

## **Digitalisierung und Internationalisierung der Arbeitswirtschaft für produktive und ergonomiegerechte Basisarbeit in Produktion und Logistik**

### **Digitization and internationalization of industrial engineering for productive and ergonomic basic work in production and logistics**

Peter KUHLANG, Thomas MÜHLBRADT, Martin BENTER, Maria NEUMANN

*MTM ASSOCIATION e. V.,  
Elbchaussee 352, D-22609 Hamburg*

**Kurzfassung:** Basisarbeit hat nach wie vor einen hohen Anteil an der Beschäftigung in industrieller Produktion und Logistik. Die Gestaltung produktiver und gesunder Basisarbeit bleibt daher wichtig. Gleichzeitig entstehen durch Digitalisierung der direkten und indirekten Bereiche und durch Internationalisierung der Wertschöpfung neue Herausforderungen, aber auch Chancen. Ausgehend von einer kurzen Darstellung der Arbeitswirtschaft und der Anforderungen durch Internationalisierung beleuchtet der Beitrag den Stand der Arbeitswirtschaft und gibt Beispiele aus Produktion und Logistik. Der Beitrag diskutiert dann die Möglichkeiten einer digitalisierten Arbeitswirtschaft und schließt mit einem Ausblick und einer Diskussion.

**Schlüsselwörter:** Arbeitswirtschaft, Basisarbeit, Digitalisierung, Internationalisierung

**Abstract:** Basic labor still accounts for a high proportion of employment in industrial production and logistics. The design of productive and healthy basic labor therefore remains important. At the same time, the digitization of direct and indirect areas and the internationalization of value creation are creating new challenges, but also opportunities. Starting with a brief description of Industrial Engineering and the additional requirements resulting from internationalization, the article examines the status of Industrial Engineering and provides examples from production and logistics. The article then discusses the possibilities of a digitalized Industrial Engineering and concludes with an outlook and a discussion.

**Keywords:** industrial engineering, basic work, digitization, internationalization

## **1. Arbeitsgestaltung in Produktion und Logistik**

### *1.1 Arbeitswirtschaft in der Basisarbeit*

„Basisarbeit“ beschreibt ein heterogenes Spektrum an Erwerbsarbeit mit erheblichen Anteilen im produzierenden Gewerbe und in der Logistik. Sie zeichnet sich im Kern dadurch aus, dass sie keine Berufsfachlichkeit erfordert, d. h. unabhängig von der tatsächlichen Qualifikation der Stelleninhaber handelt es sich um ungelernte bzw. angelernte Tätigkeiten (Bovenschulte et al. 2021), oder um sogenannte Helfertätigkeiten gemäß der Klassifikation der Berufe (Bundesagentur für Arbeit, 2020). Der Anteil dieser Tätigkeiten liegt recht konstant bei ca. 15 % aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (Kaufmann et al. 2021). Von diesem Anteil entfallen wiederum 20,1 % auf das verarbeitende Gewerbe und weitere 6,2 % auf den Bereich Verkehr und Lagerwirtschaft. In absoluten Zahlen sind in den genannten Bereichen zusammen in Deutschland rund 8,84 Millionen Personen beschäftigt.

Industrielle Basisarbeit ist seit langem Betrachtungsgebiet der Arbeitswirtschaft in den Unternehmen, die das duale Ziel von produktiver und menschengerechter Arbeit verfolgt (Bokranz & Landau 2012). In diesem Bereich gibt es zwei wesentliche aktuelle Entwicklungen, die Einfluss auf diese Gestaltung der Arbeit haben: Internationalisierung und Digitalisierung.

### *1.2 Zieldimensionen bei der Gestaltung menschlicher Arbeit – Zeit und Ergonomie*

Die Kosten sind eine wesentliche Zielgröße für Unternehmen im nationalen oder internationalen Wettbewerb. Ein relevanter Anteil dieser Kosten sind Lohnkosten, insbesondere wenn die Arbeit durch einen hohen Anteil an manuellen Tätigkeiten geprägt ist. Eine zeitliche Bewertung dieser Prozesse erlaubt es zum einen, Kapazitätsbedarfe zu ermitteln und zum anderen ermöglicht sie die Identifizierung von Verbesserungspotenzialen und hilft so bei der zielgerichteten Gestaltung menschlicher Arbeit.

Es gibt unterschiedliche Methoden zur zeitlichen Beschreibung und Analyse von Arbeitsabläufen. Bekannte Methoden sind unter anderem REFA (REFA 1997), MTM (Antis et al. 1969; Bokranz & Landau 2012; Maynard et al. 1948) oder Work Factor (Quick 1960). Alle Methoden haben dabei unterschiedliche Stärken und Schwächen. Wesentlicher Vorteil der MTM-Methoden ist unter anderem die personenunabhängige Beschreibung der Arbeitsabläufe. Unterschiedliche Ausführungsgeschwindigkeiten werden beispielsweise nicht betrachtet und erlauben somit eine objektive Bewertung der Arbeitsinhalte. Für unterschiedliche Anwendungsbereiche existieren unterschiedliche MTM-Systeme wobei das bekannteste und weltweit am meisten verbreitete System das Prozessbausteinsystem MTM-UAS® ist (MTM-Universelles Analysiersystem; Bokranz & Landau 2012; MTMA 2019b).

Neben der Betrachtung der Zeit gewinnt die Ergonomie in allen Bereichen menschlicher Arbeit zunehmend an Bedeutung. Gut gestaltete Arbeit vermeidet übermäßige biomechanische Belastung, erhält die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten und fördert die Arbeitszufriedenheit. Eine ganzheitliche Arbeitsplatzgestaltung unter Berücksichtigung ergonomischer Aspekte gewinnt daher immer mehr an Bedeutung (MTMA 2022).

Um diese Aufgabe zu erfüllen, wenden Unternehmen in der Regel Methoden zur Gefährdungsbeurteilung an, beispielsweise das „Ergonomic Assessment Worksheet“ (EAWS, Schaub et al. 2012). Ziel dieser Methoden ist die Identifizierung

ergonomischer Risiken für die Beschäftigten in Arbeitssystemen. Darüber hinaus ist die Beurteilung von Risiken durch biomechanischen Stress in vielen europäischen Ländern für Unternehmen verpflichtend.

### *1.3 Stellenwert und Zukunft der Arbeitswirtschaft in Produktion und Logistik*

Der historisch gewachsene, hohe Stellenwert der Arbeitswirtschaft drückt sich in der großen Zahl an Absolventen in den verschiedenen Ausbildungen sowie in der hohen Mitgliederanzahl in den einschlägigen Fachverbänden seit der Professionalisierung der Arbeitswirtschaft in Deutschland aus. Nicht zuletzt sind Grundlagen der Arbeitswirtschaft häufig auch Bestandteil von (Wirtschafts-)Ingenieurstudiengängen in Deutschland.

Wissen und Methoden der Arbeitswirtschaft stehen dabei nicht still, sondern entwickeln sich weiter mit den Anforderungen und Rahmenbedingungen (Mühlbradt et al. 2018). Als erweiterte und erneuerte Gestaltungsaufgabe ist hier beispielsweise zunehmend die lernförderliche Gestaltung industrieller Arbeitsplätze zu nennen (Mühlbradt 2015; Dworschak et al. 2021; Winter et al. 2021).

In diesem Beitrag geht es um die aktuelle Entwicklung der Arbeitswirtschaft vor dem Hintergrund von Digitalisierung und Internationalisierung. Dabei liegt das Augenmerk auf der Basisarbeit in Produktion und Logistik.

## **2. Internationalisierung der Wertschöpfung**

### *2.1 Verlagerung und internationale Kooperation*

Mit der zunehmenden Internationalisierung der industriellen Produktion entstehen weltweit neue Produktionsstandorte. Dabei bilden sich Schwerpunkte, wie beispielsweise in Mexiko. Dort ist das Wachstum der Automobilindustrie stark von deutschen Unternehmen getrieben, die mit der Erweiterung bestehender Standorte sowie dem Aufbau neuer Werke ihre internationalen Produktionskapazitäten ausbauen (Volk 2016). In dieser globalen Arbeitsteilung können verschiedene Werke, teils über große räumliche Distanzen hinweg, gemeinsame Lieferketten bilden. Entlang dieser Lieferketten sind die technischen, organisatorischen und personellen Voraussetzungen, insbesondere die verfügbaren Qualifikationen in den direkten und indirekten Bereichen, und damit ebenfalls in der Arbeitswirtschaft, häufig nicht auf einem mit den Standorten in Deutschland vergleichbaren Stand (Ostermeier et al. 2023).

### *2.2 Neue Anforderungen an die Arbeitswirtschaft aus dem Lieferkettengesetz*

Der Bedarf an systematischer Arbeitsgestaltung an allen Stellen globaler Wertschöpfungsketten erhöht sich weiter für solche Lieferketten mit Beteiligung deutscher Unternehmen. Zum 1. Januar 2023 ist das Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten in Lieferketten (kurz: Lieferkettengesetz) in Kraft getreten. Das Gesetz regelt die unternehmerische Verantwortung für die Einhaltung von Menschenrechten in den globalen Lieferketten. Zu diesen Rechten zählt explizit der Arbeits- und Gesundheitsschutz (BMAS 2023). Verboten ist demzufolge u. a. die Missachtung der nach dem anwendbaren nationalen Recht geltenden Pflichten des Arbeitsschutzes. Bei ungleichen Qualifikationen und Voraussetzungen eröffnet die

Digitalisierung der Arbeitswirtschaft hier neue Möglichkeiten zur rechtskonformen Planung, Gestaltung und Bewertung von Basisarbeit. Integrierte digitale Plattformen können arbeitswirtschaftliche Daten und Leistungen ortsunabhängig verfügbar machen, die Reaktionszeiten und Planungsauern massiv verkürzen und die Arbeitsgestaltung nach einheitlichen Standards ausrichten. Weiterhin können mehrsprachige E-Learning-Angebote dabei helfen, kritische Qualifikationen vor Ort in wirtschaftlicher Weise aufzubauen (Ostermeier et al. 2023).

