Die eigenschaftsbasierte Produktentwicklung unter Berücksichtigung der differenziellen Anforderungen älterer Nutzer

Thomas Luft[1], Stefan Kamin[2], Jörg Miehling[1], Frieder R. Lang[2], Sandro Wartzack[1]
[1]*Lehrstuhl für Konstruktionstechnik, FAU Erlangen-Nürnberg;*
[2]*Institut für Psychogerontologie, FAU Erlangen-Nürnberg;*

Population aging is one of the most important challenges in human history. Adapting this challenge involves the development of products and services for improving activity, health and quality of life in old age. The development of such products requires interdisciplinary collaboration between disciplines of aging and engineering sciences. This involves integrating the specific needs of older users into product development. The aim of this work is to describe a methodical approach combining behavioural and psychological perspectives on technology use in old age with engineering sciences. This interdisciplinary procedure is described based on the development of a bicycle for improving mobility in old age and focused on the analysis and assessment of differential user requirements. These requirements are translated into a matrix-based product description allowing product developers to derive product properties and to set the required characteristics for each of these properties. As a consequence, this approach may contribute to the improved development of innovative products in old age.

Keywords: design methodology, property-based product development, matrix-based product description, user-centred design, technology and aging

1 Einleitung und Motivation

Ältere Menschen stellen aufgrund des demographischen Wandels einen signifikanten Wirtschafts- und Konsumfaktor dar, der einen Markt für Produkte und Dienstleistungen entstehen lässt, die Gesundheit, Selbstständigkeit und Aktivität im Alter unterstützen und fördern. Dennoch erfahren technische Neuerungen bei dieser Nutzergruppe oftmals nicht die gewünschte Akzeptanz und Verbreitung, da die Bedienbarkeit und Funktionalität der Produkte nicht den vielfältigen Anforderungen und Möglichkeiten älterer Nutzer entspricht. Bei der Entwicklung innovativer Produkte für ältere Menschen ist es für Unternehmen daher essentiell, die von der Nutzergruppe ausgehenden Anforderungen und Wünsche exakt zu erfassen. Daher sind diese Nutzeranforderungen bereits in den frühen Phasen der Produktentwicklung einzubeziehen.

Insbesondere zur Berücksichtigung der differenziellen Anforderungen von Nutzern benötigen Produktentwickler eine geeignete Vorgehensweise. Deshalb wurden etablierte Prozess- und Vorgehensmodelle sowie konstruktionsmethodische Ansätze in der Produktentwicklung hinsichtlich ihrer Eignung zur eigenschaftsbasierten Produktentwicklung und Nutzereinbindung bewertet [4], [14]. Diese Bewertung hat gezeigt, dass es gegenwärtig kein geeignetes Vorgehensmodell in der eigenschaftsbasierten Produktentwicklung gibt, um die Anforderungen älterer Nutzer ausreichend zu berücksichtigen.

Das Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, alterns- und ingenieurswissenschaftliche Ansätze zu verknüpfen und eine interdisziplinäre Vorgehensweise für die Produktentwicklung aufzuzeigen. Hierbei werden die differenziellen Anforderungen älterer Nutzer an eine zu entwickelnde technische Lösung erhoben und in eine matrixbasierte Produktbeschreibung überführt. Das Vorgehen wird anhand der alternssensiblen Entwicklung eines Fahrrads dargestellt. Das Fahrrad ist bei über 60-Jährigen ein häufig genutztes Verkehrsmittel zur Aufrechterhaltung der alltäglichen Mobilität [7]. Mit zunehmendem Alter führen gesundheitliche Einschränkungen und veränderte Bedürfnisse zu einem Rückgang der Nutzung [7]. Die Entwicklung eines Fahrrads unter Berücksichtigung der sich verändernden differenziellen Anforderungen und Potentiale älterer Menschen kann einen Beitrag leisten, um Mobilität bis in das höchste Lebensalter zu fördern und zu unterstützen.

2 Stand der Technik und Wissenschaft

In diesem Kapitel werden grundlegende Aspekte der Techniknutzung im Alter sowie Grundlagen zur matrixbasierten Produktbeschreibung vorgestellt.

