

Notwendigkeit für eine Methodenplattform zur Entwicklung von Produkten für nutzerspezifische Mobilitätsbedürfnisse

Daniel Krüger¹, Sandra Eilmus², Johanna Schmidt³, Sandro Wartzack¹, Dieter Krause² und Kristin Paetzold³

¹Universität Erlangen-Nürnberg, ²TU Hamburg-Harburg, ³Uni BW München

A basic need for every human being is mobility. Mobility is far more than the pure ability to move around. In fact it also comprises any kind of interaction with the environment especially the communication with other persons. Since a lack of mobility usually has a tremendous effect on the quality of live technical products that train, assist or compensate the users' mobility, will have a growing importance especially against the background of an aging society. As the need for mobility is highly user-specific, the designer of such products is confronted with a huge variety of requirements through to tailored products. This paper outlines the need for a platform of methods to handle these challenges.

1 Produkte für nutzerspezifische Mobilitätsbedürfnisse

Mobilität ist eines der Grundbedürfnisse des Menschen. Dieses geht über die reine Bewegung hinaus und umfasst weitere Aspekte wie den Transport von Dingen, die Interaktion mit der Umwelt und Kommunikation mit anderen Menschen [1]. Nur wenn in keinem dieser Bereiche ein gravierendes Hindernis vorliegt, ist der Mensch mobil. Eine Einschränkung der Mobilität ist für die meisten Menschen gleichbedeutend mit einer Einschränkung ihrer Lebensqualität [2]. Produkte, die die Mobilitätsbedürfnisse des Nutzers befriedigen, müssen daher alle Aspekte von Mobilität berücksichtigen und über die reine Be-

wegungsunterstützung hinausgehen. Dazu müssen sie an die individuelle Leistungsfähigkeit des Nutzers anpassbar sein. Diese Anpassung umfasst unter anderem, dass ein Produkt so viel Unterstützung wie nötig, aber so wenig wie möglich liefert. Tritt eine Leistungseinschränkung auf, so sollte zunächst versucht werden, die noch vorhandenen Fähigkeiten des Nutzers weiter zu trainieren, so dass eine Unterstützung im eigentlichen Sinne noch nicht stattfindet. Erst wenn die eigenen Fähigkeiten des Nutzers nicht mehr ausreichen, um sein Mobilitätsbedürfnis zu befriedigen, wird er durch das System unterstützt. Erst als letzten Schritt werden nicht mehr vorhandene Fähigkeiten des Nutzers durch das technische System ersetzt und erhalten so die Mobilität des Nutzers.

Ein Problem bei der Entwicklung derartiger Produkte ist die große Heterogenität der Zielgruppe. Nutzerspezifische Mobilitätsbedürfnisse werden von individuellen, technischen und sozialen Randbedingungen beeinflusst. Zu den individuellen Randbedingungen gehören der Gesundheitszustand, Bedürfnisse und Gewohnheiten sowie Kompetenzen. Unter die technischen Randbedingungen fällt die Verfügbarkeit von Geräten zu Training, Unterstützung und Kompensation, sowie von Verkehrsmitteln wie PKW oder öffentlichem Nahverkehr. Unter den sozialen Randbedingungen werden strukturelle Einflussfaktoren, die soziale Einbindung und das Auftreten von Ängsten oder dem Gefühl von Sicherheit verstanden. Für mobilitätseingeschränkte Personen ergeben sich daraus spezifische Bedürfnisse an Produkte, die sehr unterschiedlich sein können. Gleichzeitig ändern sich beim Nutzer diese Bedürfnisse durch z.B. sich ändernde Gesundheitszustände, was zu besonderen Bedürfnissen an die Variabilität dieser Produkte führt.

Ein weiterer Aspekt in der methodischen Entwicklung von Produkten für nutzerspezifische Mobilitätsbedürfnisse ist die Notwendigkeit, die nutzerspezifischen Bedürfnisse sehr genau zu erfüllen. Dies liegt darin begründet, dass viele ältere Menschen z.T. große sehr individuelle Barrieren im Umgang mit technischen Produkten erleben. Diese Personen benötigen ein Produkt, das sich sehr einfach bedienen lässt. Die Zusammenhänge im Inneren des Produktes zur Funktionserfüllung können dabei durchaus komplex sein. Der Nutzer soll mit dieser Komplexität aber nicht konfrontiert werden, um ihn nicht zu verunsichern. Andere ältere Menschen oder jüngerer Menschen mit besonderen Mobilitätsbedürfnissen nutzen unter Umständen gern die Vorteile eines Produktes mit vielen technischen Möglichkeiten und können ein zu einfaches Produkt als stigmatisierend empfinden. Hier besteht der Bedarf das Produkt an die Bedürfnisse der Menschen möglichst genau anpassen zu können, um eine hohe Akzeptanz zu gewährleisten.

