

Digitale Arbeitsgestaltung mit MTMmotion®

Martin BENTER, Maria NEUMANN

*MTM-Institut, MTM ASSOCIATION e. V.,
Eichenallee 11, 15738 Zeuthen*

Kurzfassung: Verfahren zur Zeitbewertung wie REFA (REFA 1997), MTM (Bokranz & Landau 2012, Antis et al. 1969, Maynard et al. 1948) oder Work Factor (Quick 1960) erlauben es, Arbeitssysteme zeitlich zu analysieren und effizient zu gestalten. Dabei nimmt die Einbindung digitaler Tools wie Human Simulation, Virtual Reality (VR) oder Motion Capture in den Prozess der Arbeitsgestaltung immer weiter zu. Eine Kombination beider Methoden eröffnet dem Industrial Engineering unterschiedliche Möglichkeiten zur Visualisierung, Analyse und Verbesserung manueller Arbeit.

Dieser Beitrag stellt einen Ansatz zur Anbindung des Methodenstandards MTM an die digitalen Systeme vor. Unter dem Namen MTMmotion® wurde ein Tool geschaffen, mit dem über eine Schnittstelle digitale Bewegungsdaten zur Erstellung von MTM-Analysen übertragen werden können. In diesem Beitrag wird die Schnittstelle sowie die Ableitung einer MTM-UAS-Analyse am Beispiel einer VR-Anwendung erläutert.

Schlüsselwörter: digitale Bewegungsdaten, Arbeitsgestaltung, automatisierte Prozessanalyse, MTM-UAS®, MTMmotion®

1. Einleitung

Wesentliche Grundlage für die zeitliche Analyse und Gestaltung von Arbeitssystemen mit MTM unter Verwendung von digitalen Systemen ist eine Schnittstelle zur standardisierten Beschreibung von Bewegungsdaten. Diese sollte so gestaltet sein, dass sie an unterschiedliche digitale Tools angebunden werden kann, ohne dass dafür MTM-methodenspezifische Kenntnisse nötig sind. Aus den Daten in dieser Schnittstelle wird anschließend eine korrekte, zu den Bewegungsdaten passende MTM-Analyse abgeleitet.

2. Beispielarbeitsplatz

Zur Veranschaulichung der Schnittstellendaten sowie der Ergebnisse des Übersetzungsalgorithmus wird ein beispielhafter Arbeitsplatz verwendet. In diesem Fall werden zwei Pumpen an einem Modul für eine Geschirrspülmaschine mit einem elektrischen Schraubendreher und mehreren Schrauben befestigt.

Der Prozess wurde in einem von der Firma LIVINGSOLIDS entwickelten Virtual Reality (VR)-Tool modelliert (LIVINGSOLIDS 2022). Diese VR-Lösung verwendet ein VR-Headset und Handheld-Controller. Um die Körperbewegungen verfolgen zu können, verwendet es auch markerbasierte Bewegungserfassungskameras. Mit diesem VR-Setup baute ein Arbeiter das Produkt in der Virtual-Reality-Umgebung

zusammen.



Abbildung 1: Ansichten des Virtual-Reality-Tools LIVINGSolIDS

Abbildung 1 zeigt mehrere Bilder der Nutzung der Software während der Aufzeichnung. Unten ist der Arbeiter zu sehen, der die VR-Komponenten trägt. Darüber befindet sich die Ansicht der Software auf dem Hauptrechner, während die rechte Seite die Ansicht des Werkers zeigt. Im gezeigten Moment montiert der Arbeiter eine Schraube mit dem Elektroschrauber.

3. Übersetzung von Virtual-Reality-Bewegungsdaten unter Verwendung der MTMmotion®-Schnittstelle

Um die Übersetzung von den aufgezeichneten Daten im gezeigten Beispiel in valide MTM-UAS®-Analysen zu realisieren, nutzt der entwickelte Ansatz eine einheitliche Schnittstelle für digitale Bewegungsdaten, die so beschrieben werden, dass digitale Tools wie die VR-Lösung von LIVINGSolIDS sie aus ihrer eigenen Datenstruktur ableiten können. Darüber hinaus enthalten die Daten alle notwendigen Informationen, um valide MTM-UAS®-Analysen abzuleiten. Die Daten sind in Kapitel 3.1 beschrieben.