### **3. Arbeitswirtschaft in der Basisarbeit**

Die Arbeitswirtschaft spielt im Bereich der Basisarbeit eine entscheidende Rolle, da mit ihrer Hilfe Arbeitsplätze mit wissenschaftlich abgesicherten Methoden praxisorientiert und menschengerecht gestaltet werden können. Dies wird in dem nachfolgenden Kapitel durch die Nutzung der MTM-Logistikdaten und des EAWS näher erläutert.

#### **3.1 Gestaltung von Basisarbeit in der Logistik mit MTM-Logistik**

Eine moderne Arbeitswirtschaft im Sinne eines systematischen Produktivitätsmanagement sowie moderner Arbeitsbemessung bzw. der Einsatz von arbeits- und zeitwirtschaftlichen Methoden stellt bisher für Logistikunternehmen und kleinere sowie mittlere Unternehmen zumeist keine wesentliche Aufgabe dar. Um allerdings aktuelle Zeitverbräuche richtig darzustellen und Engpässe zu erkennen, spielen Zeitdaten eine entscheidende Rolle. Mit ihrer Hilfe kann beurteilt werden, was die eigenen Abläufe (Intralogistik, Produktion bzw. Montage) überhaupt leisten können.

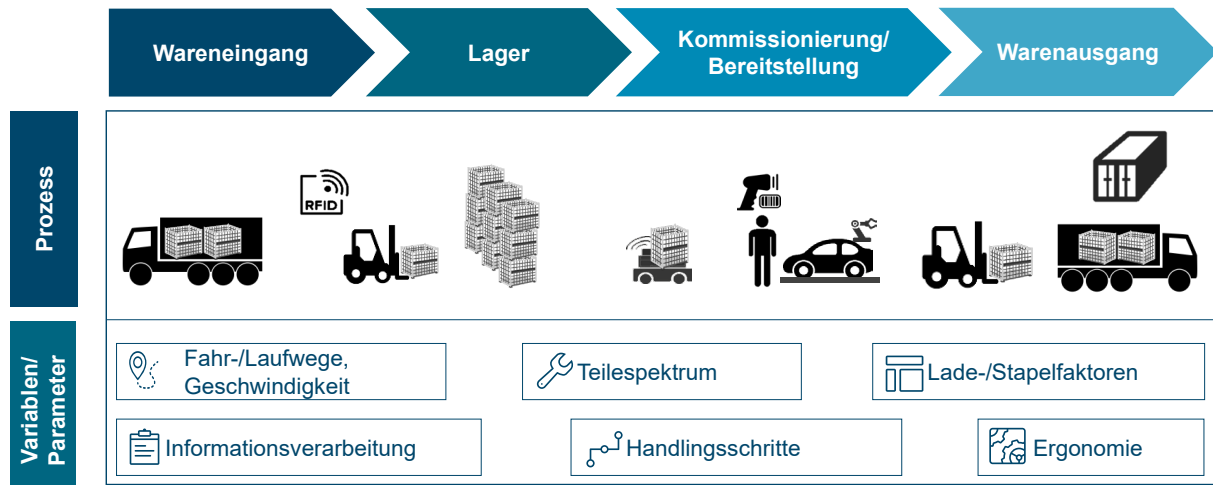
Für die vielfältigen Aufgaben, die in den Bereichen Tendermanagement, Logistik, Prozessmanagement, Lean Management, Verbesserungsmanagement und Arbeitsplanung vorkommen, werden Methoden der Zeitermittlung genutzt. Zu diesen Aufgaben zählen u. a. das Gestalten von effizienten und ergonomiegerechten Arbeitssystemen, Prozessen und Wertströmen, das Identifizieren von Engpässen, das Ermitteln von Zyklus- bzw. Transportzeiten, die Optimierung von physischer Belastung oder die Kalkulation von Auswirkungen durch Verbesserungsideen (MTMA 2022). Für all dies hat die Anwendung der MTM-Methode in den vergangenen Jahren – vor allem aufgrund stetig steigender Logistikkosten – noch zusätzlich an Bedeutung gewonnen.

Die gestiegenen Kosten ergeben sich einerseits durch die hohen organisatorischen, technischen und personellen Anforderungen, die heute an eine unternehmensübergreifende Logistik gestellt werden. Andererseits erschwert eine unzureichende Genauigkeit bei der Betrachtung von logistischen Prozessen, in denen der Mensch operativ tätig ist, die Einhaltung vorgegebener Kosten. Genau an dieser Stelle kann der Einsatz von MTM – konkret das Prozessbausteinsystem MTM-Logistik (MTM-LOG®) – erheblich zur Gestaltung und Verbesserung logistischer Prozesse beitragen.

##### **3.1.1 MTM-Logistikdaten**

Im Allgemeinen werden die MTM-Logistikdaten zur Beschreibung und Gestaltung der oben genannten, unterschiedlichen Aufgabenbereiche, genutzt. Auch hier finden sich beispielsweise bei Kommissionierung, Transport sowie Verpacken und Prüfung eine hohe Anzahl an Tätigkeiten, die zur Basisarbeit gehören (Abbildung 1). Die

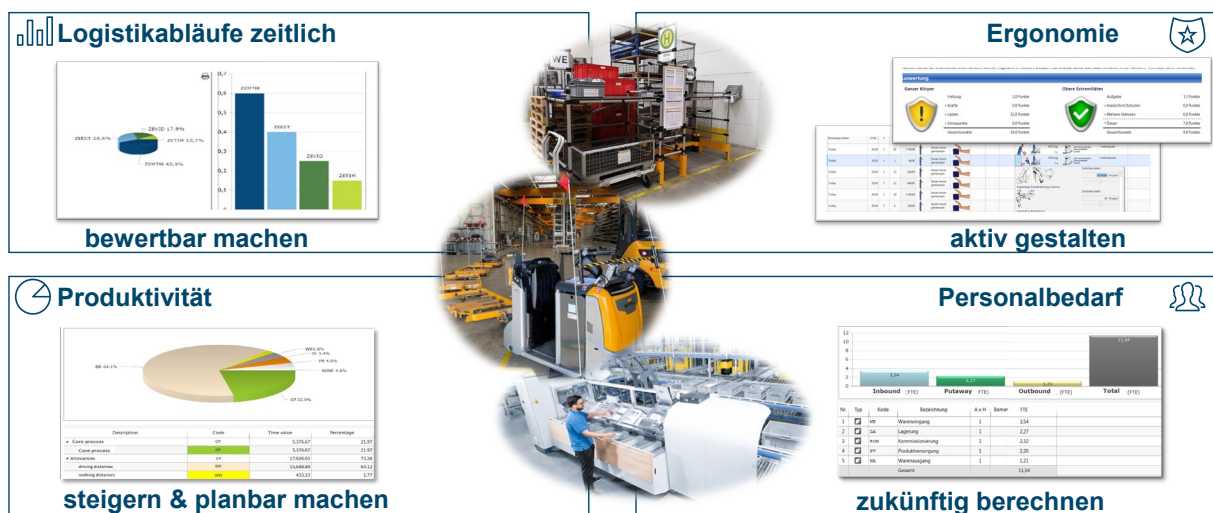
typischen Abläufe, die in ihrer Komplexität unterschiedlich sein können, werden als Standardvorgänge im Bereich der Logistik bezeichnet (Sunk et al. 2014).



**Abbildung 1:** Typische Anwendungsgebiete der MTM-Logistikdaten in der Intralogistik

**Figure 1:** Typical areas of application for MTM logistics data in intralogistics

Die MTM-Logistikdaten werden hauptsächlich dazu eingesetzt, logistische Abläufe bzw. Arbeitssysteme abhängig von Einflussgrößen, Variablen bzw. Parametern zeitlich und ergonomisch zu bewerten. Außerdem werden sie dazu genutzt, existierende aber vor allem auch noch nichtexistierende Abläufe gezielt und faktenbasiert zu planen und zu bewerten, die Produktivität zu steigern und den erforderlichen Personalbedarf zu ermitteln (Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Ziele der MTM-Anwendung in der Logistik

**Figure 2:** Goals of the MTM application in logistics

Für die Anwendung der MTM-Logistikdaten gelten folgende Rahmenbedingungen:

- Die üblichen Arbeitsaufgaben laufen auftragsbezogen, mit zum Teil hoher Wiederholhäufigkeit ab, sodass die Beschäftigten die Möglichkeit zur Routinebildung haben.
- Den Beschäftigten stehen für die Arbeitsaufgaben geeignete Arbeits- und

Transportmittel zur Verfügung.

- Die Arbeitsplätze sind entsprechend dem Spektrum der Arbeitsaufgaben gestaltet (MTMA 2019c).

Diese Bedingungen charakterisieren typischerweise das Methodenniveau bzw. den Prozesstyp der Serienfertigung und intralogistischer Abläufe bzw. Tätigkeiten, weshalb die MTM-Logistikdaten auf Grundlage der Grundvorgänge des Prozessbausteinsystems MTM-UAS® (MTMA 2019b) basieren. In der praktischen Anwendung haben vor allem die Standardvorgänge für Handling und Transport große Bedeutung.

