

Internationaler Standard zur Produktbewertung – eHPU (engineered Hours Per Unit) auf Basis des MTM-Prozessbausteinsystems MTM-HWD®

Thomas FINSTERBUSCH¹, Hans-Thomas MAI², Peter KUHLANG¹,
Manuela OSTERMEIER¹

¹ Deutsche MTM-Vereinigung, Elbchaussee 352, 22609 Hamburg

² AUDI AG, Ettinger Str., 85045 Ingolstadt

Kurzfassung: Für eine effiziente Produktion werden bereits in der Konstruktionsphase Bauteilbewertungen hinsichtlich ihres Montageaufwandes vorgenommen. Diese Bewertung wurden bisher auf Basis des Prozessbausteinsystems MTM-UAS vorgenommen. Mittels des neuen Prozessbausteinsystems MTM-HWD® lässt sich erstmals eine exakte Bewertung des zeitlich konstruktiven Montageanteils/Arbeitsinhaltes ermitteln und eine konstante Bewertung über den Produktlebenszyklus gewährleisten.

Schlüsselwörter: eHPU, MTM, Konstruktion, HWD, Produktbewertung, Optimierung

1. Kennzahl zur Produktbewertung

Mit der Kennzahl eHPV (engineered Hours Per Vehicle) erfolgt in der Automobilindustrie derzeit die Bemessung der konstruktiv bedingten Arbeitsinhalte eines Fahrzeuges in der Fahrzeugproduktion. Der Gesamtwert (eHPV-Wert pro Fahrzeug) setzt sich aus den einzelnen Verbauaufwendungen aller Bauteile eines Fahrzeuges zusammen, wobei dieser nur den konstruktiv bedingten Anteil enthalten sollte und nicht die Bedingungen am konkreten Verbauort (Arbeitsplatz).

Grundlage für die eHPV-Bewertung sind in den Unternehmen vorhandene Prozessdokumentationen der manuellen Arbeitsabläufe. Diese Arbeitsabläufe werden in der Automobilindustrie sowie in anderen Industriezweigen (z.B. Weiße Ware, Luftfahrt) mit der Prozesssprache MTM beschrieben und zeitlich bewertet. Üblicherweise kommt hier das Prozessbausteinsystem MTM-UAS (Universelles Analysiersystem) zur Anwendung, da mit diesem Prozessbausteinsystem die inhaltliche und zeitliche Bemessung sowie Gestaltung der Arbeitsinhalte und des Personalbedarfes erfolgt.

Nachteil des Prozessbausteinsystem MTM-UAS für die Ermittlung der eHPV-Kennzahl ist dessen Granularität. Diese erlaubt es nicht trennscharf zwischen konstruktiven und prozessualen Anteilen zu unterscheiden. Dadurch ist es auch nicht möglich auf eine Konstruktionsanalyse (konstruktiver Anteil) aufbauend eine Prozessablaufanalyse (prozessualer Anteil) zu erstellen. Die beiden Arten von Analysen sind nicht kompatibel und müssen bisher immer für den zu untersuchenden Zweck neu erstellt werden um die notwendige Aussagefähigkeit sicherzustellen. Die Konstruktionsanalyse ist ein wesentlicher Bestandteil bei der Durchführung von Benchmarks (z.B. Fahrzeugzerlegung nach VDA Standard) und für die Targetableitung.

2. Human Work Design – Modellierung menschlicher Arbeit mit MTM-HWD®

Im Forschungsprojekt HWD® (Human Work Design) ist in Zusammenarbeit mit Unternehmen aus der Automobil- und Hausgerätebranche sowie Forschungspartnern und MTM das neue MTM-Prozessbausteinsystem MTM-HWD® entstanden (Finsterbusch et al. 2014). Mit MTM-HWD® können menschliche Arbeitsabläufe hinsichtlich zeitlicher und ergonomischer Parameter detaillierter beschrieben und bewertet werden. Nach Abschluss der Entwicklungsphase in 2014 wurde das Prozessbausteinsystem in den letzten 5 Jahren durch die Industriepartner erprobt und seitens der Wissenschaftspartner validiert. Während dieser Projektphase wurden zwei Neuerungen am Prozessbausteinsystem vorgenommen. Für die Skalierungen der Spalten Objekt, Aktionen, aktive und passive Extremität wurden ebenfalls Piktogramme entwickelt, so dass die Beschreibung einer Bewegung mit MTM-HWD® nun vollständig piktogrammbasiert erfolgt. Die zweite Neuerung stellen die MTM-HWD®-Modellierungsvorlagen dar. Eine Modellierungsvorlage beschreibt mittels MTM-HWD®-Aktionen einen Standardvorgang (z.B. das Anfädeln und Einschrauben eines Schraubteils von Hand), vergleichbar zu den MTM-Standardvorgängen beim Prozessbausteinsystem MTM-UAS. Das Prozessbausteinsystem MTM-HWD® erfüllt nunmehr alle Qualitätskriterien für einen dauerhaften industriellen Einsatz und fügt sich in die Systematik der MTM-Prozessbausteinsysteme auf dem Methodenniveau des Prozessbausteinsystem MTM-SD (Standarddaten) ein (Kuhlang 2018).

