

Digitale Planungsmethoden für KMU

Dan GLÄSER, Alexander KUNERT

*ICM - Institut Chemnitzer Maschinen- und Anlagenbau e.V.
Otto-Schmerbach-Straße 19, D-09117 Chemnitz*

Kurzfassung: Digitale Planungsmethoden sind in der Produkt- und Prozessplanung etabliert. Vor allem Planungstools für arbeitswissenschaftliche Anwendungen wie ergonomisch und zeitwirtschaftliche Arbeitsplatzgestaltungen sind jedoch hochspezialisierte Experten-Werkzeuge. Infolgedessen verläuft die Verbreitung in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) nach wie vor schleppend. Im vorliegenden Artikel werden die Gründe hierfür aufgearbeitet, Verbesserungsmöglichkeiten analysiert und Potenziale für Entwickler und Anwender methodisch aufgezeigt. Die dargestellten Nutzungskontexte werden derzeit im Rahmen eines Umsetzungsprojektes im Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum Chemnitz mit regionalen Maschinen- und Anlagenherstellern erprobt.

Schlüsselwörter: Digitale Planung, Mensch-Maschine-Schnittstelle, Mittelstand 4.0

1. Ausgangslage

Hochautomatisierte Prozesse im Wandel der vierten industriellen Revolution stehen in engem Zusammenhang mit größtmöglicher digitaler Planbarkeit. Es erscheint trivial, dass sich mit den Produktionsprozessen ebenso die Arbeitsprozesse weiterentwickeln. Neben manuellen Tätigkeiten unterliegt somit auch Ingenieursarbeit diesem Wandlungsprozess.

Digitale Planungsmethoden für die Produkt- und Prozessplanung sind etablierte Verfahren, welche methodisch aufgearbeitet und marktreif umgesetzt sind. Darunter finden sich zahlreiche Lösungen zur ergonomischen und zeitwirtschaftlichen Gestaltung von Arbeitsplätzen, Mensch-Maschine-Schnittstellen oder manuellen Prozessen. Planungssoftware, wie *Delmia*, *Ramsis*, *Anybody* oder *ema* (Mühlstedt & Bullinger-Hoffmann, 2016) enthalten weit entwickelte anthropometrische Modelle, verfügen über zeitwirtschaftlichen Standards wie MTM oder erlauben sogar Rückschlüsse auf die muskuläre Beanspruchung einzelner Muskelgruppen. Sie sind hochspezialisierte Experten-Werkzeuge.

Digitale Menschmodelle finden jedoch nach wie vor keine weite Verbreitung in kleinen und mittelständischen Unternehmen, sei es in der Produktentwicklung oder der Prozessplanung. Die digitalisierte Planung und Bewertung von Arbeitsprozessen ist im Mittelstand (noch) nicht angekommen. Die Simulationen und die Bewertungsalgorithmen sind abstrakt und für die nicht spezialisierte Mitarbeiter oftmals nicht greifbar (Kunert et al., 2014).

Eine mögliche Ursache der eingeschränkten Nutzung digitaler Menschmodelle könnte in der Spezialisierung der einzelnen Anwendungen liegen. Dazu kommen Lizenzkosten, Qualifizierung, IT-Infrastruktur sowie Aufwand für die initiale Datenaufbereitung. Diese Kosten lassen sich durch die Ergebnisse einer einzelnen

Ergonomieanalyse oder eines optimierten Fertigungsprozesses oft nicht ausreichend begründen.

Dieser Beitrag soll verdeutlichen, wie digitale Planungsmethoden -insbesondere am Beispiel von KMU- Anwendung finden können und welcher ökonomische sowie technologische Mehrwert damit erreicht werden kann. Da die Kosten für digitale Menschmodelle nicht ohne Weiteres gesenkt werden können, wird ein Ansatz zur Erweiterung des Nutzungskontextes über den bisherigen arbeitswissenschaftlichen Fokus erarbeitet und im Beitrag konzeptionell beschrieben.