Außerdem spielen Kommunikationsbarrieren bei der Formulierung eigener Bedürfnisse, z.B. bei älteren Nutzern eine besondere Rolle. Ältere Nutzer formulieren ihre Bedürfnisse häufig nicht explizit. Nur wenn sie gezielt danach gefragt werden, ob sie ein bestimmter Aspekt eines Produktes stört, drücken sie das auch aus. Das erschwert die Erfassung der Bedürfnisse. Die zahlreichen Faktoren, die die Bedürfnisse beeinflussen, wurden bereits beschrieben. Dadurch ergibt sich, dass die Bedürfnisse sehr individuell sind, was es für die Produktentwicklung schwierig macht, allgemeingültige Anforderungen abzuleiten. Für das gesamte Nutzerspektrum ergibt sich so eine erhebliche Varianz. Zu dieser Varianz zwischen verschiedenen Nutzern kommt noch die nutzerspezifische Varianz. Ändern sich einer oder mehrere der beschriebenen Randbedingungen, was schon durch den normalen Alterungsprozess der Fall sein kann, beeinflusst das unter Umständen die Bedürfnisse des Nutzers und damit seine Anforderungen an das Produkt. Für die Akzeptanz eines Produktes durch den Nutzer, ist ein hoher Erfüllungsgrad der individuellen Bedürfnisse aber entscheidend. Diese Einflüsse sind in Bild 1 dargestellt.

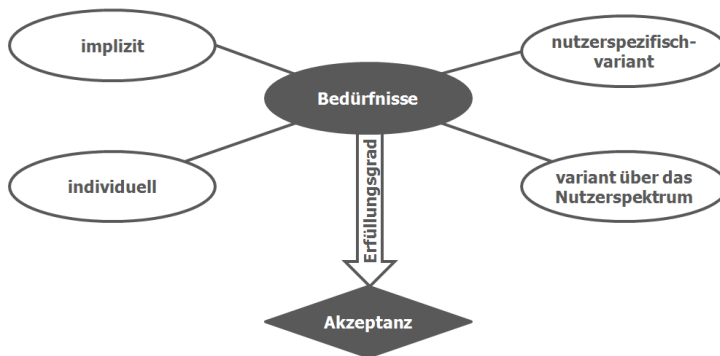


Bild 1: Bei der Entwicklung von Produkten für nutzerspezifische Mobilitätsbedürfnisse relevante Einflüsse auf Bedürfnisse und Akzeptanz

Um Produkte entwickeln zu können, die diesen Bedürfnissen gerecht werden, müssen die Bedürfnisse explizit gemacht und in ihrer Varianz erfasst und beschrieben werden. In verschiedenen Bereichen der Produktentwicklungsmethodik sind Ansätze vorhanden, um einzelnen dieser Herausforderungen zu begegnen [siehe Abschnitt 2 und 4]. Es fehlt jedoch eine methodische Grundlage, auf deren Basis individuelle, implizite, nutzerspezifische und nutzerspezifisch-variante Bedürfnisse abgestimmt in technische Anforderungen überführt werden. Dies ist notwendig, um im gesamten Produktentwicklungsprozess auf die Anforderungen zugreifen zu können, ohne sie zu stark zu verein-

fachen. Nur so können Produkte entwickelt werden, die diesen Bedürfnissen genügen. Aus diesem Grund sollen Möglichkeiten einer Methodenplattform untersucht werden, die die methodische Erfassung des Nutzers und seiner Mobilitätsbedürfnisse, die Überführung in mobilitätsspezifische digitale Menschmodelle und die Nutzung dieser Modelle zur Entwicklung nutzerspezifischer Produktfamilien unterstützt. Im Folgenden werden diese methodischen Elemente der Methodenplattform vorgestellt.

