

Digitale Menschmodelle: Potenziale und Herausforderungen mit Hinblick auf die zukünftige Entwicklung der Ergonomie

Thomas ALEXANDER¹, Gunther PAUL²

¹ *Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie (FKIE), Fraunhoferstr. 20, 53343 Wachtberg, Deutschland*

² *QUT – Queensland University of Technology, Kelvin Grove Queensland 4059, Australia*

Kurzfassung: Digitale Menschmodelle (DMMe) oder Digital Human Models (DHMs) werden heute vielfach in der Produkt- und Produktionsergonomie eingesetzt. Auch im Spielesektor, in der Film-Animation oder Computergrafik sind deutliche Weiterentwicklungen der Modelle erfolgt. Dem gegenüber ist die konzeptionelle und wissenschaftliche Weiterentwicklung ergonomischer Menschmodelle überschaubar. In diesem Beitrag wird hinterfragt, ob DMMe für die zukünftigen Herausforderungen für die Arbeitswissenschaft und Ergonomie gerüstet sind. Auf Basis einer Literaturrecherche wird die aktuelle Entwicklung im Themenfeld DMMe mit Hinblick auf die von Dul et al. (2012) beschriebenen Trends der Entwicklung der Ergonomie analysiert. Insbesondere mit Hinblick auf neue Arbeitsformen, bspw. das mobile Arbeiten, sind umfassende ergonomische Analysen erforderlich, die derzeit von DMMe nicht geleistet werden. Es wird exemplarisch ein Lösungsansatz für ein solches, umfassendes Menschmodell skizziert

Schlüsselwörter: Digitale Menschmodelle, Arbeitsgestaltung, Zukunft der Arbeit.

1. Einleitung

Eine ergonomische Konzeption und Gestaltung neuer Produkte und Produktionssysteme erfordert eine umfassende und sorgfältige Berücksichtigung der verschiedenen Eigenschaften, Fertigkeiten und Fähigkeiten späterer Benutzer und ihrer intra- und interindividuellen Variabilität. Im Falle der Digitalen Menschmodelle (DMMe) betrifft dies zunächst die anthropometrischen und biomechanischen Charakteristiken, also den Körperbau und das Bewegungsverhalten der Menschen. Die in Frühzeiten der Industrialisierung verfolgte evolutionäre, aber ineffiziente und ineffektive Optimierung wurde in der jüngeren Vergangenheit durch ein methodisches Vorgehen ersetzt. Kenntnisse aus weiteren Bereichen wie bspw. der bildenden Künste, der Medizin oder Anthropologie unterstützten hier wesentlich (Knussmann, 1988). Schließlich wurden einfache Menschmodelle in Form von Zeichenschablonen entwickelt, welche praktisch für technische Gestaltungen eingesetzt werden konnten (Jürgens et al., 1985). Mit der Zunahme computergestützter Planungsmittel wie CAD oder CAE wurden digitale Menschmodelle für ein breites Anwendungsfeld verfügbar (Alexander, 1995; Chaffin, 2005; Muehlstedt et al., 2008). Heute sind diese DMMe wertvolle Hilfsmittel bei der Produkt- und Produktionsgestaltung. Die modellieren und simulieren nicht nur traditionelle anthropometrische Dimensionen und das Bewegungsverhalten, sondern

Sicht, Reichweite und Komfort der späteren Benutzer. Spezielle Menschmodelle ermöglichen darüber hinaus bereits heute die Abschätzung der der Belastung der Benutzer durch Arbeitsfaktoren, Arbeitsplatz und Arbeitsumgebung. Auf diese Weise können Produkte und Produktionsprozesse in einer digitalen Fabrik bereits frühzeitig und gesamtheitlich geplant und gestaltet werden. Jedoch fokussieren die heutigen Menschmodelle im Bereich der Ergonomie und Arbeitswissenschaft noch stets nahezu ausschließlich die physischen Aspekte der Arbeit.

