

Kategorisierung der MTM-HWD®-Einflussgrößen zur Bewertung der Ableitbarkeit aus digitalen Bewegungsdaten

Martin BENTER, Peter KUHLANG

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

Kurzfassung: Die systematische Planung menschlicher Arbeit ist und bleibt eine relevante Aufgabe für industrielle Produktionen. Moderne digitale Technologien zur Generierung digitaler Bewegungsdaten unterstützen den Industriel Engineer dabei zunehmend. Um diese Tools und ihr Potenzial zielgerichtet zu nutzen, ist eine Verbindung zwischen der digitalen Welt und anerkannten Planungsverfahren, die eine neutrale Bezugsgrundlage herstellen können, erforderlich. Insbesondere das Prozessbausteinsystem MTM-HWD ist durch seine chronologische Bewegungsbeschreibung und die gleichzeitige zeitliche und ergonomische Bewertung für den Einsatz in der digitalen Gestaltung menschlicher Arbeit geeignet. Um die Verbindung zwischen MTM-HWD und digitalen Tools systematisch herzustellen, ist es sinnvoll, die benötigten Informationen zu kategorisieren. Damit wird ein Grundstein für die korrekte, automatisierte Ableitung von MTM-HWD-Analysen aus digitalen Bewegungsdaten gelegt.

Schlüsselwörter: Bewegungsdaten, Planungsverfahren, MTM-HWD

1. Motivation

Eine standardisierte Methodenplanung ist und bleibt der Schlüssel für exzellente Produktivität und menschengerechte Arbeitsbedingungen. Während eine detaillierte Planung klassisch hohen Methodenaufwand verursacht, wird der Industrial Engineer der Zukunft in der Lage sein, mit Hilfe von digitalen Tools menschliche Arbeitsprozesse aufwandsarm und detailliert zu planen. Einen hohen Anwendungsbezug haben dabei insbesondere Tools, die Bewegungsdaten generieren bzw. verarbeiten, wie 3D-Simulationen und Motion Capture-Anzüge. Der Bezug zwischen dieser digitalen Welt und der realen menschlichen Arbeit wird hergestellt, indem die digitalen Informationen in geeignete Industrial Engineering-Methoden übersetzt werden.

Insbesondere das Prozessbausteinsystem MTM-HWD eignet sich für die Bewertung digitaler Daten, da es zum einen die menschlichen Bewegungen objektiv beschreiben kann (Finsterbusch & Kuhlant 2015; Finsterbusch 2016). Das heißt, es gibt die Bewegungen in einer hohen Detaillierung und in der chronologisch korrekten Reihenfolge wieder. Zudem verwendet es leicht verständliche und objektive Einflussgrößen. Es eignet sich weiterhin gut, weil es planungsrelevante Ergebnisse liefert (Finsterbusch et al. 2016). Dies umfasst eine Ablaufbeschreibung sowie eine zeitliche und ergonomische Bewertung der Arbeitsprozesse.

Eine korrekte automatisierte Ableitung einer MTM-HWD-Analyse aus digitalen Bewegungsdaten würde somit einen hohen Mehrwert bei der Planung mit digitalen Tools darstellen. Für die Erstellung einer MTM-HWD-Analyse werden dabei unterschiedlichste Informationen benötigt, die entweder durch die digitalen Tools

bereitgestellt oder manuell ergänzt werden müssen. Im Folgenden werden zunächst die Informationen vorgestellt, die für eine MTM-HWD-Analyse notwendig sind. Anschließend werden diese Informationen kategorisiert und es wird an einem Motion Capture-Anzug dargestellt, welche Informationen bereitgestellt werden können und wie die Kategorisierung der Informationen dabei hilft, die fehlenden Informationen zu ergänzen.

Die erfolgreiche Ableitung aller Informationen aus digitalen Planungswerkzeugen ist die Grundlage für die Erzeugung sogenannter Simulationsanalysen (Kuhlang 2019). Diese Analysen beschreiben und bewerten den digital beschriebenen Bewegungsablauf (die Arbeitsweise). Frei interpretiert heißt das: What you see (simulate, capture) is what you get (describe)! Die Anwendung der Simulationsanalyse hängt damit nicht davon ab, ob der Ablauf in der Realität so stattfinden kann oder nicht.

