

Ganzheitliche Gefährdungsbeurteilung mit digitalen Menschmodellen – Die Integration von Umgebungsbedingungen in die Digitale Fabrik

Benjamin ILLMANN, Lars FRITZSCHE, Sascha ULLMANN, Wolfgang LEIDHOLDT

*imk automotive GmbH
Amselgrund 30, D-09128 Chemnitz*

Kurzfassung: Methoden zur Beurteilung von Umgebungsbedingungen und dynamische 3D-Menschmodelle lassen sich derzeit kaum in einer digitalen Umgebung zusammenführen. Daraus resultieren ungenaue Planungen von Arbeitssystemen, die teilweise korrektiv im Serienbetrieb behoben werden müssen. Für die zukünftige Fabrikplanung ist es daher ein vielversprechender Ansatz, die Beurteilung der Arbeitsumwelt und weiterer Belastungsfaktoren im Sinne einer ganzheitlichen Gefährdungsbeurteilung mit Hilfe von digitalen Menschmodellen zu integrieren. Der Beitrag stellt theoretische und methodische Überlegungen dazu dar und präsentiert erste Beispiele, wie Umgebungsbedingungen in die digitale Fabrik eingebunden und bewertet werden können.

Schlüsselwörter: Gefährdungsbeurteilung, Digitale Fabrik, Digitale Menschmodelle, ema, Umgebungsfaktoren

1. Einleitung

Gegenwärtig werden Gefährdungsbeurteilungen in der Planungsphase häufig im menschenleeren Raum durchgeführt. Zwar erlauben zahlreiche Tools der digitalen Fabrik eine umfangreiche Betrachtung von geometrischen und physikalischen Umgebungsbedingungen, allerdings wird der Mensch in seiner Dynamik vernachlässigt. Teilweise können einfache digitale Menschmodelle in die Simulation integriert werden, sobald aber prozessbedingte Änderungen der Position oder Körperhaltung dazu kommen, haben die Planungsergebnisse nur eine eingeschränkte Aussagekraft. Nacharbeit und kostspielige Korrekturen im Serienprozess können die Folge sein.

2. Derzeitiger Stand von Methoden der Digitalen Fabrik

Für eine umfassende Gefährdungsbeurteilung werden der Fachkraft für Arbeitssicherheit zahlreiche Ratgeber an die Hand gegeben, die Gefährdungsfaktoren strukturieren und systematisch auf Bewertungs- und Gestaltungsgrundsätze hinweisen (vgl. DGUV 2009, BAuA 2012). Ziel ist dabei stets die ganzheitliche Absicherung und Beherrschung von Gefährdungen am Arbeitsplatz. Leider wird diese retrospektiv recht ausführlich durchgeführte Gefährdungsbeurteilung allzu oft in der Planungsphase vernachlässigt. Zunehmend bewegen sich vor allem Großunternehmen in der Digitalen Fabrik, wo allerdings die Berücksichtigung von Arbeitsumgebungsfaktoren durch die Verfügbarkeit und Verknüpfung geeigneter Methoden beschränkt wird. Dort, wo der Mensch im Mittelpunkt steht, sind zunehmend ausgefeilte Menschmodelle anzutreffen, mit denen Arbeitsprozesse dynamisch simuliert werden können.

Diese Planungsmethoden für menschliche Arbeit sind derzeit jedoch kaum oder gar nicht in den wenigen verfügbaren Methoden der Digitalen Fabrik für die Bewertung von Umgebungsbedingungen integriert. Dadurch werden wesentliche Risiken, die aus dem Zusammenwirken von dynamisch agierenden Menschen und der physikalischen, chemischen und biologischen Arbeitsumgebung entstehen, nicht erkannt und müssen korrektiv behoben werden.