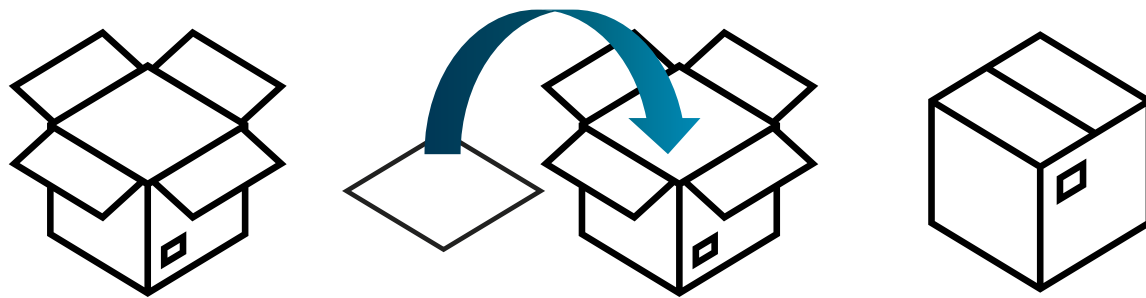
### 3.1.2 *Handling von Teilen, Kartons, Behältern*

Die Standardvorgänge *Handling von Teilen, Kartons, Behältern* sind Prozessbausteine zur Bewertung von Standardabläufen mit handelsüblichen und in der Praxis häufig eingesetzten Transporteinheiten. Die Prozessbausteine existieren für die Handhabung von Teilen, Behältern und Kartons, für das Öffnen und/oder Schließen von Verpackungen sowie die zugehörigen Informationsverarbeitungen. Beim Handling werden Anzahl und Häufigkeit variabel vorkommenden Körperbewegungen (Gehen, Bücken, Setzen und Aufstehen) sowie das Holen, Platzieren an der Verwendungsstelle und Ablegen von Hilfsmitteln (Werkzeug) mit Ergänzungswerten berücksichtigt.

Die Prozessbausteine für die Handhabung von Teilen, Behältern und Kartons decken gängige Arbeitsaufgaben ab, die in den Bereich der Basisarbeit einzuordnen sind. Mit ihnen können alle notwendigen Bewegungen beschrieben werden, um ein Behältnis, einen Karton oder ein Teil von einer Stelle zur anderen umzusetzen, auszutauschen oder umzufüllen. Hier spielen beispielsweise Anzahl und Gewicht der zu handhabenden Objekte sowie deren Größe eine Rolle für die richtige Beschreibung des vorliegenden Arbeitsablaufs.

Die Vorgänge „Verpackung öffnen“ und „Verpackung schließen“ beschreiben bereits ihren Inhalt und können ebenfalls dem Bereich der Basisarbeit zugeordnet werden. Sie umfassen alle für die Logistik relevanten Tätigkeiten, um entweder die Zugänglichkeit zu den in der Verpackung befindlichen Gegenständen zu erreichen oder um Behältnisse mittels erforderlicher Hilfsmaterialien und Werkzeuge zu verschließen. Hier werden vor allem die Art der Verpackung, also ob es sich z. B. um einen Faltkarton, einen Beutel oder eine Gitterbox handelt, und ob es Abdeckungen, Deckel oder Zwischenablagen gibt, berücksichtigt.

Unter Verwendung der MTM-Logistikdatenkarte „Handling – Verpackung schließen“ wird das eben erläuterte anhand eines einfachen Anwendungsbeispiels erklärt. Hierzu wird ein bereits gefüllter Karton mit der Größe 30 x 25 x 20 cm aufgenommen und auf eine Werkbank gestellt. Anschließend wird ein Deckel auf die sich im Karton befindlichen Teile gelegt und der Karton mit zwei Klebestreifen verschlossen (Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Anwendungsfall Verpackung schließen

**Figure 3:** Use case close packaging

Abbildung 4 kann entnommen werden, dass die Kodierung SBFA für das Aufstellen und Verschließen eines Faltkartons mit maximalen Abmessungen von 30 x 30 x 30 cm steht und einen Zeitwert von 215 TMU (Time Measurement Unit, 1 TMU = 0,036 Sekunden), was ca. 7,7 Sekunden entspricht, hat.

Das Einlegen des Deckels wird durch den Code SADA und das Verschließen des Kartons mit dem Klebeband durch das SBZA beschrieben. Für das SADA sind 60 TMU (ca. 2,2 Sekunden) vorgesehen, der Zeitwert für das SBZA (110 TMU) wird mit 2 multipliziert, sodass daraus 220 TMU (ca. 7,9 Sekunden) werden. Somit entsteht für dieses kleine Anwendungsbeispiel eine mit MTM analysierte Gesamtzeit (Grundzeit  $t_g$ ) von 495 TMU, was ca. 17,8 Sekunden entspricht.

Verpackung schließen				4LH	TMU
Behälternisse (aufstellen und verschließen)	Faltkarton (je Seite 2 Innen- u. 2 Außenlaschen)	≤ 30 × 30 × 30 cm		SBFA	215
		≤ 50 × 50 × 50 cm		SBFB	335
		≤ 80 × 80 × 80 cm		SBFC	445
	Laschen (alle Kartons)	Einzel oder paarweise	≤ 30 × 30 cm	SBLA	35
			≤ 50 × 50 cm	SBLB	45
			≤ 80 × 80 cm	SBLC	50
		Verschlusslasche		SBLV	65
	Zuschlag Klebestreifen	≤ 30 cm		SBZA	110
		≤ 50 cm		SBZB	145
		≤ 80 cm		SBZC	170
	Folienbeutel	Incl. Aufnehmen und Ablegen	≤ 30 × 30 × 30 cm	SBBA	155
			≤ 50 × 50 × 50 cm	SBBB	250
		Verschluss	Gleitverschluss	SBBC	45
			Druckverschluss	SBBD	75
			Klebestreifen	SBBE	120
	Gitterbox/Faltbox	Aufstellen*		SBGA	535
		Schließen		SBGS	175
Abdeckungen	Deckel/ Zwischenlage	≤ 30 × 30 cm		SADA	60
		≤ 50 × 50 cm		SADB	90
		≤ 80 × 80 cm		SADC	115
		≤ 30 × 30 cm		SAEA	95
	Einschlagpapier/ Folie	> 30 × 30 cm		SAEB	125

Beschreibung	Kode	Faktor	TMU
Karton aufstellen und verschließen	SBFA	1	215
Deckel	SADA	1	60
Klebeband	SBZA	2	220
			<b>495</b>

**Abbildung 4:** Analyse für den Anwendungsfall Verpackung schließen

**Figure 4:** Analysis for the use case close packaging

Es gibt weitere Logistik-Prozessbausteine, wie beispielsweise „Informationen verarbeiten“ oder „Standardvorgänge Transport“, mit denen weitere Logistik-tätigkeiten, beschrieben werden können. Das „Informationen verarbeiten“ steht für alle erforderlichen Tätigkeiten zur Informationsaufnahme, -verarbeitung und -eingabe. Hier lassen sich Prozesse wie Lesen, Schreiben oder Daten mit einem Scanner einlesen finden. Die Standardvorgänge *Transport* umfassen alle notwendigen Prozessbausteine zur Bewertung von Abläufen mit handelsüblichen und in der Praxis häufig eingesetzten Transportfahrzeugen oder Transportwagen und berücksichtigen dabei die unterschiedlichen Fahrzustände und -ausstattungen sowie relevante

Sicherheitsbestimmungen.

Nach diesem kurzen Exkurs in die Gestaltung von Basisarbeit in der Logistik erfolgt nun eine Erläuterung zur ergonomischen Gestaltung von Basisarbeit mit dem Ergonomiebewertungsverfahren EAWS.

### *3.2 Ergonomische Gestaltung von Basisarbeit mit EAWS*

Verbindungen zwischen Ergonomie und Methodengestaltung mit MTM bestehen insbesondere in den Bereichen der Gestaltung, Anordnung und Dimensionierung der Teile, des Arbeitsbereiches, des Arbeitsplatzes und weiterer Elemente, die direkten Einfluss auf die Arbeitsabläufe haben.

MTM, insbesondere das Prozessbausteinsystem MTM-1 (MTMA 2019a) mit der größten Anzahl an zeitrelevanten Einflussgrößen, unterstützt die Identifizierung von Wertschöpfung und Verschwendung und führt so zu produkt- und prozessoptimierenden Denk- und Gestaltungsansätzen. Ein größtenteils verschwendungsfreier Arbeitsprozess mit einer niedrigen Vorgabezeit (Sollzeit) ist ein Indiz für einen gut gestalteten Prozess. Die Prozessgestaltung wird dabei durch das Aufzeigen von Einflussgrößen – beginnend bei der Gestaltung des Produktes durch beispielsweise ein vom Konstrukteur geschaffenes vereinfachtes Fügen, über die Gestaltung des Arbeitsplatzes durch Reduktion von Bewegungslängen bis hin zur Gestaltung der Logistik durch Verbesserung von Greifbedingungen bei der Teileentnahme – gefördert bzw. erleichtert (Kuhlang 2018).

Eine hohe ergonomiegerechte Gestaltungsgüte ist dabei Voraussetzung für dauerhaft fehlerfreie und effiziente Arbeit. So gehört die bewusste Gestaltung von beidhändiger Arbeit und die Vermeidung von unnötiger biomechanischer Belastung und notwendigen Belastungswechseln untrennbar zu einer guten Arbeitsgestaltung. Ein optimales Layout wird bereits durch die Vermeidung unnötiger Laufwege und durch eine bessere Teileanordnung sowie durch die Vermeidung von unnötiger Belastung, beispielsweise durch zusätzliches Bücken, ermöglicht (Kuhlang 2018).

