

Modularisierungsstrategie für Produkte für leistungseingeschränkte Personen

Christina Stöber¹, Johanna Schmidt², Sandro Wartzack¹, Kristin Paetzold², Harald Meerkamm¹

¹ *Lehrstuhl für Konstruktionstechnik; Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg*

² *Institut für Technische Produktentwicklung; Universität der Bundeswehr München*

1 Einleitung

Um Menschen mit Leistungseinschränkungen optimal zu unterstützen, müssen Produkte so gestaltet werden, dass sie an die unterschiedlichen Bedürfnisse der Nutzer angepasst werden können. Dabei müssen die individualisierten Produkte für die Unternehmen wirtschaftlich und für die Senioren bezahlbar bleiben.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, müssen die Anpassungsmöglichkeiten bereits während des Produktentwicklungsprozesses in der Produktstruktur festgelegt werden. Hierzu wird ein geeigneter Modularisierungsansatz benötigt, der in diesem Beitrag vorgestellt wird. Zur Steigerung der Akzeptanz der Produkte durch die Nutzer und somit der Wirtschaftlichkeit der individualisierten Produkte für leistungseingeschränkte Personen, sollen die Nutzer frühzeitig in den Produktentwicklungsprozess eingebunden werden. Zudem soll den Entwicklern ein Katalog mit Richtlinien zur Verfügung gestellt werden, wie Leistungseinschränkungen in der Produktentwicklung berücksichtigt werden können.

Dieser Beitrag entsteht im Rahmen des Querschnittprojektes „Fit4Product“ des bayerischen Forschungsverbund „Fit4Age“, der zum Ziel hat, technische Ansätze zu entwickeln, damit ältere Menschen länger ein selbstbestimmtes Leben zuhause führen können, mobil bleiben und leistungseingeschränkte Personen länger aktiv in das Arbeitsleben integriert sind.

2 Stand der Forschung

Zu Modularisierung und Individualisierung von Produkten bestehen bereits verschiedene Ansätze, von denen die vorherrschenden im Folgenden beschrieben werden.

2.1 Individualisierte Produkte nach Lindemann

Lindemann beschreibt in [1] eine Vorgehensweise zur Individualisierung von Produkten (Bild 1). Ein wesentliches Merkmal dieses Vorgehens ist die Aufteilung des Entwicklungsprozesses in zwei Phasen. Zunächst erfolgt die Planung von Produktstruktur und Adaptionsprozess unabhängig vom Kunden. In dieser Phase wird festgelegt, in welchen Bereichen eine Individualisierung des Produktes möglich ist. Bei Erteilung eines Kundenauftrags wird die kundenspezifische Adaptionsphase eingeleitet, in der die Individualisierung des Produktes stattfindet. Dabei gibt es verschiedene Ebenen, auf denen der Adaptionsprozess stattfinden kann. Wird das Produkt durch Weglassen, Hinzufügen oder Ändern einzelner Funktionen adaptiert, findet die Anpassung auf funktionaler Ebene statt. Wird ein Produkt auf Ebene der Wirkprinzipien angepasst, so bleibt der Funktionsumfang erhalten. Durch die Änderung des Wirkprinzips wird lediglich die Art und Weise, wie die Funktion erfüllt wird, variiert. Auf struktureller Ebene kann die Adaption durch Hinzufügen oder Entfernen von Elementen oder Verbindungen erfolgen. Auch eine Umgruppierung oder Auslagerung von Modulen kann zu struktureller Adaption führen. Adaption auf Ebene der Produktgestalt erfolgt beispielsweise durch Änderung von Form, Lage, Anzahl oder Werkstoff. Auf welcher Ebene die Adaption stattfindet, hängt vom Kundenwunsch ab.

Damit die Wünsche des Kunden überhaupt berücksichtigt werden können muss eine Interaktion mit dem Kunden stattfinden. Hierzu beschreibt Lindemann ein Produktspezifikationswerkzeug mit dessen Hilfe das Produkt nach den Wünschen des Kunden gestaltet wird. Die Funktionsweise ähnelt der eines Konfigurators für variantenreiche Serienprodukte, ist aber meist komplexer, da nicht alle Ausprägungen des Produktes bereits vorhergedacht sind und beispielsweise bei der grafischen Darstellung des Produktes nicht ausschließlich auf vorgefertigte Grafiken zurückgegriffen werden kann.

Idealerweise kann der Kunde die Spezifikation des Produktes online alleine durchführen. Die Möglichkeit durch einen Berater unterstützt zu werden, sollte aber gegeben sein, um die Komplexität des Vorgangs zu reduzieren.