2.1 Digitale Menschmodelle

Die am weitesten verbreiteten digitalen Menschmodelle zeichnen sich durch eine starke Fokussierung auf anthropometrische Fragestellungen aus und liefern teilweise biomechanische Analysen bzw. Bewertungen einzelner ergonomischer Belastungsfaktoren. Zu nennen seien an dieser Stelle der Human Builder (Dassault Systèmes), Jack (UGS/Siemens) oder RAMSIS (Human Solutions) (Mühlstedt et al. 2008). Allerdings ist der Aufwand mit diesen Menschmodellen Simulationen dynamischer menschlicher Arbeit zu erstellen immer noch sehr hoch.

In den letzten Jahren hat sich eine neue Generation von Menschmodellen herausgebildet, die es ermöglicht, schon in frühen Planungsphasen effizient Menschsimulationen zu generieren. Ein Beispiel dafür ist die Planungsmethode Editor Menschlicher Arbeit (ema), deren Menschmodell sich durch eine eigeninitiale Bewegungsgenerierung auszeichnet und bereits in zahlreichen Unternehmen zur prospektiven Ergonomieabsicherung verwendet wird (Fritzsche et al. 2014). Dort integrierte Methoden wie EAWS und MTM-Richtzeiten liefern eine weitgehend verlässliche Aussage in Bezug auf physische Belastungen, erlauben jedoch immer noch keine Aussage über physikalische, chemische und biologische Gefährdungen (Schaub et al. 2012).

Allen Menschmodellen ist gemein, dass sie in mehr oder weniger komplexe digitale Umgebungen eingebettet werden können. Der tatsächlich für die Simulation der Bewegungen, Bewertung physischer Gefährdungsfaktoren und MTM-Richtzeitermittlung genutzte Anteil ist dennoch vergleichsweise gering (siehe Abbildung 1). Er beschränkt sich auf die unmittelbar im Arbeitsprozess genutzten Elemente des Arbeitssystems, die mit einigen Objektinformationen (z.B. Geometrie und Lastgewicht) angereichert wurden. Ein großer Teil der digitalen Umgebung dient der Einordnung im Gesamtsystem, liefert aber bereits wichtige Informationen für die Bewertung von Umgebungsbedingungen – zum Beispiel geometrische Informationen für Beleuchtungsbetrachtungen. Nur werden diese Informationen bisher kaum genutzt.

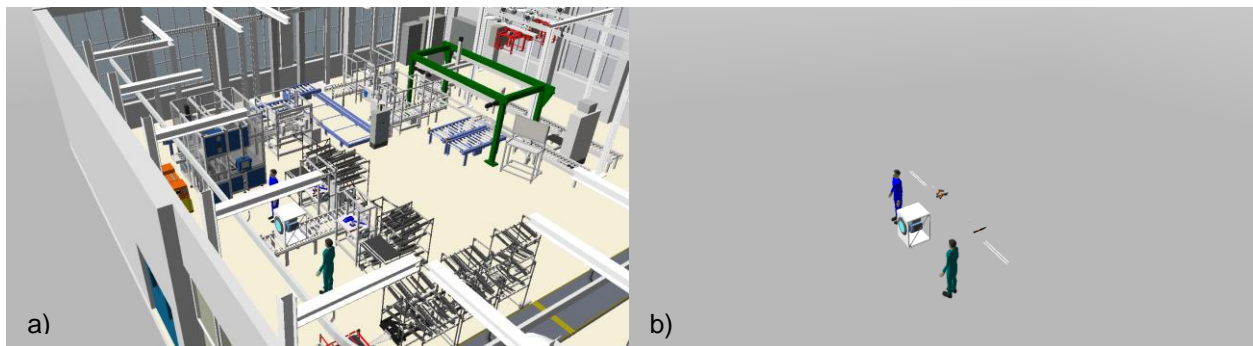


Abbildung 1: Nutzung von Umgebungsgeometrien bei gegenwärtigen Menschsimulationen
a) Vorhandene digitale Umgebung, b) für Prozesssimulation genutzter Anteil der Umgebung (+ Kollisionspunkte)