Jenseits dieser ergonomischen DMMe haben sich in der letzten Zeit Menschmodelle in weiteren Disziplinen als Forschungsthemen etabliert. In der Künstlichen Intelligenz und Psychologie wurden kognitive Modelle entwickelt, welche die menschliche Informationsverarbeitung und Entscheidungsfindung adressieren (Zacharias et al., 2008). Darüber hinaus betreibt die Computergrafik bereits seit langem die Realisierung virtueller Menschen, intelligenter anthropomorpher Agenten und Avatare. Diese bilden menschliche Konturen und Formen sowie Verhaltensweisen bereits heute fotorealistisch ab. Sie werden vielfach in Bereiche der Virtuellen Simulation, zur Ausbildung und zum Training sowie für die Spieleindustrie eingesetzt. Leider handelt es sich dabei häufig um spezielle Insellösungen.

Die Arbeit entwickelt sich als Thema der Arbeitswissenschaft parallel kontinuierlich weiter und damit bestehen heute bereits neue Anforderungen an digitale Menschmodelle. Waren noch vor einigen Jahrzehnten beispielsweise statische Arbeitsplätze und physische Arbeitsbelastungen im Zentrum des Interesses, so sind es heute zunehmend mobile Arbeiten und psychische Belastungen. Es ist unklar, ob die heutigen Menschmodelle den wechselnden Anforderungen der Arbeit der Zukunft gerecht werden können. Aus diesem Grund wurde hier untersucht, wie der Status Quo heutiger DMMe ist und welche Entwicklungsherausforderungen für zukünftige Menschmodelle bestehen.

2. Methode

2.1 Relevante Trends und Megatrends

Zur Einschätzung der aktuellen Trends wurden exemplarisch Trendanalysen anerkannter Autoren ausgewählt. Dabei wurde rasch deutlich, dass die Anzahl entsprechender detaillierter Trendanalysen für Produktion und Dienste Legion sind. Aus diesem Grund wurde sich auf makroskopische Analysen beschränkt, die auf sog. „Megatrends“ abzielten. Nach Naisbitt (1982) beschreibt „Megatrend (...) große gesellschaftliche, ökonomische, politische und technische Wechsel (...), die beeinflussen uns über einen großen Zeitraum hinweg, zwischen sieben oder zehn Jahren oder noch länger.“ Diese Megatrends dienen als erste Basis zur Ableitung von Anforderungen an eine nächste Generation digitaler Menschmodelle.

Obwohl einige Studien zu Megatrends bereits veraltet erscheinen, haben ihre Ergebnisse durchaus heute Gültigkeit. Gerade valide Megatrends zeichnen sich ja durch nachhaltige und langfristige Wirkungen aus. Wesentlich Trends sind beispielsweise die Transition von der Industrie- zur Informationsgesellschaft, vom Technologie-Push zum Technologie-Pull, oder von der nationalen Ökonomie zur Globalisierung (Naisbitt, 1982). Eine weitere, konkretere Studie identifizierte sieben neue Megatrends für die nächsten 20 Jahre (Roland Berger strategic consultants, 2011). Bei diesen Trends handelt es sich um:

1. Demografischer Wandel,
2. Globalisierung und zukünftige Märkte ,

3. Ressourcenknappheit,
4. Herausforderungen durch Klimawandel,
5. Dynamische technologische Entwicklung,
6. Globale Wissensgesellschaft,
7. Gemeinsame globale Verantwortung.

Die meisten dieser Trends werden bereits in nationalen oder internationalen Forschungsprogrammen adressiert. Ein Charakteristikum dieser Megatrends ist jedoch, dass ihre Formulierung noch relativ offen ist und großen Interpretationsspielraum lässt. Diese Offenheit und Variabilität zukünftiger Arbeitssysteme ist an sich ebenfalls ein wesentlicher Megatrend. Sie finden sich bspw. in zukünftigen Arbeitssystemen wie der Industrie 4.0. Umso wichtiger ist es, dass Produkte und Produktionssysteme sich an die dynamisch wechselnden Rahmenbedingungen und Anforderungen anpassen können.

Bereits 2003, wurde ein Technical Committee zur Zukunft der Ergonomie von der International Ergonomic Association (IEA) ins Leben gerufen. Die Ergebnisse geben einen detaillierten Überblick über die zukünftige Entwicklung dieser Disziplin. Bei den Trends handelt es sich um im Wesentlichen um:

1. Globale Änderungen der Arbeitssysteme,
2. Kulturelle Diversität,
3. Alternde Gesellschaften,
4. Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT),
5. Gesteigerter Wettbewerb und Bedarf an Innovation,
6. Nachhaltigkeit und soziale Verantwortung von Herstellern.

