

## **Modulare Strukturen methodisch in Unternehmen umsetzen – Entwicklung von Standardumfängen und Integration von Erfahrungswissen**

Sandra Eilmus, Gregor Beckmann und Dieter Krause  
*Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik  
Technische Universität Hamburg-Harburg*

The integrated PKT-approach for developing modular product families aims at the methodical development of maximum external product variety using the lowest possible internal process and component variety. This contribution proposes two approaches how to establish modular structures derived by using the PKT-approach within a company in order to capitalize from the benefits modular structures offer. The first approach deals with the methodical development of standardized hardware for use throughout the corporate product program in order to gain lot size effects. How to make use of the expected benefits of modular structures in all product life phases by using knowledge management tools is topic of the second proposed approach.

### **1 Einleitung**

Um individualisierte Produkte zu wettbewerbsfähigen Preisen anbieten zu können, sind Unternehmen vor die Herausforderung gestellt, dem Kunden eine möglichst große externe Angebotsvielfalt anzubieten und diese aus einer möglichst kleinen internen technischen Produkt- und Prozessvielfalt zu erzeugen. Zur Reduktion der internen Vielfalt haben sich verschiedene Ansätze entwickelt, wie z.B. die Entwicklung modularer Produktfamilien [1]. In vielen Firmen beobachten wir, wie dieser methodische Ansatz und andere Ansätze

---

zur Reduktion der internen Vielfalt durch modulare Strukturen innerhalb einzelner Projekte erfolgreich angewendet werden.

Für einen Schritt über einzelne Projekte hinaus zur Etablierung und kontinuierlichen Umsetzung dieses Vorgehens in den Unternehmenskontext fehlen bisher allerdings methodische Vorgehensweisen. Eine Perspektive ist hier der Blick über eine Produktfamilie hinaus in das Produktprogramm: Wie können Standardumfänge nicht nur innerhalb einzelner Produktfamilien, sondern darüber hinaus aus modularen Strukturen abgeleitet werden? Welche Möglichkeiten gibt es, Bedarfe nach Individualisierung und Standardisierung produktprogrammweit abzuwägen oder durch konstruktive Lösungen gleichermaßen ausreichend zu erfüllen? Zum anderen wird die kontinuierliche Umsetzung über die Lebensphasen des Produktes betrachtet: Wie kann sichergestellt werden, dass die Vorteile, die man in der Produktentwicklung durch modulare Strukturen erreichen wollte, in allen Lebensphasen umgesetzt und genutzt werden? Wie kann die Erfahrung in diesen Lebensphasen kontinuierlich in die Entwicklung von Nachfolgeprodukten einfließen? Für beide Perspektiven werden zurzeit Lösungskonzepte entwickelt, die den bestehenden Ansatz des Instituts zukünftig erweitern werden. Nach einer kurzen Beschreibung des bestehenden Ansatzes wird zunächst die Methodenerweiterung auf das Produktprogramm und anschließend die Erweiterung auf die Lebensphasen vorgestellt.

## **2 Der integrierte PKT-Ansatz zur Entwicklung modularer Produktfamilien**

Der integrierte PKT-Ansatz zur Entwicklung modularer Produktfamilien besteht aus einem methodischen Baustein zur Variantengerechten Produktgestaltung [2] und einem Baustein zur Lebensphasenmodularisierung [3] und wird derzeit durch weitere in der Entwicklung stehende Bausteine erweitert [1]. Die beiden bestehenden Bausteine wurden im Rahmen der Promotionsprojekte von Thomas Kipp und Christoph Blees entwickelt und in diversen Projekten angewendet. Das Ziel der variantengerechten Produktgestaltung ist es, Produktfamilien dem Idealbild variantengerechter Produkte anzunähern, z.B. indem Standard- und variante Anteile voneinander entkoppelt werden und eine 1:1-Zuordnung von differenzierenden Eigenschaften und Komponenten erzielt wird. Durch die Lebensphasenmodularisierung werden modulare Strukturen entwickelt, die das Nutzen von Vorteilen modularer Eigenschaften in allen Lebensphasen unterstützen sollen. Hier steht es nicht im Vordergrund eine modulare Struktur zu definieren, sondern mehrere den Lebensphasen entsprechende und diese aufeinander abzustimmen. Hintereinander ausgeführt beinhalten diese beiden Bausteine die Schritte der Zieldefinition, Ist-

---

Aufnahme, Variantengerechten Produktgestaltung, Technisch-funktionale und produktstrategische Modularisierung, Zusammenführung, Konzeptbewertung und –auswahl und Ableitung der Baustruktur. An der Durchführung dieses Vorgehens orientieren sich beide in Abschnitt 3 und 4 vorgestellten Ansätze.

