

## **Entwicklung und Stand der Personaleinsatzsimulation und deren Einbeziehung in die Digitale Fabrik**

### ***Development and Status of Personnel Deployment Simulation and its Inclusion into the Digital Factory***

Gert Zülch, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe (Germany),  
gert.zuelch@gefora-beratung.de

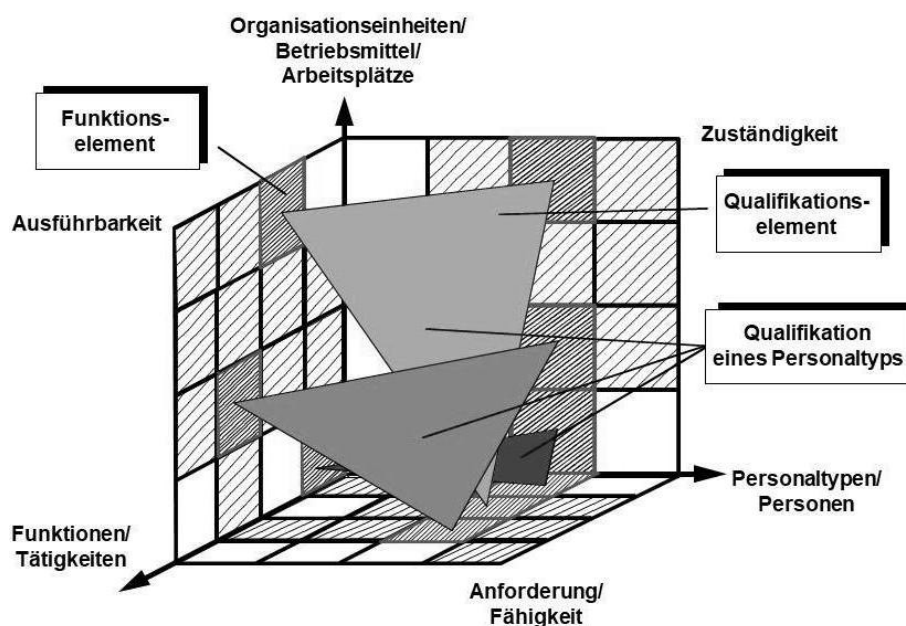
**Abstract:** The development of personnel deployment simulation started just before 1980. From the first, more production-logistically oriented simulation procedures, macro-ergonomic features have been added, i.e. mainly regarding capacity- and utilization-related questions. The current status is characterized by the integration into tools of the digital factory, which increasingly includes micro-ergonomic considerations. Above all, anthropometric and occupational physiological problems predominate. In addition to these aspects aiming at the human work task itself, the focus is currently also placed on the work environment through which the working person is exposed. This is currently still the focus of research and development. With regard to further steps, there is a particular need to better link event discrete simulation procedures with digital factory tools. Thereby also strong demands on ergonomic research are made. This is shown, e.g. in the still unsolved fact that types of stress acting together on the working human cannot be assessed in common.

## **1 Grundlegende Anforderungen an die Personaleinsatzsimulation**

Im Grundsatz umfasst die Personaleinsatzsimulation alle Bereiche der Arbeitssystemplanung: Sie erstreckt sich ausgehend vom Material- und Informationsfluss unter Einbeziehung des Menschen auf die produktionslogistische Analyse von Arbeitssystemen, die Frage der Arbeitsteilung unter qualifikatorischen Aspekten und der Zusammenarbeit in Arbeitssystemen bis hin zur Gestaltung der Arbeitsmethode an einzelnen Arbeitsplätzen. Dabei spielte bereits frühzeitig die Darstellung von Szenarien in Werkzeugen der Digitalen Fabrik eine Rolle.

Eine grundlegende Anforderung an die Personaleinsatzsimulation stellt die Modellierung der personellen Qualifikationen dar. Wesentlich dabei ist die Trennung in maschinelle und personelle Simulationsobjekte, die im Simulationsablauf über Funktionen (insbesondere über Arbeitsvorgänge) miteinander in Beziehung gebracht

werden. Dies entspricht weitestgehend den Vorgaben der Zeitwirtschaft nach REFA (2011). Mit Hilfe dieser Simulationsobjekte können dann die Zuständigkeit von Personen für Maschinen oder Arbeitsplätze, die dabei gestellten Anforderungen und Fähigkeiten sowie die Ausführbarkeit von Funktionen und damit die Qualifikation einer Person oder eines Personaltyps modelliert werden (Abb. 1). Damit unterscheidet sich die Personaleinsatzsimulation wesentlich von der rein produktionslogistischen Simulation, die in aller Regel Personen und Maschinen zu einer integrierten Ressource zusammenfasst.