Details zu den Trends finden sich bei Dul et al. (2012). In der Folge wird sich auf sie bezogen.

2.2 Literaturrecherche

Zusätzlich zur Recherche über die zukünftige Bedeutung der digitalen Ergonomie wurde eine Literatur-Recherche über die Web of Science Datenbank durchgeführt (Wischniewski, 2013). Dies geschah unter besonderer Einbeziehung der Schlüsselworte „Digital Human Modeling“ ODER „DHM“ und berücksichtigte Publikationen der letzten 10 Jahre (2003-2013). Lediglich peer-reviewte Publikationen mit vollständigem, online verfügbarem Text wurden einbezogen; populärwissenschaftliche, Gutachten oder rein akademische Abschlussarbeiten wurden ausgeschlossen. Das erste Ergebnis zeigte 2.136 Treffer. In der Folge wurden diese in einer zweiten Suche auf Veröffentlichungen mit dem Begriff „Ergonomie“ und auf Veröffentlichungen in englischer Sprache beschränkt. Dies reduzierte die Treffer auf 99 Publikationen. Bei 97 handelte es sich um Zeitschriftenartikel. Die 99 Publikationen wurden in die nachfolgende Trendanalyse einbezogen. Fünf der 99 Artikel wurden aufgrund fälschlicher Bezeichnung ausgeschlossen. Insgesamt flossen also 94 Publikationen ein.

3. Ergebnis: Ergonomische DMMe und zukünftige Trends

Die ausgewählten Publikationen konnten in 12 Kategorien unterteilt werden. In einem zweiten Schritt können diese wiederum auf drei Hauptkategorien reduziert werden. Dabei handelt es sich um allgemeine Produktgestaltung (17; 18%) der

Publikationen; Innenraumgestaltung und Sicherheit für Automotive/Avionikanwendungen (23; 24%) und Produktionsgestaltung incl. Fahrzeug/Flugzeugmontage und Produktionsplanung (28; 30%).

Im Anwendungsbereich Produktgestaltung behandelten lediglich zwei den Themenkomplex kognitive Ergonomie bzw. menschliche Informationsverarbeitung. Eine Publikation behandelte die emotionale Gestaltung geplanter Produkte. Die überwiegende Mehrzahl behandelte Themen der Körperhaltung, Bewegung und Reichweitenanalysen. Außerdem wird angemerkt, dass die wenigen, eher konzeptionell angelegte Publikationen zum Themenfeld kognitive Ergonomie zwar Fragestellungen zum Einsatz digitaler Menschmodelle in der Gestaltung von Informationstechnologien oder rein kognitive Aspekte der menschenzentrierten Produktionsgestaltung eingehen, jedoch in eher abseits gelegenen Medien veröffentlicht wurden. Schon diese erste Sichtung zeigt, dass die gesellschaftlichen Trends und die Schlussfolgerungen für die Ergonomie aktuell nur sehr eingeschränkt berücksichtigt werden. Die meisten adressieren zwar Teilaspekte eines Trends, jedoch geschieht dies bereits seit Langem und sind weniger eine Reaktion auf neue die neuen Trends. Modellierung und Simulation sind stets ein effektives und effizientes Mittel zur Beschleunigung des Produkt- und Produktionsgestaltungsprozesses. Auf diese Weise wird Variabilität und Dynamik als eine wesentliche Rahmenbedingung berücksichtigt.

3.1 Bereits berücksichtigte Trends

Ergonomische Menschmodelle unterstützen die Modellierung und Simulation menschlicher Eigenschaften, Fertigkeiten und Fähigkeiten zu frühen Phasen der Systemgestaltung. Damit berücksichtigen sie bereits den steigenden Bedarf an den steigenden Wettbewerb und Bedarf an Innovationen - Trend (5). Die Mehrzahl heutiger ergonomischer DMMs besitzt hierzu bereits ausreichende Funktionalität. Darüber hinaus werden Charakteristiken und Variabilität der späteren Benutzer in Hinblick auf Alter, Geschlecht und Nationalität originär berücksichtigt – Trend (2) und (3). Allerdings bezieht sich dies auf Sicht- und Komfortaspekte. DMMs bieten zwar grundsätzliche Funktionen, jedoch werden beispielsweise zeitvariante Charakteristiken aufgrund des Alters (bspw. Sehschwächen oder Mobilitätseinschränkungen) nicht berücksichtigt.