Durch die im MTM-HWD hinterlegte MTM-Normleistung wird der Bezug zur menschlichen Arbeit hergestellt (Finsterbusch 2016). Somit kann dann auch das Gütesiegel „Approved by MTM“ für die Simulationsanalysen vergeben werden (siehe Abbildung 1). Diese werden anschließend durch die Freigabe eines MTM- bzw. IE-Experten in Planungs- oder Ausführungsanalysen überführt. Dadurch muss der digital beschriebene Bewegungsablauf (Arbeitsweise) bewusst in eine festgelegte Arbeitsmethode überführt werden.

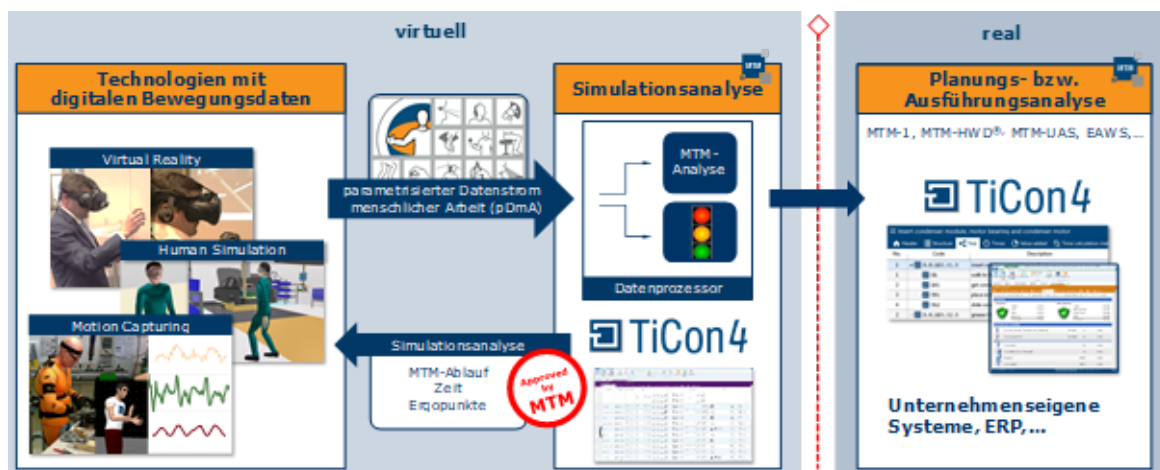


Abbildung 1: Prinzip der MTM-Simulationsanalyse

2. Das Prozessbausteinsystem MTM-HWD

2.1 Ziele von MTM-HWD

Das Prozessbausteinsystem MTM-HWD wurde entwickelt, um manuelle Tätigkeiten zeitlich und ergonomisch mit einer Methode zu bewerten und zu gestalten. Bei Anwendung des Verfahrens wird die menschliche Arbeit in Aktionen unterteilt und für jede Aktion werden Einflussgrößen erfasst, die sich an den menschlichen Körperteilen orientieren. Dadurch ist die Methode leicht verständlich ermöglicht so eine systematische Erfassung der relevanten Einflussgrößen (Finsterbusch 2016).

2.2 Beispieltätigkeit

Zur Erläuterung der benötigten Informationen zur Durchführung von MTM-HWD wird an dieser Stelle ein Montagearbeitsplatz verwendet, an dem ein Mitarbeiter Pumpen zusammenbaut (Kuhlang 2018). Die Ausführungen beschreiben dabei lediglich den ersten Montageschritt – Das Aufnehmen und Platzieren des Gehäuses.

Abbildung 2 zeigt das Layout des Beispielarbeitsplatzes und Abbildung 3 die Schritte des Beispielprozesses. Der Monteur beginnt in der dargestellten Position und dreht sich dann, um ein Gehäuse vom Materialwagen aufzunehmen. Anschließend platziert er das Gehäuse in der Montagevorrichtung auf dem Arbeitstisch.