2.1 MTM-HWD® - Eine der Schlüsseltechnologien (-methoden) für die Digitalisierung

Das Entwicklungsziel des Projekts HWD® war die Zusammenführung zeitlicher und ergonomischer Parameter (Prozessbausteine und Einflussgrößen) in einer standardisierten Beschreibungslogik (dem MTM-Prozessbausteinsystem MTM-HWD®) menschlicher Arbeit. Dieses Projektergebnis wurde durch die Umsetzung der wesentlichen Entwicklungsprinzipien, wie eine Gewährleistung der chronologischen Bewegungsfolge, der vollständigen Abbildung physischer Belastungskriterien und der immanenten zeitlichen Bewertung von Haltungsübergängen (Bewegungen) nicht nur erfüllt. Die Funktionalitäten/Eigenschaften von MTM-HWD® haben die Grundlage für die Digitalisierung menschlicher Arbeit geschaffen. Die (Aufbau-)Logik von MTM-HWD® ist die Grundlage für einen parametrisierbaren Datenstrom menschlicher Arbeit (pDmA). Dieser Datenstrom stellt die zeitliche und räumliche Zusammenführung der menschlichen Bewegung und der damit verbundenen Objekte und Eigenschaften im Arbeitssystem dar – der digitalisierte Arbeitsablauf. Durch die Beschreibungselemente (MTM-Prozessbausteine und Einflussgrößen) des pDmA fungiert dieser zum einen als Übersetzungslogik zwischen der Digitalen Welt (3D Simulation, Motion Capturing) und der Sprache des Industrial Engineerings (IE). Zum anderen enthält der pDmA all die Daten, die durch weitere Methoden (Bewertungsverfahren und -algorithmen) für die Generierung von Kennzahlen und Schaubilder (z.B. Vorgabezeit, Ergonomiebewertung, Spaghetti-Diagramm, Konstruktionsbewertung) im IE benötigt werden (Abbildung 1).

Mit Hilfe dieser Techniken werden sogenannte Simulationsanalysen erzeugt. Diese beschreiben den in der digitalen Umgebung simulierten Prozess beziehungsweise den beobachteten Bewegungsablauf (Arbeitsweisen). Simulationsanalysen werden durch eine formalisierte Freigabe durch MTM- bzw. IE-Experten in Planungs- oder Ausführungsanalysen übergeführt.



Abbildung 1: MTM-HWD® - Eine der Schlüsseltechnologien (-methoden) für die Digitalisierung

2.2 Modellieren mit MTM-HWD® – Kopplung von Bewertungsalgorithmen

Die Grundidee der MTM Anwendung ist die Generierung eines Bewegungsmodells mittels MTM-Prozessbausteinen und deren Einflussgrößen. Dieses Bewegungsmodell wird als MTM-Analyse bezeichnet und beinhaltet eine definierte Arbeitsmethode (Soll-Ablauf). Damit wird ein verständliches Abbild eines zukünftigen oder realen Prozesses erzeugt. Das Bewegungsmodell MTM enthält aufgrund des Konstruktionsprinzips der MTM-Prozessbausteine eine immanente zeitliche Bewertung samt Leistungsbezug (MTM-Normleistung). Bewegungsmodelle, die auf Basis des Prozessbausteinsystems MTM-HWD® erstellt wurden, können zudem durch eine Kopplung von Algorithmen (z.B. zur Bewertung physischer Belastungen EAWS - Ergonomic Assessment Worksheet) zusätzliche Ergebnisse (z.B.: Belastungspunktwert) generieren. Dies ist daher möglich, weil das Bewegungsmodell MTM-HWD® weit mehr als nur Zeiteinflussgrößen beinhaltet. Basierend auf ein und derselben Ablaufbeschreibung erzeugt die Kopplung des Algorithmus zur Berechnung der Kennzahl eHPU die dritte Ergebnisgröße neben der Vorgabezeit und der Ergonomiebewertung.