**Abbildung 1:** Modellierung der Qualifikation im Rahmen der Personaleinsatzsimulation (nach Zülch, Waldherr, Zülch 2010, S. 53)

Es ist festzustellen, dass die Personaleinsatzsimulation im internationalen Bereich relativ wenig Beachtung erfährt. Hier dominieren statische Methoden der Personalbedarfsberechnung (vor allem mittels Tabellenkalkulation), während die dynamische Analyse mit Hilfe der Simulation im Bereich von Teilefertigung und Montage mit ihrer notwendigen Trennung von Personen und Betriebsmitteln weitestgehend unbeachtet bleibt. Ein typisches Beispiel für die Berücksichtigung des Personals im Fertigungsbereich liefern Mounsey et al. (2016). Die Autoren berücksichtigen zwar die Kosten bei unterschiedlichem Personaleinsatz und Schichtsystem, nicht aber die Qualifikation.

Bei den Personaleinsatzproblemen konzentriert man sich im Wesentlichen auf Dienstleistungsbereiche, z.B. auf Krankenhausbetriebe (Ghanes et al. 2015) oder Call-Center (Woo und Ho 2010), wobei gelegentlich auch Optimierungs- und Simulationsverfahren kombiniert werden (so z.B. Corominas und Lusa 2012). Im Gegensatz zur Modellierung von Produktionsbetrieben sind im Dienstleistungsbereich Vereinfachungen dahin gehend möglich, dass Betriebsmittel

und Person als integrierte Ressource betrachtet werden können; in aller Regel wird auch von einer einheitlichen Qualifikation der eingesetzten Personen ausgegangen.

## 2 Produktionslogistische Personaleinsatzsimulation und die VDI-Richtlinie 3633 Blatt 6

Anwendungsfeld der Personaleinsatzsimulation waren zunächst Teilefertigungs- und Montagesysteme (siehe zu einem Überblick Zülch 2015). Die ersten Dissertationen zu diesem Thema erschienen nahezu zeitgleich im Jahre 1980 an der RWTH Aachen und der Uni Stuttgart. Seit den ersten Veröffentlichungen kann die Personaleinsatzsimulation in Deutschland somit inzwischen auf über vierzig Jahre ihrer Entwicklung zurückschauen. Die Arbeiten fanden ihren Niederschlag in der VDI-Richtlinie 3633 Blatt 6 aus dem Jahre 2001, die sich gegenwärtig in Überarbeitung befindet.

In diesem Zusammenhang wird auch eine neue Möglichkeit der Modellierung erörtert werden: Während zur Darstellung von Arbeitsvorgängen bekanntlich der Vorranggraph verwendet werden kann, lässt sich dieser auf einen Kapazitätsgraphen der Stationen im Arbeitssystem abbilden und dieser bei Mehrstationen-Bedienung wiederum auf einen Personaleinsatzgraphen der simulativ eingesetzten Mitarbeiter.

Ein aktuelles produktionslogistisches Beispiel ist die Untersuchung der Frage, welchen Einfluss die demographische Entwicklung auf die Produktivität eines Arbeitssystems aufweist. Grundlegend für eine solche Untersuchung ist die begründete Annahme eines abnehmenden Zeitgrades mit dem Lebensalter eines Mitarbeiters (so bereits Baines et al. 2004, S. 518 ff.). Eine Studie in einer Baugruppen-Montagelinie ergab hierfür eine Abnahme der Mengenleistung des Arbeitssystems von etwa 13% über einen Zeitraum von 14 Jahren (Zülch et al. 2009).

Müller et al. (2015) verfolgen mit ihrer Software *WorkDesigner* einen Ansatz, der die Personaleinsatzplanung im Produktionsbereich mit makro-ergonomischen Aspekten verbindet. Ziel ist es dabei, neben der Betriebsmittelnutzung auch die individuelle Arbeitsfähigkeit und das Alter der simulierten Mitarbeiter zu berücksichtigen.