2.1 Bedingungen der Techniknutzung im Alter

Der Alternsprozess ist durch vielschichtige Veränderungen in unterschiedlichen Fähigkeitsbereichen gekennzeichnet. So stehen biologischen Alternsverlusten in körperlichen und kognitiven Bereichen (z.B. Aufmerksamkeit, körperliche Leistungsfähigkeit) auch immer die Stärken und Gewinne des Alters gegenüber (z.B. Weisheit, emotionales Erleben). Die Dynamik von Gewinnen und Verlusten verläuft differenziell zwischen Personen und führt zu einer enormen Vielfalt an Kompetenzen, Bedürfnissen und Einschränkungen älterer Menschen [1]. Diese Perspektive ist in einer alternssensiblen Produktentwicklung essentiell, denn gerade bei Produkten für ältere Menschen muss die Heterogenität der Zielgruppe betrachtet werden. Hierzu ist ein Verständnis des komplexen Zusammenspiels der Kompetenzen älterer Nutzer und den Anforderungen technischer Lösungen erforderlich.

Die Interaktion zwischen Nutzer und Technik kann auf Grundlage theoretischer Überlegungen der Person-Technik-Passung beschrieben werden (Bild 1). In Anlehnung an das Umwelt-Anforderungs-Kompetenz-Modell von LAWTON und NAHEMOW erzielen technische Lösungen eine hohe Nutzungsbereitschaft, wenn diese die Kompetenzen älterer Menschen optimal abrufen [6], [15]. Kompetenzen sind hierbei auf alterskorrelierte Veränderungen in kognitiven und körperlichen Funktionsbereichen bezogen. So kann die Benutzung eines Fahrrads hohe Anforderungen an sensomotorische Fähigkeiten (z.B. Greifen) und die Verbindung kognitiver und motorischer Prozesse stellen (z.B. geteilte Aufmerksamkeit durch Treten und Raumorientierung). Übersteigen die Produktanforderungen individuelle nutzungsrelevante Kompetenzen, so kann dies zu Überforderung und Nichtnutzung der technischen Lösung führen. Ebenso besteht das Risiko der Unterforderung, wenn vorhandene Kompetenzen nicht genutzt werden. Die Variabilität individueller Entwicklungsverläufe erfordert hierbei eine differenzierte Erfassung der Anforderungen älterer Nutzer an zu entwickelnde technische Lösungen.

Die Person-Technik-Interaktion umfasst auch motivationale Prozesse der Zielauswahl und Zielverfolgung [3]. Interindividuelle Unterschiede in motivationalen Prozessen können vielgestaltigen Veränderungen über die gesamte Lebensspanne unterliegen. So führt etwa die zunehmende Bedeutung kurzfristig erreichbarer Ziele zu einer Priorisierung des gegenwärtigen Wohlbefindens im Alter [5]. In diesem Kontext basieren Nutzungsentscheidungen vor allem auf emotional relevanten Vor- oder Nachteilen [12]. So nimmt mutmaßlich auch die Bedeutung technischer Funktionalitäten zu, die Sicherheit und Teilhabe im täglichen Leben älterer Menschen unterstützen. Die Ausprägung solcher Motivationslagen steht in direkter Interaktion mit den Ressourcen und

Anforderungen sozialer und räumlicher Umwelten. So stehen die Nutzungsvorteile eines Fahrrads vermutlich in Zusammenhang mit der Anzahl emotional bedeutsamer Mobilitätsziele (z.B. Familie in der Nähe). Die Erfassung von Nutzeranforderungen soll somit das Zusammenspiel zwischen Person und Technik vor dem Hintergrund der Lebenskontexte im Alter berücksichtigen.

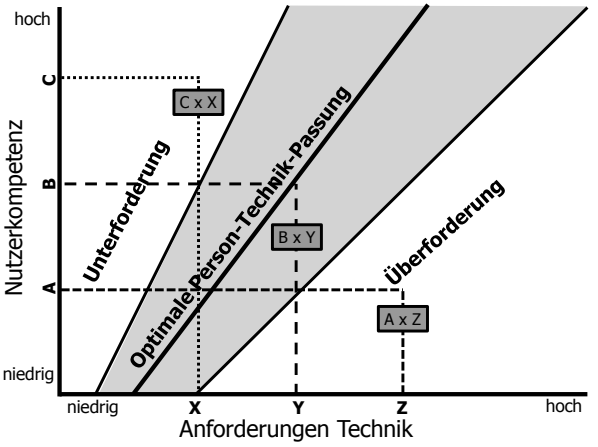

Bild 1: Modell der Person-Technik-Passung nach LAWTON und NAHEMOW [6]