Zusammenfassend kann die ganzheitliche Gestaltung menschlicher Arbeit als Anspruch und Herausforderung für die Arbeitswirtschaft gesehen werden (Schlick et al. 2010). Eine wesentliche Grundlage hierzu ist die Ergonomiebewertung mit EAWS und weiterführend das neueste MTM-Prozessbausteinsystem MTM-HWD® (Kuhlang 2018).

Das EAWS ermöglicht es dafür, ergonomische Defizite zu identifizieren (nicht nur in bestehenden Arbeitssystemen, sondern auch bereits in frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses) und so gesundheitliche Risiken zu minimieren. Es ist das einzige Verfahren, das dazu unterschiedliche Belastungsarten erfasst und zu einer Gesamtbelastung zusammenfasst. Die Risikobereiche Körperhaltung, Aktionskräfte und Lastenhandhabung beschreiben die Belastung des Gesamtkörpers. Zusätzlich bewertet das EAWS die Belastung der oberen Extremitäten durch Tätigkeiten mit hoher Wiederholhäufigkeit (Lavatelli et al. 2012; Schaub et al. 2012). Diese Belastungsarten werden bei EAWS in fünf Sektionen erfasst und bewertet (Abbildung 5).



Seite 1  
(Sektion 0)

Seite 2  
(Sektion 1)

Seite 3  
(Sektion 2 und 3)

Seite 4  
(Sektion 4)

Datenkopf,  
Gesamtergebnis,  
Extrapunkte

Körperstellung / Rumpf-  
und Armhaltungen

Aktionskräfte,  
Manuelles Handhaben  
von Lasten

Obere  
Extremitäten

**Abbildung 5:** EAWS Worksheet (DMTMV 2014)

**Figure 5:** EAWS Worksheet (DMTMV 2014)

Die Bewertung beginnt mit der Erfassung von generellen und organisatorischen Daten (z. B. Taktzeit, Analyst, Datum der Analyse, bewerteter Arbeitsplatz). In Sektion 0 – Extrapunkte – erfolgt die Bewertung von Extrapunkten, die beispielsweise für sich bewegende Objekte, für schlechte Zugänglichkeit des Arbeitsplatzes oder für Rückschläge, Schwingungen oder Impulse vergeben werden. In Sektion 1 – Körperhaltungen und Körperbewegungen – wird die Belastungshöhe durch die 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 Krafrichtung nach spezifischen Regeln ermittelt. Die Belastungsdauer bzw. -häufigkeit (auf Basis der Taktzeit) wird auch hier beachtet. Bei der Sektion 3 – Manuelle Lastenhandhabung – ist die Belastungshöhe abhängig vom Gewicht der zu handhabenden Last sowie der Körperhaltung während der Handhabung. Sie ist zudem teilweise von weiteren Einflussgrößen wie beispielsweise der Dauer beim Halten oder der Distanz beim Ziehen oder Schieben abhängig. Die Belastungsdauer wird hierbei auf Basis der Schichtdauer berechnet. In Sektion 4 – Belastung oberer Extremität durch (kurz-)zyklische repetitive Tätigkeiten – wird die Belastungsintensität durch Berücksichtigung des Kraftniveaus, der Greifart, ungünstiger Gelenkstellungen und eventueller Zusatzfaktoren ermittelt. Die Belastungsdauer ergibt sich einerseits aus der Frequenz der Bewegungen und andererseits aus der Schichtdauer in Kombination mit der Arbeitsorganisation (DMTMV 2014; Kuhlmann 2018).

Zur Bestimmung der physischen, respektive der biomechanischen Belastung bei einer Tätigkeit sind die beiden wichtigsten Faktoren die Dauer bzw. die Häufigkeit der Belastung sowie die Höhe bzw. Intensität der Belastung. Der EAWS-Index für biomechanische Belastung – der „Belastungsindex“ (R) – ergibt sich dann aus dem Produkt von „Belastungshöhe“ (Intensität I) und „Belastungsdauer“ (D). Die EAWS-Analyse ermittelt dabei für jeden Sektionsbereich (Gesamtkörper und obere Extremitäten) einen Punktwert, der nach dem Ampelschema (grün, gelb, rot) gemäß Richtlinie 2006/42/EG bewertet wird (Schaub et al. 2012).

Die ermittelte Belastung aus den Sektionen 0 bis 3 wird dann dem Punktwert für

den Gesamtkörper und jene der Sektion 4 dem Punktwert für die oberen Extremitäten zugeordnet. Somit ergibt sich durch Belastungssuperposition das Ergebnis zum einen als Punktwert und zum anderen als Farbe des Ampelschemas.

Ein wichtiges Ziel bei der ergonomiegerechten Arbeitsgestaltung ist die ganzheitliche Gestaltung in allen Phasen des Produktentstehungsprozesses. Die Anwendung von EAWS erlaubt es, ergonomische Defizite bereits in der frühen Phase des Produktentstehungsprozesses Konstruktion und Planung zu erkennen und so gesundheitliche Risiken von vornherein zu vermeiden. Es eröffnet zudem die Möglichkeit, die Arbeitsgestaltung noch stärker auf den Menschen auszurichten, da prozess- und arbeitssystemrelevante Einflüsse systematisch erfasst und ausgewertet werden. Es liefert durch die normierte objektive Einschätzung konkrete Ansatzpunkte für Produkt- und Prozessverbesserungen (Kuhlang et al. 2017).

Durch die Verbindung des MTM-Grundsystems (MTM-1) mit der Ergonomiebewertung ist das MTM-Prozessbausteinsystem MTM-HWD<sup>®</sup> entstanden, das es erlaubt, Arbeitsabläufe sowohl zeitlich als auch ergonomisch zu beschreiben und zu bewerten (Finsterbusch 2016). Die Anwendung von Methoden wie EAWS und MTM-HWD<sup>®</sup> erlaubt es somit, Arbeitsplätze – einschließlich Basisarbeitsplätze – ergonomisch gut zu gestalten.

Wie die bestehenden Methoden der Arbeitswirtschaft mit modernen digitalen Tools verbunden und dadurch verbessert werden können, wird im folgenden Abschnitt vorgestellt.

## **4. Digitalisierung der Arbeitswirtschaft**

### *4.1 Digitale Tools in der Arbeitswirtschaft und Bedeutung für Basisarbeit*

Ebenso wie die Internationalisierung führt die zunehmende Digitalisierung in der Arbeitswirtschaft zu deutlichen Veränderungen. Durch verschiedene technologische und konzeptionelle Entwicklungen ist es zunehmend möglich, Analysen und Planungen digital zu unterstützen oder zu Teilen zu automatisieren (Benter & Neumann 2023, Spitzhahn et al. 2022). Damit sind erhebliche Nutzeffekte für die Unternehmen verbunden. Insbesondere wird eine datenbasierte und qualitätsgesicherte Arbeitswirtschaft auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie für internationale Produktionsstandorte wesentlich erleichtert.

Digitalisierung im Rahmen der Industrie 4.0 betrifft dabei alle Funktionen im Unternehmen, auch die Arbeitswirtschaft. Sie befasst sich mit der Beschreibung und Analyse der Produktivität und Gesundheit der Beschäftigten in Unternehmen. Eine systematische Planung der Arbeitssysteme und -methoden ist und bleibt auch im Zeitalter der Digitalisierung der Schlüssel für exzellente Produktivität und menschengerechte Arbeitsbedingungen in industriellen Prozessen. Während eine detaillierte Planung klassisch hohen Aufwand verursacht, werden zukünftig mit Hilfe von digitalen Tools menschliche Arbeitsprozesse aufwandsärmer und detaillierter geplant (Kuhlang 2019). Dies gilt insbesondere für Basisarbeit.

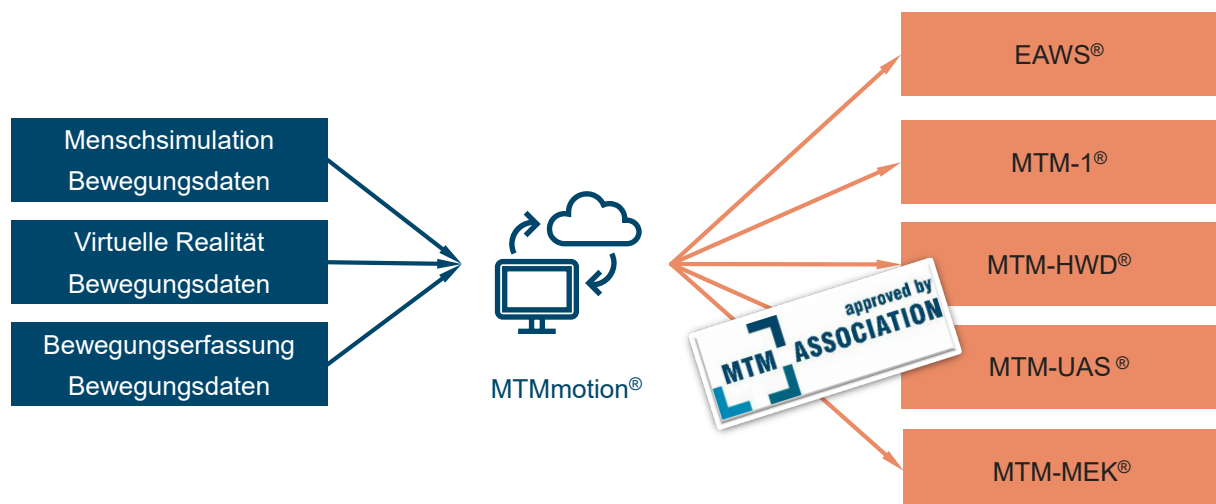
### *4.2 Digitale Arbeitsplanung mit Virtual Reality und MTMmotion<sup>®</sup>*

#### *4.2.1 Technologien zur Verarbeitung von Bewegungsdaten und MTMmotion<sup>®</sup>*

Digitale Technologien finden zunehmend Einzug in alle Aspekte der Arbeitswelt. Im

Bereich der Arbeitsgestaltung umfasst die Technologien, die menschliche Bewegungsdaten generieren beziehungsweise erfassen und anschließend weiterverarbeiten. Dazu gehören Human Simulation (z. B.: ema Work Designer: imk 2023; Fritzsche et al. 2019), Virtual Reality (z. B.: LIVING SOLIDS 2023 oder halocline 2023) und Motion Capture (z. B.: XSens: Movella 2023). Mit diesen Technologien kann menschliche Arbeit insbesondere dann zielgerichtet gestaltet werden, wenn die betrachteten Arbeitsvorgänge systematisch zeitlich und ergonomisch bewertet werden. Dafür eignen sich klassische Methoden der Arbeitsgestaltung wie MTM und EAWS.