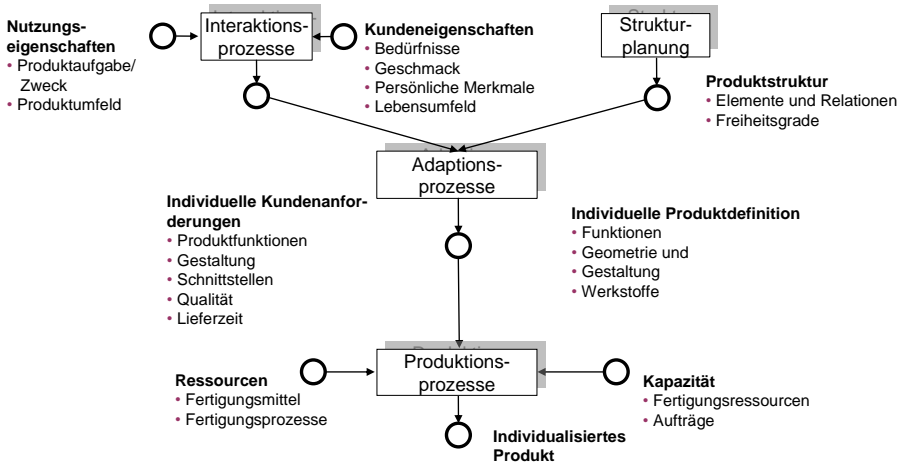


Bild 1: Vorgehen bei der Netwicklung individualisierter Produkte [1]

2.2 Integration Analysis of Product Decompositions nach Pimmler und Eppinger

Pimmler und Eppinger beschreiben wie Module gebildet werden können, indem die Beziehungen der einzelnen Elemente untereinander analysiert werden [2]. Hierzu wird ein Vorgehen in drei Schritten vorgeschlagen.

1. Zerlegung des Produktkonzepts in funktionale und/oder physische Elemente, welche die Produktfunktionen enthalten
2. Dokumentation der Beziehungen zwischen den Elementen, unterteilt nach Art der Verbindung in einer Matrix
3. Gruppieren der Elemente zu Modulen

Zur Bewertung der Verbindungen werden die Elemente des Produkts in einer Matrix horizontal und vertikal aufgetragen. Anschließend werden die Verbindungen aller Elemente zueinander nach vier Arten bewertet (räumlich, Energie, Information, Material) (Bild 2).

Zur Bewertung stehen fünf Werte zur Verfügung. "Notwendig" (+2) sind Verbindungen, die zur Erfüllung der Funktion unbedingt erforderlich sind. Mit "erwünscht" (+1) werden Verbindungen bewertet, die günstig für die Funktion, aber nicht absolut notwendig sind. "Gleichgültig" (0) ist eine Verbindung, wenn sie die Funktion weder positiv noch negativ beeinflusst. Eine "unerwünschte" (-1) Verbindung verursacht negative Effekte, verhindert die Funktion aber nicht, wohingegen eine "schädliche" (-2) Verbindung verhindert werden muss, damit die Funktion erfüllt werden kann. In Kapitel 3.2.2 ist dieses Vorgehen beispielsweise für einen Rollator dargestellt.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Element 1		2 0 0 2			2 -2 0 0					
Element 2	2 0 0 2				2 0 0 2					
Element 3				1 0 0 0			2 0 0 0	-1 0 0 0		
Element 4			1 0 0 0						-1 0 0 0	
Element 5	2 -2 0 0	2 0 0 2				0 2 0 2		-2 2 0 2		
Element 6					0 2 0 2			0 2 0 2	1 0 0 2	0 0 2 0
Element 7			2 0 0 0					2 0 0 0		
Element 8			-1 0 0 0		-2 2 0 2	0 2 0 2	2 0 0 0		1 0 0 2	
Element 9				-1 0 0 0		1 0 0 2		1 0 0 2		1 0 0 0
Element 10						0 0 2 0			1 0 0 0	

Räumlich:

R	E
I	M

 : Energie
Information:

I	M
---	---

 : Material

Bild 2: Matrix nach Pimmler und Eppinger [2]

Anschließend wird, in Abhängigkeit von der Art des Produktes die wichtigste Verbindungsart ausgewählt und dann die Zeilen und Spalten der Matrix so lange vertauscht, bis die positiven Werte für diese Verbindungsart möglichst nahe an der Diagonale stehen. Anhand der so entstandenen Gruppierungen können Module identifiziert werden, deren innere Bindungen sehr groß sind und zwischen den einzelnen Elementen des Moduls große Abhängigkeiten bestehen. Die Verbindungen zu anderen Elementen, außerhalb des Moduls, sind aber eher gering. Dadurch kann das Modul einfach ausgetauscht oder verändert werden, ohne dass dadurch das ganze Produkt

beeinflusst wird. Diese Module müssen noch auf die Verträglichkeit mit den übrigen Verbindungsarten überprüft werden, bevor daraus die Produktstruktur und die endgültigen Module abgeleitet werden können. Als Verbindungsart für die Gruppierung wurde hier die räumliche Verbindung zwischen den Modulen gewählt.

2.3 Modular Function Deployment nach Erixon

Erixon beschreibt in [3] wie mit der Methode "Modular Function Deployment" (MFD) potentielle Module ermittelt werden können. Dazu wird ein Vorgehen in fünf Schritten beschrieben.

1. Klären der Anforderungen an das Produkt
2. Untersuchung und Gliederung der Funktionen und Auswahl technischer Lösungen
3. Festlegung möglicher Module mit Hilfe der "Modul Indication Matrix" (MIM)
4. Bewertung der Konzepte
5. Verbesserung der Module unter Anwendung der DfX-Methodik

Die ersten beiden Schritte entsprechen dem klassischen Vorgehen bei der Produktentwicklung. Für die Identifizierung möglicher Module im dritten Schritt werden die Funktionsträger eines Produktes den sogenannten Modultreibern gegenüber gestellt. Die Modultreiber können dabei den verschiedenen Produktlebenszyklen zugeordnet werden. Erixon nennt hier zwölf Modultreiber aus den Bereichen Konstruktion und Entwicklung, Varianz, Produktion, Qualität, Einkauf und After-Sales.