2.2 Grundlagen zur matrixbasierten Produktbeschreibung

Aufgrund des in Kapitel 1 skizzierten Handlungsbedarfs hat KREHMER ein Vorgehensmodell für die eigenschaftsbasierte Produktentwicklung erarbeitet, das sich aus den drei Bestandteilen „Vorgehensmodell", „Mikrozyklus der Synthese bzw. der Analyse" und „Matrixbasierte Produktbeschreibung" (MPB) zusammensetzt [4], [10], [11]. Diese drei Bestandteile sowie ihr Zusammenwirken sind in Bild 2 vereinfacht dargestellt. Dabei werden die Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen den Anforderungen (ANF), Merkmalen (MER) und Eigenschaften (EIG) sowie dem daraus resultierenden Verhalten (VER) durch eine MPB mittels einer Multi-Domain-Mapping Matrix (MDM) abgebildet [11]. Diese MDM setzt sich aus verschiedenen Design Structure Matrices (DSM) und Design Mapping Matrices (DMM) zusammen [11].

Die MPB ermöglicht es, ausgehend von bereits erhobenen Anforderungen, die komplexen Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen Merkmalsfestlegungen und deren Auswirkungen auf die Eigenschaften des Produktes zu verstehen. Dabei sind die Merkmale (z.B. Steuerrohrwinkel, Felgenradius) die direkten Stellschrauben des Produktenwicklers zur Bestimmung der Eigen-

schaften (z.B. Lenkerhöhe, Nachlauf) eines Produkts [11]. Das Produktverhalten (z.B. Lenkverhalten) ergibt sich unter Berücksichtigung bestimmten Nutzungs- (z.B. Trittkraft) und Umgebungsbedingungen (z.B. Fahrbahnbeschaffenheit) als Folge des realisierten Eigenschaftsprofils des Produkts [4], [11]. Mit Hilfe der vielfältigen Abhängigkeiten lässt sich analysieren, welche Änderungen bestimmter Merkmale zu welchen Eigenschaften führen, um die bereits erhobenen Nutzeranforderungen zu erfüllen [11].

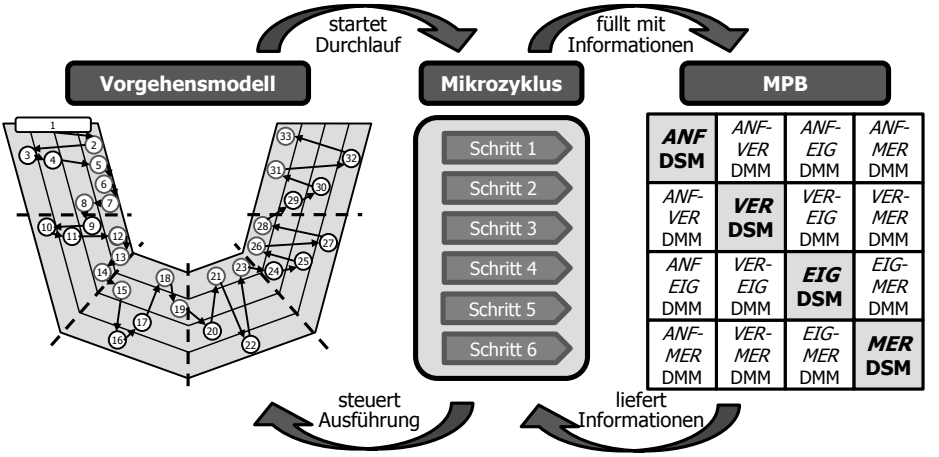

Bild 2: Zusammenwirken der drei Bestandteile des Vorgehensmodells [11]