3. eHPU-Bewertung auf Basis des Prozessbausteinsystems MTM-HWD®

Die Kennzahl eHPU (engineered Hours Per Unit) steht für die konstruktiv bedingte Analysezeit, die durch die Eigenschaften der Bauteile bestimmt wird, und definiert die zeitliche Untergrenze die durch Prozessoptimierungen nicht unterschritten werden kann. Datengrundlage für eine eHPU-Bewertung sind Informationen zu den zu verbauenden Objekten (Anzahl und Art der Objekte) und deren konstruktive Eigenschaften (Anzahl Fügestellen, Passungsklassen, Gewichte, Fügekräfte) sowie deren zeitlicher Einfluss auf den Verbau. Mit dem Prozessbausteinsystem MTM-HWD® stehen diese Informationen nun in einem detaillierteren Umfang zur Verfügung und können erstmals unabhängig von späteren prozessbedingten Einflüssen (Bewegungslänge, Übergabegriffe) ausgewiesen werden.

3.1 Vorbelegung der MTM-HWD® Aktionen und Einflussgrößen

Für die eHPU-Bewertung wurde jede MTM-HWD®-Aktion hinsichtlich eHPU relevanter Einflussgrößen (z.B. Platziergenauigkeit, Fügebedingungen) untersucht, eine Eingrenzung pro Aktion und eHPU-Relevanz vorgenommen und Standardwerte (eine Skalierungsstufe pro Einflussgröße) festgelegt. Für die eHPU-Bewertung wurden nur die Einflussgrößen gewählt, die einen zeitlichen Einfluss haben und sich aus den konstruktiven Eigenschaften des Produktes ableiten lassen. Für die Aktion OBTAIN sind dies die Einflussgrößen:

- Entfernungsbereich (Werte: 5 und 10),
- Bereitstellung (Wert: ortskonstant) und
- Greifbewegung (Wert: Zufassungsgriff).

Für die Aktion DEPOSIT sind dies die Einflussgrößen:

- Blickverschieben (alle Werte),
- Gewicht (alle Werte),
- Kraft (alle Werte)
- Entfernungsbereich (Werte: 5 und 10),
- Platziergenauigkeit (alle Werte),
- Einbaulage (alle Werte),
- Fügebedingungen (alle Werte) und
- Greifbewegung (Wert: Nachgreifen).

Alle nicht gewählten Einflussgrößen haben keinen Einfluss auf den konstruktiv bedingten Montageanteil. Gleiches wurde für die Aktionen RETRACT, APPLY PRESURE, CHECK, MOVE LEG, HOLD und PURPOSE durchgeführt. Allein die Aktionen WAIT und BALANCE sind für die eHPU-Bewertung nicht relevant.

Die Bewertung erfolgt in Abhängigkeit der benötigten Aktionen pro Bauteil und der gewählten Skalierung der für die eHPU-Bewertung relevanten Einflussgrößen. Dabei spielt jedoch die eigentliche Montagesituation am späteren Arbeitsplatz keine Rolle. Folgende Aufgabe soll dies verdeutlichen: Eine vermischt liegende Unterlegscheibe (Entfernung 40 cm) aufnehmen und auf einen Bolzen (Entfernung 40 cm) lose stecken.

Das Aufnehmen der Unterlegscheibe wird mit OBTAIN beschrieben und das Platzieren mit der Aktion DEPOSIT. Für den eHPU-Wert ist die zurückgelegte Entfernung relevant, jedoch nicht die 40 cm, sondern nur der Standardwert von 10 cm. Die übrigen 30 cm werden als arbeitsplatzspezifischer und nicht als konstruktiv relevanter Zeitanteil deklariert. Gleiches gilt für den Weg zum Verbauort. Für eine vergleichbare Bewertung wird von einer ortskonstanten Bereitstellung ausgegangen, die Differenz aufgrund einer möglichen vermischt liegenden Bereitstellung wird dem arbeitsplatzspezifischen Zeitanteil zugeordnet.

Der eHPU-Anteil beim Platzieren ergibt sich aus den 10 cm und der gewählten Passungsklasse (lose). Die Differenz von 30 cm wird wiederholt dem arbeitsplatzspezifischen Zeitanteil zugeordnet.

Als Ergebnis erhält der Anwender drei Zeitgrößen. Die Grundzeit als Summe aller Zeitwerte, den eHPU-Wert und den MV-Wert (Manufacturing Variable) der den produktionssystemabhängigen Anteil an der Fertigungszeit ausweist. Der MV-Wert kann bei gleichen Produkten an unterschiedlichen Arbeitsplätzen, -linien, -bändern bzw. Werken differieren. Der eHPU-Wert ist stets konstant.