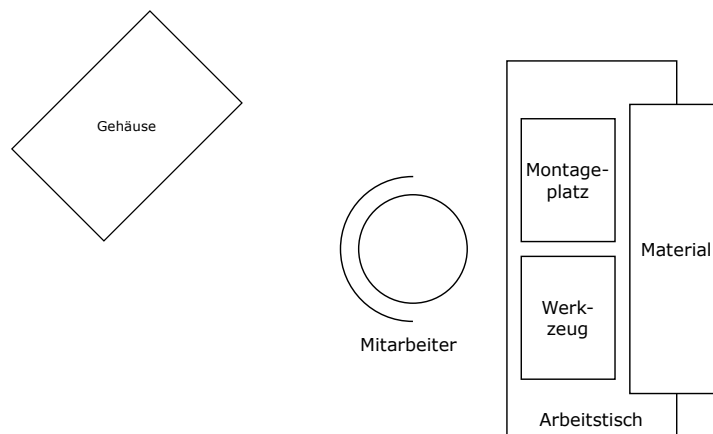


Abbildung 2: Layout des Beispielarbeitsplatzes



Abbildung 3: Darstellung der Tätigkeit

2.3 Anwendung des Verfahrens – benötigte Informationen

Dieser Abschnitt zeigt an dem dargestellten Beispiel, wie das MTM-HWD-Verfahren die vorgestellte Tätigkeit mit Hilfe von Aktionen und Einflussgrößen beschreibt (Fensterbusch 2016). Dabei wird ein Ausschnitt der Einflussgrößen und ihrer jeweils möglichen Ausprägungen detailliert dargestellt.

2.3.1 Bausteinbeschreibung

Der Anwender erfasst zunächst die durchgeführten Aktionen des Mitarbeiters (vgl. Tabelle 1). Dazu gehört das Objekt, mit dem er interagiert als auch, welche

Extremität aktiv ist und was die passive Extremität währenddessen macht. In dem Beispiel bewegt er sich zu dem Materialwagen, um mit beiden Händen gleichzeitig das Pumpengehäuse aufzunehmen (OBTAIN). Anschließend transportiert er das Gehäuse zum Montageplatz und platziert es dort (DEPOSIT).

Tabelle 1: Bausteinbeschreibung













Nr.		Bezeichnung	Objekt	Aktion	aktive Extremität	passive Extremität
1		Ausgangsposition	-	-		-
2	)	zum Gehäuse	Teil	OBTAIN	linke Hand	keine
3		zum Gehäuse	Teil	OBTAIN	rechte Hand	keine
4	)	Gehäuse vor Körper	Teil	DEPOSIT	linke Hand	keine
5		Gehäuse vor Körper	Teil	DEPOSIT	rechte Hand	keine
6	)	Aufrichten	Teil	DEPOSIT	linke Hand	keine
7		Aufrichten	Teil	DEPOSIT	rechte Hand	keine
8	)	Gehäuse in Vorrichtung	Teil	DEPOSIT	linke Hand	keine
9		Gehäuse in Vorrichtung	Teil	DEPOSIT	rechte Hand	keine
10		Endhaltung	-	-	-	-

Weitere Aktionen sind beispielsweise die Prüfung von Bauteilen (CHECK) oder das Trennen von Bauteilen (RETRACT) und alternative Objekte können Werkzeuge, Stellteile oder Transportmittel sein. Statt beide Hände gleichzeitig zu nutzen könnte der Mitarbeiter auch nur eine Hand aktiv nutzen.

2.3.2 Einflussgrößen – untere Extremitäten

Für jede der Aktionen werden anschließend Einflussgrößen erfasst. Zunächst werden die unteren Extremitäten der erfassten Person beschrieben. Dies geschieht durch die Einflussgrößen Weg, Ausführungsbedingungen, Beinhaltung und Stabilität (nicht dargestellt).