3 Ansatz für eine interdisziplinäre Vorgehensweise

Die übergeordnete Zielsetzung des vorliegenden Beitrags ist die Entwicklung einer interdisziplinären Vorgehensweise für die MPB eines Fahrrads unter Berücksichtigung der differenziellen Anforderungen älterer Menschen. Das Radfahren ist bei 60-75-Jährigen weit verbreitet und zentral für die Aufrechterhaltung von Mobilität, Gesundheit und gesellschaftlicher Teilhabe [7]. Mit zunehmendem Alter verändern sich die Anforderungen an das Fahrrad, welches oftmals nicht mehr den veränderten Kompetenzen und Möglichkeiten älterer Menschen entspricht. Die Entwicklung eines Fahrrads unter Berücksichtigung der sich verändernden differenziellen Anforderungen der Zielgruppe kann hier einen wichtigen Beitrag leisten, um Fahrradmobilität auch im höheren Lebensalter zu ermöglichen. Im Rahmen dieser Entwicklung ist die prozessbegleitende Nutzereinbindung von zentraler Bedeutung. Die interdisziplinäre Verbindung alterns- und ingenieurswissenschaftlicher Ansätze wird auch als Gerontotechnik bezeichnet und bildet die Grundlage für eine moderne und alternssensitive Produktentwicklung (Bild 3).

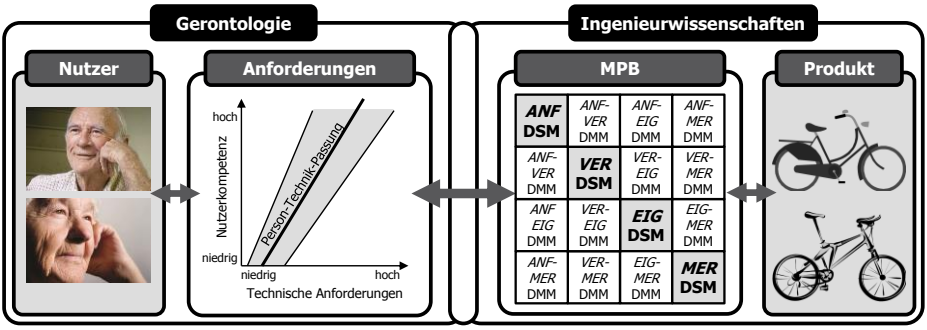

Bild 3: Überblick über die interdisziplinäre Vorgehensweise

Die gerontologische Forschung kann einen Beitrag leisten, um Alternsprozesse und die resultierende Heterogenität älterer Nutzer sowie deren individuelle Bedürfnisse zu berücksichtigen und in Nutzeranforderungen zu übersetzen. Diese Anforderungen können durch eine MPB erfasst und mit den zu erreichenden Eigenschaften des zu entwickelnden Produkts verknüpft werden. Zur Realisierung dieser Produkteigenschaften müssen vom Entwickler geeignete Merkmale festgelegt werden [4], [11].

Mit Hilfe dieser MPB können Abhängigkeiten zwischen Nutzeranforderungen, Produktmerkmalen und -eigenschaften sowie dem Verhalten systematisch analysiert werden. Das daraus gewonnene Wissen leistet einen wertvollen Beitrag für die Entwicklung innovativer Produkte, die an die heterogenen Veränderungen des Alters adaptierbar sind. Diese interdisziplinäre Vorgehensweise (vgl. Bild 3) wird in diesem Kapitel exemplarisch im Rahmen der alternssensiblen Entwicklung eines Fahrrads, was von unterschiedlichen älteren Menschen gut genutzt werden kann, vorgestellt.

3. 1 Ermittlung der Anforderungen älterer Nutzer an ein Fahrrad

Für die Ermittlung der Anforderungen älterer Nutzer an ein zu entwickelndes Produkt müssen zwei Fragestellungen fokussiert werden: Erstens, welche Faktoren führen zu einer Nutzung bzw. zu einer Nichtnutzung der technischen Lösung hinsichtlich der Interaktionspunkte zwischen Person und Technik? Zweitens, welchen Nutzen hat eine technische Lösung innerhalb der sozialräumlichen Umwelt? Die erste Frage ist auf die Interaktion zwischen personalen Kompetenzen und technischen Anforderungen bezogen. Die zweite Frage berücksichtigt die motivationale Komponente der Techniknutzung und rekurriert auf den Nutzen technischer Funktionalitäten innerhalb sozio-physischer Lebenskontexte älterer Menschen.