### **3 Umsetzung modularer Strukturen im Produktprogramm durch Standardumfänge**

In verschiedenen Unternehmen werden Ansätze zur Entwicklung modularer Strukturen in Produktfamilien verfolgt, um zunehmender externer Varianz mit geringerer interner Varianz als bisher begegnen zu können. Zusätzlich zu diesen produktfamilieninternen Aktivitäten werden produktfamilienübergreifende Strategien verfolgt, um produktprogrammweit die interne Varianz durch das Umsetzen von Standardumfängen auf Basis modularer Strukturen zu reduzieren. Diese produktfamilieninternen und produktprogrammweiten Aktivitäten finden zumeist in unterschiedlichen organisatorischen Einheiten der Unternehmen statt. Bei einem Hersteller von Flurförderzeugen gibt es beispielsweise Bemühungen, das Ableiten von Varianten kostenoptimiert und in kürzerer Zeit als bisher durch die Entwicklung von Plattformen in den verschiedenen Produktfamilien zu ermöglichen. Gleichzeitig wurde außerhalb der Entwicklungsabteilungen dieser Produktfamilien eine zentrale Abteilung geschaffen, die Standardumfänge in Form sogenannter Konzernkomponenten entwickeln und in Verwendung innerhalb der Produktfamilien bringen soll. Die Identifikation entsprechender Umfänge mit Standardisierungspotenzial fällt allerdings schwer, weil große Teile der möglichen Umfänge innerhalb der Produktfamilien produktfamilienspezifisch optimal in die eigene Plattform integriert werden sollen. Eine Standardisierung über die Produktfamilien hinaus wird als störend bei der Entwicklung der eigenen Plattform empfunden. Um diesem Problem begegnen zu können, wurde in dem beschriebenen Unternehmen eine erste Fallstudie durchgeführt. Diese Fallstudie hatte zum Ziel

- ein Verständnis für Herausforderungen und Probleme bei der Entwicklung von Standardumfängen zu entwickeln (3.1),
- Möglichkeiten zur Nutzung des integrierten PKT-Ansatzes zu prüfen, um dem Unternehmen mit bekannten Werkzeugen begegnen zu können (3.2) und
- Bedarfe für weitere Literaturrecherche und zukünftige Forschungsaufgaben zu verstehen (3.3).

---

### 3.1 Komponenten im Spannungsfeld von Standardisierung und Differenzierung

Bevor in diesem Abschnitt beschrieben wird, warum die Entwicklung von Standardumfängen industrielle Unternehmen noch immer bzw. zunehmend herausfordert und wie die Produktentwicklung dem begegnen kann, werden zuerst begriffliche Grundlagen dargelegt.

#### 3.1.1 Begriffliche Grundlagen und Bezug zur Fachliteratur

Die Nutzung von Standardumfängen findet in der Literatur verschiedene Bezeichnungen. Während bei Erixon in [4] „Common units“ Bauteile, Komponenten oder Module beschreiben, die im gesamten Produktprogramm verwendet werden, wird von Hansen, Andreasen et al. in [5] „Reuse“ von Komponenten und Strukturen als Vorteil der Modularisierung aufgezeigt. Diese Wiederverwendung von Komponenten bezeichnet Dellanoi in [6] als Komponentenkommunalität. Der Begriff Kommunalität wird in diesen Quellen unterschiedlich verwendet. Während bei Dellanoi [6] Kommunalität zwar im Sinne einer „Schaffung sinnvoller Ähnlichkeiten der Produkte innerhalb einer Familie“ verstanden wird, bezieht sich die Komponentenkommunalität auf eine reine Gleichteileverwendung. Andreasen et al. [7] verwenden den Begriff Kommunalität für technische Lösungen, die Varianten für ein spezifisches System identisch wirken lassen. Ein solches System kann z.B. das Produktionssystem sein. Da es in diesen betrachteten Quellen hauptsächlich um die Entwicklung variantenreicher Produktfamilien und modularer Strukturen geht und die Nutzung standardisierter Umfänge einer von mehreren Aspekten darin ist, finden sich in diesen Quellen keine Methoden, die explizit bei der Entwicklung von Standardumfängen unterstützen. Da diese beschriebene erste Fallstudie dazu beitragen soll, ein Verständnis der Situation zu entwickeln, das dazu beiträgt, sich in bestehende Begrifflichkeiten und Methoden einordnen zu können, wurde zu Beginn darauf verzichtet sich für eines der oben geschilderten Begrifflichkeitskonzepte zu entscheiden. Stattdessen wird in diesem Beitrag der Begriff Standardumfang verwendet. Im integrierten PKT-Ansatz zur Entwicklung modularer Produktfamilien werden Standardkomponenten als solche Komponenten bezeichnet, die in allen betrachteten Varianten Verwendung finden. Angelehnt an diesen Begriff bezeichnet der Begriff Standardumfänge Bauteile, Komponenten oder Module, die in allen betrachteten Varianten Verwendung finden.

### 3.1.2 Unternehmensspezifische Standardisierungs- und Differenzierungsbedarfe

Die Entscheidung, ob eine Komponente standardisiert oder differenziert innerhalb einzelner Produktfamilien entwickelt wird, hängt von verschiedenen unternehmens- und produktspezifischen Faktoren ab. So weisen Argumente, die auf Stückzahleffekte und geringe Komplexität unternehmensinterner Prozesse verweisen, auf die Standardisierung einer Komponente als optimale Lösung. Zur Differenzierung bewegen Argumente, die eine optimale Anpassung an das Einzelprodukt sowohl aus Kosten- als auch aus Nutzersicht verweisen. Am Beispiel einer Komponente im Bedienfeld von Flurförderzeugen sind diese verschiedenen Argumente, die häufig in scheinbar widersprüchliche Richtungen weisen in Bild 1 dargestellt.