Der nächste Teil des Ansatzes ist die erwähnte Ableitung der Schnittstellendaten aus der VR-Software. Im gezeigten Fall hat LIVINGSolIDS diese Algorithmen entwickelt und in Zusammenarbeit mit der MTM ASSOCIATION e. V. getestet. Der letzte Teil ist die Ableitung einer validen MTM-UAS®-Analyse aus den Schnittstellendaten. Dieser Vorgang ist in Kapitel 3.2 beschrieben.

3.1 MTMmotion®-Schnittstellendaten

Die Schnittstelle enthält alle relevanten Daten, die benötigt werden, um die Bewegungen und Körperhaltungen zu beschreiben, die ein Mitarbeiter bei der Ausführung einer Arbeitsaufgabe ausführt, sowie die Objekte, mit denen er interagiert. Sie enthält 6 Bewegungskanäle (Körperbewegungen, Armbewegungen, Beinbewegungen, Augenbewegungen, Körperhaltungen und Armhaltungen) und eine

Objektliste, die zur Beschreibung menschlicher Arbeitsprozesse genutzt werden.

Die Objektliste umfasst die vom Arbeiter gehandhabten Teile sowie deren Werte, die für eine spezifischere Beschreibung notwendig sind. Die Bewegungskanäle (Körper, Arm, Bein und Auge) beschreiben die Bewegungen, die vom Arbeiter ausgeführt werden. Die restlichen Kanäle bilden die Körperhaltung des Werkers während seiner Arbeitsaufgabe ab. Im Folgenden werden für den Beispielarbeitsplatz nur die Objektliste und die Armbewegungen gezeigt. Sie enthalten die relevantesten Informationen für manuelle Arbeitsaufgaben.

Tabelle 1: MTMmotion®-Daten – Objektliste

Objekt-Id	Objekt	Gewicht [kg]	Abmessungen [mm]	flexibel
1	Schrauben	0,02	5 x 12 x 12	nein
2	Schraubendreher	1,2	150 x 50 x 80	nein

Gewicht, Höhe, Breite und Länge beschreiben an dieser Stelle die physikalischen Eigenschaften des Objekts (siehe Tabelle 1). Generell gilt: Je größer oder schwerer ein Objekt ist, desto schwieriger ist es zu handhaben und somit ist die MTM-Zeit höher. Flexibel ist eine weitere physikalische Eigenschaft, die die Handhabung des Objekts erschweren kann.

Für die beispielhafte Arbeitsaufgabe sind die beiden Objekte Schrauben und Schraubendreher in der Objektliste beschrieben.

Tabelle 2: MTMmotion®-Daten – Armbewegungen

Startzeit	Endzeit	Objekt Id	Seite	Armbewegung	Bereitstellung	Verwendungsart
51,0	51,5	2	rechts	ObtainObject	ortsveränderlich	-
51,5	52,5	2	rechts	MoveObjectTo OtherPosition	-	-
52,5	56,8	2	rechts	HoldObject	-	-
52,6	53,6	1	links	ObtainObject	vermischt	-
53,6	54,4	1	links	MoveObjectTo PointOfUse	-	-
54,4	56,8	1	links	UseObject	-	aufstecken
56,8	57,8	2	rechts	MoveObjectTo PointOfUse	-	-
57,8	61,7	2	rechts	UseObject	-	einschrauben

Tabelle 2 zeigt die notwendigen Informationen für die Armbewegungen. Zur Beschreibung der Armbewegungen ist es wichtig zu wissen, welche Art von Bewegung der Mitarbeiter ausführt. Die Bewegungen werden danach unterschieden, ob ein Gegenstand aufgenommen (ObtainObject), bewegt (MoveObject), benutzt (UseObject) oder gehalten (HoldObject) wird. Die Verwendungsart differenziert die Armbewegung „UseObject“ weiter, da es für die meisten Objekte verschiedene Möglichkeiten gibt, das Objekt zu verwenden.