Der Modultreiber aus dem Bereich Qualität ist beispielsweise die Möglichkeit des separaten Testens. Können die Module einzeln getestet werden und Fehler so bereits vor der Montage entdeckt werden, wird Zeit und Geld gespart. Für die Entwicklung seniorengerechter Produkte können diese noch um die Bereiche Handhabung und Anpassung erweitert werden. In der Modul Indication Matrix wird jeder Funktionsträger dahingehend bewertet, ob er, mit Blick auf den entsprechenden Modultreiber, als Modul gestaltet werden sollte. Für die Bewertung stehen die Werte 0, 1, 3 und 9 zur Verfügung, wobei höhere Werte für starke Modultreiber stehen. Am Ende wird für jeden Funktionsträger die Summe der Einzelbewertungen gebildet und die

Funktionsträger mit den höchsten Werten bilden die möglichen Module. In Bild 3 ist dieses Vorgehen beispielhaft dargestellt. Als Module bieten sich nach diesem Vorgehen die Funktionsträger 3, 4 und 7 an. Diese Module müssen in nächsten Schritt bewertet werden und letztlich unter Berücksichtigung der DfX-Kriterien ausgearbeitet werden.

		Funktionsträger 1	Funktionsträger 2	Funktionsträger 3	Funktionsträger 4	Funktionsträger 5	Funktionsträger 6	Funktionsträger 7	Funktionsträger 8	Funktionsträger 9
	Modultreiber									
Variance	Technische Spezifikation	1		9	9	3	1	3		3
Qualität	Separates Testen	3			3	9	3	3		1
Beschaffung	Beschaffung		9	3		3		1	1	
	Service/ Wartung	1	3	3				9	9	9
After Sales	Upgrading	3			9					
	Recycling			9			3		1	1
Handhabung	Handhabung	1		3	9		9		3	
Anpassung	Veränderte Funktionserfüllung	9	1	9	1			9		
Summe		18	13	36	31	15	16	25	14	14

Bild 3: MIM nach Erixon [3]

2.4 Notwendige Anpassung für die Entwicklung von Produkten für leistungseingeschränkte Personen

Die beschriebenen Ansätze liefern eine Grundlage für die Entwicklung von Produkten für leistungseingeschränkte Personen. Der Individualisierungsansatz von Lindemann beschreibt, wie die Nutzer in den Produktentwicklungsprozess integriert werden können, was für die Akzeptanz der Produkte von Bedeutung ist. Anders als beim Vorgehen nach Lindemann wird bei der Entwicklung von seniorengerechten Produkten nicht jeder Nutzer sein Produkt mit gestalten, sondern eine Gruppe von Personen mit verschiedenen Leistungseinschränkungen wird an der Entwicklung der Produkte beteiligt sein. Andernfalls wären die Kosten für die Produktentwicklung zu hoch und die Entwicklungszeit zu lang. Zudem würde es vermutlich viele Senioren überfordern und abschrecken ein Produkt selbst gestalten zu müssen. Nur wenn

Leistungseinschränkungen im Vorfeld bereits berücksichtigt werden, können die Produkte durch Nutzerintegration sinnvoll entwickelt werden.

Mit der Modul Indication Matrix (MIM) nach Erixon, können die Module identifiziert werden, die für die Anpassung der Produkte an die Leistungseinschränkungen der Nutzer hilfreich sind. Die Module, die in der MIM hohe Werte erzielen, sollten so gestaltet werden, dass sie angepasst oder ausgetauscht werden können. Bei Modulen mit niedrigen Werten entsteht bei variabler Gestaltung kein Mehrwert für das Produkt. Dabei sollte der Fokus auf den Modulen liegen, die auch in den Bereichen der Handhabung und der Anpassung hohe Werte erzielen, da diese für die Nutzbarkeit und auch die Akzeptanz der Produkte eine große Rolle spielen. Die Festlegung der Module alleine ist noch nicht ausreichend für eine seniorenrechtliche Produktentwicklung. So können zwar veränderbare und an Leistungseinschränkungen anpassbare Module festgelegt werden, allerdings sollten, um diese zu entwickeln, die Nutzer eingebunden werden, damit deren Bedürfnisse adäquat berücksichtigen zu können.

Pimmler und Eppinger beschreiben, wie Verbindungen zwischen den Elementen aufgezeigt und damit Module definiert werden können. Dieses Vorgehen ist bei der Entwicklung seniorenrechtlicher Produkte nicht unbedingt zielführend. Die Elemente, die mit dieser Methode identifiziert werden, decken sich nicht unbedingt mit denen, die für die Anpassung an Leistungseinschränkungen benötigt werden. Die Vorgehensweise kann aber insofern hilfreich sein, dass die Verbindungen der einzelnen Elemente untereinander aufgezeigt werden. Die Einflüsse, die ein Modul beim Austausch auf andere Module hat werden so sichtbar, was für die Gestaltung der Schnittstellen wichtig ist.