Die Exploration beider Fragestellungen erfordert eine intensive und multiperspektivische Betrachtung der Zielgruppe durch den strukturierten und theoriegeleiteten Einsatz verschiedener Methoden der Nutzereinbindung. Der vorliegende Ansatz adaptiert die von HACKEL und KLEBL vorgeschlagene Methodentriangulation [2] auf den Kontext der Nutzereinbindung in der alternsgerechten Produktentwicklung. Der Begriff der Methodentriangulation beschreibt den Einsatz verschiedener Methoden zur differenziellen Betrachtung eines Forschungsgegenstandes. Im Rahmen der Anforderungsanalyse hat die Triangulation den Vorteil, die Perspektive für die Identifikation von Nutzeranforderungen zu erweitern. Weiterhin kann der Einsatz unterschiedlicher Methoden zur Validierung und besseren Absicherung der Ergebnisse beitragen. Der Methodeneinsatz erfolgt in den folgenden drei Schritten.

In einem ersten Schritt werden individuelle Sichtweisen verschiedener Zielgruppenvertreter durch halbstandardisierte Einzelinterviews erfasst. Im Rahmen dieser Einzelinterviews wird die Interaktion zwischen sensorischen, motorischen und kognitiven Funktionsbereichen sowie unterschiedlichen Anforderungsgraden verschiedener Fahrradtypen thematisiert. Im Mittelpunkt stehen die Erfahrungen und Wahrnehmungen der Befragten zu spezifischen Interaktionspunkten zwischen Person und Fahrrad. Weiterhin werden retrospektive Veränderungen der Interaktion sowie die Einschätzung der zukünftigen Nutzung in Abhängigkeit erwarteter Alternsveränderungen exploriert. Der Gesprächsinhalt wird analog zur zweiten Fragestellung auf die Bedeutsamkeit des Fahrrads für die eigene Lebenssituation erweitert. Dies ist notwendig, da sich die Interaktion mit einem technischen Produkt innerhalb von Lebensumwelten des Alterns vollzieht. Dies kann zu spezifischen Anforderungen an technische Funktionalitäten und Produkteigenschaften (z.B. Rahmensteifigkeit, Sitzhöhe) führen.

Im nächsten Schritt werden die als Audioaufzeichnung vorliegenden Einzelinterviews transkribiert und als Wissensstrukturen visualisiert. Die Visualisierung der Wissensstrukturen erfolgt über das Concept-Mapping. Hierbei handelt es sich um eine Methode der Wissenserfassung. Das Ziel der Concept-Maps besteht in einer Darstellung der ermittelten Zusammenhänge die zu einer Nutzung oder Nichtnutzung von Fahrrädern führen. Über die Visualisierung der ermittelten Wissensstrukturen werden physiologische, kognitive und motivationale Bedingungen der Fahrradnutzung aufgedeckt und die differenziellen Anforderungen älterer Nutzergruppen abgeleitet.

Die erstellten Concept-Maps dienen im dritten Schritt als Diskussionsgrundlage für ein Gruppeninterview. Das Gruppeninterview (Fokusgruppe) inkludiert die Teilnehmer der Einzelinterviews und erweitert die Perspektive

für die weitere Identifikation der Anforderungen an die Entwicklung eines alternssensiblen Fahrrads. Die Concept-Maps dienen hierbei als Leitfaden für die Gesprächsführung und können je nach Gesprächsverlauf erweitert und revidiert werden. Als Arbeitsergebnis liegen die transkribierten Audioaufzeichnungen sowie die erweiterten Concept-Maps vor.

Die resultierenden qualitativen Daten werden inhaltsanalytisch ausgewertet, um ein differenziertes Bild der Anforderungen an die Entwicklung eines alternssensiblen Fahrrads zu bekommen. Die ermittelten Anforderungen spiegeln differenzielle Person-Technik-Passungen wieder. So ist es denkbar, dass Personen mit einem bestimmten Kompetenzniveau das Fahrrad vorrangig auf asphaltieren Kurzstrecken einsetzen und einen niedrigen Einstieg benötigen. Diese differenziellen Anforderungen älterer Nutzer stellen den Ausgangspunkt für die MPB dar und sind infolgedessen entscheidend für die eigenschaftsbasierte Entwicklung alternssensibler Produkte.