Der Softwarehersteller imk hat beispielsweise eine Lösung zur Ableitung von MTM-HWD®-Analysen aus dem Simulationstool ema Work Designer entwickelt und in Zusammenarbeit mit der MTM ASSOCIATION evaluiert (imk 2023; Benter & Kuhlang 2021). Neben imk sind jedoch auch weitere Technologiehersteller an Lösungen zur Ableitung von bewährten Methoden der Arbeitsgestaltung interessiert. Um zu gewährleisten, dass diese Lösungen valide, regelkonforme MTM-Analysen liefern und alle Technologien gleichermaßen Zugang zu den MTM-Prozessbausteinsystemen haben, wurde MTMmotion® entwickelt. Abbildung 6 verdeutlicht diesen Ansatz.



**Abbildung 6:** MTMmotion® – technologieunabhängige Übersetzung in MTM-Analysen

**Figure 6:** MTMmotion® – technology independent translation into MTM analyses

MTMmotion® wurde mit dem Ziel entwickelt, als Schnittstelle (für alle Technologien) zu fungieren, über die menschliche Bewegungsdaten in korrekte MTM-Analysen übersetzt werden können. Durch diese Einbindung der MTM-Systematik können die Technologieanwender zielgerichtet menschliche Arbeitsplätze analysieren und gestalten. Zudem dient es der Verbreitung der MTM-Methoden und stellt deren korrekte Anwendung sicher. Damit erfüllt es den satzungsgemäßen Auftrag der MTM ASSOCIATION e. V.

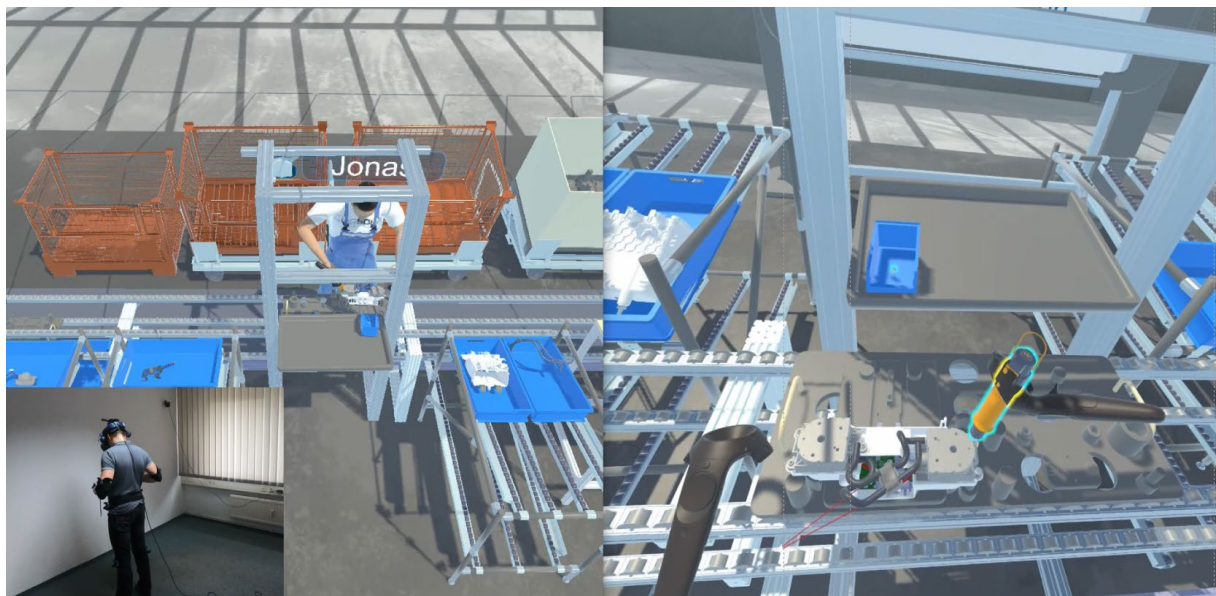
#### 4.2.2 Anwendungsbeispiel

Um die Daten in der Schnittstelle und die Übersetzung in MTM-Analysen zu erklären, wird im Folgenden ein Beispielarbeitsplatz verwendet. In diesem Beispiel montiert eine Person ein Waschmaschinenmodul, das aus einem Komponententräger, zwei Pumpen, mehreren Schläuchen und Schrauben sowie anderen Kleinteilen

besteht. Die Montagezeit für den gesamten Arbeitsablauf beträgt ca. zwei Minuten. Dieser Beitrag konzentriert sich auf den letzten Teil, die Befestigung der Pumpen mit Schrauben (Benter & Neumann 2023).

Die komplette Arbeitsstation inklusive aller notwendigen Prozessschritte wurde in der Virtual Reality (VR) Software von der Firma LIVING SOLIDS (LIVING SOLIDS 2023) modelliert. Diese VR-Lösung nutzt ein VR-Headset und handgesteuerte Controller. Um die Körperbewegungen aufzuzeichnen, verwendet sie zudem markerbasierte Kameras zur Bewegungserfassung.

Abbildung 7 zeigt mehrere Ansichten der Software, die während der Nutzung entstanden sind. Links unten ist die Testperson mit den VR-Komponenten zu sehen. Darüber ist die Draufsicht auf die Arbeitsstation dargestellt, während auf der rechten Seite die Sicht der Testperson gezeigt wird. Zu dem dargestellten Zeitpunkt wird eine Schraube mit einem elektrischen Stabschrauber (siehe rechtes Bild) montiert.



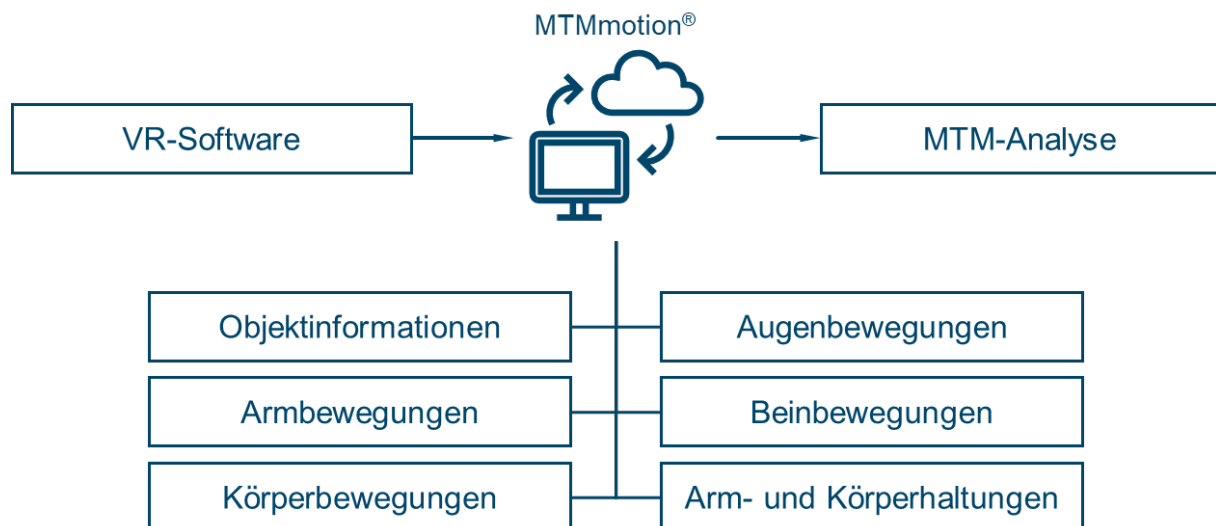
**Abbildung 7:** Ansichten im Virtual Reality Tool von LIVING SOLIDS

**Figure 7:** Views in the LIVING SOLIDS Virtual Reality Tool

#### 4.2.3 Nutzung der MTMmotion®-Schnittstelle für die Übersetzung von VR-Bewegungsdaten

Um die von der VR-Software generierten Daten zu übersetzen, wird die MTMmotion®-Schnittstelle verwendet. Im Grunde kann sie als eine Art digitale Sprache zur Beschreibung menschlicher Arbeitsprozesse bezeichnet werden. Wenn valide Daten von der VR-Software an diese Schnittstelle geliefert werden, können sie anschließend von den MTMmotion®-Übersetzungsalgorithmen in regelkonforme MTM-Analysen übersetzt werden (vgl. Abschnitt 4.2.5). Der Aufbau der Schnittstelle ist in Abbildung 8 dargestellt.