Bild 1: Beispiele für unternehmensspezifische zum Teil scheinbar widersprüchliche Bedarfe

Diese Argumente sind auf verschiedene Bedarfe und ihre Ausprägung im Unternehmen zurückzuführen, die mit der Unternehmens- bzw. Produktstrategie zusammenhängen. So wird für ein Produkt im Premiumsegment, dessen Kunden Wert auf exklusives Produktdesign legen, das Argument für ein differenziertes Komponentendesign besonderes Gewicht haben. Für ein Unternehmen, das besonders Produkte für den Massenmarkt anbietet, haben Stückzahleffekte einen besonderen Wert, um möglichst viele Kunden durch konkurrenzfähige Preise anziehen zu können.

Für die Entwicklung von Standardumfängen sind diese Argumente, die in Bild 1 als ziehende Kräfte dargestellt sind, Faktoren, die verstanden werden müssen, um bedarfsgerecht zu standardisieren. Es muss ein Verständnis dafür gewonnen werden, welche dieser Faktoren wie wichtig im Zusammenhang des Unternehmens sind und welche produkt- und marktstrategischen Begrün-

dungen hinter diesen Faktoren stehen. Warum würde bei manchen Produkten eine Überdimensionierung von Komponenten zu große Nachteile im Pricing bedeuten? Welche Produktionsprozesse sind es genau, in denen eine Differenzierung nicht verträglich abgefangen werden kann? Auf Basis dieser Faktoren eine Entscheidung zu treffen, dass standardisiert oder nach Belieben differenziert wird, würde dazu führen, dass verschiedene dieser ziehenden Kräfte nicht beachtet werden sondern zu Gunsten stärkerer ziehender Kräfte nachgeben müssen. Da aber alle dieser Faktoren einen berechtigten Hintergrund im Unternehmen haben, würde das bedeuten verschiedene Unternehmensinteressen auszuklammern und nicht zu verfolgen. Eine bedarfsgerechte Standardisierung hingegen zielt auf eine Lösung ab, in der alle dieser Faktoren Berücksichtigung im Maße ihrer „Zugkraft“ im Unternehmen finden.

### 3.1.3 Mögliche bedarfsgerechte Lösungen der Produktentwicklung

Ist ein Verständnis für die unternehmensspezifisch bedarfsgerechte Ausrichtung zwischen Standardisierung und Differenzierung entwickelt worden, so können entsprechende Lösungsstrategien verfolgt werden. Mögliche Strategien sind in Bild 2 beispielhaft aufgeführt. Sie beinhalten, dass, sofern man sich für keine komplette Standardisierung der Komponente entscheidet, Varianten zugelassen werden, die aber durch ihre Gestaltung Standardisierung in unterschiedlich großem Umfang ermöglichen (vgl. Kommunalität nach Andreasen [7]). Bei einem hohen Differenzierungsbedarf (Bild 2, links) ist es beispielweise möglich durch eine vorteilhafte Gestaltung der Komponentenvarianten kommunale Prozesse zu ermöglichen, so dass standardisierte (Teil-) Prozesse die Aufwände in der Herstellung der Variante reduzieren. Eine weitere Lösung wäre, Schnittstellen zum Produkt, im Fall des Beispiels zum Flurförderzeug, zu standardisieren. So werden Stückzahleffekte bei den Bauteilen, die die Schnittstellen bilden, erzeugt und Lernkurveneffekte bei der Montage und im Service ausgenutzt. Ein größerer Umfang an Standardteilen ist möglich, wenn die Komponentenvarianten aus einem Baukasten konfiguriert werden können. Eine weitere Lösung unter Nutzung eines größeren Standardumfangs wäre eine Basiskomponente zu entwickeln und diese mit entsprechenden Elementen zum Upgrade für umfangreichere Varianten zu versehen. Diese Lösung würde es z.B. ermöglichen, die Differenzierung im Produktionsprozess möglichst nach hinten zu verlagern (Postponement).

Im Rahmen des Projektes zur Standardisierung einer Bedienfeldkomponente für Flurförderzeuge wurde die Lösungsstrategie gewählt, Komponenten zu konfigurieren. Dies beinhaltet die Entwicklung eines entsprechenden Baukastens, der im Weiteren als Komponentenfamilie bezeichnet wird.



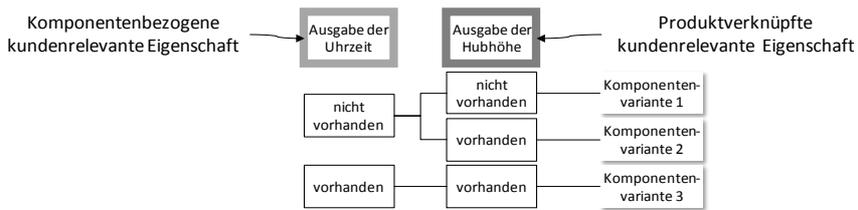


Bild 3: Aufnahme der externen Vielfalt mit Beispielen komponentenbezogener und produktverknüpfter Eigenschaften

Nach der Analyse der externen Vielfalt wird die interne Vielfalt auf Ebene der Funktionen, Wirkprinzipien und Bauteile der Komponente analysiert. Diese werden im Variety Allocation Modell (VAM) dargestellt, um sie dann dem Idealbild variantengerechter Produkte anzunähern.