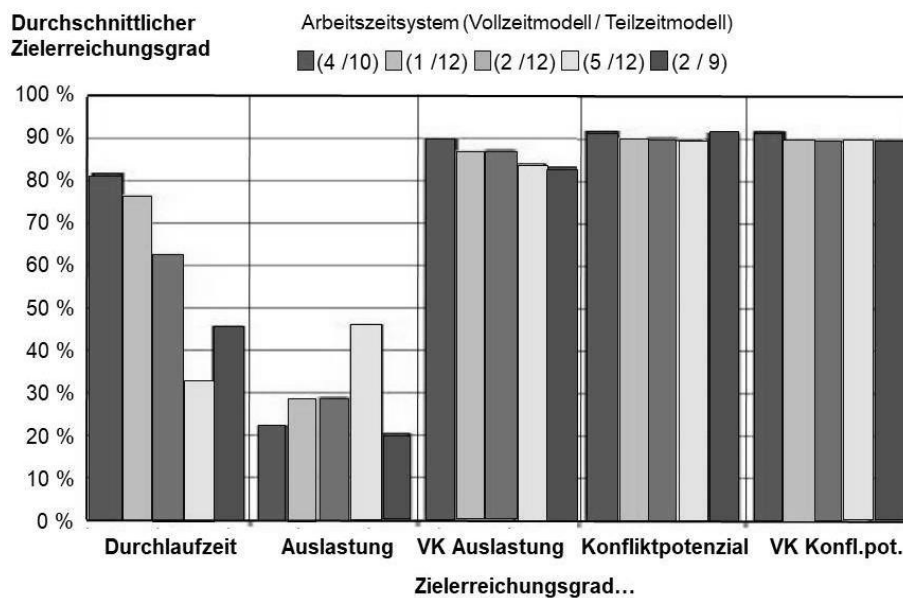
In der Folge wurde das Anwendungsfeld der Personaleinsatzsimulation auf Dienstleistungsbereiche ausgeweitet. Entsprechend der gesellschaftlichen Diskussion stand neben Fragen der Produktionsleistung auch die Arbeitszeitgestaltung im Hinblick auf die Work-Life-Balance der Mitarbeiter im Mittelpunkt.

Ein Beispiel hierfür liefert eine Studie in einem Selbstbedienungs-Warenhaus (Leupold 2018, S. 166 ff.). Zur Untersuchung der Wirkung unterschiedlicher Arbeitszeitsysteme auf die Work-Life-Balance wurden zunächst die potenziellen Arbeitszeitkonflikte der Mitarbeiterinnen erfasst und diese dann mittels Clusteranalyse anonymisiert. Je sieben Vollzeit- und Teilzeitmodelle wurden dann zu Arbeitszeitsystemen und diese dann mit acht Szenarien mit 80 % bis 150 % Kundenaufkommen und 10 Mitarbeiterszenarien mit unterschiedlichen Arbeitszeitpräferenzen kombiniert.

Unter Berücksichtigung von jeweils 10 Versuchswiederholungen entstanden daraus 3.920 Gesamtszenarien, die statistisch bezüglich verschiedener Zielkriterien ausgewertet wurden. Dazu wurde das Konzept des Zielerreichungsgrades verwendet,

der die originären Werte in einen Bereich von 0 % für das theoretisch pessimale und 100 % für das optimale Ergebnis transformiert.

Erwartungsgemäß weisen die Zielerreichungsgrade bezüglich der Durchlaufzeit der Kunden und der Auslastung der Mitarbeiterinnen eine gegenläufige Tendenz auf (Abb. 2). Die Potenziale der zeitlichen Konflikte variieren demgegenüber kaum: Dies liegt jedoch daran, dass mit je einem Konflikt pro Stunde ein sehr strenges Maß für pessimale Werte angelegt wurde, sodass optimale Werte von 100 % relativ leicht erreicht werden konnten. Als günstig erwiesen sich Arbeitszeitsysteme mit einem höheren Anteil an Gleitzeiten (siehe zu einem Beispiel aus dem Logistikbereich Leupold 2018, S. 201 ff.).