2.2 Methoden der Gefährdungsbeurteilung in der digitalen Fabrik

Bereits angedeutet wurde die häufig in der digitalen Fabrik anzutreffende Bewertung von physischen Belastungen (Lastenhandhabung, Körperhaltungen etc.) durch die Integration von Ergonomiebewertungsmethoden wie EAWS in digitale Menschsimulationen (Schaub et al. 2012). Es existieren darüber hinaus zahlreiche Methoden der digitalen Fabrik, die sich mit physikalischen Gefährdungsfaktoren beschäftigen, jedoch sind dies häufig ausgesprochene Expertentools, die kaum Anschluss an bestehende Simulationsumgebungen für digitale Menschmodelle aufweisen. Am ehesten werden rechnergestützte Methoden für die Planung von Beleuchtungssystemen und der Betrachtung von Lärm genutzt. Zur Planung von Beleuchtungsanlagen seien die Tools Relux (Relux Informatik) und DIALux (Dial) zu nennen. Die Beurteilung von Lärm erfolgt häufig über Tools wie Ulysses (IFB Soft), CadnaR (Datakustik) oder Odeon (Odeon A/S). Allerdings sind bei der digitalen Betrachtung der Gefährdungen Klima, Gefahrstoffe oder Ähnliches entsprechende Tools deutlich seltener anzutreffen. Als Ursache können teilweise die umfassenden Parameter identifiziert werden, die für diesen Zweck den Objekten zugeordnet (Absorptionsgrad, Temperaturverteilung etc.) und teils sehr komplex ausgewertet werden müssten.

2.3 Resultierende Risiken

Zusammenfassend ist erkennbar, dass durch die Komplexität der möglichen Gefährdungen am Arbeitsplatz ein enormer Aufwand betrieben werden müsste, um sämtliche Gefährdungsfaktoren hinreichend abzusichern. Der Aufwand multipliziert sich entsprechend, wenn für jede Methode der digitalen Fabrik neue Szenarien aufgebaut werden, da diese nicht miteinander kommunizieren. Das Resultat ist eine punktuelle Vernachlässigung potentieller Gefährdungen innerhalb der Planungsphase und damit keine präventive, kosteneffektive Arbeitsgestaltung.

Eine weitere Problemstellung resultiert aus der fehlenden Nutzung wesentlicher Prozessinformationen. Zum einen ist bei modernen Menschsimulationen stets bekannt wo sich der Mensch zu jeder Zeit seiner Arbeitstätigkeit befindet, was bei Missachtung im Zuge einer rein faktorbezogenen Beurteilung zu unentdeckten Gefährdungen führen kann (z.B. Beleuchtungsstärke, siehe Abbildung 2).