**Abbildung 8:** Ableitung von MTM-Analysen über MTMmotion®

**Figure 8:** Derivation of MTM analyses using MTMmotion®

Die Schnittstelle beschreibt digitale Bewegungsdaten so, dass es digitalen Tools wie der VR-Lösung von LIVINGSOLIDS möglich ist, diese Daten aus ihrer eigenen Datenstruktur abzuleiten. Sie enthält zudem alle notwendigen Informationen, um valide MTM-Analysen zu erstellen. Die Datenstruktur wird in Abschnitt 4.2.4 erläutert. Die Ableitung der Schnittstellendaten unterscheidet sich dabei zwischen den Technologien, da sie unterschiedliche Datenarchitekturen verwenden. In dem Anwendungsbeispiel wurden die Algorithmen für die Befüllung der Schnittstelle von LIVINGSOLIDS entwickelt und in Zusammenarbeit mit der MTM ASSOCIATION e. V. validiert.

In Abschnitt 4.2.5 wird darauf eingegangen, welche Schritte MTMmotion® bei der Ableitung einer MTM-Analyse durchführt und in den Abschnitt 4.2.6 und 4.2.7 werden die durch die Übersetzungsalgorithmen erzeugten MTM-UAS®- und MTM-HWD®-Analysen vorgestellt.

#### 4.2.4 MTMmotion®-Schnittstellendaten

Die Schnittstelle besteht aus einer Objektliste und sechs Bewegungskanälen, die menschliche Arbeitsprozesse beschreiben. Sie werden mit allen notwendigen Informationen befüllt, um die Bewegungen und Haltungen der Person während der Ausführung der Tätigkeiten und die zu handhabenden Objekte abzubilden. Die Schnittstelle ist wie folgt aufgebaut (Benter & Neumann 2023):

1. Objektliste
2. Kanal Körperbewegungen
3. Kanal Armbewegungen
4. Kanal Beinbewegungen
5. Kanal Augenbewegungen
6. Kanal Körperhaltungen
7. Kanal Armhaltungen

Die Objektliste führt die Objekte auf, mit denen während der Arbeitsaufgabe interagiert wird, sowie relevante Eigenschaften wie Gewicht und Abmessungen, um

die Objekte genauer zu beschreiben. Die Kanäle zwei bis fünf (Körper, Arm, Bein, Augen) beschreiben alle Bewegungen der Person. Die beiden anderen Kanäle erfassen die Haltung der Person während des Arbeitsprozesses. Die beiden Kanäle Objektliste und Armbewegungen sind dabei am relevantesten, da sie die wichtigsten Informationen über manuelle Arbeitsaufgabe beinhalten. Für den Beispielarbeitsplatz besteht die Objektliste aus den Objekten Schraube und Akkuschauber. Für sie können verschiedene Werte, wie beispielsweise die physikalischen Eigenschaften Gewicht, Höhe, Länge und Breite festgelegt werden. Im Allgemeinen gilt dabei: Je größer oder schwerer ein Objekt ist, desto schwieriger ist es zu handhaben und desto höher ist die MTM-Grundzeit.

Bei den Armbewegungen ist die Art der Bewegung, also wie die Person mit Objekten interagiert, von zentraler Bedeutung. Sie kann danach unterschieden werden, ob ein Objekt aufgenommen, bewegt, verwendet, gehalten oder abgelegt wird. Zusätzlich dazu kann die Bewegungsart „Objekt verwenden“ durch Verwendungsarten weiter spezifiziert werden, da es für die meisten Objekte mehrere Möglichkeiten der Verwendung gibt. Eine Schraube kann beispielsweise an ihrem Verwendungsort eingeschraubt oder eingesteckt werden.

Die Armbewegungen werden durch Einflussgrößen näher definiert, um die einzelnen Bewegungen detaillierter zu beschreiben. So ist beispielsweise relevant, mit welchem Arm eine Bewegung ausgeführt wird. Zudem ist der Anfangs- und Endzeitpunkt einer Bewegung wichtig. Damit lässt sich die zeitliche Abfolge der Vorgänge bestimmen und so kann festgestellt werden, ob Armbewegungen gleichzeitig mit Bewegungen anderer Körperteile erfolgen. Die Schnittstelle umfasst weitere Einflussgrößen, die unter anderem bewegungsspezifische Informationen beinhalten (z. B.: Entfernung, Bereitstellung oder Symmetrie). Dieser Beitrag konzentriert sich auf die wichtigsten Schnittstellendaten.

#### *4.2.5 Ableitung einer MTM-Analyse*

Die Übersetzung der Schnittstellendaten in eine valide MTM-Analyse ist neben den eigentlichen Daten der zweite Aspekt von MTMmotion®. Die Übersetzung folgt dem folgenden Vorgehen (Benter & Neumann 2023):

1. Validierung der Eingangsdaten
2. Vervollständigung der Eingangsdaten
3. Übersetzung in Prozessbausteine
4. Kombination unterschiedlicher Körperteile

Im ersten Schritt werden die Eingangsdaten, die von der VR-Software bereitgestellt werden, validiert. Es wird überprüft, ob die Daten sinnvoll sind oder ob sie logische Fehler enthalten. Das heißt zum Beispiel, dass geprüft wird, ob die Handhabung der Objekte einer logisch möglichen Reihenfolge folgt. So erkennt der Algorithmus unter anderem einen Fehler, wenn Objekte bewegt werden, die vorher nicht aufgenommen wurden. Außerdem wird sichergestellt, dass die Handhabung eines Objektes nicht mit einer unzulässigen Bewegung endet. Dies wäre beispielsweise der Fall, wenn ein Objekt zu einer Verwendungsstelle gebracht wird, dort dann jedoch nicht verwendet wird. Solch ein Ablauf ohne nachvollziehbaren Sinn würde dann zu einer Fehlermeldung führen.

Im zweiten Schritt, der Vervollständigung, werden die Eingangsdaten zunächst auf Vollständigkeit überprüft. Obwohl die Schnittstelle alle Informationen abbilden kann,

die für valide MTM-Analysen relevant sind, ist es nicht zwingend notwendig, alle Informationen zu befüllen. Die Schnittstelle unterscheidet hier zwischen erforderlichen und optionalen Einflussgrößen. Ohne die erforderlichen Daten ist der Algorithmus nicht in der Lage, eine regelkonforme MTM-Analyse zu erstellen. Die optionalen Einflussgrößen dienen zusätzlich dazu, die Abläufe so genau wie möglich zu beschreiben. Zunächst überprüft der Algorithmus die Objektliste. Wenn dort ein Objekt aufgelistet ist, das im Objektkatalog von MTMmotion® nicht existiert, wird es durch ein Standardobjekt ersetzt, da das System keine Objektdaten verarbeiten kann, mit denen es nicht vertraut ist. Danach werden fehlende Informationen in allen Teilen der Schnittstelle mit Standardwerten befüllt. Zum Beispiel würde der Algorithmus ein vordefiniertes Schraubengewicht ergänzen, wenn es nicht vom VR-Tool übergeben wurde.

Im dritten Schritt werden die unterschiedlichen Bewegungen in Prozessbausteine übersetzt. Im Falle von MTM-UAS® ist es notwendig, bestimmte Bewegungen zu Grundvorgängen zusammenzufassen. Als nächstes werden die Einflussgrößen der Grundvorgänge aus den Eingangsdaten abgeleitet. Sie beschreiben beispielsweise die Art und Weise, wie ein Objekt aufgenommen oder wie ein Objekt an seinem Bestimmungsort platziert wird. Diese Werte werden anschließend genutzt, um die korrekten MTM-UAS®-Kodierungen abzuleiten.

Im Gegensatz zu MTM-UAS® fasst der MTM-HWD®-Algorithmus die Eingangsbewegungen nicht zu Grundvorgängen zusammen. Sie werden vielmehr in HWD-Aktionen übersetzt. Da MTM-HWD® ein detaillierteres Prozessbausteinsystem ist, werden hier mehr Einflussgrößen im Algorithmus verarbeitet als bei MTM-UAS®. Die meisten von ihnen (z. B.: die Greifart) werden direkt aus den Schnittstellendaten übersetzt. Der Rest wird aus den Schnittstellendaten abgeleitet. Die Greifbewegung wird beispielsweise anhand der Objektdaten sowie der Werte „Greifart“ und „Bereitstellung“ ermittelt.

Im letzten Schritt des Algorithmus werden die einzelnen Kanäle miteinander verglichen, um herauszufinden, ob sie sich untereinander beeinflussen oder ob Bewegungen zur gleichen Zeit ausgeführt werden können. Dies lässt sich gut an folgendem Beispiel erklären: folgt eine Armbewegung unmittelbar auf eine Körperbewegung, greift eine MTM-Regel, die besagt, dass ein Teil der Armbewegung während der Körperbewegung ausgeführt werden kann und somit die verbleibende Bewegungslänge des Armes 10 cm beträgt. Der Algorithmus prüft außerdem die gleichzeitige Ausführbarkeit von Bewegungen. Im Anwendungsbeispiel wird überprüft, ob die Schraube gegriffen und gesetzt werden kann, während die andere Hand den Akkuschauber hält. Hier führt dies nicht zu einem Konflikt. Würde die Person dagegen mit beiden Händen gleichzeitig zwei Schrauben eindrehen, würde der Algorithmus feststellen, dass dies nach den MTM-Regeln nicht möglich ist, und die resultierende Analyse korrigieren.