3.2 Teilweise berücksichtigte Trends

In Folge der Entwicklung von der Industriegesellschaft zur Informationsgesellschaft veränderte sich auch die Arbeit von physischer zu kognitiver Arbeit. Die Mehrzahl der DMMs behandelt jedoch noch stets physische Aspekte der Arbeit. DMMs können zwar auch zur Gestaltung von Büroarbeitsplätzen eingesetzt werden, jedoch sind die behandelten Aspekte auf die räumliche Gestaltung vor dem Bildschirm beschränkt. Sichtwinkel werden zwar generell berücksichtigt, aber nicht der dargestellte Inhalt des Informationssystems. Gleiches gilt für die Fahrzeuggestaltung: bei der Gestaltung der Inhalte werden primär Aspekte der Usability berücksichtigt. Diese Aufteilung zwischen Hardware (Ingenieurwissenschaft) und Software (Informatik) spiegelt sich hier besonders stark wieder und sollte im Sinne einer gesamtheitlichen Gestaltung überwunden werden.

3.3 Defizitäre Trends

Ein eindeutiges Defizit der heutigen Menschmodelle besteht in der Beschränkung auf die physische Arbeitsumgebung und den physischen Arbeitsplatz. Kognitive oder soziale Aspekte, welche in mehreren Trends (4, 5, 6) angesprochen werden, werden nicht behandelt und kaum angestrebt. Es gibt zwar einige Lösungen in Form kognitiver Menschmodelle (ACT-R oder SOAR), Modelle der menschlichen Leistung (MicroSaint, IMPRINT) und soziale/kulturelle Menschmodelle, jedoch handelt es sich dabei um isolierte Systeme, die nicht mit den anderen DMMen interagieren. Darüber hinaus handelt es meist Expertensysteme mit akademischem Hintergrund, die für praktische Anwendungen im ingenieurwissenschaftlichen Umfeld nur selten eingesetzt werden.

4. Diskussion und Schlussfolgerung

Bezüglich der zukünftigen Herausforderungen kann festgestellt werden, dass Defizite der DMMen bestehen. Die aktuellen Entwicklungen in diesem Themenfeld adressieren derzeit primär Konturmodelle und die Einbeziehung von Variabilitätsmaßen der Oberflächen (3D)-Anthropometrie, sowie weitergehende Verfahren zur Simulation von einzelnen Bewegungen. Der Anwendungsbereich ist seit Langem unverändert und hat der Entwicklung in diesem Bereich kaum Rechnung getragen. Allein die Einbeziehung von zusätzlicher Bekleidung und die Einbeziehung von Ausrüstungsgegenständen kann als neue Entwicklung gesehen werden. Wichtig wäre jedoch ein umfassender Ansatz, der über klassische ingenieurwissenschaftliche Betrachtungen der Hardware hinausgeht. Dabei soll die menschliche Informationsverarbeitung stärker berücksichtigt werden. Ansonsten werden parallel in anderen Fachdisziplinen Menschmodelle entwickelt, die kaum oder keine Verknüpfung mit den heutigen anthropometrischen Menschmodellen besitzen. Durch die Spezifikation von Normen und Standards zum Datenaustausch, wie sie beispielsweise derzeit für kognitive Menschmodelle und Verhaltensmodelle in Simulation und Training erfolgt, werden hier bereits erste übergreifende Aktivitäten verfolgt.

Außerdem wird derzeit die Abbildung komplexerer Verhaltensweisen weitgehend dem Benutzer der Modelle überlassen ist. Rahmenbedingungen und Aufgaben werden von diesem manuell definiert und eingegeben. Bei der steigenden Komplexität der Arbeiten und der Modelle an sich wird der Benutzer zukünftig häufig an seine Grenzen gelangen. Hier ist eine Unterstützung durch Assistenzfunktionen im DMM erforderlich. Dies kann beispielsweise durch die Einbeziehung einer aufgabenorientierten Prozessbeschreibung erfolgen, welche Arbeitsschritte und Aufgaben auf einer höheren Ebene beschreibt und das Modell so steuert – statt auf einer sehr detaillierten, lexikalischen Ebene. Ein erster, umfassender Ansatz wurde von Alexander & Ellis (2009) konzeptionell beschrieben.