Tabelle 2: Einflussgrößen – untere Extremitäten

Nr.	Weg	Ausführungsbedingungen	Grundstellung	Beinhaltung (links)	Beinhaltung (rechts)
1	-	 unbehindert	 Stehen	 gestreckt	 gestreckt
3	¹ Schritt 1 Seitenschritt	 unbehindert	 Stehen	 gestreckt	 gestreckt
9	Gehen 2 m Gehen: 2 Meter	 unbehindert	 Stehen	 gestreckt	 gestreckt

Der Weg beschreibt die Strecke, die der Mitarbeiter zurücklegt, bevor er die Arme benutzt. Die Methode unterscheidet dabei zwischen Gehen, Stufen steigen, Klettern und Kriechen. Bei jeder dieser Ausprägungen werden die zurückgelegten Meter, Schritte oder Sprossen angegeben. Im Beispiel macht der Monteur zunächst einen

Seitenschritt zum Materialwagen und geht danach zwei Meter zum Arbeitstisch.

Die Ausführungsbedingungen geben wieder, wie viel Kontrollaufwand durch die Bodenbeschaffenheit notwendig ist. Im Beispiel ist der Boden eben und der Weg wird nicht durch Hindernisse blockiert.










Die Einflussgröße Grundstellung beschreibt die Stellung des Körpers am Ende einer Bewegung, also ob der Monteur steht, sitzt, hockt oder kniet.

Die Beinhaltung gibt dann an, ob die Beine gestreckt oder gebeugt sind. Bei der dargestellten Arbeitsaufgabe steht der Mitarbeiter am Anfang der Tätigkeit und am Ende der Bewegungen mit gestreckten Beinen.

2.3.3 Einflussgrößen – Rumpf und Kopf/Nacken

Nach den unteren Extremitäten wird die Haltung des Rumpfes beschrieben. Dies umfasst die Rumpfbeugung, -drehung und -neigung sowie die Kopfhaltung (nicht abgebildet).

Tabelle 3: Einflussgrößen – Rumpf

Nr.	Rumpfbeugung	Rumpfdrehung	Rumpfneigung
1	 aufrecht	 keine Rumpfdrehung	 keine Rumpfneigung
3	 stark nach vorne gebeugt	 starke Körperhilfe	 keine Rumpfneigung
9	 aufrecht	 keine Rumpfdrehung	 keine Rumpfneigung

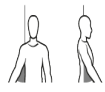


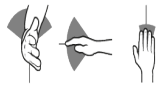




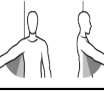



Die Rumpfbeugung, -drehung und -neigung beschreiben die Haltung des Oberkörpers am Ende einer Bewegung. Diese Einflussgrößen sind dabei unabhängig von den unteren Extremitäten. Der Rumpf kann also beispielsweise beliebig verdreht sein, egal ob die Beine gebeugt sind oder nicht. Die Beugung beschreibt die Auslenkung nach vorne oder hinten, die Rumpfneigung die Auslenkung zur Seite und die Drehung, wie sehr die Schulter eingedreht ist. Im Beispielprozess befindet sich der Körper zunächst in Neutralstellung, das heißt ohne Beugung Neigung oder Drehung. Beim Aufnehmen des Gehäuses neigt und verdreht der Monteur den Rumpf. Anschließend bringt er ihn wieder in Neutralstellung.

Die Haltung des Kopfes wird analog durch Beugung, Neigung und Drehung beschrieben.

2.3.4 Einflussgrößen – obere Extremitäten

Anschließend werden die Armhaltung sowie die notwendige Kraft beziehungsweise das getragene Gewicht beschrieben. Dies erfolgt separat für jeden Arm (hier beispielhaft am rechten Arm erläutert).

Tabelle 4: Einflussgrößen – obere Extremitäten (1/2)

Nr.	Oberarmhaltung	Handposition	Armstreckung	Handhaltung	Gewicht / Kraft
1	 Winkel $0 < x < 20^\circ$	 unterhalb der Schulterhöhe	 Streckung $80\% < x$	 Neutralstellung	keine Kraft
3	 Winkel $x > 60^\circ$ oder $x < 0^\circ$	 unterhalb der Schulterhöhe	 Streckung $40\% < x < 80\%$	 Neutralstellung	keine Kraft
9	 Winkel $20^\circ < x < 60^\circ$	 unterhalb der Schulterhöhe	 Streckung $40\% < x < 80\%$	 Drehung zur Seite	Gewicht: Gewicht 3,0 kg Gehäuse: 3 kg

Die Oberarmhaltung gibt die Auslenkung nach vorne/ hinten oder zur Seite an. In dem Beispiel ist der rechte Oberarm bei der Aufnahme des Gehäuses stark ausgelenkt. Beim Platzieren in der Montagevorrichtung ist er wieder ausgelenkt, aber nicht mehr so stark.