Werden die beschriebenen Ansätze kombiniert und um die Berücksichtigung von Leistungseinschränkungen erweitert, können Produkte entwickelt werden, die an die individuelle Leistungsfähigkeit von Personen mit alters- oder krankheitsbedingten Leistungseinschränkungen angepasst werden können. Nimmt die Leistungsfähigkeit des Nutzers ab, können die Module, die davon betroffen sind entweder angepasst oder ausgetauscht werden, so dass die Gesamtfunktion des Produkts für den Nutzer trotz zunehmender Einschränkungen erhalten und benutzbar bleibt.

3 Modularisierungsansatz für Produkte für leistungseingeschränkte Personen

Die aktuellen Trends wie Integration einer großen Anzahl von Produktfunktionen, Miniaturisierung, immer kürzeren Produktlebenszyklen, steigende Innovations- und Technologiedynamik und höhere Kundenansprüche müssen heutzutage bei der Entwicklung von Produkten Rechnung getragen werden. Diese Trends zwingen die Unternehmen zum Umdenken in der Produktentwicklung. Damit Unternehmen in Zukunft wettbewerbsfähig bleiben, muss statt einer reinen Massenfertigung eine mehr am Kunden orientierte Wettbewerbsstrategie angestrebt werden. Dazu ist die Einbindung der Endkunden bereits im Produktfindungs- und Wertschöpfungsprozess notwendig. Gerade weil das Altern ein divergenter Prozess mit sehr unterschiedlichen individuellen Ausprägungen der Alterserscheinungen ist, müssen Individualisierungsmöglichkeiten berücksichtigt werden. Zudem wird die Nutzungsbereitschaft technischer Produkte im Alter in hohem Maße durch motivale und emotionale Faktoren beeinflusst. Ohne aktive Partizipation der Älteren während der Produktentwicklung steigt das Risiko, dass das Produkt abgelehnt und nicht verwendet wird [4].

Das Ziel von Fit4Product ist es, die Belange von leistungseingeschränkten Personen frühzeitig in der Produktentwicklung zu beachten und zu verankern. Um Produkte individuell auf Leistungseinschränkungen anpassen zu können, muss diese Anpassungsmöglichkeit bereits in der Produktstruktur vorgesehen werden. Dazu wird eine geeignete Modularisierungsstrategie benötigt, die im Folgenden vorgestellt werden soll. Zuvor wird auf das Thema Berücksichtigung von Leistungseinschränkungen im Produktentwicklungsprozess genauer eingegangen. Da der Forschungsverbund sein Hauptaugenmerk auf Einschränkungen in Folge des natürlichen Alterungsprozesses legt, werden hier hauptsächlich alterstypische Einschränkungen betrachtet.

3.1 Berücksichtigung von Leistungseinschränkungen im Produktentwicklungsprozess

Die Klärung der Anforderungen ist die Grundlage für Ingenieure, um in den Entwicklungsprozess einzusteigen und entsprechende Lösungsansätze für die vorliegende Aufgabenstellung zu finden. Bei der Entwicklung von Produkten für leistungseingeschränkte Personen muss der Anforderungsklä rung ein Schritt vorgeschaltet werden. Es ist essentiell, die Anforderungen, die aus bestimmten Leistungseinschränkungen resultieren, zu erfassen. Leistungseinschränkungen können nach Biermann und Weißmantel [5] in vier

Kategorien eingeteilt werden (Bild 4). Es können Einschränkungen der Sinne wie des Sehens, Hörens, beim Tasten oder Fühlen und beim Riechen und Schmecken vorliegen. Die Verringerung der Gedächtnisleistung, der Informationsverarbeitung, der Reaktion, sowie die Koordination lassen sich unter dem Punkt Einschränkungen des Geistes zusammenfassen. Ferner können auch Einschränkungen des Körpers in der Beweglichkeit, der Kraft, der Ausdauer und Fingerfertigkeit oder der Stimme und Sprache vorhanden sein.

Aus diesen Kategorien lassen sich Einschränkungen bei sensorischen Fähigkeiten wie altersbegleitende Fehlsichtigkeit, Nachlassen des Gehörs oder durch alterstypische Erkrankungen wie einer Erkrankung an Arthritis mangelnde haptische Fähigkeiten ableiten. Besonderen Augenmerk bei der Konzeption eines Produktes für ältere Menschen muss auch auf die nachlassenden kognitiven Fähigkeiten gelegt werden, da diese ein Nachlassen in der Informationsverarbeitung, des Gedächtnisses, sowie der Reaktionsfähigkeiten und der Koordination zur Folge hat. Ebenso gibt es im Alterungsprozess körperliche Leistungseinschränkungen, die einen Einfluss auf die Beweglichkeit, die Ausdauer oder die Kraft haben, mit der ein Produkt bedient werden kann. Bei der Gestaltung von spezifischen Produkten, beispielsweise von sprachgesteuerten Kommunikationsschnittstellen, ist bei der Konzeption zu berücksichtigen, dass auch die Stimme einem Alterungsprozess [6] unterliegt.