Für jede Bewegung sind verschiedene zusätzliche Einflussgrößen wichtig, um die

individuelle Bewegung zu beschreiben. Relevant ist beispielsweise, welcher Arm (Seite) die Bewegung ausführt. Außerdem sind Start- und Endzeit der Bewegung notwendig, um festzustellen, ob sie gleichzeitig mit den Bewegungen anderer Körperteile stattfindet.

Am Beispielarbeitsplatz nimmt der Werker zunächst den separat hängenden Schraubendreher mit der rechten Hand auf und bewegt ihn in den Arbeitsbereich. Dann nimmt er eine Schraube mit der linken Hand auf und setzt sie auf den Schraubendreher. Zuletzt bringt er den Schraubendreher (mit Schraube) an seinen Einsatzort (die Pumpe) und dreht die Schraube ein (siehe Tabelle 2).

3.2 Ableitung von MTM-UAS®-Analysen

Die Übersetzung der Schnittstellendaten in MTM-Analysen ist der letzte Schritt. Er besteht aus mehreren Teilschritten:

1. Validierung der Eingabedaten: Zunächst prüft der Algorithmus, ob die Eingabedaten sinnvoll sind. Das heißt, er prüft, ob die Handhabung von Objekten in einer logischen Reihenfolge erfolgt.
2. Vervollständigung der Eingabedaten: Im nächsten Schritt prüft der Algorithmus auch, ob die Eingabedaten vollständig sind. Obwohl die Schnittstelle alle Informationen enthält, die für eine vollständige MTM-UAS®-Analyse benötigt werden, müssen nicht alle Informationen eingegeben werden. Wenn Informationen fehlen, füllt der Algorithmus sie mit Standarddaten auf.
3. Übersetzung in MTM-Kodes: Wichtigster Schritt des Algorithmus ist die Übersetzung der verschiedenen Bewegungen in MTM-Kodes. Im Fall von MTM-UAS® kombiniert er die Bewegungen zu Grundvorgängen. Hier würde es alle Bewegungen in Tabelle 2, die sich auf die Schraube beziehen, zu einem Aufnehmen und Platzieren kombinieren.
4. Kombination verschiedener Körperteile: Der letzte Schritt des Algorithmus gleicht jeden Bewegungskanal mit den anderen Bewegungskanälen ab, um zu prüfen, ob es parallele Bewegungen gibt. Ist dies der Fall, wird anhand der MTM-Regeln geprüft, ob sie gleichzeitig an Industriearbeitsplätzen durchgeführt werden können.

Das Ergebnis dieser vier Schritte ist eine valide MTM-UAS®-Analyse, die mit den vom VR-Tool gelieferten Schnittstellendaten übereinstimmt. Tabelle 3 zeigt das Ergebnis für den Beispielarbeitsplatz. Die Analyse beschreibt die Montage der ersten beiden Schrauben für den beschriebenen Arbeitsprozess. Das Ergebnis ist eine Gesamtstandardzeit von 275 TMU (ca. 10 Sekunden).

Tabelle 3: *automatisch generierte MTM-UAS®-Analyse*

Beschreibung	Kode	A x H	TMU
Schraubendreher in Arbeitsbereich	HA2	1 x 1	45
Schraube aufstecken	AE2	1 x 1	55
Schraubendreher zur Verwendungsstelle	PC1	1 x 1	30
Prozesszeit Schraubendreher	PTTMU	1 x 30	30
Schraube aufstecken	AE2	1 x 1	55
Schraubendreher zur Verwendungsstelle	PC1	1 x 1	30
Prozesszeit Schraubendreher	PTTMU	1 x 30	30
Summe	-	-	275

4. Fazit und Ausblick

4.1 Kritische Diskussion

Der vorgestellte Ansatz hat für die ersten Beispielfälle in der Anwendung mit VR-Technologien gute Ergebnisse gezeigt. Es gibt jedoch einige Aspekte, die kritisch diskutiert werden müssen.