2 Methodische Erfassung des Nutzers und seiner Mobilitätsbedürfnisse

Produkte, die alle Bedürfnisse des Nutzers vollständig befriedigen, müssten individuell für jeden einzelnen Nutzer entwickelt werden. Für bestimmte Produkte und Nutzergruppen ist dieses Vorgehen realisierbar, für die Produkte, die im Rahmen dieses Projektes betrachtet werden, stellt dies aus Kosten- und Zeitgründen keine Option dar. Es wird daher eine Methode zur Entwicklung einer Produktfamilie benötigt, die so variabel ist, dass ihre Produkte die Bedürfnisse möglichst vieler verschiedener Nutzer in weiten Teilen erfüllen können. Dazu müssen diese Bedürfnisse erfasst und in geeigneter Form für die Produktentwicklung zur Verfügung gestellt werden.

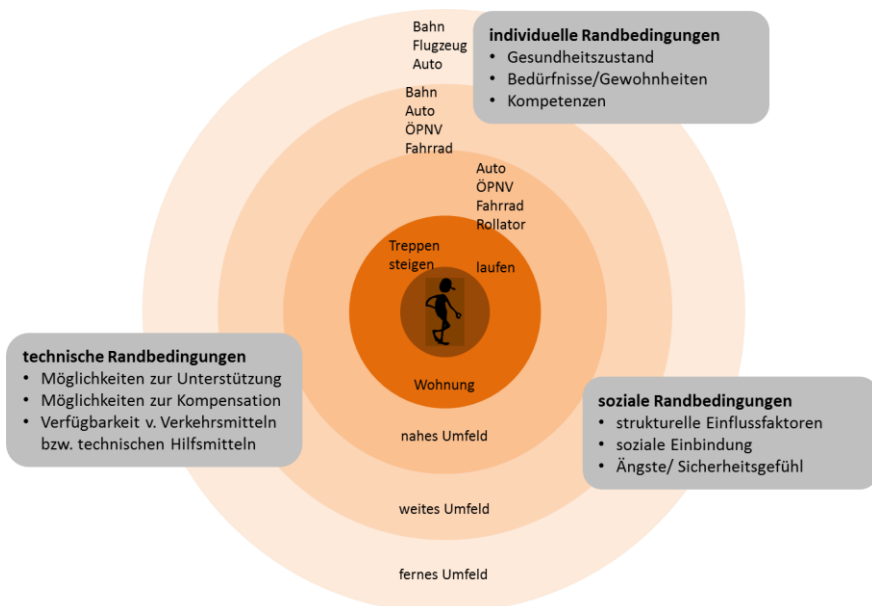


Bild 2: Mobilitätsebenen nach [3]

Für den Bereich Mobilität gilt es zunächst typische Szenarien zu erfassen, um die dabei auftretenden Probleme zu erkennen. Dies erfolgt in Anlehnung an die verschiedenen Mobilitätsebenen (Bild 2), in denen unterschiedliche Voraussetzungen für die Mobilität gelten.

Hier wird die Annahme zugrunde gelegt, dass die Anforderungen, an die Fähigkeiten des Nutzers mit zunehmendem Abstand von der Wohnung zunehmen, wobei die eigenen Füße trotzdem das wichtigste Fortbewegungsmittel bleiben. [1] Auch wenn die Fortbewegung über weite Strecken mit anderen Verkehrsmitteln erfolgt, müssen immer Wege zum und vom anderen Verkehrsmittel zu Fuß zurückgelegt werden. Aus der Bewegung in und zwischen den verschiedenen Ebenen und dem damit verbundenen Ziel (z.B. Einkaufen, Besuch bei Freunden) lassen sich typische Tätigkeiten ableiten, bei denen die Nutzer Unterstützung brauchen.

Neben der Mobilität müssen auch die Nutzer mit ihren typischen Einschränkungen, Fähigkeiten und Bedürfnissen erfasst werden. Anhand dieser Kriterien können dann Gruppen von Nutzern gebildet werden, die ähnliche Voraussetzungen und Bedürfnisse haben. Ein Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Randbedingungen (siehe Bild 2) und den Anforderungen an ein Produkt in den verschiedenen Mobilitätsebenen aufzuzeigen. Die Nutzergruppen werden gebildet, um die Varianz der technischen Anforderungen möglichst gering zu halten.