**Abbildung 2:** Mittlere Zielerreichungsgrade ausgewählter Arbeitszeitsysteme im Selbstbedienungs-Warenhaus (nach Leupold 2018, S. 192)

### 3 Belastungen durch die Arbeitsaufgabe und die VDI-Richtlinie 4499 Blatt 4

Hauptaugenmerk der weiteren Entwicklung stellte die Verbindung von Menschmodellen mit Werkzeugen der Digitalen Fabrik dar, die bereits auf die Sechzigerjahre zurückgeht. Bei den Menschmodellen und der damit verbundenen Analyse und Visualisierung ergonomischer Effekte aufgrund der Arbeitsaufgabe findet sich eine Reihe von Verfahren aus dem amerikanischen und englischen Raum (siehe zum Überblick Bullinger-Hoffmann und Mühlstedt 2016, S. 44 ff.).

Die VDI-Richtlinie 4499 Blatt 4 von 2015 befasst sich diesbezüglich mit den mikro-ergonomischen Wirkungen durch die Arbeitsaufgabe. Vorliegende Verfahren zielen vorrangig auf die Analyse von anthropometrischen und arbeitsphysiologischen Belastungen ab. Hierauf wurde bereits früher näher eingegangen (Zülch 2013).

Derartige Analysen fanden bereits frühzeitig Eingang in Werkzeuge der Digitalen Fabrik, wie das Beispiel der Neuplanung eines Werkes der Adam Opel AG aus dem Jahre 2001 zeigt. Abbildung 3 stellt als weiteres frühes Beispiel die NIOSH-Bewertung von Hebearbeit mittels des Verfahrens *eM-Engineer* dar. Die Zeitbanddarstellung verdeutlicht dabei die Möglichkeit der Verbindung zu einer ereignisdiskreten Simulation; sie zeigt die Arbeitssituation an, zu der die ergonomische Bewertung erfolgt.