2. Methodik

Die hier angedachte Herangehensweise zur Steigerung des Nutzens von digitalen Menschmodellen liegt in der Operationalisierung für bisher wenig durch Menschmodelle betrachtete Bereiche des unternehmerischen Handelns. Folgende Grafik (Abbildung 1) beschreibt fünf Handlungsfelder für unterschiedliche Nutzungskonzepte digitaler Menschmodelle. Die Nutzungsfelder Produktentwicklung und Prozessplanung (grün hervorgehoben) sind weitestgehend etablierte Verfahren und finden die größte Verbreitung als Anwendungsszenario. Einzelne Anbieter digitaler Menschmodelle haben ihre Tools für die Verwendung für Qualifizierung und Instandhaltung (orange hervorgehoben) operationalisiert. Menschmodelle werden aber nur selten in diesem Kontext genutzt. Am wenigsten Verbreitung unter den arbeitswissenschaftlichen Menschmodellen findet der Nutzungskontext Vertrieb oder Marketing (rot hervorgehoben), wobei gerade hier Potenziale und Synergie-Effekte bei der Nutzung digitaler Menschmodelle liegen könnten.



Abbildung 1: Handlungsfelder und Nutzungskonzepte für digitale Planungsmethoden

2.1 Produktentwicklung

Die Produktentwicklung stellt ein klassisches Anwendungsfeld digitaler Menschmodelle dar. Auf Basis hinterlegter anthropometrischer Modelle können Mensch-Technik-Schnittstellen in der Entwicklungsumgebung untersucht werden. Mit Hilfe der Manipulationsfunktion werden die Modelle in die gewünschte Körperposition gebracht. Anwendungsfelder sind Sichtfeld- und Erreichbarkeitsanalysen. Dazu werden in der Regel verschiedene anthropometrische Variablen eingestellt, die aus einer im Modell hinterlegten Datenbank importiert werden. Typischerweise kommen hierbei das 5. Perzentil weiblich und das 95. Perzentil männlich als Grenzfälle in Betracht. Die Ergebnisse werden im Programm visualisiert und protokolliert bzw. zur Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt. Neben der Überprüfung der ergonomischen Anforderungen sind auch Sicherheitstechnik und Design mögliche Anwendungsfelder in der Produktentwicklung.

Als Teil der Produktplanung spielt auch die Arbeitsplatzanalyse eine wichtige Rolle. Auch diese ist mit bestimmten Systemen (DELMIA, Jack stand-alone mit TSB [Task Simulation Builder], Tecnomatix, ema u. a.) digital ausführbar (vgl. Mühlstedt & Bullinger-Hoffmann, 2016).

Zur digitalen Abbildung von Arbeitsprozessen gehört die Generierung von Bewegungen des Menschmodells. Dabei unterscheidet man im Wesentlichen zwischen generierten Bewegungsdaten aus Key Frame Animationen oder Prozessdatenbausteinen und gemessenen Bewegungsdaten aus Motion Capturings. Mit Hilfe der Prozessdaten können entweder einzelne Körperhaltungen, z.B. nach RULA Verfahren (McAtamney & Corlett, 1993), oder ganze Prozesse nach EAWS (Schaub & Ghezal-Ahmadi, 2007) bewertet werden (Abbildung 2). Darüber hinaus können Laufwege analysiert und optimiert werden.

