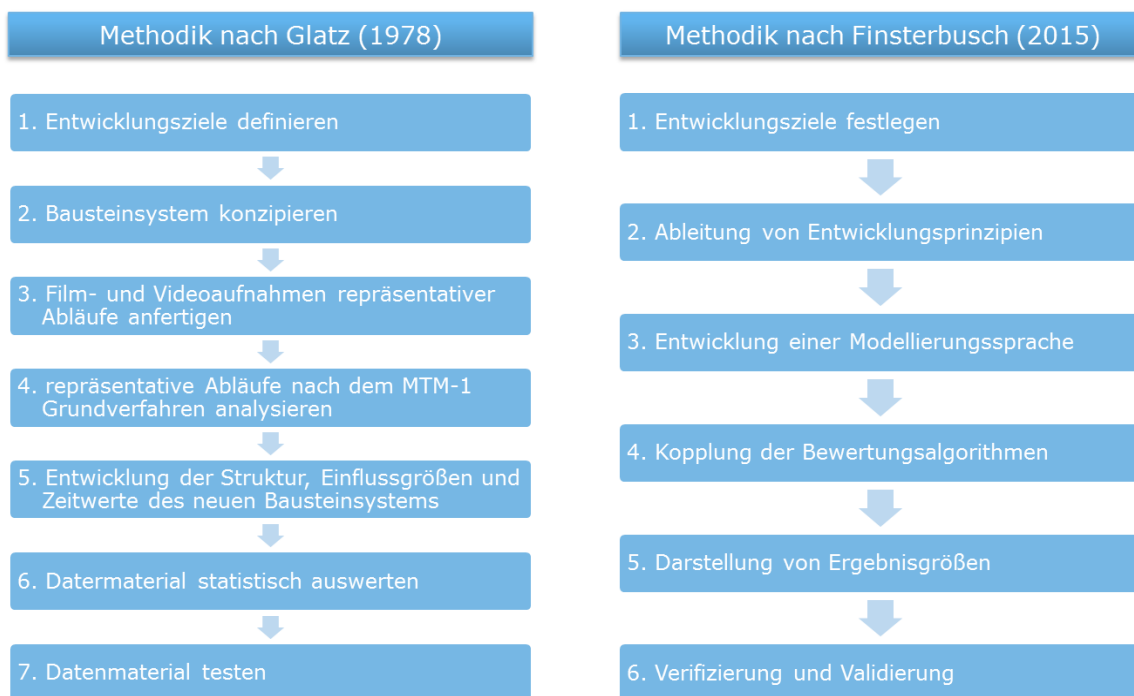
In Abb. 2 sind die Merkmale der Bausteinentwicklung gegenübergestellt. Erstes Unterscheidungsmerkmal ist die Ableitung von Entwicklungsprinzipien, (z. B. Chronologie: die Ergonomiebewertung benötigt eine chronologische Ablaufbeschreibung) die die Leitplanken bei der Entwicklung sind. Ein zweites Unterscheidungsmerkmal ist die Art der Prozessbaustein-Aggregation im Schritt 3 „Entwicklung einer Modellierungssprache“. Aufgrund des Zusammenführens zweier Verfahren (z. B. MTM-1 und EAWS) bedarf es neuer Aggregationsprinzipien.

Unter dem Prinzip der Einflussgrößenharmonisierung wird das Zusammenführen von Einflussgrößen aus unterschiedlichen Entwicklungsgrundlagen verstanden. Die Einflussgröße „Gewicht“ ist sowohl bei der Grundbewegung „Bringen“ im Bausteinsystem MTM-1 als auch im Ergonomie-Bewertungsverfahren EAWS in der

Sektion 3 „Manuelle Lastenhandhabung“ relevant. Aufgrund der unterschiedlichen Skalierung der Einflussgröße „Gewicht“ bedarf es einer Harmonisierung der Skalen bei der Aggregation im neuen Bausteinsystem.

Durch das Prinzip der Einflussgrößenerweiterung erfolgt eine Anreicherung von Informationen (Einflussgrößen) zu einem Prozessbaustein (z.°B. Rumpfneigung). Damit werden Einflussgrößen ergänzt, die bei der ursprünglichen Entwicklung von MTM-1 unter zeitlichen Aspekt vernachlässigt werden konnten, aber für eine Ergonomiebewertung unbedingt erforderlich sind.