3.2 Evolutionäre Anwendung über Produktlebenszyklus

Eine eHPU-Bewertung findet bisher zu verschiedenen Zeitpunkten entlang des Entwicklungsprozesses statt. Bisher wurde diese Bewertung auf Basis unterschiedlicher Grunddaten erstellt. Mit dem Prozessbausteinsystem MTM-HWD® ist nun erstmals eine evolutionäre Anwendung möglich (Abbildung 2). Im Rahmen der Konzeptplanung erfolgt bauteilbezogen eine erste Zuordnung von MTM-HWD®-Aktionen und die Einstufung der eHPU-relevanten Einflussgrößen. Zu diesem Zeitpunkt werden auch nur diese Einflussgrößen für den Konstrukteur (im Softwareprodukt – TiCon4 Konstruktionsansicht) sichtbar dargestellt. Als Ergebnis erhält der Anwender eine Konstruktionsanalyse.

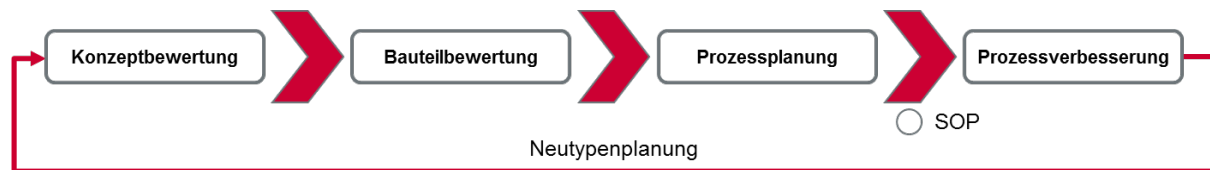


Abbildung 2: Evolutionäre Anwendung von MTM und eHPU-Bewertung über den Produktlebenszyklus

In der späteren Prozessplanung erfolgt nun die Anreicherung der Bauteilbewertung mit den arbeitsplatzplatzspezifischen Einflussgrößen. Als Ergebnis bekommt der Anwender eine Planungsanalyse. Nach SOP erfolgt im Rahmen von KVP Workshops die weitere Optimierung des Arbeitsablaufes und die Erstellung von Ausführungsanalysen. Über diese Phase ändert sich nur der MV-Wert nicht aber der eHPU-Wert des Produktes, insofern keine Produktänderungen vorgenommen werden.

3.3 Erprobung und Validierung der eHPU-Berechnung

Für erste Vergleichsrechnung wurde aus der Audi A4 Montage die Baugruppe Cockpit gewählt. Diese besteht aus den in Abbildung 3 dargestellten Bauteilen.

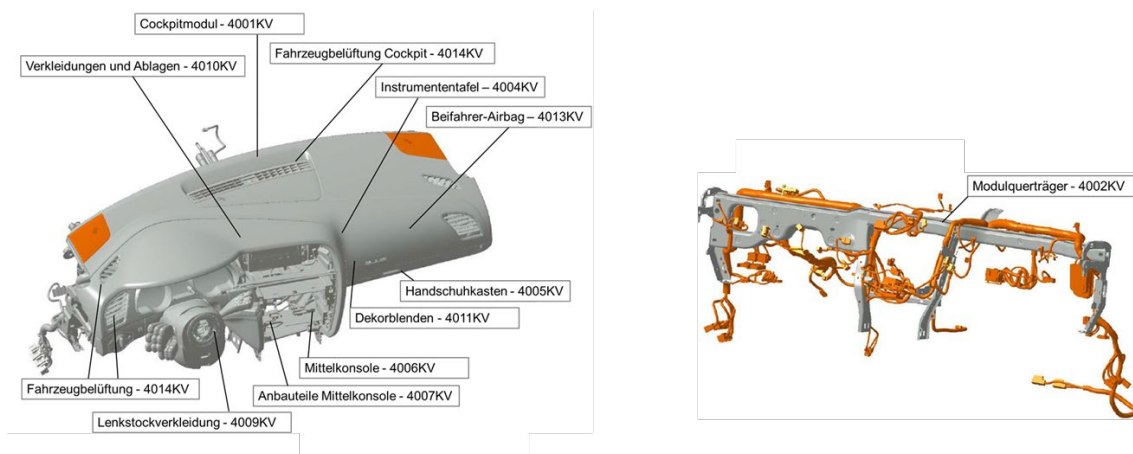


Abbildung 3: Baugruppe Cockpit Audi A4 Avant (Brand 2014)

Abbildung 4 zeigt die Gegenüberstellung des eHPU-Wertes pro Bauteil. Die exaktere Beschreibung der konstruktiv bedingten Bewegungen mittels des Prozessbausteinsystems MTM-HWD® führte zu einer deutlichen Reduzierung des eHPU-Wertes.