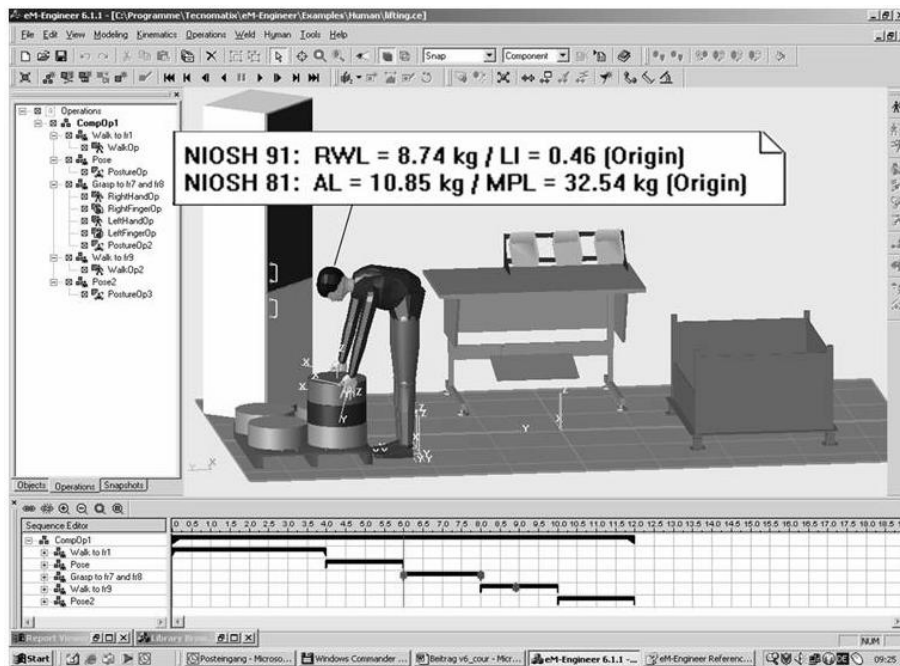


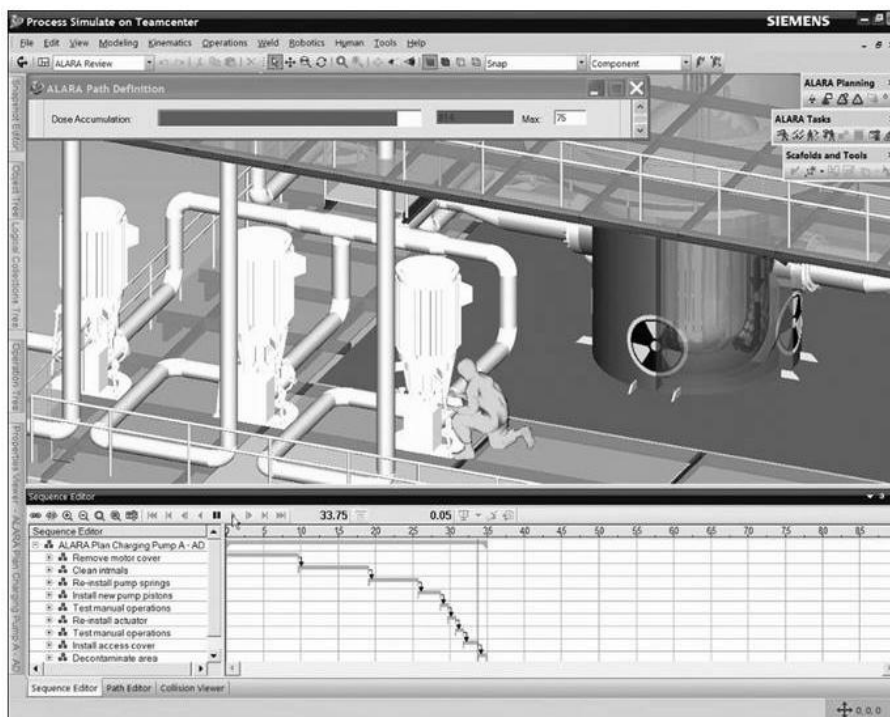
Abbildung 3: Ergonomische Bewertung einer Hebearbeit mittels *eM-Engineer* (Tecnomatix 2004)

#### 4 Einflüsse aus der Arbeitsumgebung und der Richtlinienentwurf VDI 4499 Blatt 5

Gemäß den arbeitswissenschaftlichen Prinzipien müssen neben den Belastungen und Beanspruchungen aus der Arbeitsaufgabe auch diejenigen aus der Arbeitsumgebung betrachtet werden. Die Ambition besteht hierbei darin, die verschiedenen physikalischen und zum Teil auch chemischen Wirkungen in der Digitalen Fabrik auf der Basis eines einheitlichen Datenmodells des Arbeitsraums zu ermitteln. Auf die Notwendigkeit der Prognose von Umgebungseinflüssen auf den arbeitenden Menschen im Sinne des Arbeitsschutzes wurde bereits frühzeitig hingewiesen (Keller und Zülch 2000). Dieser Aufgabe widmet sich gegenwärtig ein Richtlinienausschuss zur Erstellung der entsprechenden VDI 4499 Blatt 5 (siehe auch Illmann et al. 2015).

International gibt es fast keine Nachweise zur fiktiven Ermittlung von Belastungen und Beanspruchungen des arbeitenden Menschen durch die Arbeitsumgebung. Aber auch im deutschsprachigen Raum bleibt es in der Mehrzahl diesbezüglicher Verfahren bei Insellösungen zur Bewertung einzelner Umgebungsfaktoren, ohne diese in Werkzeuge der Digitalen Fabrik einzubeziehen. Dabei geht es vor allem um die Visualisierung und Bewertung von Belastungen, während Beanspruchungen des arbeitenden Menschen nur in einigen wenigen Verfahren betrachtet werden.

Neben dem wissenschaftlich allgemein noch nicht gelösten Problem, kombinierte Umgebungseinflüsse auf den arbeitenden Menschen in einer einheitlichen Kennzahl integrativ zu bewerten, bestehen selbst bei einzelnen Faktoren größtenteils noch Lücken in der zeitraum- und der personenbezogenen Bewertung. Vorrangig gibt es diesbezüglich zeitpunktbezogene Bewertungsmethoden für Belastungen und deren Beurteilung im Sinne des Arbeitsschutzes.



**Abbildung 4:** Zeitbanddarstellung und Visualisierung der Arbeitssituation in einem strahlenbelasteten Arbeitsraum (Siemens PLM Software 2012)

Ein existierendes Beispiel für eine personenbezogene Belastung ist diejenige durch Gammastrahlen in einem Arbeitsraum (Siemens PLM Software 2102; Abb. 4). Das Verfahren richtet sich nach dem ALARA-Prinzip (As Low As Reasonably Achievable), das eine so niedrige Strahlenbelastung des arbeitenden Menschen verlangt, „wie sie unter Einbeziehung praktischer Vernunft und Abwägung von Vor- und Nachteilen machbar erscheint“ (Wikipedia 2018). Es ermöglicht nicht nur eine

zeitpunktbezogene Bewertung der radioaktiven Belastung, sondern durch Einbeziehung der ereignisdiskreten Simulation auch eine zeitraumbezogene Bewertung, die mittels eines virtuellen Dosimeters dargestellt wird. Zusätzlich kann auch die Form der Arbeitsorganisation durch den Einsatz mehrerer Personen bewertet werden.