Bild 4: Kategorisierung von Leistungseinschränkungen nach [5]

In Bild 5 wird die dargestellte Vorgehensweise zur Übersetzung von Leistungseinschränkungen in Anforderungen zeigt. Aus den Symptomen der

Erkrankungen können Leistungseinschränkungen abgeleitet werden, aus denen wiederum Anforderungen an das System abgeleitet werden können. Dies ist der Einstiegspunkt für Produktentwickler, für vorhandene Problemstellungen Lösungsansätze abzuleiten. In Kapitel 3.2.2 wird dies an dem gewählten Beispiel eines Rollators aufgezeigt. Ferner ist es für die Konzeption der Module eines Produktes wichtig, die Ausprägung einer Leistungseinschränkung zu berücksichtigen, um diese in der Gestaltung und Anpassbarkeit frühzeitig umzusetzen. Diese lassen sich in 5 Stufen klassifizieren, die wiederum mit ihrer Berücksichtigung in den Lösungsansätzen korrelieren. Wenn noch keine oder nur ansatzweise eine Leistungseinschränkung vorhanden ist und die Person noch selbständig leben kann, ist eine Unterstützung optional in das Produkt zu integrieren. Ist die Person noch in der Lage, selbstständig zu leben, benötigt allerdings auf Grund des Ausbrechens einer Erkrankung wie einer anfänglichen altersbedingten Fehlsichtigkeit leichte Unterstützung zum Beispiel in der Möglichkeit, die Schriftart zu vergrößern, wird das entsprechende Modul optional/obligatorisch in die Produktstruktur eingebunden. Bei weiterem Fortschreiten einer Leistungseinschränkung wie bei der Einschränkung von haptischen Fähigkeiten durch Arthritis, wird eine leichte Unterstützung benötigt (z.B. Anbringen von Hebelhilfen), die obligatorisch in die Produktstruktur eingebunden wird. Ist eine Leistungseinschränkung stärker ausgeprägt, so dass eine Unterstützung im Alltag benötigt wird, sind die abgeleitenden Anforderungen aus der Leistungseinschränkung stark zu priorisieren und als Teilfunktion des Produktes umzusetzen. Als Hauptfunktion müssen die Anforderungen umgesetzt werden, die aus den Leistungseinschränkungen abgeleitet werden, wenn die ältere Person aufgrund der Leistungseinschränkung nicht mehr selbständig agieren kann, sondern gepflegt werden muss.

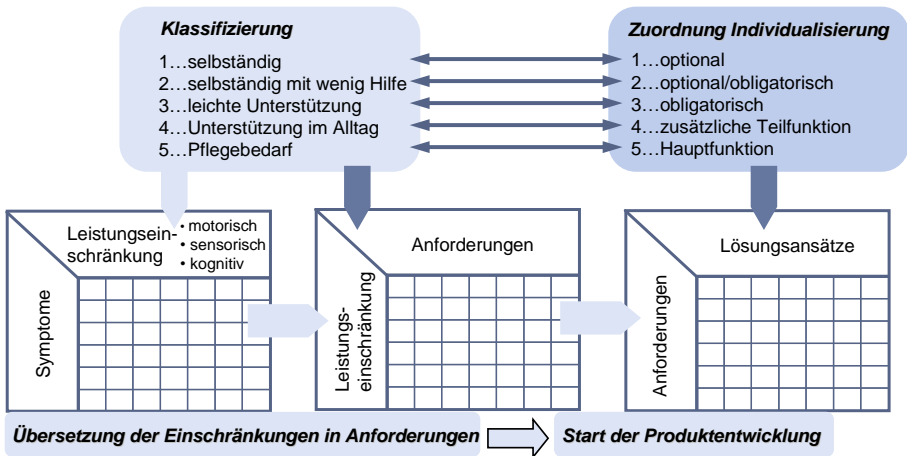


Bild 5: Vorgehensweise zur Übersetzung von Leistungseinschränkungen in Anforderungen

Da bedingt durch Krankheitsverläufe die Leistungseinschränkungen sich meist stets verschlimmern, ist es wichtig, die Produkte auf diese Gegebenheit anzupassen. Es muss möglich sein, bei einer stärkeren Ausprägung der Einschränkungen, das Produkt an die stärker ausgeprägten Leistungseinschränkungen anzupassen. Ebenso bedingt durch den Alterungsprozess treten die Leistungseinschränkungen nicht separat auf, sondern gekoppelt (Abnahme des Seh- und Hörvermögens). Auch dieser Sachverhalt muss in der Produktstrukturierung beachtet werden. Im Folgenden soll ein Modularisierungsansatz gezeigt werden, der diese Begebenheiten berücksichtigt.

3.2 Modularisierungsstrategie für Produkte für leistungseingeschränkte Personen

3.2.1 Aspekte der Modularisierung

Es ist essentiell, die Produktentwickler bei dem in Kapitel 3.1 vorgestellten Umgang mit Leistungseinschränkungen in der Produktentwicklung zu unterstützen. Die Kernkompetenz von Produktentwicklern liegt in der Lösungsfindung für spezielle Problemstellungen und in der Umsetzung von gestellten Anforderungen an ein Produkt, aber nicht in der medizinischen Erhebung von Leistungseinschränkungen. Deswegen muss der Aspekt des Umgangs mit Leistungseinschränkungen in der Produktentwicklung verankert sein und den Entwicklern entsprechende Hilfestellungen zur Verfügung gestellt werden. Im Folgenden sollen die Auswirkungen von der Berücksichtigung von Leistungseinschränkungen auf die Produktstrukturierung betrachtet werden und eine Modularisierungsstrategie für Produkte für leistungseingeschränkte Personen vorgestellt werden.