Die Handposition beschreibt die Höhe der Hand in Relation zur Schulter, also ob sie sich unter, auf oder über Schulterhöhe befindet. Im Beispiel ist die Hand immer unter Schulterhöhe.






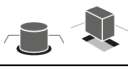


Die Armstreckung stellt die Entfernung zwischen der Hand und dem Schultergelenk dar. In der Ausgangsposition ist der rechte Arm des Mitarbeiters ausgestreckt. Beim Aufnehmen und Platzieren befindet sich der Arm dann in halbgestreckter Haltung.

Die Handhaltung beschreibt analog zur Rumpfhaltung, ob das Handgelenk gebeugt, geneigt oder verdreht ist. Zum Anfang und beim Aufnehmen des Gehäuses ist das Handgelenk in Neutralstellung, beim Platzieren des Gehäuses neigt der Mitarbeiter es nach rechts.

Die Einflussgröße Gewicht/ Kraft beschreibt die Last des zu handhabenden Gegenstandes beziehungsweise die Kraft, die der Mitarbeiter aufbringt. Im Beispiel muss der Mitarbeiter erst beim Transport des Gehäuses zur Montagevorrichtung Kraft zum Heben des Gehäusegewichts aufbringen.

Der Anwender erfasst als letztes Einflussgrößen, die die Bewegung der Hand detailliert beschreiben. Dazu gehören die zurückgelegte Entfernung, die Art der Bereitstellung, Platziergenauigkeit, Einbaulage, Fügebedingungen, Greifbewegung, Greifart und Vibration (nicht abgebildet).

Tabelle 5: Einflussgrößen – obere Extremitäten (2/2)

Nr.	Entfernungsbereich	Bereitstellung / Platziergenauigkeit + Einbaulage	Fügebedingungen	Greifbewegung + Greifart
1	-	-	-	 offene Hand ohne Objekt
3	 10 10 Zentimeter	 vereinzelt, ortsveränderlich	-	 Umfassen + 4-Finger-Umfassen
9	 10 10 Zentimeter	 enges Platzieren, mit Ausrichten	 Griffabstand Sichtbehinderung	 4-Finger-Umfassen

Der Entfernungsbereich beschreibt die zurückgelegte Strecke der Hand bei der Objekthandhabung. In dem Beispiel bewegt sich die Hand des Mitarbeiters über

zehn Zentimeter. Beim Platzieren bewegt er sich zunächst zum Arbeitstisch und bewegt die Hand dann ebenfalls über zehn Zentimeter zur Vorrichtung.

Die Anordnung beziehungsweise Lage der zu greifenden Gegenstände wird durch die Einflussgröße Bereitstellung wiedergegeben. Im Beispiel werden die Gehäuse einzeln, aber nicht ortskonstant bereitgestellt.

Platziergenauigkeit, Einbaulage und Fügebedingungen geben an, mit welcher Genauigkeit Objekte platziert werden müssen, also beispielsweise, ob der Monteur dabei auf Symmetrie achten muss. Beim Platzieren des Gehäuses muss er das Gehäuse eng mit leichtem Druck fügen und das Gehäuse lässt sich zudem nur in einer Ausrichtung positionieren. Das Gehäuse blockiert außerdem die Sicht auf die Fügestellen.

Mit der Greifbewegung und Greifart beschreibt der Anwender abschließend, welche Position die Finger einnehmen, um den Gegenstand unter Kontrolle zu bringen oder die Kontrolle zu ändern. In der Ausgangsposition hat der Mitarbeiter die rechte Hand zunächst geöffnet. Um das Gehäuse aufzunehmen, führt er dann eine Umfassen-Bewegung durch und hält das Gehäuse dann mit einem 4-Finger-Umfassen-Griff unter Kontrolle, den er bis zum Ende des Fügevorgangs beibehält.