Bei der Ableitung von Anforderungen an die Produkte für eine Nutzergruppe wird wieder der Grundsatz „so wenig wie möglich, so viel wie nötig“ zugrunde gelegt. Aufgrund der Heterogenität, auch innerhalb einer Nutzergruppe, müssen für die Produktfunktionen Bereiche angegeben werden. Zum einen unterscheiden sich die Bedürfnisse der verschiedenen Nutzer innerhalb der Gruppe, sodass hier eine Anpassung an die einzelnen Nutzer erforderlich ist, zum anderen verändern sich die Fähigkeiten der einzelnen Nutzer und die Produktfunktionen müssen mit der Zeit angepasst werden. Dieses breite Anforderungsspektrum ist Grundlage zur Konzeptionierung einer entsprechend abgestimmten Produktfamilie.

3 Unterstützung des Entwicklungsprozesses durch mobilitäts-spezifische digitale Menschmodelle

Um diesem breiten Anforderungsspektrum genügen zu können, muss es sehr genau erfasst und in allen Phasen des Produktentwicklungsprozesses in geeigneter Form zur Verfügung gestellt werden. Die Norm EN ISO 9241-210 [4] fordert hierzu beispielsweise, Lösungskonzepte aus der Nutzerperspektive zu evaluieren. Hierzu sind konventionell umfangreiche Nutzerbefragungen und Usability-Tests unter Verwendung von Prototypen notwendig [5]. Wie bei vielen anderen Problemstellungen der Produktentwicklung zeichnet sich auch hier das Bestreben ab, die Nutzerintegration mittels Rechnerunterstützung zu rationalisieren. Probate Mittel sind hybride Versuchsaufbauten (Hybrid Mock-Up) [6], welche die Interaktion von Testpersonen mit virtuellen Prototypen gestatten oder die virtuelle Repräsentation des Nutzers durch digitale Menschmodelle.

Ziel ist es, den Menschen mit seinen spezifischen Eigenschaften, Fähigkeiten und Verhaltensweisen in einer rechnerverarbeitbaren Form abzubilden. Hierbei sind mehrere Teildisziplinen entstanden, die sich mit jeweils unterschiedlichen Aspekten des Menschen beschäftigen: [7]

- Ziel der **Anthropometrie** ist die Erfassung und Kategorisierung menschlicher Körpermaße. Anthropometrische Menschmodelle sind oft einfache virtuelle Puppen (Mannequins), die sich in CAD- oder VR-Systeme integrieren lassen. Bedeutung haben sie vor allem in der Bekleidungsindustrie sowie im Fahrzeug- und Maschinenbau, wo sie zur Lösung ergonomischer Fragestellungen eingesetzt werden.
- **Biomechanische Menschmodelle** bilden den menschlichen Bewegungsapparat, bestehend aus Skelett und Muskulatur, als überbestimmtes Mehrkörpersystem ab. Ausgehend von vordefinierten Bewegungsabläufen und äußeren Lasten kann der innere Beanspruchungszustand des Körpers simuliert werden. Beanspruchungskennwerte wie Muskelaktivität und Gelenkreaktionskräfte dienen häufig als Randbedingungen bei der Auslegung von medizinischen Prothesen und Implantaten, können aber auch zur Bewertung ergonomischer Probleme herangezogen werden. Bild 3 zeigt exemplarisch die Simulation eines Hebevorganges mit Hilfe der freien biomechanischen Simulationsplattform OpenSim [8].

- **Kognitive Modelle** stellen den Versuch dar, Aspekte der menschlichen Informationsverarbeitung und Verhaltenssteuerung zu simulieren. Beispiele sind Modelle zur Reaktionsfähigkeit, Entscheidungsfindung, Orientierung und Lernen. Die Modelle basieren oft auf empirisch gesammelten Daten.
- **Sensorische Modelle** dienen der Simulation menschlicher Sinnesaktivität. Besondere Bedeutung haben sie im Bereich der Ergonomie, wo beispielsweise die Sichtbarkeit von Objekten oder die Hörbarkeit von akustischen Signalen von Interesse sein kann.