Grundlage für die vorliegende Modularisierungsstrategie ist das Vorgehen nach Lindemann bei der individualisierten Produktentwicklung, der um die Betrachtung und den Umgang mit Leistungseinschränkungen in der Produktentwicklung erweitert wird. Die weit verbreitete Konstruktionsmethodik nach Pahl/Beitz, die sich in die Schritte Planen, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten einteilen lässt, wird dahingehend angepasst, dass die Kunden explizit in die Planungs-, Konzipierungs- und Entwurfsphase mit einbezogen werden [1]. Die Phasen Konzept und Entwurf werden teilweise mehrmals durchlaufen, um dem Kunden die bereits erarbeiteten Produktdetails zu präsentieren und

nach seinen Wünschen überarbeiten zu können. Der Adaptionsprozess entspricht der Ausarbeitungsphase, in der die individuellen Kundenanforderungen ausgehend von der geplanten Produktstruktur individuell umgesetzt werden [1].

Für die Modularisierung eines Produktes werden funktionale und logische Einheiten gebildet, die austauschbar sind [7]. In Folge der Verschlechterung des Krankheitsbildes einer älteren Person, was eine stärkere Ausprägung der Einschränkungen nach sich zieht, müssen die Module weiterhin auf ihre kognitive, sensorische und motorische Nutzbarkeit hin untersucht und eingeteilt werden (Bild 6). Dies ist besonders bei den Mensch-Maschine-Schnittstellen zu beachten.

Ferner kommt der Schnittstellengestaltung eine besondere Bedeutung zu, die eine Austauschbarkeit von Komponenten, angepasst an die jeweils vorliegenden Leistungseinschränkungen ermöglichen muss. Um eine wirtschaftlich Anpassung eines Produktes an spezifische Leistungseinschränkungen zu gewährleisten, müssen die Module austauschbar und vor allem an unterschiedliche Einschränkungen anpassbar sein, so dass ein Modul in verschiedene Untermodule eingeteilt werden muss. Nach dieser Zerlegung in einzelne Komponenten, muss überprüft werden, welche der Untermodule Potentiale für eine Individualisierung aus Sicht der kognitiven, sensorischen und motorischen Nutzbarkeit haben. Im Folgenden wird anhand des Beispiels Rollators die beschriebene Vorgehensweise verdeutlicht.



Bild 6: Einteilung von Modulen

3.2.2 Modularisierung am Beispiel Rollator

Es wurde als Beispielsprodukt ein Rollator als typischer Vertreter für Produkte für leistungseingeschränkte Personen gewählt. Der Einsatz eines Rollators erhöht die Mobilität von älteren Personen, die Probleme mit der selbständigen Fortbewegung haben. Der Rollator soll so an die Bedürfnisse der Nutzer angepasst werden können, dass er von verschiedenen Personen mit unterschiedlichen Leistungseinschränkungen verwendet werden kann. Ferner soll eine Anpassung an mehrere Leistungseinschränkungen vorgesehen werden. Es soll aber auch möglich sein, den Rollator bei veränderten Leistungseinschränkungen an einen Nutzer anpassen zu können, damit bei fortschreitender Krankheit oder Alterung kein neues Gerät, sondern lediglich neue Module angeschafft werden müssen. Ausgehend von der in Bild 5 dargestellten Vorgehensweise müssen vor Beginn der eigentlichen Produktentwicklung die Nutzer identifiziert werden und die dazugehörigen Krankheitsbilder. In dem folgenden Beispiel soll auf zwei Nutzer eingegangen werden. Nutzer A ist 68 Jahre alt, hatte eine Hüft-OP und leidet an alterstypischen Erscheinungen wie Nachlassen des Hör-, Sehvermögens und an Arthritis. Der 84-jährige Nutzer B verlässt seine Wohnung nicht mehr, da er sehr unsicher auf den Beinen ist. Er verwendet den Rollator ausschließlich in seiner barrierefreien Wohnung. Es folgt die Ableitung der relevanten Leistungseinschränkungen, indem aus den vorliegenden Krankheitsbildern die relevanten in Bild 4 aufgeführten Leistungseinschränkungen abgeleitet werden. In diesem Beispiel führt die Begebenheit „Hüft-OP“, „Nachlassen des Hör-, Sehvermögens“ und „Arthritis“ dazu, dass körperliche Einschränkungen in der Beweglichkeit, Kraft, Ausdauer, Fingerfertigkeit, beim Hör- und Sehvermögen vorliegen. Den Produktentwicklern müssen diese Informationen vor Start der Produktentwicklung vorliegen, damit sie diese geeignet in der Gestaltung der Produktstruktur umsetzen können.

Anforderungen Leistungseinschränkungen		Geringes Gewicht	Bequemer Sitz	Höhenverstellbarkeit der Griffe	Winkelverstellbarkeit der Griffe	Austauschbarkeit der Griffaufsätze	Ablagemöglichkeit für Taschen	Einfache Montage/Demontage der Räder	Einfaches Zusammenklappen zum Transportieren	...
		Sinne	Sehen							↑
Hören										
Tasten/Fühlen			↑			↑		↑	↑	
Riechen/Schmecken										
Körper	Beweglichkeit	↑		↑	↑	↑				
	Kraft	↑					↑	↑	↑	
	Ausdauer	↑	↑				↑			
	Fingerfertigkeit					↑		↑	↑	
	...									