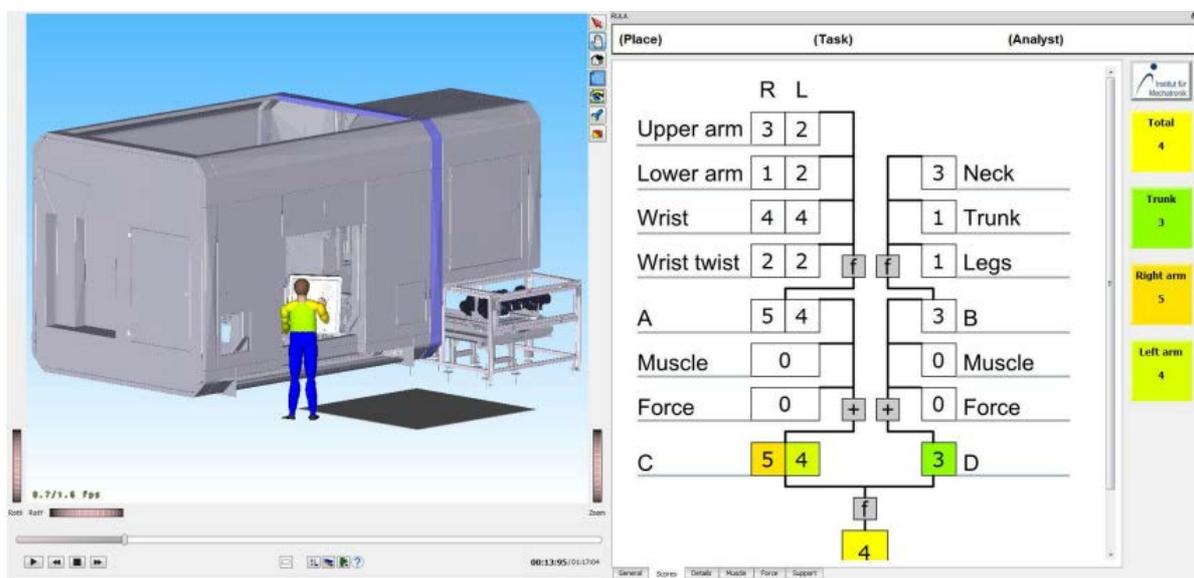


Abbildung 2: Bewertung eines Maschinenarbeitsplatzes mit Dynamicus/RULA

2.2 Prozessplanung

Die Prozessplanung mit digitalen Menschmodellen ist mittlerweile eine verbreitete Herangehensweise in großen Unternehmen, bspw. in der Automobil-Industrie. Der Anwender muss sich in vielen Fällen entscheiden, ob er ein grobes Ergebnis mit

vergleichsweise geringem Aufwand erreichen möchte oder aber eine detaillierte Analyse mit erheblichen Aufwand durchführt. Ein Beispiel für eine Software mit relativ geringem Aufwand ist *ema* (Abbildung 3). *ema* kann dank verrichtungsbasierter Eingabe und dynamischen Objektbezug (festgelegte Beziehung von Mensch und Objekt, wie Greifpunkte) schnell Simulationen erzeugen und verfügt mit MTM und EAWS über zwei Quasi-Standards unter den zeitwirtschaftlichen und ergonomischen Analysemethoden (Fritzsche et al., 2014). Restriktionen hat *ema* dabei durch die eingeschränkte Menge an abbildbaren Posen und Bewegungen.



Abbildung 3: Prozessplanungsbeispiel mit der Software *ema*

Komplizierte Prozesse, welche ungewöhnliche Körperpositionen verlangen erfordern eine andere Kategorie Menschmodelle. Hier kommen etablierte Modelle, wie *Jack* oder *Human Builder*, zum Einsatz. Sie erlauben über Vorwärtskinematik oder inverse Kinematik die Generierung nahezu sämtlicher vorstellbarer Posen, benötigen dafür aber einen vielfach höheren Simulationsaufwand. Die dabei entstehenden arbeitswissenschaftlichen Ergebnisse liefern vor allem eine größere Plausibilität bei der Abbildung der vom Menschmodell eingenommenen Körperhaltungen und damit aussagekräftigere Haltungs- und Kraftanalysen. Einen Schritt weiter geht die Planung von Prozessen mittels Motion Capturing und der späteren Auswertung mittels digitaler Menschmodelle. Dieses Verfahren stellt sicherlich das obere Ende der realitätsnahen Simulation dar und ermöglicht Auswertungen bis auf die muskuläre Ebene. Es erfordert jedoch neben dem erheblichen Aufwand, das Vorhandensein von physischen Mock-Ups oder VR-Systemen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass für die unterschiedlichen Einsatzzwecke der Prozessplanung, der Analyse von Plausibilität, Zeitwirtschaft und Ergonomie, eine Vielzahl von Werkzeugen zur Verfügung stehen (vgl. Mühlstedt & Bullinger-Hoffmann, 2016).