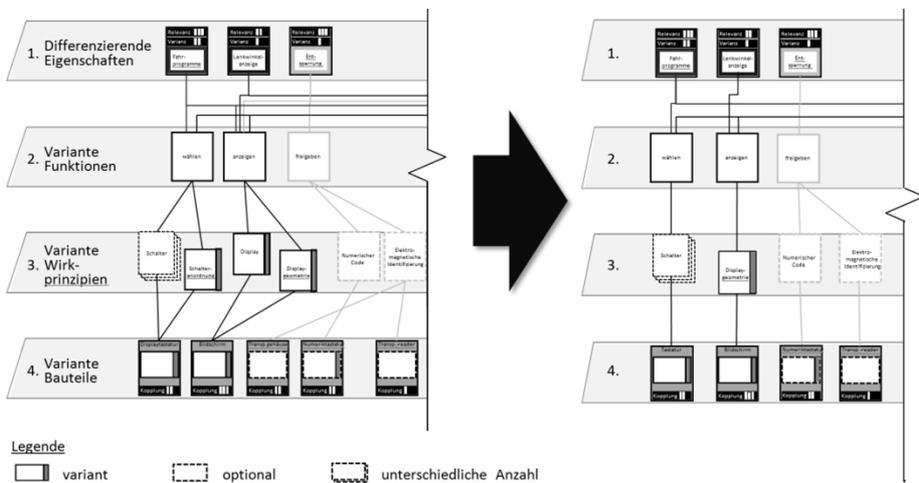


Bild 4: VAM vor (rechts) und nach (links) der variantengerechten Gestaltung

In Bild 4 erkennt man, dass es nicht vollständig gelungen ist, eine 1:1-Zuordnung von der 1. Ebene der Eigenschaften zur 4. Ebene der Bauteile zu erreichen, da besonders zwischen der 1. und 2. Ebene noch multiple Verknüpfungen vorliegen. Dies ist unter anderem darin begründet, dass viele produktverknüpfte Eigenschaften die Komponenten beeinflussen. Diese produktverknüpften Eigenschaften weisen durch die Betrachtung mehrerer Produktfamilien eine sehr große Vielfalt auf. Um hier einen Überblick über die geforderte externe Varianz und mögliche Standardisierungspotenziale zu be-

kommen, werden die Eigenschaften und ihre Ausprägungen in eine tabellarische Darstellung übertragen, die das Erkennen gleicher geforderter Ausprägungskombinationen ermöglicht. Auf diese Weise kann eine erste Standardisierung erfolgen, indem geforderte Eigenschaftsausprägungen gleicher oder ähnlicher Kombination zu Konfigurationsstufen zusammengefasst werden (Bild 5).

Im nächsten Schritt werden im Carry-over Chart die Eigenschaftsausprägungen durch Pfeile verbunden, die über die Konfigurationen hinweg gleich sind. Hier sieht man, wo Standardisierungspotenzial zwischen den Konfigurationen besteht, da gleiche Eigenschaften gefordert werden (Bild 6, links).

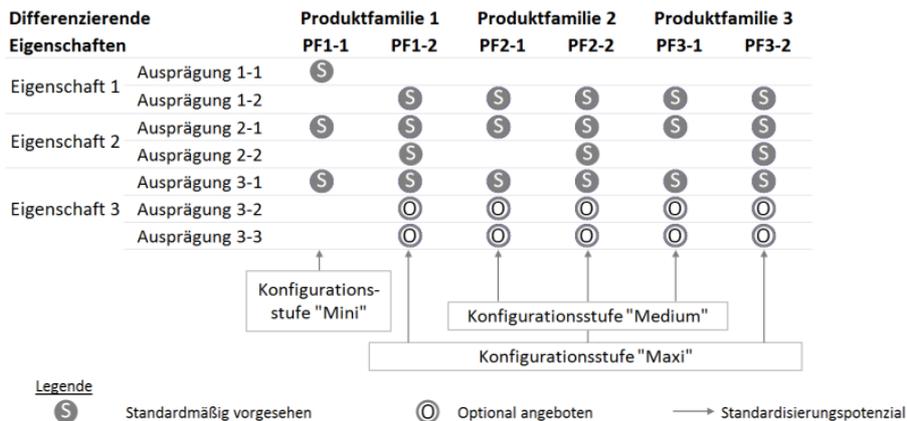


Bild 5: Erkennen möglicher Konfigurationsstufen im Carry-over Chart

Diese Betrachtung im Carry-over Chart ergänzt die Betrachtung im VAM an den Stellen, wo durch den großen Einfluss produktverknüpfter Eigenschaften keine komplette Entkopplung von Standardanteilen möglich ist. Hier kann man analysieren, wo ähnliche Konfigurationen oder zumindest einige gemeinsame Eigenschaften Potenzial zur Standardisierung über einige Konfigurationsstufen bieten. Das Carry-over Chart kann während der Lösungsfindung am VAM begleitend ebenfalls für die Ebenen der Funktionen Wirkprinzipien und Komponenten aufgestellt werden, um bei der Lösungsfindung zu verfolgen, welche Lösungen eine Verwirklichung des Standardisierungspotenzials ermöglichen. Bild 6 (rechts) zeigt das Carry-over Chart auf Ebene der Bauteile. Im betrachteten Beispiel war eine Überführung der Bauteile 1-3 nicht zweckmäßig, da diese Bauteile von besonders vielen produktbezogene Eigenschaften beeinflusst wurden, die große Unterschiede zur Maxi-Stufe aufwiesen.