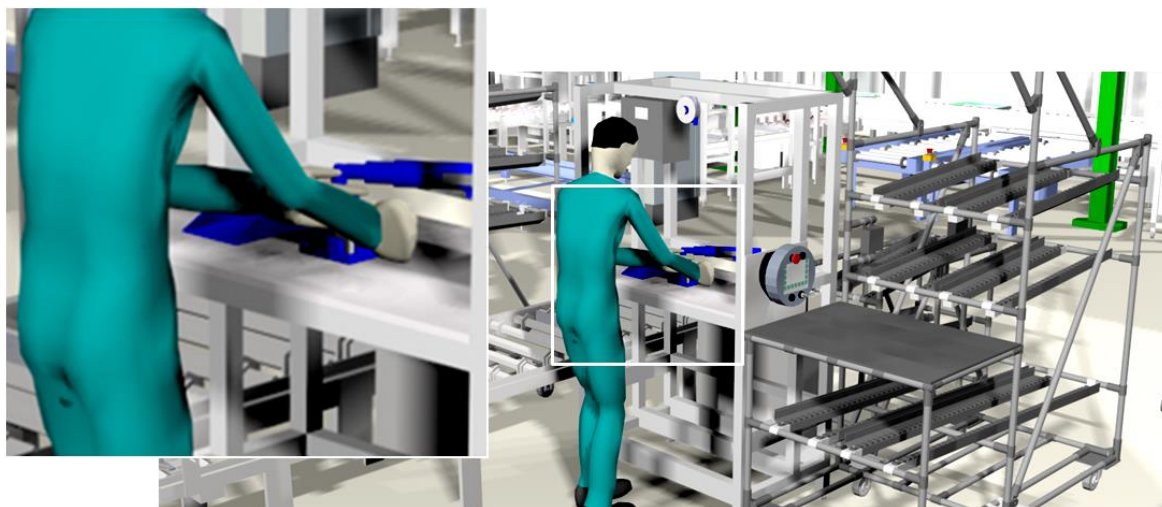


Abbildung 2: Örtliche Ungleichmäßigkeit während der Tätigkeit durch das digitale Menschmodell an einer Stelle, die in vorangegangener Planung eine ausreichende Nennbeleuchtungsstärke aufweist

Zum anderen fehlt bei mangelnder Betrachtung des agierenden Menschen bei dosisbezogenen Beurteilungen eine korrekte Betrachtung der Expositionsdauer und –intensität (z.B. Tages-Lärmexpositionspegel) – schließlich befindet sich der Mensch nicht dauerhaft an konstanter Position innerhalb des Arbeitssystems. Als Folge dessen sind nicht nur eine Unterschätzung von Gefährdungen möglich, sondern auch kostspielige Überschätzungen.

3. SOLL-Zustand

Ziel sollte es daher sein, bekannte Methoden der Gefährdungsbeurteilung und Planungstools für Umgebungsbedingungen mit entsprechenden prozessorientierten Menschmodellen wie dem Editor Menschlicher Arbeit (ema) zu verbinden. Die Verbindung dieser Welten verspricht ein erhebliches Potential, um nachhaltig Gefährdungen am Arbeitsplatz präventiv zu minimieren und somit den Arbeitsschutz frühzeitig und kosteneffizient in der Fertigungsplanung zu berücksichtigen.

Dazu müssen Objektparameter und Datenformate standardisiert um weitere relevante Informationen ergänzt werden, wie zum Beispiel:

- Schallemission
- Schwingbeschleunigungen
- thermische Eigenschaften
- Absorptionseigenschaften
- Lichtstrom/-stärke.

Entsprechende Bewertungsverfahren können bei Bedarf (ggf. auch modular) darauf zugreifen und eine Beurteilung der Gefährdungen und Belastungen aus der Arbeitsumgebung vollziehen. Die verwendeten Methoden können sich den bestehenden Normen und Richtlinien bedienen, sollten aber stets so angewandt werden, dass ein kontinuierlicher Prozessbezug besteht, d.h. stets die Arbeitsinhalte des geplanten Prozesses berücksichtigt werden.

4. Vorgehen zur Integration von Umgebungsbedingungen in digitale Menschsimulationen

Um die genannten Ziele zu erreichen, ist es zunächst erforderlich die in der Digitalen Fabrik vorhandenen Daten durch Zuweisung neuer Objektparameter zu erweitern. Im ersten Schritt sollten daher einheitliche Standards geschaffen werden, die einen Austausch zwischen verschiedenen Systemen ermöglicht. Damit können Daten wiederverwendet, Redundanzen vermieden und eine schlanke Datenhaltung erreicht werden. Gestützt wird diese Herangehensweise durch die Ergebnisse der Delphi-Studie „Digitale Ergonomie 2025“, bei der Experten die Schaffung einheitlicher Standards zum Austausch zwischen Tools der digitalen Fabrik als wesentlichen Trend für 2020 bis 2025 identifizierten (Wischniewski 2013, S. 31).