2.3 Qualifizierung

Es liegt nahe, Simulationen, welche zum Zweck der zeitwirtschaftlichen oder ergonomischen Optimierung erstellt wurden, für Schulungszwecke einzusetzen. Dennoch wird dieser Nutzungskontext bisher bei kaum einem digitalen Mensch-

modell als Anwendungsszenario in den Vordergrund gestellt. Digitale Menschmodelle bieten dabei u. a. folgende Möglichkeiten zur Nutzung im Schulungskontext:

- Erstellung von Schulungsdokumenten und Arbeitsanweisungen
 - Zeitwirtschaftliche Analysen (MTM)
 - Videos (inkl. Hinweisen, Kommentare, Highlighting)
 - Bilder
 - Ableitung von Arbeitsanweisungen (Verrichtungsbausteine)
- Darstellung
 - Ego-Perspektive
 - Perspektivwechsel
 - Ausblenden von Stör-Geometrien
 - Zeitlupe
 - Kollisionserkennung
- Verhaltensergonomie
 - Falschfarbendarstellung
 - Hüllkörper (Erreichbarkeit)
 - Best-Practice/Bad-Practice Beispiele

2.4 Instandhaltung

Werden die Mehrwerte aus den genannten Anwendungsfeldern zusammengefasst, so ergibt sich ein weiteres Nutzungsszenario für Instandhaltungsprozesse. Durch die fortschreitende Automatisierung nimmt die Instandhaltung von Maschinen und Anlagen einen immer größeren Stellenwert in der menschlichen Arbeit ein. Damit ist auch ein deutlich höherer Planungsaufwand als bisher erforderlich. Die Planung und Durchführung dieser Arbeitsaufgaben ist mit Hilfe digitaler Menschmodelle deutlich zu vereinfachen.

In der Planung sind Instandhaltungsprozesse wie klassische Arbeitsaufgaben hinsichtlich Machbarkeit und Plausibilität zu prüfen. Auch die hierfür erstellten Animationen und Dokumentationen sind im folgenden Anwendungszeitraum nutzbar. Die Durchführung von Servicearbeiten lässt sich durch die Unterstützung mobiler Endgeräte direkt am Arbeitsplatz visualisieren. Die durchzuführenden Arbeitsaufgaben können damit effizient an das Personal vermittelt werden. Qualifizierung findet auf digitaler Basis direkt im Arbeitsprozess statt und erfordert keine zusätzlichen Maßnahmen.

2.5 Marketing

Digitale Menschmodelle eignen sich hervorragend zur Darstellung von Produkten und Prozessen im späteren Nutzungskontext zu visualisieren. Virtuelle Planungsmethoden können die Funktionsprinzipien der mechanischen Bestandteile von Maschinen und Anlagen interaktiv darstellen. Gleichzeitig können sämtliche manuellen Prozesse rund um eine Maschine und deren ergonomische und zeitwirtschaftliche Vorteile gegenüber eventuelle Konkurrenzprodukten ebenfalls anschaulich dargelegt werden. Virtuelle Planungsmethoden bieten außerdem die Chance, Produkte schon während der Angebotsphase virtuell in die zukünftige Produktion des Kunden einzubinden und damit frühzeitig die Kundenbindung zu stärken.

3. Anwendung

Die dargestellten Nutzungskontexte werden zurzeit in einem Umsetzungsprojekt im Rahmen des Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum Chemnitz mit einem regionalen Maschinen- und Anlagenhersteller erprobt. Das übergeordnete Ziel ist, die Attraktivität der Technologie des „digitalen Menschmodells“ für KMU zu steigern. Das konkrete Ziel für das Unternehmen ist, durch die Erweiterung des bisher rein arbeitswissenschaftlichen Nutzungskontextes um die Komponenten Instandhaltung, Qualifizierung und Marketing, Synergieeffekte zu finden, welche die Nutzung von virtuellen Planungsmethoden wirtschaftlich machen.