#### 4.2.6 Die erzeugte MTM-UAS®-Analyse

Das Ergebnis dieser Schritte ist eine regelkonforme MTM-UAS®-Analyse, die zu den übermittelten Daten des VR-Tools passt. In Tabelle 1 kann das Resultat für den Beispielarbeitsplatz eingesehen werden. Die Analyse beschreibt die Montage der ersten beiden Schrauben. Es entsteht eine Gesamtzeit von 275 TMU (ca. 10 Sekunden) für diesen Arbeitsabschnitt (Benter & Neumann 2023).

Um die Ergebnisse zu validieren, wurde eine manuelle Analyse auf Grundlage des Videos, der verwendeten Objekte und Entfernungen von einer Person mit

umfangreichem MTM-Wissen angefertigt. Der Vergleich hat gezeigt, dass die automatisch generierte Analyse aus den VR-Eingangsdaten mit der manuell erzeugten Analyse übereinstimmt.

**Tabelle 1:**      *Automatisch generierte MTM-UAS®-Analyse*












**Table 1:**      *Automatically generated MTM-UAS® analysis*

Beschreibung	Kode	A x H	TMU
Schraubendreher in Arbeitsbereich	HA2	1 x 1	45
Schraube platzieren	AE2	1 x 1	55
Schraubendreher platzieren	PC1	1 x 1	30
Prozesszeit Schraubendreher	PTTMU	1 x 30	30
Schraube platzieren	AE2	1 x 1	55
Schraubendreher platzieren	PC1	1 x 1	30
Prozesszeit Schraubendreher	PTTMU	1 x 30	30
<b>Summe</b>	-	-	<b>275</b>

#### 4.2.7 Die erzeugte MTM-HWD®-Analyse

Auch die automatisch generierte MTM-HWD®-Analyse passt zu den Eingangsdaten. Der Akkuschrauber wird zunächst in den Arbeitsbereich gebracht, dann wird die erste Schraube auf den Akkuschrauber gesteckt und anschließend eingeschraubt. Dies wird für die zweite Schraube wiederholt. Der gesamte Prozess kann in Abbildung 9 mit Hilfe der Spalte „Beschreibung“ nachvollzogen werden. Dafür sind die Piktogramme für das Verstehen der Analyse sehr hilfreich. Beispielsweise beschreibt die Spalte "allgemeine Einstellungen" das Objekt, welche Art von HWD-Aktion durchgeführt wird und welche Hand das Objekt handhabt. In der zweiten Zeile wird so dargestellt, dass der Akkuschrauber (ein Werkzeug) mit der rechten Hand aufgenommen wird. Zudem können das Gewicht des Gegenstandes sowie zusätzliche Kräfte in der MTM-HWD®-Analyse erfasst werden.



Nr.	G	K.	Bezeichnung	allgemeine Einstellungen	Gewicht / Kraft	Hand	Prozesszeit	tg	Menge	Häufigkeit	tg gesamt
2			Schraubendreher aufnehmen					12,00	1,00	1,00	12,00
3			Schraubendreher in Arbeitsbereich		Gewicht: 1,0 kg Armkraft: 5,0 N 0,00			14,00	1,00	1,00	14,00
4			Schraube aufnehmen					24,00	2,00	1,00	48,00
5			Schraube auf Schraubendreher		Gewicht: 0,2 kg Finger-Hand-Kraft: 5,0 N 0,00			42,00	2,00	1,00	84,00
6			Schraube und Schraubendreher zur Verwendungsstelle		Gewicht: 1,0 kg Armkraft: 5,0 N 0,00		Beginn von: PTTMU 30,00	22,00	1,00	2,00	44,00
7			Prozesszeit für "Schraube eindrehen"				Endend: PTTMU 30,00	30,00	1,00	2,00	60,00

**Abbildung 9:** Automatisch generierte MTM-HWD®-Analyse**Figure 9:** Automatically generated MTM-HWD® analysis

Die Einflussgrößen der Hand werden beispielsweise in der Spalte „Hand“ aufgelistet. Zeile 5 beschreibt die Platzierbewegung der Schraube auf den Akkuschrauber. Dieser Ablauf erfolgt über eine Entfernung von 40 cm, wobei die Schraube vor dem Aufstecken auf den Akkuschrauber ausgerichtet werden muss und anschließend eng auf dem Akkuschrauber platziert wird. Die Prozesszeit des Akkuschraubers steht in Zeile 6 in der Spalte „Prozesszeit“. Andere wichtige Faktoren sind „Menge“ und „Häufigkeit“, mit denen das Einschrauben der zweiten Schraube abgebildet werden kann, ohne zusätzliche Analysezeilen zu erstellen. Die MTM-HWD®-Analyse enthält weitere Einflussgrößen (z. B.: untere Extremitäten, Rumpf oder Kopf), die in Abbildung 9 nicht dargestellt sind. Die Gesamtzeit der übersetzten MTM-HWD®-Analyse beträgt 262 TMU (ca. 9,5 Sekunden).

Der dargestellte Arbeitsablauf ist ein typisches Beispiel aus der industriellen Produktion und fällt auch in den Bereich der Basisarbeit. Mit den automatisiert aus der Virtual Reality Tool ermittelten MTM-Zeitwerten liegt eine belastbare notwendige Vorgabezeit für den Ablauf vor. Damit können beispielsweise Kapazitätsbedarfe ermittelt und die Beschäftigten vor Überlastung geschützt werden. Zudem können über das an das Prozessbausteinsystem MTM-HWD® angebundene Ergonomieverfahren EAWS ergonomische Risiken ermittelt und vermieden werden.

#### 4.3 Ausblick: Letzte Meile

Neben der Planung von Arbeitsabläufen finden moderne digitale Technologien Einzug in die Analyse und Optimierung von bestehenden Arbeitsabläufen. So können beispielsweise mit Motion Capture-Technologien reale Arbeitsabläufe untersucht werden, um Schwachstellen zu identifizieren. Dazu gehören u. a. nicht ausreichend ausgelegte Kapazitäten oder ergonomische Risiken. Beide Faktoren führen zu einer erhöhten Belastung der Mitarbeiter. Dies trifft auch den Bereich der Basisarbeit.

So erfährt die Arbeit im Dienstleistungsbereich der Paketzustell- und Lieferdienste einen massiven Umbruch. Während der Corona-Pandemie hat sich die Liefermenge bei annähernd gleichbleibender Anzahl der Beschäftigten sehr stark erhöht. Damit droht den Mitarbeitenden in der Zustellung eine massive Belastung; möglicherweise

eine Überlastung. Daher ist für diesen Bereich eine arbeitswissenschaftliche Grundlage für den betrieblichen Arbeitsschutz besonders wichtig. Die MotionMiners GmbH und die MTM ASSOCIATION e. V. arbeiten im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) an einer Vorstudie für die betriebsinterne Festlegung von Vorgabeleistungen und Belastungsobergrenzen.

Die BMAS-Vorstudie setzt dafür am finalen Abschnitt der Lieferkette an. Das ist die sogenannte letzte Meile, auf der die Ware – auch über 30 kg schwere Pakete – in das Zustellfahrzeug geladen und beim Endkunden abgeliefert wird. In der Vorstudie werden die Anforderungen typischer Tätigkeiten bzw. Prozesselemente der Paket- und Verbundzustellung identifiziert und bewertet. Ziel ist es, Erkenntnisse und Daten über die Leistungserbringung im Dienstleistungssektor zu veröffentlichen, aus Sicht des Arbeitsschutzes objektiv vertretbare Leistungskorridore festzulegen und so Prozesse im Bereich der Zustell- und Lieferdienste nachhaltig zu verbessern.

Dazu werden über Bewegungssensoren IST-Daten aufgenommen und anschließend mit Machine Learning ausgewertet. Diese Ergebnisse werden dann mit der MTM-Normleistung in Verbindung gebracht bzw. kombiniert. Die Modellierung der SOLL-Prozesse erfolgt auf Basis der MTM-Analyse mit den Prozessbausteinsystemen MTM-UAS® und MTM-LOG®. Die Bewertung des ergonomischen Risikos der Arbeitsabläufe im Zustell- und Lieferdienst erfolgt mit etablierten Methoden wie EAWS und LMM (Leitmerkalmethode).

Mit der entwickelten Verbindung von Motion Capture mit der MTM-Normleistung soll es ermöglicht werden, IST-Prozesse bei Logistikvorgängen, aber auch bei anderen Tätigkeitsfeldern der Basisarbeit, aufwandsarm zu untersuchen, systematisch mit SOLL-Prozessen zu vergleichen und Schwachstellen zu identifizieren, um so eine menschengerechte Arbeitsgestaltung sicherzustellen.

## 5. Diskussion

In der Industrie ist die Anwendung systematischer Arbeitswirtschaft seit vielen Jahrzehnten verbreitet, um Risiken durch falsche Kapazitätsauslegung und schlechte Ergonomie zu minimieren und die Arbeits- und Prozessqualität von Basisarbeit zu verbessern. Dies trägt zur Produktivitätsgestaltung und insbesondere auch zu Verbesserungen der Arbeitsbedingungen für die Beschäftigten in der Basisarbeit bei, die einen ungebrochen hohen Anteil an der Beschäftigung in der Produktion und Logistik hat.

Fehlende arbeitswirtschaftliche Kompetenzen und effiziente Werkzeuge werden jedoch, auch vor dem Hintergrund gesetzlicher Anforderungen, zu einer Herausforderung in globalen Wertschöpfungsketten. An dieser Stelle fungiert die Methode MTM mit der dahinterstehenden MTM-Normleistung nun nicht mehr nur als Methode zur gezielten Gestaltung der Produktivität, sondern sie bietet zusätzlich auch eine bewährte zeitliche Basis zur Gestaltung von Überlastungsgrenzen. Somit werden – insbesondere auch aus Sicht des Arbeitsschutzes – objektiv vertretbare Leistungskorridore menschlicher Arbeit festgelegt, die sowohl vor Unter- als auch vor Überlastung schützen können.