3.2 Matrixbasierte Produktbeschreibung eines Fahrrads

Das Ziel der in diesem Beitrag vorgestellten Vorgehensweise stellt die MPB des Gesamtsystems Fahrrad dar. Hierfür ist die vorausgegangene Erhebung und Analyse der differenziellen Anforderungen älterer Nutzer die entscheidende Grundlage. Diese Nutzeranforderungen werden mit weiteren Anforderungen vervollständigt [4] und mittels der DSM strukturiert abgebildet und zueinander in Beziehung gesetzt (vgl. Bild 4).

Infolgedessen kann auf das geforderte Fahrradverhalten geschlossen werden. Dabei werden die einzelnen Verhaltensaspekte durch DSMs erfasst und über DMMs mit den Anforderungen verknüpft. Da das Produktverhalten nicht nur durch das Profil der Produkteigenschaften sondern auch durch die Nutzungs- und Umgebungsbedingungen bestimmt wird, müssen auch diese drei Domänen jeweils durch DSMs abgebildet und durch DMMs wechselseitig zueinander in Beziehung gesetzt werden [11]. Da Produktentwickler weder die Nutzungs- noch die Umgebungsbedingungen beeinflussen können, haben diese lediglich die Möglichkeit, durch die Festlegung geeigneter Merkmale bestimmte Produkteigenschaften zu realisieren [4], [11].

Für eine MPB, die insbesondere die nutzerspezifischen Anforderungen berücksichtigt, muss ein besonderes Augenmerk auf die Interaktionspunkte (IP) zwischen Mensch und Fahrrad gelegt werden, da der Nutzer über diese IPs das Fahrradverhalten beeinflussen kann bzw. wahrnimmt. Bei diesen IPs handelt es sich um drei bzw. fünf Kontaktpunkte zwischen beiden Systemen „Mensch" und „Fahrrad": IP 1 (Hände – Lenkergriffe), IP 2 (Füße – Pedale)

und IP 3 (Gesäß – Sattel). Die Position der IPs zueinander stellt die Grundlage für alle ergonomischen Analysen des Menschen mit dem Fahrrad dar und hat auch Auswirkungen auf weitere Verhaltensaspekte. Bezüglich der ergonomischen Betrachtungen spielen besonders die individuellen Körpermaße des Menschen eine entscheidende Rolle (z.B. Relation des Körpers zur Fahrradrahmengröße). Diese werden zusammen mit weiteren Anforderungen in einer DSM erfasst und durch DMMs mit den anderen Domänen (z.B. VER, EIG, MER) in Beziehung gesetzt. Zudem können die IPs als Grundlage für die Erstellung einer Produkt- und Funktionsstruktur verwendet werden. Diese erfolgt dabei überwiegend unter dem Gesichtspunkt der geometrieorientierten Produktbeschreibung. In diesem Beitrag liegt der Fokus auf den funktionsrelevanten Teilsystemen und Bauteilen (z.B. Rahmenbauteile), die durch eine MPB beschrieben werden.

Die MPB wird in diesem Beitrag exemplarisch anhand einer stark vereinfachten und nicht vollständigen DMM (EIG→ MER) erläutert (vgl. Bild 4). Zudem gilt es zu beachten, dass der folgenden DMM die amerikanische Lesekonvention zugrunde liegt (d.h. „Spalte hat Einfluss auf Zeile"). In dieser DMM wird daher der Einfluss der Merkmale auf die daraus resultierenden Eigenschaften dargestellt. Im Gegensatz zu [9] werden die Abhängigkeiten zwischen Merkmalen und Eigenschaften nicht durch Ziffern sondern durch Buchstaben als Abkürzung für die Intensität bzw. Einflussart Hoch (H), Mittel (M) und Gering (L) beschrieben.