2.3.5 Übersicht aller benötigten Informationen

Tabelle 6 fasst die Informationen zusammen, die zur Erstellung einer MTM-HWD-Analyse notwendig sind.

Tabelle 6: Übersicht Bausteinbeschreibung und Einflussgrößen

Bausteinbeschreibung		Einflussgrößen		
Bausteinelement	Beschreibungssegment	Bezeichnung	Beschreibungssegment	Bezeichnung
Objekt	untere Extremitäten	Weg	obere Extremitäten	Oberarmhaltung
Aktion		Ausführungsbedingungen		Handposition
aktive Extremität		Stabilität		Armstreckung
passive Extremität		Grundstellung		Handgelenkshaltung
		Beinhaltung		Gewicht [kg]
Rumpf	Rumpfbeugung	Kraft [N]		
	Rumpfdrehung	Kraftrichtung		
	Rumpfnäigung	Entfernungsbereich		
Kopf/Nacken	Kopfhaltung	Bereitstellung		
	Blickverschieben	Platziergenauigkeit		
				Einbaulage
				Fügebedingungen
				Greifbewegung
				Greifart
				Vibration

Wenn alle Einflussgrößen aufgenommen wurden, liefert MTM-HWD eine zeitliche und ergonomische Bewertung der erfassten Arbeitsaufgabe.

3. Kategorisierung der Einflussgrößen

Anstatt die vielen Einflussgrößen einzeln daraufhin zu untersuchen, ob sie aus digitalen Bewegungsdaten ableitbar sind, werden Kategorien gebildet, die diesen Prozess vereinfachen, ohne die Aussagekraft zu reduzieren. Tabelle 7 zeigt die Einflussgrößen und ihre Zuordnung zu den Kategorien.

Tabelle 7: Kategorisierung der Einflussgrößen

Beschreibungssegment	Einflussgröße	Kategorie			
		bausteinspezifisch		bausteinübergreifend	
		Genauigkeit	Entfernung	Haltung	Kraft
untere Extremitäten	Weg		x		
	Ausführungsbedingungen	x			
	Stabilität			x	
	Grundstellung			x	
	Beinhaltung			x	
Rumpf	Rumpfbeugung			x	
	Rumpfdrehung			x	
	Rumpfneigung			x	
Kopf/Nacken	Kopfhaltung			x	
	Blickverschieben		x		
obere Extremitäten	Oberarmhaltung			x	
	Handposition			x	
	Armstreckung			x	
	Handgelenkshaltung			x	
	Gewicht [kg]				x
	Kraft [N]				x
	Kraftrichtung				x
	Entfernungsbereich		x		
	Bereitstellung	x			
	Platziergenauigkeit	x			
	Einbaulage	x			
	Fügebedingungen	x			
	Greifbewegung	x			
	Greifart	x			
Vibration				x	

Die Einflussgrößen werden zunächst danach unterschieden, ob sie zustandsspezifisch sind oder nicht. Zustandsspezifisch sind dabei diejenigen Einflussgrößen, die lediglich für eine MTM-HWD-Aktion gelten.

Zu den zustandsspezifischen Einflussgrößen gehören Genauigkeiten und Entfernungen. Genauigkeiten beschreiben, wieviel Kontrollaufwand bei Durchführung der Aktion notwendig ist. Dazu gehören beispielsweise die Ausführungsbedingungen, die Bereitstellung und die Platziergenauigkeit. Die Entfernungen geben den zurückgelegten Weg relevanter Körperteile an. Dies umfasst die Größen Weg, Blickverschieben und Entfernungsbereich.

Zu den zustandsübergreifenden Einflussgrößen, die also nicht auf das MTM-HWD-Verfahren beziehungsweise einzelne Aktionen begrenzt sind, gehören die Haltungen und Kräfte. Haltungen beschreiben die Stellungen der einzelnen Körperteile während des Arbeitsprozesses. Sie können für einzelne Körperteile über den gesamten Arbeitsprozess gleichbleiben. Zu den Haltungen gehören die Grundstellung, die Bein- und die Oberarmhaltung. Die Kräfte geben beispielsweise an, wieviel Gewicht gehoben werden muss.