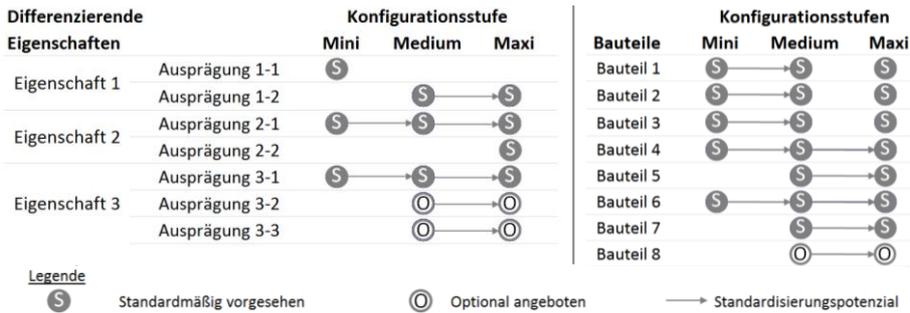


Bild 6: Standardisierungspotenzial zwischen den Konfigurationsstufen auf Ebene der kundenrelevanten Eigenschaften (links) und der Bauteile (rechts)

Analog zur Entwicklung modularer Produktfamilien wird auch bei der Entwicklung von Komponentenfamilien eine Lebensphasenmodularisierung durchgeführt, um Bauteile angepasst an die Lebensphasen der Komponenten zu Modulen zusammenzufassen. Dies ist im Module Process Chart (MPC) in Bild 7 dargestellt. Da auch diese Darstellung bisher nicht die Möglichkeit bietet, die einzelnen Konfigurationen über die Lebensphasen nachzuverfolgen, kann an dieser Stelle das Carry-over Chart der Bauteile hinzugezogen werden.

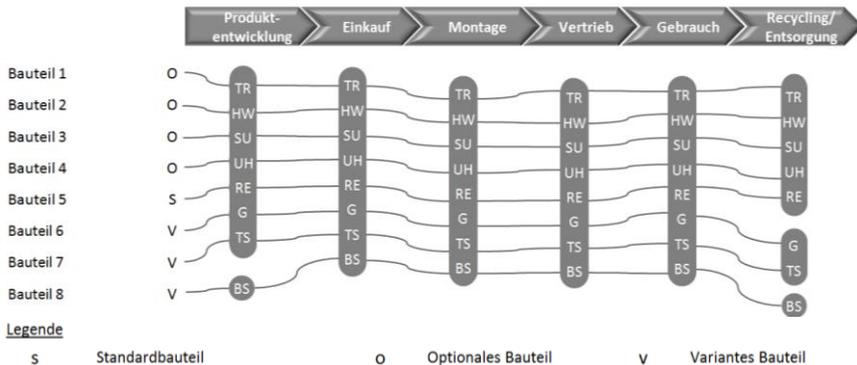


Bild 7: MPC der betrachteten Komponentenfamilie

Das beschriebene erstmalig angewendete Vorgehen zur Entwicklung modularer Komponentenfamilien führt auf eine Komponentenfamilie, in der die erforderlichen Komponenten zum Einsatz in 5 Produktfamilien mit diversen Flurförderzeugvarianten konfiguriert werden können (Bild 8). Dazu stehen die drei beschriebenen Konfigurationsstufen als Komponentenvarianten zur Verfügung sowie eine zusätzliche kombinierbare optionale Komponente. An die-

sem Beispiel ist zu erkennen, dass Standardisierung im gesamten Produktprogramm nicht durch bloße Gleichteilennutzung zu erzeugen ist.

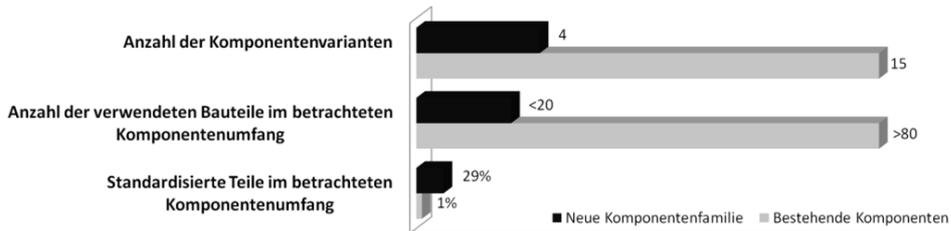


Bild 8: Vergleich einer neuen Komponentenfamilie gegenüber den betrachteten bestehenden Komponenten

Nur 29% der Teile sind in jedem der betrachteten Flurförderzeuge verbaut. Dennoch werden statt zuvor 15 nur noch 4 Komponenten verbaut, die aus weniger als 20 statt bisher mehr als 80 Bauteilen bestehen. Die Ziele höhere Stückzahleffekte zu erzielen und weniger Sachnummern zu pflegen wurden auf diese Weise erreicht ohne die Anpassung anwendungsspezifischen Anforderungen oder Erwartungen von Premiumkunden zu vernachlässigen.