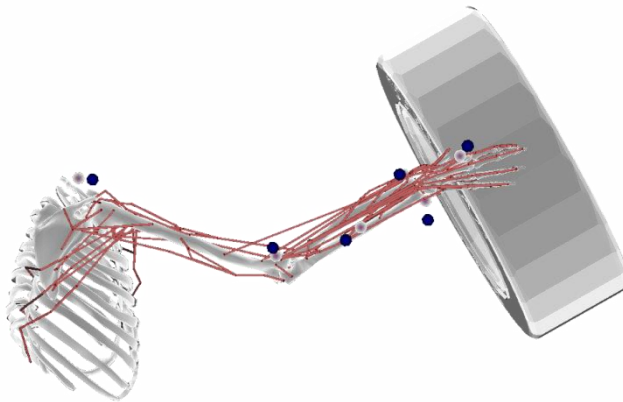


Bild 3: Biomechanische Simulation einer Hebetätigkeit (OpenSim)

Mit Hilfe digitaler Menschmodelle ist es möglich, der Entwicklung von Produkten für nutzerspezifische Mobilitätsbedürfnisse eine durchgängige und prozessbegleitende Datenbasis zur Verfügung zu stellen, die es erlaubt, den aktuellen Produktstatus jederzeit mit den Eigenschaften und Bedürfnissen des Nutzers abzugleichen. Voraussetzung ist jedoch, dass die Menschmodelle in der Lage sind, die spezifischen Eigenschaften der jeweiligen Nutzergruppe, inklusive eventuell vorhandener Mobilitätseinschränkungen, korrekt abzubilden.

4 Methode zur Entwicklung nutzerspezifisch-varianter Produktfamilien

Bei der Entwicklung von Produkten für nutzerspezifische Mobilitätsbedürfnisse sind vielfältige individuelle Bedürfnisse zu berücksichtigen. Eine mögliche in der Industrie vielfach verwendete Strategie, um dieser Herausforderung zu begegnen und die Produkte zu marktfähigen Preisen anbieten zu können, ist die Entwicklung von modularen Produktfamilien [9]. Hier können verschiedene Produktvarianten auf Basis modularer Strukturen effizient erzeugt werden. Die Variantenvielfalt hat das Ziel, möglichst vielen Nutzern mit ihren spezifischen, individuellen Bedürfnissen begegnen zu können. Bestehende Methoden, wie der integrierte PKT-Ansatz zur Entwicklung modularer Produktfamilien [9] oder die Multi-Produkt-Entwicklung [10] und weitere in [11] zusammengefasste Methoden, unterstützen die Bereitstellung dieser großen externen Vielfalt auf Basis einer kleineren internen Vielfalt.

Im Bereich der Entwicklung von Produkten für nutzerspezifische Mobilitätsbedürfnisse können verschiedene neue Aspekte allerdings nicht mit bestehenden Methoden adressiert werden. Zum Einen besteht neben der Varianz durch verschiedene Nutzer (nutzerspezifische Bedürfnisse) eine weitere Varianz von Bedürfnissen während der Nutzung durch einen Nutzer z.B. durch sich ändernden Gesundheitszustände (nutzerspezifisch-varianter Bedürfnisse). Die Varianz wird bisher aus Sicht eines Unternehmens, das viele Kunden erreichen möchte, optimiert. Die Varianz, die der Nutzer braucht, um nicht für das Agieren in und zwischen Mobilitätsebenen oder bei Änderung bestimmter Fähigkeiten das Produkt wechseln zu müssen, wurde bisher nicht methodisch in die Produktfamilienentwicklung integriert. Da gerade bei z.B. älteren Nutzern die Gewöhnung an neue Produkte oft eine Barriere darstellt, ist es besonders wichtig, dem Nutzer ein Produkt bereitzustellen, das er möglichst konstant und lange benutzen kann, auch wenn sich die Bedingungen der Nutzung ändern.

Eine weitere Herausforderung ist zum anderen, der Bedarf an sehr genauer Erfüllung von Bedürfnissen, um eine hohe Akzeptanz zu erzielen. Eine Variante, die die Bedürfnisse nur zum Teil befriedigt, kann unter Umständen zu große Barrieren darstellen das Produkt zu nutzen.

Aus diesen Aspekten, die bei der Entwicklung von Produkten für nutzerspezifische Mobilitätsbedürfnisse eine besondere Rolle spielen, ergibt sich für die Entwicklung dieser Produkte ein neues Ziel. Es sind Produkte für ein breites Nutzerspektrum zu entwickeln, die individuellen und sich über die Nut-

zungszeit stark ändernden Bedürfnissen sehr genau genügen müssen, um keine Nutzungsbarriere darzustellen.