Eigenschaften *Merkmale* DMM			Merkmale																			
			IP 1: Lenker								IP 2			IP 3								
			Lenkervorbaul.	Steuerkopfw.	Gabellänge	Steuerkopfrohrl.	Gabelschaftl.	Felgenradius	Lenkerbreite	Rücksprung. Ga.	Tretlagerposit.	Verbindungsst.	Tretkurbellänge	Rahmenlänge	Hinterbaulänge	Sitzrohrlänge	Rahmenhöhe	Sitzrohrwinkel	Sitzhöhe	Sattellänge
Eigenschaften	IP 1: Lenker	Vorderbaulänge		H						H	H			H			H	H		
		Radstand		M						M	M			M	H		M	M		
		Lenkerhöhe		H	H		H	H		H										
		Reichweite	M	M	G	M	M	G		G	G			M		G		M	G	
		Nachlauf		H				H		H										
	IP 2	Fußfreiheit		M				H		M	M		H	M			M	M		
		Tretlagerhöhe						H			H									
		Durchstiegshöhe						H				H								
	IP 3	Sitzwinkel	G	G	G	G	G	G		G	G			G		G		G	G	
		Sattelhöhe						M			M							H	H	
	a. Eig.	Rahmensteifigkeit		M		H		M		M	M	M		H	H			H		
		Gesamtmasse	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

Bild 4: Stark vereinfachte DMM (Eigenschaften→Merkmale)

So wird beispielsweise die Eigenschaft Lenkerhöhe nur durch die Festlegung der Merkmale Steuerkopfwinkel, Gabellänge, Gabelschaftlänge, Felgenradius und Rücksprung/Gabelversatz bestimmt. Diese Merkmale haben eine hohe Intensität (primäre bzw. direkte Abhängigkeit) auf die Lenkerhöhe. Das Merkmal Felgenradius hat auf die Sattelhöhe einen mittleren bzw. sekundären Einfluss (z.B. indirekt über die Eigenschaft Tretlagerhöhe). Der DSM (EIG→ EIG) ist beispielsweise zu entnehmen, dass die Tretlagerhöhe einen hohen Einfluss auf die Sattelhöhe und einen geringen Einfluss auf den Sitzwinkel hat. Diese MPB, die alle Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen (geometrischen) Merkmalen, Eigenschaften und Verhalten enthält, kann beispielsweise durch Versuche an einem Fahrradergometer mit voll verstellbarer Rahmengeometrie validiert werden.

4 Zusammenfassung, Evaluation und Ausblick

Die frühzeitige Berücksichtigung der differenziellen Anforderungen und Möglichkeiten (Potentiale) älterer Menschen ist essentiell für die Entwicklung innovativer und alternssensibler Produkte. Hierfür stellt die in diesem Beitrag vorgestellte interdisziplinäre Vorgehensweise eine entscheidende Grundlage dar. Dabei werden mit Hilfe von Methoden der Nutzereinbindung zunächst die Nutzerkompetenzen in Relation zu den technischen Anforderungen eines bestimmten Produktes gesetzt. Das Modell der Person-Technik-Passung stellt hierbei den theoretischen Rahmen dar, um die Bedingungen und Implikationen der Techniknutzung älterer Menschen aufzudecken. Hierbei kann das Modell sowohl prädiktiv im Rahmen der Anforderungsanalyse als auch evaluativ in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien eingesetzt werden. Die Nutzeranforderungen bilden die Grundlage zur Beschreibung des geforderten Produktverhaltens. Neben den Nutzungs- und Umgebungsbedingungen ergibt sich das realisierte Verhalten aus dem Eigenschaftsprofil des Produkts. Diese Produkteigenschaften werden durch die bewusste Festlegung von Merkmalen durch den Produktentwickler bestimmt. Zur Ermittlung von Abhängigkeiten und Wechselwirkungen in einem technischen System wird die MPB angewendet. Über die MPB können die abgeleiteten Nutzeranforderungen gebündelt und in Eigenschaften und Merkmale eines Fahrrads übersetzt werden. Hierdurch werden die Auswirkungen von Merkmalsänderungen auf Produkteigenschaften sichtbar gemacht und differenziellen Anforderungen mit den bauteil-, baugruppen- und gesamtproduktübergreifenden Eigenschaften und Merkmalen des Fahrrads in Beziehung gesetzt.