Die Kategorisierung lässt sich übertragen auf andere Verfahren zur Bewertung menschlicher Arbeit. So verwendet das MTM-UAS-Verfahren vorrangig Genauigkeiten und Entfernungen und das EAWS-Verfahren hauptsächlich Haltungen und Kräfte. Bei der Betrachtung digitaler Tools zur Generierung von Bewegungsdaten kann man die Übertragbarkeit systematisch bewerten, in dem man zunächst die Kategorien untersucht. Dies wird im folgenden Kapitel anhand des AXS-Motion Capture-Anzugs durchgeführt.

4. Ableitbare Einflussgrößen bei Verwendung des AXS-Anzugs

Der AXS-Motion Capture-Anzug ist ein Anzug zur Erfassung menschlicher Bewegungen und Generierung digitaler Bewegungsdaten. Er verwendet dazu insbesondere IMUs (Inertial Measurement Units) und Kraftsensoren. Er zeichnet somit die Bewegungen und Haltungen des Körpers auf, sowie die Aufbringung von Kräften an ausgewählten Körperteilen (vgl. Abbildung 3).

Um zu untersuchen, welche Einflussgrößen automatisch aus den Bewegungsdaten abgeleitet werden können, werden an dieser Stelle die in Abschnitt 3 vorgestellten Kategorien verwendet.

Zur Ermittlung *zustandsspezifischer* Einflussgrößen ist es zunächst notwendig, die Bausteine aus den Bewegungsdaten abzuleiten. Erst wenn dies geschehen ist, können die einzelnen Einflussgrößen identifiziert werden. Die Ableitung der MTM-HWD-Aktionen aus den dargestellten Bewegungsdaten ist jedoch nicht trivial, da die Aktionen unterschiedliche Bewegungsmuster umfassen können und vor allem durch den Sinn einer Bewegung abgegrenzt werden können. Zurzeit ist diese Ableitung nicht vollständig automatisierbar und muss deshalb durch manuelle Eingaben ergänzt werden.

Die Ermittlung der *Genauigkeiten* ist anschließend ebenfalls schwierig, da diese nicht die menschlichen Bewegungen oder die aufgewendeten Kräfte beschreiben, sondern vielmehr die verwendeten Objekte. Diese Informationen müssten dann ebenfalls manuell ergänzt werden beziehungsweise aus anderen Systemen abgeleitet werden.

Die *Entfernungen* können sehr gut aus Bewegungsdaten abgeleitet werden, wenn die Bausteine richtig erkannt wurden. Zu den erfassten Daten gehören unter

anderem die Koordinaten während des Arbeitsablaufs, aus denen die Entfernungen einfach errechnet werden können. Wenn die Erfassungsqualität des Anzugs hoch ist, sind die automatisch erfassten Informationen sogar genauer als manuell aufgenommene Daten.

Die Ermittlung der *zustandsübergreifenden* Einflussgrößen setzt nicht voraus, dass die Aktionen korrekt erfasst werden. Dadurch sind sie generell leichter zu ermitteln.

Die *Haltungen* lassen sich analog zu den Entfernungen sehr gut aus den Bewegungsdaten des AXS-Anzugs ableiten, da sie ebenfalls direkt abgeleitet werden können. Voraussetzung zur korrekten Ableitung der Haltungen ist jedoch die korrekte Messung der einzelnen Körperteilstellungen. Dazu muss zum einen wie bei den Entfernungen eine hohe Datenqualität gewährleistet werden. Zudem fehlen bisher Definitionen der einzelnen Haltungen, die es einem Algorithmus ermöglichen, die korrekte Haltung auszuwählen. So ist beispielsweise nicht eindeutig definiert, wo der Übergang zwischen Liegen und Sitzen ist.