Hierzu muss der bisher nur aus Sicht des Herstellers betrachtete Zusammenhang von äußerer und innerer Varianz zusätzlich auch aus der Sicht des Nutzers betrachtet werden. Auf diese Weise können Produkte entwickelt werden, die dem Nutzer eine möglichst große Vielfalt in der Nutzung auf Basis eines möglichst überschaubaren, individuell angepassten Produktes ermöglichen. Es müssen mit Hilfe dieses Ansatzes modulare Strukturen abgeleitet werden können, die optimal individualisierte Anteile mit standardisierten Anteilen kombinieren und in der Nutzung flexible Module für unterschiedliche Nutzungsbedingungen bieten. Um von den Bedürfnissen sowohl individualisierte Anteile als auch variable, flexible Anteile des Produktes ableiten zu können, ist eine genaue Analyse und Simulation der Anforderungen wie in Abschnitt 2-3 beschrieben eine wichtige Grundlage der Entwicklung nutzerspezifisch-varianter Produktfamilien.

5 Ausblick: Entwicklung einer Methodenplattform

In Bild 4 ist ein Konzept für eine Methodenplattform zur Entwicklung von Produkten für nutzerspezifische Mobilitätsbedürfnisse skizziert. Als Input gelten die individuellen Fähigkeiten und Mobilitätsbedürfnisse der Nutzer, die implizit vorliegen können. Die Definition von Mobilitätsebenen erfolgt analog Bild 2. Zur Erfassung dieser Inputs sind geeignete Methoden zu entwickeln (vgl. Abschnitt 2), damit sie in eine explizite Form überführt und somit weiteren Schritten der Modellbildung zugänglich gemacht werden können. Ziel der Modellbildung ist es, eine Konsolidierung der stark varianten Nutzerdaten in Nutzergruppen zu erreichen, innerhalb derer die Fähigkeiten und Mobilitätsbedürfnisse der Nutzer relativ homogen beschrieben werden können. Auf Grundlage dieser Gruppen können mobilitätsspezifische digitale Menschmodelle erstellt werden, die für den gesamten Produktentwicklungsprozess eine durchgängige Datenbasis zur Nutzerintegration bereitstellen. Aus der Erfassung der für die Nutzer relevanten Übergänge zwischen den Mobilitätsebenen lassen sich elementare Tätigkeiten (z.B. Aufstehen, Treppen steigen, etc.) und Bedürfnisse ableiten, die durch technische Produkte adressiert werden müssen. Gleichzeitig sind es eben diese Tätigkeiten, anhand derer später generierte Produktkonzepte mit Hilfe digitaler Menschmodelle evaluiert werden können.

Für die Konzeptentwicklung werden Informationen über die Varianz der individuellen nutzerspezifischen Fähigkeiten und die unterschiedlichen geforderten Produktfunktionen benötigt. Beides wird von den Methoden zur Erfas-

sung des Nutzers und seiner Fähigkeiten geliefert. Die auf digitalen Menschmodellen basierende durchgängige Datenbasis kann an dieser Stelle dazu herangezogen werden, die nutzerspezifischen Bedürfnisse in technische Anforderungen zu transferieren. Außerdem kann sie die Festlegung varianter Produkteigenschaften anhand der Nutzergruppen unterstützen. Auf Basis der geforderten Vielfalt sollen nun Produktkonzepte entwickelt werden, die dem spezifischen Nutzer variante Nutzungsmöglichkeit eines Produktes bieten (nutzerspezifisch-varianter Produktfamilien). Gleichzeitig müssen verschiedenen Kunden verschiedene auf sie zugeschnittene Produkte angeboten werden. Diese Vielfalt muss durch wenig technischen Aufwand realisiert werden können. Für diese Phase sind methodische Werkzeuge zu entwickeln, die den Produktentwickler dabei unterstützen, die interne Varianz nicht nur in der Herstellung, sondern auch in Richtung des individuellen Kunden zu reduzieren. Zur Evaluierung und Verfeinerung der Produktkonzepte in ihren verschiedensten Varianten dienen wiederum die mobilitätsspezifischen digitalen Menschmodelle.