## 5 Weiterentwicklung der Integration von Personaleinsatzplanung und Digitaler Fabrik

Die Kopplung von ereignisdiskreter Simulation und deren Visualisierung in der Digitalen Fabrik ist keineswegs trivial, da die Modellierungsansätze beider Verfahrensarten sehr unterschiedlich sind: Während Erstere die Abbildung von Arbeitsabläufen ggf. auch über Monate hinweg verfolgen und dabei vor allem auf die Darstellung in Form von Geschäftsgraphiken fokussieren kann, verfolgen die Anderen eine realitätsnahe graphische Animation allenfalls im Minutenbereich.

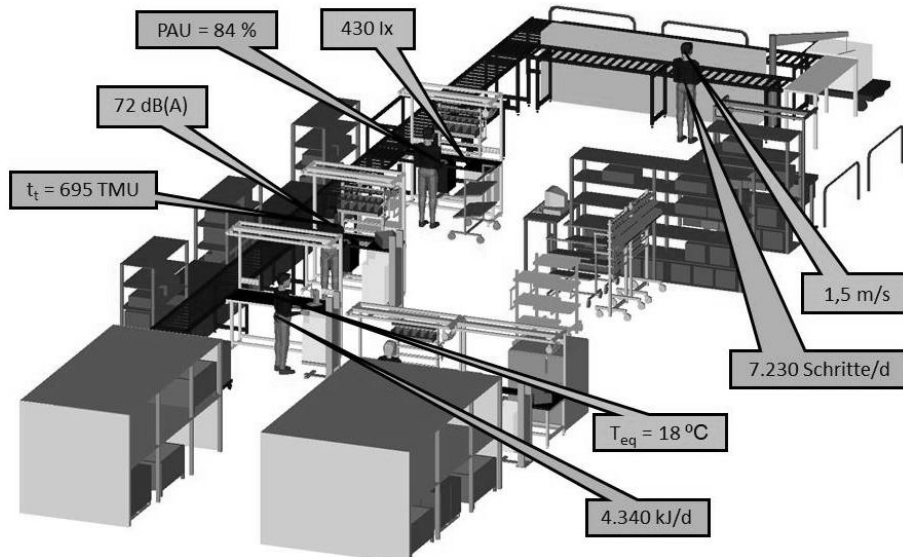
Als Zwischenergebnis der Personaleinsatzsimulation und ihrer Einbeziehung in die Digitale Fabrik kann festgehalten werden, dass diese wünschenswerte Kopplung bereits einen gewissen Stand erreicht hat, der zur Veröffentlichung mehrerer VDI-Richtlinien geführt hat. Dennoch bleiben einige wesentliche Aspekte noch unberührt. Zu nennen ist hierbei vor allem die Einbeziehung arbeitspsychologischer und – soziologischer Aspekte, bei denen es vor allem an simulativ verwendbaren Berechnungs- und Beurteilungsmethoden mangelt. Auch fehlt es an Möglichkeiten, mehrfaktorielle Belastungen integrativ zu bewerten. Die Verwendung einer lexikographischen Präferenzordnung kann hierfür nur eine Ersatzlösung liefern (Zülch und Zülch 2017, S. 42 f.).

Ein Hindernis besteht darin, dass viele ergonomische Bewertungsverfahren nur als isolierte Software-Lösungen vorhanden und nicht in Werkzeuge der Digitalen Fabrik eingebunden sind. Erst recht trifft dies für die Beurteilung ermittelter Werte zu: Grenzwerte für Belastungen stehen zwar für die Beurteilung zur Verfügung; da diese aber lediglich textuell vorhanden sind, können sie nur manuell in die einschlägigen Verfahren eingefügt werden. Dieses auch aus anderen Datentransfers bekannte Umsetzungsproblem besteht hier nicht nur in der informationstechnischen Übernahme numerischer Daten, sondern auch des Kontextes, unter dem diese Werte gelten. Eine Schlüsselstelle wird somit auch das Problem sein, dass die zur Beurteilung der Arbeitssituation notwendigen normativen Werte derzeit nicht in einer adäquaten Weise informationstechnisch zur Verfügung gestellt werden.