### 3.3 Zukünftige Forschungsaufgaben

Die Ergebnisse der Anwendung des integrierten PKT-Ansatzes zur Entwicklung modularer Produktfamilien zeigen, dass dieser Ansatz dem Ziel höherer Stückzahlen durch das Nutzen von Standardumfängen genügt. Dennoch besteht Bedarf zur weiteren Evaluierung und Weiterentwicklung. Um parallel zur Arbeit mit VAM und MPC einen Überblick über Konfigurationen zu haben, wurde das Carry-over Chart entwickelt. Ein Ziel bei der Weiterentwicklung des Ansatzes soll es sein, die Informationen aus VAM und MPC jeweils um die des Carry-over Chart zu erweitern. Dabei ist besonders beim VAM eine Vereinfachung der bisherigen Darstellung zu erzielen, um die Übersichtlichkeit zu wahren. Eine Fortsetzung der Literaturrecherche im Bereich Gleichteile und Standardisierung soll helfen, den Ansatz auf Schwächen zu prüfen und durch Integration von Elementen bestehender Ansätze auszubauen. Im Besonderen soll recherchiert werden, wie in anderen Methoden die Information, die hier im Carry-over Chart dargestellt wurde, behandelt wird.

Die in Abschnitt 3.1.3 vorgestellten möglichen Lösungen werden in der Fachliteratur teilweise als verschiedene Formen von Kommunalität bezeichnet. Das Lösungsfeld zur Ausbalancierung von Standardisierung und Differenzier-

Die Forschung soll zukünftig tiefgreifender recherchiert werden und in den methodischen Ansatz integriert werden. Da es sich hier nicht nur um die Nutzung von Standardumfängen handelt, sondern z.B. auch um die Vorbereitung des Produktes für Prozesskommunalität, wird für die zukünftige Forschung der Begriff Standardumfänge auf Kommunalität ausgeweitet.

Zu Beginn des Abschnitt 3 wurde beschrieben, dass es in einigen Unternehmen Produktstrukturansätze wie die Plattformentwicklung sind, die das flächige Definieren und Umsetzen von Standardumfängen erschweren. Hier stellt sich die Frage, ob sich verschiedene Aktivitäten zur Reduktion interner Varianz über das gesamte Produktprogramm betrachtet stören können. Ein Beispiel hierfür ist schematisch dargestellt. Hier wird angenommen, dass bestimmte Produktstrukturen gewisse Vorteile modularer Strukturen ermöglichen und andere Vorteile schlechter zur Geltung bringen. Kann dieser Zusammenhang nachgewiesen werden? Wie sähe in dem Fall eine anhand der Unternehmensziele abgestimmte Produktstrukturstrategie aus, durch die man die im Unternehmenskontext wichtigen Vorteile adäquat erzielt? Wie kann diese umgesetzt werden? Diese Fragen sollen Inhalt weiterer Forschungsaktivitäten sein.

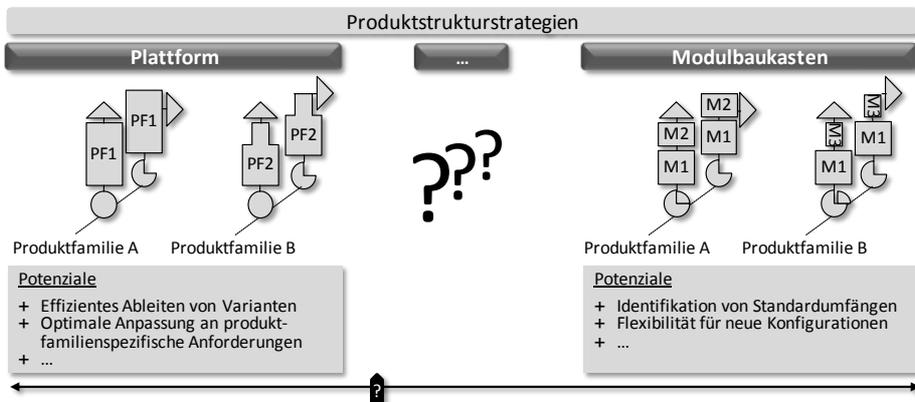


Bild 9: Mögliche Zusammenhänge, die eine Ausbalancierung der Produktstruktur anhand der Unternehmensziele erfordern