Wie würde eine mögliche Lösung für ein solches, umfassendes DMM aussehen? In der ersten Instanz orientiert sich das Modell an der generellen menschlichen Informationsverarbeitung. Ein perzeptives Modell nimmt die Umwelt wahr, verarbeitet die Stimuli und legt für die Aufgabe relevante Objekte fest. In der Folge werden Strategien zur problemorientierten Lösung durch ein Entscheidungsmodell bereitgestellt und auf Teillösungen heruntergebrochen. Die ausführende, motorische Instanz des Modells stellt dann den Übergang zum gegenständlichen, anthropometrisch/biomechanischen Modell dar, welches die Ziele in lexikalische

Bewegungsstrategien übersetzt und schließlich die Bewegung initiiert. Die Ergebnisse dieses Vorgangs dienen dann wiederum als Eingang des perzeptiven Modells und eine neue Iteration startet (Gunzelmann et al., 2014).

Ganz wesentlich ist auch hier das Zusammenwirken und die Interoperabilität der Menschmodelle untereinander. Hier ist anwendungsbezogen und pragmatisch ein möglichst realisierbarer Ansatz zu verfolgen, der zu validen und exakten Ergebnissen führt. Eine vollständige Abbildung sämtlicher Einflussgrößen ist nicht erforderlich. Schließlich handelt es sich bei einem DMM immer noch ein Modell und dieses ja bekanntermaßen ist definiert als „... eine vereinfachte Nachbildung eines geplanten oder real existierenden Originalsystem mit seinen Prozessen in einem anderen begrifflichen oder gegenständlichen System“ (VDI 3633).

5. Literatur

- Alexander, T (1994): Analysis of different anthropometric tools for workplace design. Proceedings of the 2nd international congress on physiological anthropology. Kiel: German society of physiological anthropology.
- Alexander, T, Ellis, S (2009): Virtual Environments and Digital Human Models. In: Duffy (Ed.): Handbook of Digital Human Modeling for Applied Ergonomics and Human Factors Engineering. Series Human Factors and Ergonomics (Ed. G. Salvendy). Boca Ranton, London, New York: Taylor & Francis.
- Chaffin, D (2005): Improving digital human modeling for proactive ergonomics in design. Ergonomics, Vol. 48.
- Dul, J, Bruder, R, Buckle, R, Carayon, P, Falzon, P, Marras, WS, Wilson, JR & van der Doelen, B, (2012): A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession, Ergonomics.
- Gunzelmann, G, Gaughan, C, Huiskamp, W, Bosch, K van den, de Jong, S de, Alexander, T, Bruzzone, AG, & Tremori, A (2014): In Search of Interoperability Standards for Human Behaviour Representations. In: Proceedings of the Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference 2014. Orlando, FL: 1.-4. December 2014. NTSA National Training and Simulation Association, 2014.
- Juergens, HW, Aune, I, Erichsen, K, Helbig, K, Pieper (1985): Theorie und Praxis von Koerperumrisschablonen. Koblenz: BWB.
- Knusmann, R (1988): Anthropologie. Stuttgart: Fischer.
- Mühlstedt, J, Kaußler, H, Spanner-Ulmer, B, (2008): Programme in Menschengestalt: Digitale Menschmodelle für Cax- und PLM-Systeme. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 02/2008.
- Naisbitt, J, (1982): Megatrends. Ten New Directions Transforming Our Lives. Warner Books.
- Roland Berger Strategy Consultants. (2011): Trendkompodium 2030. http://www.rolandberger.de/expertise/trend_compendium_2030/
- VDI 3633: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Begriffe. Düsseldorf: VDI.
- Wischniewski, S (2013): Delphi Survey: Digital Ergonomics 2025 - Trends and Strategies for Increasing Product Usability and Designing Safe, Healthy and Competitive Socio-technical Work Systems, 2nd International Digital Human Modeling Symposium, Ann Arbor, MI; USA, June 11-13, 2013.
- Zacharias, GL, MacMillan, J, & Van Hemel, SB (2008): Behavioral modeling and simulation: From individuals to societies. Washington, D.C.: The National Academy Press. Aufgerufen von: <http://www.nap.edu>.