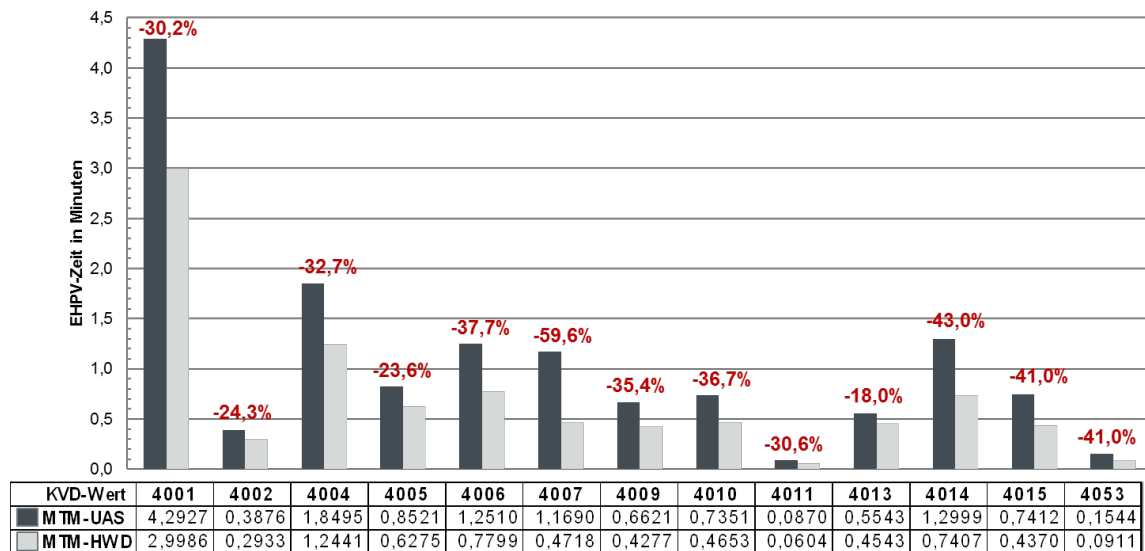


Abbildung 4: Auswertung auf KVD-Ebene des Bauteils Cockpit (Brand 2014)

Die Verlagerung der Zeitanteile in den arbeitsplatzspezifischen Zeitanteil ermöglicht eine Optimierung der Montageschritte. In Summe konnte für dieses Produkt ein Delta von 4,9 min ermittelt werden, welches bisher aufgrund der Granularität (bausteinspezifische Unterschiede und Regelwerk) beim Bewerten mit MTM-UAS nicht ausgewiesen werden konnte.

4. Ausblick

Mit dem Prozessbausteinsystem MTM-HWD[®] und dem vorgestellten Algorithmus zur eHPU-Bewertung können Konstruktionsentwürfe nunmehr für alle Produkte (nicht nur für Automobile) automatisiert generiert werden. Diese Bewertungen liefern einen wichtigen Beitrag bei der Identifizierung konstruktiver Potenziale und bilden die Grundlage für eine spätere effiziente Produktion. Das Prozessbausteinsystem MTM-HWD[®] bietet zudem das Potenziale bzw. genauer gesagt die Voraussetzung, um die Digitalisierung des Industrial Engineerings mit neuartigen Werkzeugen (3D-Simulation menschlicher Bewegungen, Virtual Reality) voranzutreiben und somit Planungsergebnisse zur menschlichen Arbeit zwischen der digitalen Welt und der realen Welt zu verbinden.

5. Literatur

- Brand, K.: Entwicklung und Erprobung einer Methode zur Bewertung der EHPV-Zeit anhand MTM-HWD, Würzburg, 2014.
- Finsterbusch, T.; Wagner, T.; Mayer, M.; Kille, K.; Bruder, R.; Schlick, C.; Jasker, K.; Hantke, U.; Härtel, J. (2014) Human Work Design- Ganzheitliche Arbeitsgestaltung mit MTM. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.): Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft - 60. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GfA-Press, 2014, S. 324–326.
- Kuhlang, P.: Produktive und ergonomiegerechte Arbeit – Von Grundsätzlichem zur Prozesssprache MTM über die Ergonomiebewertung zu Human Work Design (MTM-HWD[®]). In: ifaa (Hrsg.), Leistung und Entgelt, Ausgabe 2/2018, Joh. Heider Verlag, Düsseldorf, 2018, S.6-46.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation 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