Legende: ↑ Leistungseinschränkung bedingt Anforderung

Bild 7: Zuordnung/Ableitung von Leistungseinschränkungen zu Anforderungen am Beispiel eines Rollators

Gemäß der vorgestellten Vorgehensweise kann nun die Matrix zur Zuordnung/Ableitung von Leistungseinschränkungen zu Anforderungen ausgefüllt werden. In Bild 7 ist die Matrix auszugweise für das Beispiel Rollator dargestellt. Ausgehend von den vorliegenden Einschränkungen wurden die Anforderungen an einen Rollator abgeleitet, die sich aus der sensorischen und motorischen Nutzbarkeit ergeben. Durch diese systematische Aufgliederung der Leistungseinschränkungen und der dazugehörigen Anforderungen, können die Auswirkungen einer Veränderung in einer Einschränkung nachvollzogen werden. So wird den Entwickler transparent gemacht, wie sich beispielsweise eine Verschlechterung der Ausdauer einer Person auf die Anforderungen und letztlich auf die Lösungsansätze auswirkt. Diese Aufgliederung ist essentiell für die Findung einer geeigneten Modularisierungsstrategie.

Nach der Klärung der Anforderungen ist es notwendig, das Produkt in geeignete Module zu zerlegen, sowie deren Abhängigkeiten untereinander zu untersuchen. Dazu können die in Kapitel 2 beschriebenen Methoden, die Matrix von Pimpler und Eppinger, die MIM nach Erixon herangezogen werden. Die Matrix in Bild 8 zeigt die Methode nach Pimpler und Eppinger für einen Rollator. Ebenso wurde die MIM nach Erixon für das vorliegende Beispiel ausgefüllt (Bild 9).

		1	2	3	4	5	9	10	6	8	7
Gestell	1		2 0 0 0	2 0 0 0	2 0 0 0	2 0 0 0		2 0 0 0	2 0 0 0		2 0 0 0
Vorderräder	2	2 0 0 0		-2 0 0 0		0 0 2 0	1 0 2 0	2 0 0 0	-2 0 0 0	-2 0 0 0	-2 0 0 0
Hinterräder	3	2 0 0 0	-2 0 0 0			-2 0 0 0	-1 0 0 0	-2 0 0 0	-2 0 0 0	-2 0 0 0	-2 0 0 0
Griffe	4	2 0 0 0				2 0 0 0	1 0 0 0				
Bremshebel	5	2 0 0 0	0 0 2 0	-2 0 0 0	2 0 0 0		1 0 0 0	0 0 2 0			
Bremsleitung	9		1 0 2 0	-1 0 0 0	1 0 0 0	1 0 0 0		1 0 1 0			
Bremsbacken	10	2 0 0 0	2 0 0 0	-2 0 0 0		0 0 2 0	1 0 1 0				
Sitzfläche	6	2 0 0 0	-2 0 0 0	-2 0 0 0						-1 0 0 0	-1 0 0 0
Abdeckung Korb	8		-2 0 0 0	-2 0 0 0						-1 0 0 0	2 0 0 0
Korb	7	2 0 0 0	-2 0 0 0	-2 0 0 0						-1 0 0 0	2 0 0 0

Modul
Griff-Bremse

Modul
Sitz-Korb

Räumlich: R E : Energie
Information: I M : Material

Bild 8: Matrix nach Pimmler und Eppinger für einen Rollator

Durch diese methodischen Herangehensweise ist für den Rollator folgende Erkenntnisse zu gewinnen: Aus der Matrix nach Pimmler und Eppinger und der MIM nach Erixon lässt sich ablesen, dass sich die Griffe und das Bremsystem, sowie die Sitzfläche und der Korb als Module anbieten. Das Gestell des Rollators hat Verbindungen zu fast allen anderen Elementen des Rollators. Es wird deshalb keinem Modul zugeordnet. Bei Veränderungen am Gestell muss immer der Einfluss auf die übrigen Elemente und Module berücksichtigt werden.

Bereich	Modultreiber	Gestell	Vorderräder	Hinterräder	Griffe	Bremshebel	Sitzfläche	Korb	Abdeckung Korb	Bremsleitung	Bremsbacken
Varianz	Technische Spezifikation	1	9	3	9	3	1	3	0	1	1
Qualität	Separates Testen	1	3	1	0	0	0	0	0	1	3
Beschaffung	Beschaffung	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
After Sales	Service/ Wartung	0	9	9	3	3	0	0	0	3	3
	Upgrading	0	9	9	9	3	3	0	0	3	9
	Recycling	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Handhabung	Handhabung	1	9	3	9	3	1	1	0	0	0
Anpassung	Veränderte Funktionserfüllung	1	9	3	9	9	0	0	0	0	0
Summe		4	49	29	40	23	6	5	0	8	17