Im Projekt wurden dafür die CAD-Daten für die Nutzung in der Software *ema* aufbereitet, Maschinen in eine beispielhafte Produktion eingebettet und verschiedene Produktionsprozesse simuliert. Die Firma versucht nun die Ergebnisse für Marketing und Vertrieb zu nutzen und erweitert die bisherigen Vertriebsmaterialien auf der Homepage, bei Messe-Auftritten oder Direktgesprächen mit den entstandenen Videos und Simulationen. Anschließend ist angedacht, Schulungs- und Qualifizierungsmaterial für Kunden und Instandhalter zu schaffen, welches bisher nur textuell oder in einzelnen Bildern verfügbar ist.

Damit werden im Projekt alle angestrebten Nutzungskontexte im Unternehmen eingeführt und deren Wirkung untersucht. Zukünftig ist angedacht eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Einsatzes virtueller Planungsmethoden für das KMU durchzuführen.

4. Zusammenfassung

Die dargestellten Nutzungskonzepte können die Attraktivität digitaler Menschmodelle in der Summe signifikant steigern. Die Prozess- und Produktplanung stellen die Hauptanwendungsfelder digitaler Menschmodelle dar, sind in der Literatur hinreichend beschrieben und werden von den Entwicklern als Mehrwerte kommuniziert. Darüber hinaus werden aktuell erste Anwendungen im Bereich Qualifizierung und Instandhaltung erschlossen. Die Kommunikation und Darstellung der neuen Nutzungskonzepte sowie die Darlegung des entsprechenden Nutzens gegenüber KMU birgt erhebliche Potenziale. Nach wie vor stellen KMU eine weitestgehend unerschlossene Nutzergruppe für digitale Planungsmethoden dar.

Ein Grund dafür ist eine häufig korrespondierende Reduktion des Nutzens digitaler Menschmodelle auf die Fertigungs- und Produktplanung. Allein in diesem Bereich rechtfertigen die Komplexität sowie das vorhandene Optimierungspotenzial die teuer erscheinende digitale Planung häufig nicht. Die Erschließung der Zielgruppe Mittelstand ist unabdingbar an die Weiterentwicklung der Nutzungskonzepte unter Ausnutzung der beschriebenen Synergien gekoppelt.

5. Literatur

- Bullinger A, Mühlstedt J (Herausgeber) (2016) Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle, Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg
- Delmia (2001) DPE – Delmia Process Engineer Handbuch. Allgemeines. Arbeitsstellen. Ergo Check. Delmia GmbH, Fellbach
- Fritzsche L, Schönherr R, Illmann B (2014) Interactive Simulation and Ergonomics Assessment of Manual Work with EMA – Applications in Product Development and Production Planning. In: V.G. Duffy (Hrsg) Advances in Applied Digital Human Modeling. AHFE Conference 2014, Kraków, Poland, S. 49–58
- Jack - www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/assembly_planning/jack/index.shtml,
- Kunert A, Grundmann A, Steinbach H, Hofmann N (2014) Der Mensch in der Smart Factory – digitale ergonomische Gestaltung von neuen Maschinensystemen. 15. Tage des Betriebs- und Systemingenieurs, Chemnitz
- McAtamney, L.; Corlett, E. N (1993) RULA - a survey method for the investigations of work-related upper limb disorders, Appl. Ergon. 24 , 1993, Nr. 2 , S. 91 -99
- Schaub, K.; Ghezal-Ahmadi, K. (2007) Vom AAWS zum EAWS - ein erweitertes Screening-Verfahren für körperliche Belastungen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.: Bericht zum 53. Arbeitswissenschaftlichen Kongress in Magdeburg, GfA-Press, 2007, S. 601-604



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Fokus Mensch im Maschinen- und Fahrzeugbau 4.0

Herbstkonferenz der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Institut für Betriebswissenschaften und
Fabriksysteme / TU Chemnitz

ICM - Institut Chemnitzer Maschinen-
und Anlagenbau e.V.

28. und 29. September 2017

GfA Press

**Dokumentation der Herbstkonferenz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
vom 28. und 29. September 2017, Chemnitz**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2017
ISBN 978-3-936804-23-2

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Konferenzband

Als Manuskript zusammengestellt. Dieser Konferenzband ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.)
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.

USB-Print: Isabell Grundmann

Screendesign und Umsetzung

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de