Die erforderlichen Informationen und rechentechnische Auswertungen für die Bewertung verschiedener Umgebungsbedingungen variieren zum Teil stark. Für die Betrachtung von Beleuchtung sind z.B. im Regelfall lediglich geometrische Informationen der Umgebung erforderlich, welche bereits in den meisten digitalen Menschsimulationen vorhanden sind. Für die Betrachtung z.B. von Gefahrstoffen ist hingegen eine weit umfassendere Auswertung erforderlich. Tabelle 1 illustriert die zunehmende Komplexität der zu berücksichtigenden Eigenschaften anhand einiger typischer Ge-

fährdungsfaktoren. Daraus lässt sich eine Vorgehensweise ableiten, die im Zuge der schrittweisen Annäherung an die potentielle Komplexität sinnvoll erscheint.

Tabelle 1: Vorgehensweise bei der Integration von Umgebungsbedingungen in Menschsimulationen

Stufe.	Gefährdungsbeispiele	Dimensionen relevanter Informationen			
1	Beleuchtung	Geo- metrisch	Physi- kalisch	Fluid- dynamisch	Biochemisch
2	Lärm / Schwingungen				
3	Klima				
4	Gefahrstoffe				

5. Schlussbemerkung

Bislang wird für eine ganzheitliche Gefährdungsbeurteilung während der digitalen Planungsphase noch zu wenig unternommen, was zumindest teilweise auf den derzeit enormen Aufwand für die Anwendung entsprechender Methoden zurückzuführen ist. Erste Schritte Menschsimulationen mit Bewertungsmöglichkeiten für Umgebungsbedingungen auszustatten, werden zum Beispiel im Projekt Smart Virtual Worker der TU Chemnitz unternommen (Spitzhirm & Bullinger 2013). Allerdings fußen diese noch nicht auf ein breites Bestreben seitens der Methodenanbieter, eine einheitliche Richtung einzuschlagen und gemeinsame Standards zu etablieren. Seitens des Verein Deutscher Ingenieure wird derzeit unter Leitung von Prof. Zülch an einer Erweiterung der Richtlinie VDI 4499 um das Blatt 5 zur Prognose von Umgebungseinflüssen in der Digitalen Fabrik gearbeitet, von der weitere Impulse ausgehen sollten. Dieser Beitrag ist daher ausdrücklich als Aufruf zu verstehen, gemeinsam die Integration einer ganzheitlichen Gefährdungsbeurteilung in digitale Menschsimulationen im Zuge von Forschungsprojekten und Normungsausschüssen voranzutreiben.

6. Literatur

- BAuA, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2012) Ratgeber zur Gefährdungsbeurteilung. Handbuch für Arbeitsschutzfachleute. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.).
- DGUV, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (2009) Beurteilung von Gefährdungen und Belastungen am Arbeitsplatz - Gefährdungs- und Belastungs-Katalog. DGUV Information 211-032. Bochum: Verlag Technik & Information.
- 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: Ahram T, Karwowski W, Marek T (Eds.) Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2014. Kraków, Poland, 3884-3893.
- Mühlstedt J, Kaußler H, Spanner-Ulmer B (2008) Programme in Menschengestalt: Digitale Menschmodelle für CAx- und PLM-Systeme. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 02/2008:79-86.
- Schaub KH, Mühlstedt J, Illmann B, Bauer S, Fritzsche L, Wagner T, Bullinger-Hoffmann A (2012) Ergonomic assessment of automotive assembly tasks with digital human modelling and the 'ergonomics assessment worksheet' (EAWS). International Journal of Human Factors Modelling and Simulation 3:398-426.
- Spitzhirm M, Bullinger AC (2013) Entwicklung eines neuen digitalen Menschmodells für den Einsatz in kleinen und mittleren Unternehmen. In: GfA (Hrsg.) Chancen durch Arbeits-,Produkt- und Systemgestaltung, 383-386.
- Wischniewski S (2013) Digitale Ergonomie 2025. Trends und Strategien zur Gestaltung gebrauchstauglicher Produkte und sicherer, gesunder und wettbewerbsfähiger sozio-technischer Arbeitssysteme. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.).