1. Vollständigkeit der VR-Daten: Da das Verfahren darauf angewiesen ist, dass die notwendigen Daten vom VR-System an die Datenschnittstelle übertragen werden, ist es wichtig, dass das Tool diese Daten modellieren kann und dass die Daten korrekt durch den VR-Anwender eingegeben werden.

2. Qualität des Motion-Capture-Algorithmus in der VR-Software: Um die richtigen Prozessbausteine abzuleiten, müssen die Bewegungen vom VR-System richtig erfasst werden. Im gezeigten Beispielfall wurden alle relevanten Bewegungen erfasst. Die Qualität im breiten Einsatz muss in zukünftigen Fällen überprüft werden.

3. Übersetzung von Bewegungsdaten „wie bereitgestellt“: Der Ansatz übersetzt die Bewegungsdaten, ohne zu prüfen, ob dies für das reale Produkt in einer realen Produktion sinnvoll wäre. Das heißt, wenn der Prozess falsch oder unnötig kompliziert modelliert ist, beschreibt die resultierende MTM-UAS®-Analyse genau diesen Prozess. Deshalb wird es weiterhin notwendig sein, dass ein Prozessexperte den modellierten Prozess und die MTM-UAS®-Analyse prüft.

Wenn diese Aspekte berücksichtigt werden, kann der Ansatz helfen, Arbeitsplätze auf moderne und effiziente Weise zu planen. Wenn bereits VR-Technologien genutzt werden, erfordert der Ansatz nur wenig Zusatzaufwand, um auch valide MTM-Analysen zu erhalten. Es wird so einfacher, verschiedene Varianten zu modellieren und gleichzeitig valide Prozessbeschreibungen und -bewertungen zu erhalten, die bei der Auswahl der besten Varianten oder Optimierungen helfen.

4.2 Ausblick

Um den Ansatz und damit seine Nutzbarkeit zu verbessern, sind mehrere Entwicklungen möglich. Zunächst wird der Ansatz an mehreren weiteren Arbeitsplätzen in Industrieunternehmen erprobt. Zweitens werden andere VR-Tools befähigt, die benötigten Schnittstellendaten zu liefern. Drittens werden weitere MTM-Prozessbausteinsysteme wie MTM-1® oder MTM-MEK® implementiert. Diese Schritte zielen darauf ab, den kombinierten Einsatz von VR und MTM in Industrieunternehmen voranzutreiben.

Da die Schnittstellendaten unabhängig von der VR-Technologie gestaltet sind, ist es möglich, den Ansatz auf andere Technologien zu übertragen, die digitale Bewegungsdaten verwenden, wie z. B. menschliche Simulationswerkzeuge oder Motion-Capture-Anzüge. Die Übertragung dieses Ansatzes auf andere Technologien würde zudem Ansatzpunkte bieten, um Schnittstellen zu entwickeln, die Bewegungsdaten kombiniert mit Prozessdaten von einer Technologie zur anderen übertragen.

5. Literatur

REFA (1997). Datenermittlung. Carl Hanser, München.

Bokranz R, Landau K (2012) Handbuch Wirtschaftsingenieurwesen. Produktivitätsmanagement mit
MTM, 2., überarb. und erw. Aufl. Schäffer-Pöschel, Stuttgart.

Antis W, Honeycutt JM, Koch EN (1969) Die MTM-Grundbewegungen. Majard, Düsseldorf.

Maynard HB, Stegemerten GJ, Schwab JL (1948) Methods-Time Measurement. McGraw Hill, New
York.

Quick JH (1960) Das Work-Factor-System. Beut, Berlin.

LIVINGSOLIDS (2022) www.livingsolids.de.



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Nachhaltig Arbeiten und Lernen

**Analyse und Gestaltung lernförderlicher
und nachhaltiger Arbeitssysteme
und Arbeits- und Lernprozesse**

69. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

01. – 03. März 2023

GfA-Press

Bericht zum 69. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 01. – 03. März 2023

**Fakultät Maschinenbau, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM) und
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Sankt Augustin: GfA-Press, 2023
ISBN 978-3-936804-32-4

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© GfA-Press, Sankt Augustin

Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast

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,
- den Kongressband 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.

Geschäftsstelle der GfA

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2023 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de