Bild 9: MIM nach Erixon für einen Rollator

Die Einteilung der Module erfolgt nach der Klärung der gegenseitigen Abhängigkeiten folgendermaßen: Gestell, Räder, Bremsen, Sitz, Griffe, Korb (Bild 10). Die Klärung der Abhängigkeiten muss auf der Ebene der Untermodule weitergeführt werden, um die Potentiale der Individualisierung aufzudecken. Beispielsweise kann das Modul „Bremsen“ in die Untermodule „Bremshebel“, „Feststellmechanismus“, „Bremsleitung“, „Befestigungseinheit“ und „Bremsbacken“ eingeteilt werden. Nun ist zu überlegen, welche Bindungen zwischen den Untermodulen sehr groß sind und ferner, welche Auswirkungen die Individualisierung dieser auf Modulebene hat. Im Fokus der sensorischen, kognitiven und motorischen Nutzbarkeit sind das beim Modul „Bremsen“ der „Bremshebel“ und der „Feststellmechanismus“.

Nach dem vorgestellten Vorgehen (Bild 5) müssen nun die in Bild 7 aufgeführten Anforderungen an den Teilmodulen beachtet und in geeignete Lösungen umgesetzt werden. Liegen beispielsweise haptische und motorische Einschränkungen vor, kann als Lösung zur einfacheren Bedienung der Bremshebel in die Griffe integriert werden. Diese müssen an haptische Einschränkungen angepasst werden und je nach Größe, Gewicht und Körperhaltung der Person auch in der Höhe und im Winkel verstellbar sein. Der Feststellmechanismus muss auf die jeweiligen Benutzer in Bezug auf den benötigten Kraftaufwand anpassbar sein. Außerdem muss der Feststell-

mechanismus so am Rollator platziert werden, dass auch Personen, die einen sehr eingeschränkten Greifradius oder Probleme mit dem Gleichgewicht halten (kein Fußpedal) haben, diese Funktion nutzen können. Damit die Module problemlos ausgetauscht werden können, müssen die Schnittstellen betrachtet werden. Am Beispiel der Griffe und Bremshebel bedeutet das, dass der Durchmesser der Rohre, an denen sowohl Griffe als auch Bremshebel montiert werden gleich sein muss. Das gilt auch für verschiedene Varianten des Griffs (Bild 11), damit trotzdem für alle Griffe derselbe Bremshebel verwendet werden kann.



Bild 10: Module eines Rollators

In Bild 11 sind zwei mögliche Ausprägungen des Moduls Griff abgebildet. Links im Bild ist ein ergonomisch geformter Handgriff zu sehen. Dieser kann bei nachlassender Kraft in den Händen und Handgelenken durch eine Unterarmstütze (rechts im Bild) ersetzt werden, bei der der gesamte Unterarm aufgelegt und somit eine größere Stützwirkung erzielt werden kann.



Bild 11: Handgriff und Unterarmauflage als Varianten des Moduls Griff

4 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde eine Modularisierungsstrategie für Produkte für leistungseingeschränkte Personen vorgestellt. Dazu wurden die bereits vorhandenen Ansätzen und Methoden um die Betrachtung und den Umgang mit Leistungseinschränkungen in der Produktentwicklung erweitert. Es werden für identifizierte Nutzergruppen die entsprechenden vorliegenden Einschränkungen analysiert und den Produktentwicklern als Anforderungen bereitgestellt. Diesen gilt es bei der Findung von Modulen und Definition von Schnittstellen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Denn durch die erweiterte Betrachtung der Module nach sensorischer, kognitiver und motorischer Nutzbarkeit sind ein wirtschaftliche Austauschbarkeit und Anpassung der Module an den Grad der Leistungseinschränkung gegeben. Weiterhin ist der vorgestellte Ansatz an verschiedenen Produktgruppen zu evaluieren.

Ein besonderer Dank der Autoren gilt der Bayrischen Forschungstiftung für die Förderung des Forschungsverbundes Fit4Age.

Literatur

- [1] Lindemann, U. et al.: "Individualisierte Produkte - Komplexität beherrschen in Entwicklung und Produktion", Springer-Verlag, Berlin, 2006

-
- [2] Pimpler, U.; Eppinger, S.: "Integration Analysis of Product Decompositions", Proceedings of the 6th Design Theory and Methodology Conference, New York, 1994
 - [3] Erixon, G.: "Modular Function Deployment (MFD), Support for Good Product Structure Creation", Proceedings of the 2nd WDK Workshop on Product Structuring, Delft, 1996
 - [4] Oppenauer, C; et al: Psychologische Evaluation des „Safety Assistant for the Elderly. Beitrag in Maier , E. (HRSG.) : Seniorengerechte Schnittstellen zur Technik,Zusammenfassung der Beiträge zum Usability Day VI, 16. Mai 2008. Pabst Science Publ., 2008.
 - [5] Biermann, H.; Weißmantel, H.: Regelkatalog SENSI-Geräte – Bedienungsfreundlich und barrierefrei durch das richtige Design. 2003
 - [6] Mwangi, S.; Spiegl, W.; Hönig, F.; Haderlein, T.; Maier, A.; Nöth, E.: Effects of Vocal Aging on Fundamental Frequency and Formants, In: Proceedings, International Conference on Acoustics NAG/DAGA, Rotterdam, 2009
 - [7] Ulrich, K.: The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm. In: Research Policy, Band 24, Number 3. Cambridge, 1995