Die *Kräfte* können ebenfalls gut aus den Bewegungsdaten des Anzugs abgeleitet werden, da er verschiedene Kraftsensoren verwendet. Zur korrekten Übertragung ist es auch hier notwendig, eine hohe Datenqualität zu gewährleisten.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Betrachtung der Kategorien hat gezeigt, welche Kategorien von Einflussgrößen gut ableitbar sind und welche Defizite beziehungsweise Herausforderungen bei Verwendung des AXS-Anzugs bestehen. Sie lassen sich zusammenfassen zu den folgenden Punkten:

- Die Identifikation der Aktionen ist noch nicht vollständig automatisierbar und die Ableitung bausteinspezifischer Einflussgrößen ist somit schwierig.
- Genauigkeiten lassen sich nicht automatisch ableiten.
- Entfernungen und Kräfte lassen sich gut ableiten, wenn eine ausreichend hohe Datenqualität vorliegt.
- Haltungen lassen sich gut ableiten, wenn eine ausreichend hohe Datenqualität vorliegt und die Definitionen spezifiziert werden.

Die Unterteilung der Einflussgrößen in Kategorien hat dabei den Untersuchungsprozess systematisiert. Durch die allgemeingültige Auslegung lässt sie sich zudem auf andere Verfahren übertragen. Eine solche Übertragung und Erweiterung der Kategorien bildet die Grundlage für die Entwicklung einer allgemeingültigen Schnittstelle zwischen digitale Bewegungsdaten und Verfahren zur Bewertung menschlicher Arbeit.

Diese Schnittstelle und die Prozesssprache MTM werden den Industrial Engineer der Zukunft dabei unterstützen, auf Basis von Bewegungsdaten zu planen. Das heißt auch, dass neben der Planungs- und der Ausführungsanalyse zukünftig die Simulationsanalyse an Bedeutung gewinnen wird.

Die MTM ASSOCIATION e. V. wird zukünftig auf die Etablierung und Einhaltung des Gütesiegels „Zertifiziert durch MTM“ für digital erstellte Simulationsanalysen achten, um die einheitliche und sachgerechte Verbreitung von MTM sicher zu stellen.

6. Literatur

- Finsterbusch T, Kuhlang P (2015) A New Methodology for Modelling Human Work – Evolution of the Process Language MTM towards the Description and Evaluation of Productive and Ergonomic Work Processes. In: Proceedings of 19th Triennial Congress of the IEA, Melbourne 9.-14
- Finsterbusch T (2016) Entwicklung einer Methodik zur Bildung von Bausteinsystemen für die Gestaltung menschlicher Arbeit. Dresden, Techn. Univ., Dissertation
- Finsterbusch T, Petz A, Haertel J, Faber M, Kuhlang P, Schlick C (2016) A Comparative Empirical Evaluation of the Accuracy of the Novel Process Language MTM-Human Work Design. In: Schlick, C.; Trzcieliński, S. (eds.): Advances in Ergonomics of Manufacturing: Managing the Enterprise of the Future, Advances in Intelligent Systems and Computing 2016, vol. 490, pp. 147--155. Springer, Switzerland
- Kuhlang P (2018) Produktive und ergonomiegerechte Arbeit – Von Grundsätzlichem zur Prozesssprache MTM über die Ergonomiebewertung zu Human Work Design (MTM-HWD®). In: ifaa (Hrsg.), Leistung und Entgelt. Joh. Heider Verlag, Düsseldorf, 2018, Ausgabe 2/2018, S. 6-46.
- Kuhlang P (2019) Positionen der Deutschen MTM-Vereinigung e. V. zu Assistenzsystemen und zur Verarbeitung von digitalen Bewegungsdaten. In: Kuhlang P. (Hrsg.), MTM-Schriftenreihe Industrial Engineering, Ausgabe 12. Hamburg: Eigenverlag Deutsche MTM-Vereinigung e. V.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ERKENNEN.LERNEN.VERÄNDERN
Die Arbeit des Menschen in der digital vernetzten Welt

Herbstkonferenz der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

MTM ASSOCIATION e. V.

12. und 13. September 2019

GfA-Press

**Dokumentation der Herbstkonferenz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
vom 12. bis 13. September 2019, Böblingen**

Deutsche MTM ASSOCIATION e. V., Hamburg

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-26-3

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Konferenzband

Als Manuskript zusammengestellt. Dieser Konferenzband 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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband 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.

Screen design und Umsetzung

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de