Im Rahmen weiterer Forschungsarbeiten soll die Anwendbarkeit der Vorgehensweise anhand der Entwicklung eines alternssensiblen Fahrrads validiert und erweitert werden. Im Fokus der Entwicklung steht die technische Adap-

tabilität des Produkts. Dabei beschreibt die Adaptabilität technischer Lösungen eine kontinuierliche Anpassung an veränderbare, alternsdifferenzielle Anforderungen älterer Nutzer [3], [8]. Hierzu werden Nutzeranforderungen mit Zielgruppenvertretern erhoben und differenzielle Person-Technik-Passungen abgeleitet. Diese stellen den Referenzrahmen für das zu entwickelnde Produkt dar. Weiterhin wird in Simulationen und experimentellen Versuchen die mechanische Belastbarkeit und die Lebensdauer einzelner Bauteile, Baugruppen sowie des Gesamtsystems evaluiert. Die Nutzereinbindung soll zukünftig auch mit Hilfe von digitalen Menschsimulationen erweitert werden. Hierbei sind vor allem Simulationen mit alters- und leistungsadaptierten biomechanischen digitalen Menschmodellen vielversprechend [13].

Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und deren Gutachtern ausdrücklich für die Förderung des Forschungsprojekts „Produktorientiertes Prozessmanagement – Iterationsmanagement auf Basis eines eigenschaftsbasierten Produktreifegrades".

Literatur

[1] Baltes, P. B.: "Theoretical Propositions of Life-Span Developmental Psychology: On the Dynamics Between Growth and Decline", Developmental Psychology, vol. 23, 1987, 611–626.

[2] Hackel, M.; Klebl, M.: "Qualitative Methodentriangulation bei der arbeitswissenschaftlichen Exploration von Tätigkeitssystemen", Forum Qualitative Sozialforschung, vol. 9, 2008.

[3] Kamin, S. T.; Lang, F. R.: "The subjective technology adaptivity inventory (STAI): A motivational measure of technology usage in old age", Gerontechnology, in press.

[4] Krehmer, H.: "Vorgehensmodell zum Iterations- und Produktreifegradmanagement in der eigenschaftsbasierten Produktentwicklung", Fortschrittsberichte VDI, Reihe 1, Band 416, VDI-Verlag, 2012.

[5] Lang, F. R.: "Social motivation across the life span", Growing together. Personal relationships across the life span, Cambridge University Press, Cambridge, 2004, 341–367.

[6] Lawton, M. P.; Nahemow, L.: "Ecology and the aging process", The psychology of adult development and aging, American Psychological Association, Washington D.C., 1973, 619–674.

[7] Limbourg, M.; Matern, S.: "Erleben, Verhalten und Sicherheit älterer Menschen im Straßenverkehr: Eine qualitative und quantitative Untersuchung", Mobilität und Alter, vol. 04, Köln, TÜV Media, 2009.

[8] Lindenberger, U.: "Technologie im Alter: Chancen aus Sicht der Verhaltenswissenschaften", Die Zukunft des Alterns. Die Antwort der Wissenschaft, Beck, München, 2007, 220–239.

[9] Luft, T; Bochmann, J.; Wartzack, S.: "Enhancing the flow of information in the PLM by using numerical DSMs – an industrial case study", Proceedings of the IFIP WG5.1 – 10th International Conference on Product Lifecycle Management – PLM 2013, Nantes, 2013.

[10] Luft, T.; Krehmer, H.; Wartzack, S.: "An advanced procedure model for property-based product development", 18th International Conference on Engineering Design – ICED 2013, to be published, Seoul, 2013.

[11] Luft, T.; Wartzack, S.: "Die matrixbasierte Produktbeschreibung als Bestandteil des Vorgehensmodells in der eigenschaftsbasierten Produktentwicklung", Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung – SSP 2013, Stuttgart, 2013.

[12] Melenhorst, A.-S.; Rogers, W. A.; Bouwhuis, D. G.: "Older adults' motivated choice for technological innovation: Evidence for benefit-driven selectivity", Psychology and Aging, vol. 21, 2006, 190–195.

[13] Miehling, J.; Wartzack, S.: "Konzeption biomechanischer digitaler Senioren-Menschmodelle zur Anwendung in der altersgerechten Produktentwicklung", Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung – SSP 2013, Stuttgart, 2013.

[14] Stöber, C.: "Eigenschaftsbasierte Unterstützung für die Entwicklung von Produkten für ältere Personen", Fortschrittsberichte VDI, Reihe 1, Band 420, VDI-Verlag, 2013.

[15] Williger, B.; Lang, F. R.: "Senioren als Zielgruppe der Produktentwicklung", Leitfaden für die alternsgerechte Produktentwicklung, Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2012, 13–25.