## 4 Rückführung von Erfahrungswissen aus den Produktlebensphasen

Dieser Teil des Beitrags untersucht, wie Erfahrungen produktlebensbegleitend methodisch aufgenommen und in Form von Anforderungen in die Produktfamilienentwicklung eingebracht werden können. Außerdem sollen die Annahmen und Entscheidungen, die während der Entwicklung getroffen wurden und die modulare Produktstruktur beeinflusst haben, im Produktleben überprüft werden. Dies bedeutet bildlich gesprochen, dass die Produktentwicklung nicht mehr allein als Steuerung fungiert, sondern mittels Erfahrungsrückführung sowie Überprüfung von Anforderungen und Entscheidungen zur Regelung erweitert wird (Bild 10). Dieser Beitrag konzentriert sich auf die Fragestellung, welche Hilfsmittel die Disziplin des Wissensmanagement bietet, um Wissen gezielt aufzunehmen und zurückzuführen sowie welches Wissen im Produktleben aufgenommen werden muss, da es als Eingangsinformation für die Produktentwicklungsmethoden dient? Dazu werden bestehende Konzepte des Wissensmanagements betrachtet, der Wissensbedarf des bestehenden Ansatzes untersucht und hieraus ein konzeptionelles Rahmenwerk zur Erweiterung des PKT-Ansatzes abgeleitet.

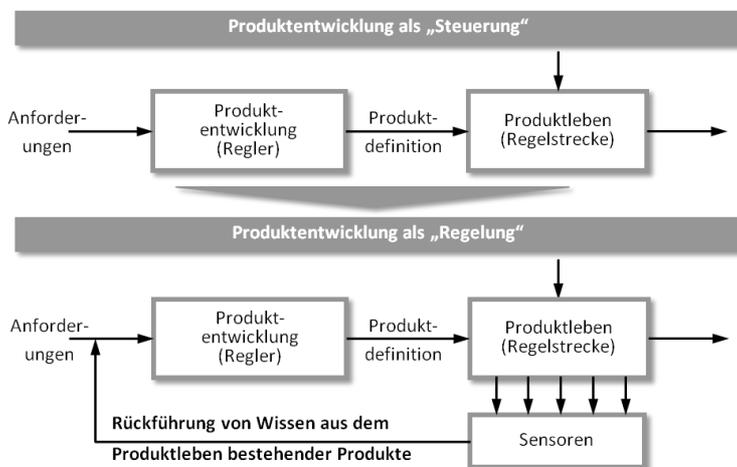


Bild 10: Rückführung von im Produktleben gewonnenen Erfahrungen

### 4.1 Bestehende Methoden zur Aufnahme von Wissen

Die Ressource Wissen wird für Unternehmen immer entscheidender, um im globalen Wettbewerb bestehen zu können. Zudem vollzieht sich ein Wandel von der Industriegesellschaft hin zur Wissens-(Informations-)gesellschaft

[8]. Das Wissensmanagement hat deshalb das Ziel, ein Unternehmensumfeld zu schaffen, das die Nutzung von Unternehmenswissen fördert und zur Entwicklung erfolgreicher Produkte beiträgt. Es stellt ebenfalls konkrete methodische Werkzeuge zum operativen Umgang mit Wissen bereit, auf die nach der Definition von Wissen eingegangen wird.

„Wissen bezeichnet die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen jedoch immer an Personen gebunden“ [9]. In einen Kontext gestellte Daten werden zu Informationen, vernetzte Informationen bilden Wissen. Dieser Prozess ist jedoch stetig, so dass eine scharfe Abgrenzung nicht möglich ist, wie Bild 11 verdeutlicht. Zusätzlich unterscheidet die Literatur explizites und implizites Wissen. Explizites Wissen ist z.B. nach Bullinger [8] beschreibbares, formalisierbares, zeitlich stabiles Wissen, welches z.B. schriftlich oder in Datenbanken gespeichert werden kann. Hingegen ist implizites Wissen schwer zu formalisieren und nur in den Köpfen der Mitarbeiter vorhanden. Die Fähigkeit eines erfahrenen Konstrukteurs, intuitiv die Dimensionen einer Neukonstruktion grob der Lastsituation anzupassen, ist beispielsweise implizites Wissen.

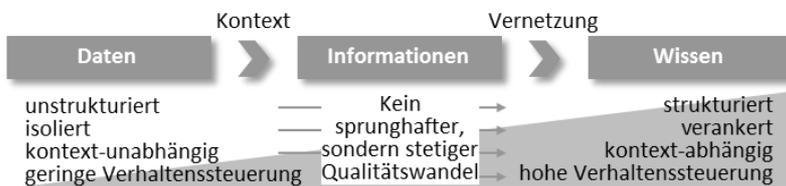


Bild 11: Abgrenzung von Daten, Informationen und Wissen vgl. [9]

Probst [9] unterteilt das Wissensmanagement in die Kernprozesse Wissensidentifikation, Wissenserwerb, Wissensentwicklung, Wissens-(ver)teilung, Wissensnutzung und Wissensbewahrung. Ergänzt um die Definition von Wissenszielen und Wissensbewertung beschreiben diese Bausteine des Wissensmanagements einen Managementkreislauf (Bild 12).