Außerdem gilt die Frage zu klären, ob sich bezüglich der zeitlichen Analyse für die Integration eher eine an REFA orientierte Modellierung oder eine von den Ressourcen abgeleitete eignet. Da die Praxis an einer geeigneten Lösung interessiert ist, um zumindest abschnittsweise beide Sichten zu betrachten, ergeben sich neue Forschungsfragen. Daneben muss weiterhin geklärt werden, welche Modellierungsweise für eine ergonomische Bewertung und Beurteilung geeigneter ist.

Die existierenden Hindernisse für die Berücksichtigung ergonomischer Aspekte in der Digitalen Fabrik bieten die Veranlassung zur Weiterentwicklung dieser Werkzeuge. Die Vision lautet, neben produktionslogistischen Kriterien auch ergonomische zur Bewertung von Belastungen durch die Arbeitsaufgabe und die Arbeitsumgebung

bereitzustellen (Abb. 5). Eine umfassende Prognose der Beanspruchung des arbeitenden Menschen wird hingegen wohl noch in weiterer Ferne liegen.



**Abbildung 5:** Vision einer Prognose von Arbeitsbelastungen in der Digitalen Fabrik

## Literatur

- Adam Opel AG (Hrsg.): Neues Werk Rüsselsheim. Rüsselsheim: Opel Communications, 2001. (CD-ROM, 11/2001)
- Baines, T.; Mason, S.; Siebers, P.-O.; Ladbrook, J.: Humans: the missing link in manufacturing simulation? *Simulation Modelling Practice and Theory* 12 (2004) 7-8, S. 515-526.
- Bullinger-Hoffmann, A.C.; Mühlstedt, J.: *Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle*. Heidelberg: Springer 2016.
- Corominas Subias, A.; Lusa Garcia, A.: LETRIS: Staffing service systems by means of simulation. *Journal of Industrial Engineering and Management* 5 (2012) 2, S. 285-296.
- Ghanes, K.; Wargon, M.; Jouini, O.; Jemaic, Z.; Diakogiannisa, A.; Hellmann, R.; Thomas, V.; Koole, G.: Simulation-based optimization of staffing levels in an emergency department. *Simulation* 19 (2015) 10, S. 942-953.
- Illmann, B.; Fritzsche, L.; Ullmann, S.; Leidholdt, W.: Ganzheitliche Gefährdungsbeurteilung mit digitalen Menschmodellen – Die Integration von Umgebungsbedingungen in die Digitale Fabrik. In: *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.): VerANTWORTung für die Arbeit der Zukunft*. Dortmund: GfA Press, 2015, 6 S.
- Keller, V.; Zülch, G.: Repräsentation von Arbeitsschutzdaten und ihre Visualisierung in rechnerunterstützten Managementsystemen. In: *Zülch, G.; Brinkmeier, B. (Hrsg.): Arbeitsschutz-Managementsysteme*. Aachen: Shaker 2000, S. 219-229.