Der dritte - eventuell signifikanteste - Unterschied ist die Kopplung der Bewertungsalgorithmen. Nach Schmauder (2014) ist die Zeitermittlung ein immanentes Ergebnis bei der Modellierung mit MTM. Dies setzt jedoch eine Zwangsbindung von Bewegungselement und Zeit voraus. Da bei der Prozessbausteinentwicklung eine Trennung von beschreibenden und bewertenden Bestandteilen vorgenommen werden muss, bedarf es im Schritt 4 der Zusammenführung dieser. Dabei bleibt der Bezug der Normzeitwerte unverändert, jedoch sind die Beschreibungsergebnisse (Bewegungselemente und Einflussgrößen sowie Zeitwerte) dem Algorithmus des Ergonomie-Bewertungsverfahrens zuzuordnen. Hinzu kommt, dass ein betriebliches Zeitgliederungsschema ebenfalls zu koppeln ist, da definiert werden muss, welche Zeit (z. B. Grundzeit) als Eingangsgröße für die Belastungsdauer bei der physischen Bewertung genutzt wird.



**Abbildung 2:** Vergleich der beiden Methodiken von Glatz (1978) und Finsterbusch (2015) zur Bildung von höher aggregierten MTM-Bausteinsystemen.

Aufgrund des höheren Informationsgehaltes des neuen Bausteinsystems, sind neben den Formularen zur Dokumentation (die MTM-Bausteinsysteme sind immer als Papier und Bleistift-Methode entwickelt) als auch die Ergebnisdarstellung anzupassen. Bisher wurde vorwiegend die Zeit als dominierende Ergebnisgröße ausgewiesen. Weitere Informationen aus der Modellierung wurden nicht in eine Kennzahl (z. B. Gestaltungsniveau) gefasst.

### 3.3 Die Anwendung der Methodik zur Entwicklung des Bausteinsystems MTM-HWD (Human Work Design)

Die Anwendung der Methodik erfolgte im Projekt HUMAN WORK DESIGN mit der Entwicklung des Bausteinsystems MTM-HWD. Es konnte gezeigt werden, dass mittels der Methodik ein neues und andersartiges Bausteinsystem entstanden ist.

## 4. Fazit

Die hier vorgestellte Methodik eröffnet neue Möglichkeiten für die zukünftige Entwicklung und Anwendung von MTM-Bausteinsystemen. Je mehr Informationen ein einzelner Prozessbaustein enthält, desto größer ist bspw. sein interdisziplinärer Nutzen für das Unternehmen. Somit können nicht nur Fertigungsplaner auf die Modellierung zurückgreifen, sondern auch andere betriebliche Fachbereiche (z. B. Arbeitsmediziner, Sicherheitsfachkräfte, Personalwesen). Mit der hier vorgestellten Methodik wird der Wandel von MTM hin zu einer Prozesssprache gefestigt. Dies wird insbesondere deutlich, wenn die Anwendung der MTM-Bausteinsysteme ein fester Bestandteil betrieblicher Produktionssysteme ist.

## 5. Literatur

- Bokranz, R.; Landau, K.: Handbuch Industrial Engineering. Produktivitätsmanagement mit MTM. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2012.
- Becks, C.: Das neue Datensystem MTM-UAS. In: REFA-Nachrichten 32 (1979), S. 3–8
- Finsterebusch, T.: Entwicklung einer Methodik zur prospektiven Vermeidung von Gesundheitsrisiken durch Arbeitsgestaltung. In: Bericht zum 58. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund 2012 : GfA-Press, 2012, S. 865–868. – URL ISBN978-3-936804-12-6
- Finsterebusch, 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.
- Nadig, F.; Glatz, H.: MTM Geschichte und Entwicklung. In: Personal MTM-Report, Zeitschrift für Human Resource Management, 2003
- Glatz, H.: Das MEK-Datensystem für die Einzel- und Kleinserienfertigung. In: REFA-Nachrichten 31 (1978), S. 273–281
- Landau, K.: Mehr Tun Müssen? 100 Jahre Produktivitätsmanagement, Stuttgart, Ergonomia, 2013.
- Schmauder M.; Spanner-Ullmer, B.: Ergonomie - Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation: REFA Fachbuch Reihe Arbeitsgestaltung, Darmstadt, Carl Hanser Verlag, 2014