Der Einsatz moderner digitaler Technologien wie Virtual Reality und Motion Capture und ihre Verknüpfung mit arbeitswirtschaftlichen Werkzeugen über digitale Daten und Schnittstellen ermöglicht es, diese Methoden effektiver und effizienter einzusetzen.

## 6. Literatur

- Antis W, Honeycutt JM, Koch EN (1969) Die MTM-Grundbewegungen. Maynard, Düsseldorf.
- Benter M, Kuhlmann P (2021) Derivation of MTM-HWD® analyses from digital human motion data. In: Nancy L. Black, W. Patrick Neumann, Ian Noy (Eds.) Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021), Volume III: Sector Based Ergonomics, LNNS 221, pp. 363–370, 2021.
- Benter M, Neumann M (2023) Digitale Arbeitsgestaltung mit MTMmotion®. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): Tagungsband zum Frühjahrskongress 2023 „Nachhaltig Arbeiten und Lernen - Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse“, 1.3.-3.3.2023, Hannover.
- BMAS - Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2023) <https://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze-und-Gesetzesvorhaben/Gesetz-Unternehmerische-Sorgfaltspflichten-Lieferketten/gesetz-unternehmerische-sorgfaltspflichten-lieferketten.html>. Letzter Zugriff am 9.3.2023.
- Bokranz R, Landau, K (2012) Handbuch Industrial Engineering. 2. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Bovenschoolte M, Peters R, Burmeister K (2021) Basisarbeit - Stützen der (Arbeits-) Gesellschaft. Berlin: Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
- Bundesagentur für Arbeit (2020) Klassifikation der Berufe 2010 – überarbeitete Fassung 2020. Band 1: Systematischer und alphabetischer Teil mit Erläuterungen. [https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Grundlagen/Klassifikationen/Klassifikation-der-Berufe/KldB2010-Fassung2020/Printausgabe-KldB-2010-Fassung2020/Generische-Publikationen/KldB2010-PDF-Version-Band1-Fassung2020.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=22](https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Grundlagen/Klassifikationen/Klassifikation-der-Berufe/KldB2010-Fassung2020/Printausgabe-KldB-2010-Fassung2020/Generische-Publikationen/KldB2010-PDF-Version-Band1-Fassung2020.pdf?__blob=publicationFile&v=22). Letzter Zugriff am 15.7.2023.
- DMTMV (2014) Deutsche MTM-Vereinigung e. V.- Lehrgangsunterlage – EAWS-Praktiker. Hamburg: Eigenverlag.
- Dworschak B, Altepohl A, Bau M, Berger C, Brandt P, Gerst D, Jeske T, Köster W, Mühlbradt T, Schweppe K, Senderek R, Ulrich C, Wischmann S, Ziegler J (2021) Die VDI/VDE-Richtlinie 7100 „Lernförderliche Arbeitsgestaltung“: Ein Beitrag zum humanorientierten Management der Digitalen Transformation. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.). Tagungsband zum Frühjahrskongress 2021 der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.: Arbeit HUMANE gestalten. Bochum, 03.-05.03.2021.
- Finsterbusch T (2016) Entwicklung einer Methodik zur Bildung von Bausteinsystemen für die Gestaltung menschlicher Arbeit. Dresden, Techn. Univ., Dissertation
- Fritzsche L, Ullmann S, Bauer S, Sylaja VJ (2019) Task-based digital human simulation with Editor for Manual work Activities – industrial applications in product design and production planning. DhM Posturography.
- halocline (2023) <https://halocline.io>. Letzter Zugriff am 10.06.2023.
- imk (2023) <https://imk-ema.com/ema-workdesigner.html>. Letzter Zugriff am 10.06.2023.
- Kaufmann K, Kotte V, Schwengler B, Wiethölter D (2021) Regional unterschiedliche Beschäftigungsentwicklung von Helfertätigkeiten. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB): Forschungsbericht 10/2021. Nürnberg.
- Kuhlmann P, Finsterbusch T, Rast S, Härtel J, Neumann M, Ostermeier M, Schumann H, Mühlbradt T, Jasker K, Laier M (2017) Internationale Standards zur Gestaltung produktiver und ergonomiegerechter Arbeit. In: Dombrowski U, Kuhlmann P (Hrsg.): Mensch-Organisation-Technik im Lean Enterprise 4.0. Shaker Verlag, Aachen, 91-154.
- Kuhlmann 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, Ausgabe 2/2018, 6-46.
- Kuhlmann P (2019) Digitalisierung in Planung und Produktion –Woher wissen wir, dass wir den Ergebnissen trauen können? In: UdZPraxis –Magazin für Betriebsorganisation in der digital vernetzten Wirtschaft, ISSN 2509-7350, FIR e. V. an der RWTH Aachen, 02-2019, 61-63.
- Maynard HB, Stegemerten GJ, Schwab JL (1948) Methods-Time Measurement. McGraw Hill, New York.
- 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.
- LIVINGSOLIDS (2022) <https://www.livingsolids.de>. Letzter Zugriff am 10.06.2023.
- Movella (2023) <https://www.movella.com/products/motion-capture>. Letzter Zugriff am 10.06.2023.
- MTMA (2019a) MTM ASSOCIATION e. V. - Lehrgangsunterlage MTM-1. Hamburg: Eigenverlag.
- MTMA (2019b) MTM ASSOCIATION e. V. - Lehrgangsunterlage MTM-UAS. Hamburg: Eigenverlag.

Herbstkonferenz 2023, Düsseldorf:

„Menschengerechte Arbeitsgestaltung – Basisarbeit und neue Arbeitsformen“

Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Sankt Augustin (Hrsg.)

- MTMA (2019c) MTM ASSOCIATION e. V. - Lehrgangsunterlage MTM-Standardvorgänge Logistik. Hamburg: Eigenverlag.
- MTMA (2022) MTM ASSOCIATION e. V. - Lean Base Award 2022 – Das Ganze und das Detail im Blick: So einfach war MTM noch nie!, Hamburg: Eigenverlag.
- Mühlbradt T (2015): Engineering lernförderlicher Industrieller Arbeitssysteme. In: Kuhlang P (Hrsg.): Modellierung menschlicher Arbeit im Industrial Engineering. Ergonomia Verlag, 2015. 209-244.
- Mühlbradt T; Hartmann E; Hacker W (2018) Arbeitsgestaltung für Industrie 4.0 – neue Herausforderungen für die Arbeitswissenschaft. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): Tagungsband zum Frühjahrskongress 2018 „Arbeit(s).Wissen.schaf(f)t – Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung“, 21.-23.02.2018, Frankfurt am Main.
- Ostermeier M, Mühlbradt T, Kuhlang P, Heer O (2023). Digitale Transformation und Internationalisierung von Bildungsprodukten in der Arbeitswirtschaft. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): Tagungsband zum 69. Frühjahrskongress 2023 „Nachhaltig Arbeiten und Lernen – Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse“, 1.3.-3.3.2023, Hannover.
- Quick JH, (1960) Das Work-Factor-System. Beuth, Berlin.
- REFA (1997) Datenermittlung. Carl Hanser, München.
- Schaub K, Caragnano G, Britzke B, Bruder R (2012) The European Assembly Worksheet. In: Theoretical Issues in Ergonomics Science. Volume 14 (Issue 6), S. 616-639. London: Taylor & Francis.
- Schlick C, Bruder R, Luczak H, Mayer M, Abendroth B (2010) Arbeitswissenschaft (3., vollständig überarb. und erw. Aufl.). Berlin: Springer.
- Spitzhahn M, Benter M, Heindl C, Scheder N, Reisinger G, Strohmeier F, Behrendt W (2022) Hybrid work systems platform-based work planning designing productive and human-centered work processes. Zeitschrift Für Arbeitswissenschaft, 76(4), 489–509.
- Sunk A, Nemeth T, Edtmayr T, Kuhlang P, Sihn W (2014) Modellierung logistischer Prozesse als Grundlage systematischer Verbesserungsarbeit mit Zielzuständen. In: Logistische Modellierung. 2. Wissenschaftlicher Industrielogistik-Dialog Leoben. München: Rainer Hampp Verlag, 15 - 30.
- Volk F (2016) Hasta la BMWista, Baby! Automobil Produktion. 7. 13-16.
- Winter C, Ostermeier M, Unger H, Mühlbradt T (2021) Arbeitsnahes Lernen – ein Leitfaden zur praktischen Anwendung. In: Kuhlang P (Hrsg.). MTM-Schriften Industrial Engineering, Ausgabe 15. MTM ASSOCIATION e. V., Zeuthen.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Menschengerechte Arbeitsgestaltung – Basisarbeit und neue Arbeitsformen**

Herbstkonferenz der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Im Rahmen des 38. Internationalen A+A  
(Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) Kongresses 2023,  
Messe Düsseldorf

26. Oktober 2023

---

## **GfA-Press**

---

**Dokumentation der Herbstkonferenz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. im Rahmen des A+A Kongresses am 26. Oktober 2023, Messe Düsseldorf unter Beteiligung von:**

**Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Berlin**

**Bundesarbeitsgemeinschaft für Sicherheit und Gesundheit (Basi), Sankt Augustin**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2023

ISBN 978-3-936804-33-1

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Konferenzband

Als Manuskript zusammengestellt. Dieser Konferenzband 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 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.

### **Geschäftsstelle der GfA**

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

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

[info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](mailto:info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de) · [www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de)

### **Screen design und Umsetzung**

© 2023 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)