- Leupold, M.: Simulationsbasierte Gestaltung von Arbeitszeitsystemen in Dienstleistungsbetrieben unter Berücksichtigung der Work-Life-Balance. Aachen: Shaker 2018. (ifab-Forschungsberichte aus dem Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation der Universität Karlsruhe, Band 45)
- Mounsey, S.; Hon, B.; Sutcliffe, C.: Performance modelling and simulation of metal powder bed fusion production system. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 65 (2016), S. 421–424.
- Müller, W.; Gust, P.; Feller, N.; Schiffmann, M.: WorkDesigner: Consulting Application Software for the Strain-based Staffing and Design of Work Processes. *Procedia Manufacturing* 3 (2012), S. 379-386.
- PennWell Corp. (Hrsg.): ALARA planning: Siemens PLM Software and Microsoft engineer a partnership to ensure employee health and safety. Tulsa, OK: PennWell Corporation. [http://www.plm.automation.siemens.com/de\\_de/energy-utilities/alara-planning/#lightview%26uri=tc:73-209783%26title=PennWell%20-%20ALARA%20Planning%3A%20Siemens%20PLM%20Software%20and%20Microsoft%20Engineer%20Partnership%20-%2034004%26docTyp2e=.pdf](http://www.plm.automation.siemens.com/de_de/energy-utilities/alara-planning/#lightview%26uri=tc:73-209783%26title=PennWell%20-%20ALARA%20Planning%3A%20Siemens%20PLM%20Software%20and%20Microsoft%20Engineer%20Partnership%20-%2034004%26docTyp2e=.pdf), Zugriff 01.04.2019.
- REFA – Bundesverband (Hrsg.): REFA-Lexikon. München: Hanser, 2. Auflage 2011.
- Siemens PLM Software (Hrsg.): ALARA planning using Jack and Microsoft Kinect. <https://www.youtube.com/watch?v=pCCBDODA0nM>, Zugriff 01.04.2019.
- Tecnomatix (Hrsg.): eM-Engineer. <http://www.tecnomatix.com>, Zugriff 04.02.2004.
- VDI 3633-6:2001-10: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Abbildung des Personals in Simulationsmodellen. Berlin: Beuth. <https://www.beuth.de/de/technische-regel/vdi-3633-blatt-6/44890290>, Zugriff 04.02.2019.
- VDI 4499-4:2015-03: Digitale Fabrik - Ergonomische Abbildung des Menschen in der Digitalen Fabrik. Berlin: Beuth <https://www.beuth.de/de/technische-regel/vdi-4499-blatt-4/222813009>, Zugriff 04.02.2019.
- VDI 4499-5, Entwurf: Digitale Fabrik - Prognose von Umgebungseinflüssen auf den arbeitenden Menschen. [https://www.vdi.de/richtlinie/?tx\\_wmdbvdirilisearch\\_pi1%5Brpro\\_id%5D=5688&cHash=4cdf56764dfa7ae3d3dc53e40ab9e3e4](https://www.vdi.de/richtlinie/?tx_wmdbvdirilisearch_pi1%5Brpro_id%5D=5688&cHash=4cdf56764dfa7ae3d3dc53e40ab9e3e4), Stand 04.02.2019.
- Wikipedia (Hrsg.): ALARA. <https://de.wikipedia.org/wiki/ALARA>. Stand 21.06.2018, Zugriff 15.04.2019.
- Woo Kim, J.; Ho Ha, S.: Consecutive staffing solution using simulation in the contact center. *Industrial Management & Data Systems* 110 (2010) 5, S. 718-730.
- Zülch, G.: Ergonomische Abbildung des Menschen in der Digitalen Fabrik – Die neue VDI-Richtlinie 4499-4. In: Dangelmaier, W.; Laroque, C.; Klaas, A.: *Simulation in Produktion und Logistik 2013*. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe 2013, S. 53-60 (ASIM-Mitteilung Nr. 147). [http://www.asim-fachtagung-spl.de/asim2013/papers/Proof\\_165\\_Zuelch.pdf](http://www.asim-fachtagung-spl.de/asim2013/papers/Proof_165_Zuelch.pdf), Zugriff 12.11.2013.
- Zülch, Gert: Vier Jahrzehnte personalorientierte Simulation - Rückblick und Ausblick. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.): *VerANTWORTung für die Arbeit der Zukunft*. Dortmund: GfA Press, 2015, 6 S.
- Zülch, G.; Becker, M.; Linsenmaier, W.: Modelling and simulation of human performance changes in assembly systems due to aging. In: International Ergonomics Association (Hrsg.): *17th World Congress on Ergonomics IEA 2009, Xiaotangshan, Changping District, Peking (China)*. (CD-ROM: (2AG0001)\_Modelling and simulation of human performance changes ~1.pdf)

- Zülch, G.; Waldherr, M.; Zülch, M.: Challenges for the Provision of Process Data for the Virtual Factory. In: Dangelmaier, W.; Blecken, A.; Delius, R.; Klöpfer, S. (Hrsg.): *Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics*. Berlin, Heidelberg: Springer 2010, S. 46-56. (Lecture Notes in Business Information Processing LNPIP 46)
- Zülch, M.; Zülch, G.: Production logistics and ergonomic evaluation of U-shaped assembly systems. *International Journal of Production Economics* 190 (2017), S. 37-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.01.004>, Zugriff 05.07.2017.