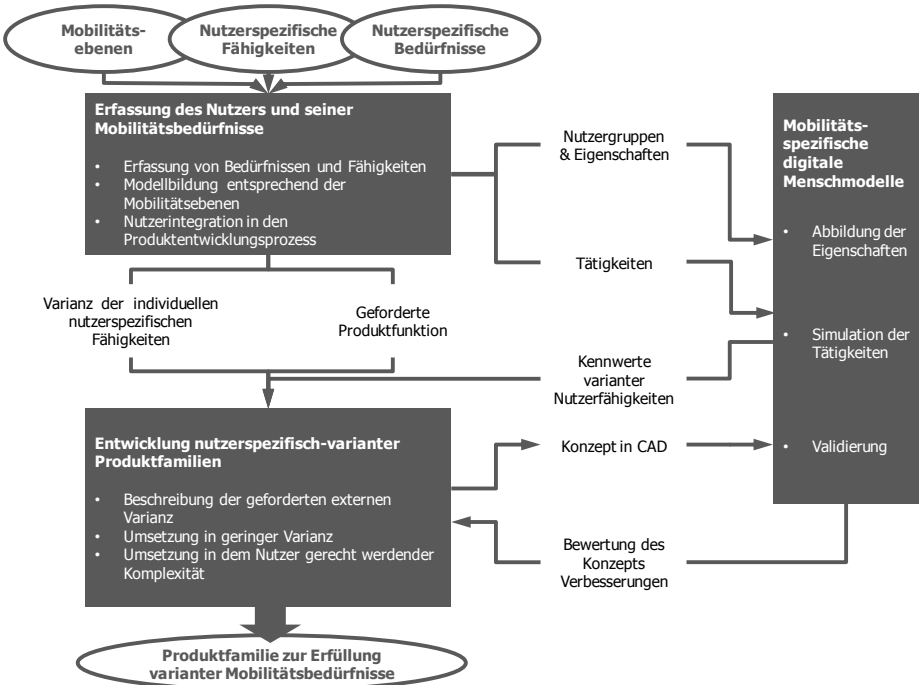


Bild 4: Erforderliche Struktur einer Methodenplattform

Literatur

- [1] Mollenkopf, H.; Flaschenträger, P. (Hrsg.: Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend): "Erhaltung von Mobilität im Alter", Kohlhammer, Stuttgart, Berlin, Köln, 2001.
- [2] Griessinger, N.; Weber, M. et al.: "Krankheitsbilder im Alter, die die Lebensqualität beeinträchtigen". In Likar, R.; Bernatzky, G. et al.: "Lebensqualität im Alter – Therapie und Prophylaxe von Altersleiden", Springer, Wien, New York, 2005.
- [3] Lueth T.C.; D'Angelo L.T.; Czabke A.: "TUM-AgeTech – A New Framework for Pervasive Medical Devices". In Coronato, A.; De Pietro, G.: "Pervasive and Smart Technologies for Healthcare: Ubiquitous Methodologies and Tools", IGI Global, 2010, S. 295 – 321.
- [4] ISO 9241-210 Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centered design for interactive systems. International Organization for Standardization, Genf, 2010.
- [5] Maguire, M.: "Methods to support human-centered design". International Journal of Human-Computer Studies, Volume 55, 2001, S. 587-634.
- [6] Krüger, D.; Stockinger, A.; Wartzack, S.: "A haptic based Hybrid Mock-Up for mechanical products supporting human centered design". International Conference on Engineering Design ICED11, Kopenhagen, 2011.
- [7] Bubb, H.; Fritzsche, F.: "Scientific Perspective of Digital Human Models: Past, Present and Future". In: Duffy, V.(Hrsg.): "Handbook of digital human modeling – Research for applied ergonomics and human factors engineering", 1.Auflage. Boca Raton: CRC Press, 2009, S. 3-1 - 3-30.
- [8] Delp, S.; Arnold, C.: "OpenSim: Open-Source Software to Create and Analyze Dynamic Simulations of Movement". IEEE Transactions on Biomedical Engineering 54.2007, S. 1940 – 1950.
- [9] Krause, D.; Eilmus, S.: "Methodical Support for the Development of Modular Product Families", in: The Future of Design Methodology, Springer-Verlag, Berlin, 2011.

-
- [10] Mortensen, N. H.; Harlou, U.: "Erfolgreiche Multi-Produkt-Entwicklung", in Handbuch Produktentwicklung, B. Schäppi, E., Wien: Hanser, 2005, S. 319–339.
- [11] Jiao, J.; Simpson, T. W.; Siddique, Z.: "Product family design and platform-based product development: a state-of-the-art review", in J Intell Manuf, vol. 18, no. 1, 2007, S. 5–29.