Jedem der Bausteine können methodische Werkzeuge zugeordnet werden, die teilweise zur Rückführung von Wissen aus den Produktlebensphasen betrachtet werden sollten. Lessons learned ist z.B. ein Werkzeug mit dem Projektteams zum Projektabschluss die positiven und negativen Erfahrungen reflektieren und dieses Wissen für die Verbesserung zukünftiger Projekte sichern können [10]. Lessons learned kann so unter anderem den Bausteinen Wissensverteilung und –bewahrung zugeordnet werden. In Wissenslandkar-

ten sind Träger von Spezialwissen strukturiert, auf deren Wissen so in der Entwicklung gezielt zugegriffen werden kann (Wissensbausteine Wissensidentifikation und –verteilung). Für eine ausführliche Aufstellung von Werkzeugen sowie Zuordnungen zu den Bausteinen sei z.B. auf Völker [11] verwiesen.

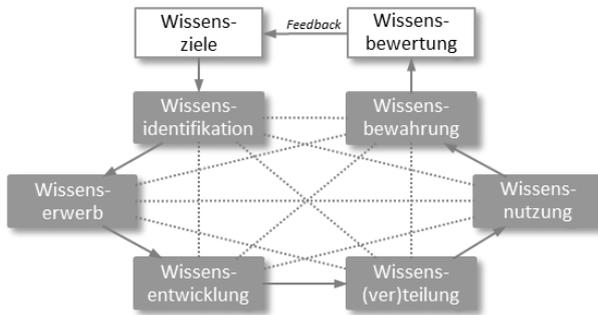


Bild 12: Bausteine des Wissensmanagements. [9]

Neben der hier vorgestellten Grundlagenliteratur des Wissensmanagements, gibt es in der Forschung der Produktentwicklung Bestrebungen, das bestehende Wissen in den Entwicklungsprozess einzubinden. Beispiele hierfür sind Ansätze der wissensbasierten Konstruktion [12] oder Arbeiten über die Wissensbereitstellung in der lebenszyklusorientierten Produktentwicklung [13]. Bei einer weiteren Verfolgung des erweiterten Ansatzes bedürfen diese Werke einer ausführlichen Betrachtung.

## 4.2 Analyse des zur Produktstrukturierung benötigten Wissens

Zur gezielten Nutzung von Wissen aus dem Produktleben und zur Reflexion der während der Produktstrukturierung getroffenen Entscheidungen wird ein Überblick über den Wissensbedarf und das erzeugte Wissen des bestehenden Ansatzes benötigt. Tabelle 1 gibt eine vereinfachte Übersicht über die durchgeführte Analyse des Ansatzes nach [3]. Es wird dabei unterschieden, ob „überwiegend explizites Wissen / Information“, „überwiegend implizites und verborgenes explizites Wissen“ oder „teilweise explizites und teilweise implizites Wissen“ vom Projektteam benötigt bzw. generiert wird. Dabei gilt es zu beachten, dass die Abgrenzung der Wissensarten immer unscharf ist (vgl. 4.3) und zusätzlich vom Anwendungsumfeld abhängt, sodass hier nur Tendenzen aufgezeigt werden können. Das Team benötigt z.B. während aller Schritte Wissen über die Anwendung der Methode. Dieses ist überwiegend explizit in Form der Methodenbeschreibung vorhanden. Gleichzeitig können die Teammitglieder jedoch auch durch implizites Wissen (Erfahrungen im

Umgang mit der Methode) die Anwendung effektivieren und benötigen die grundlegende Denkweise eines Entwicklers (implizit), auf die sich die Methode stützt. Durch die Anwendung der Methode vertiefen die Teammitglieder wiederum ihr Methodenwissen, welches deshalb in Tabelle 1 als generiertes Wissen aufgeführt ist und als überwiegend implizit klassifiziert wurde.

Tabelle 1: Wissensbedarf und generiertes Wissen des Ansatzes nach [3]

Schritt	Wissensbedarf des Produktstrukturierungsteams	Generiertes Wissen
alle	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ / 🗨 Wissen über die Methode</li> <li>☞ / 🗨 Ergebnisse vorheriger Schritte</li> <li>🗨 Unternehmenskultur/-ziele/-struktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>🗨 Vertieftes Wissen über Methode und Produkt im Projektteam</li> </ul>
Zieldefinition	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Anforderungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Transparentes Zielsystem</li> </ul>
Ist-Aufnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Arbeitsergebnisse der Konzept und Entwurfsphase</li> <li>☞ Kosten der Komponenten</li> <li>☞ Konstruktive Merkmale</li> <li>☞ / 🗨 Variantenvielfalt</li> <li>☞ / 🗨 Unterscheidungsmerkmale und Ausprägungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Gestaltung/Flüsse</li> <li>☞ Varianz in den differenzierenden Eigenschaften</li> <li>☞ Funktionen/ Wirkprinzipien/ Komponenten</li> <li>☞ ABC-Kosten-Clusterung der Komponenten</li> </ul>
Variantengerechte Produktgestaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ / 🗨 Lösungsprinzipien</li> <li>🗨 Abstraktionsvermögen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Konzept der variantengerechten Gestaltung</li> </ul>
Technisch-funktionale Modularisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>🗨 Technisches (Produkt-) Verständnis zur Ableitung der Module</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Konzept technisch-funktionale Modularisierung</li> </ul>
Produktstrategische Modularisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ / 🗨 Lebensphasenanforderungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Modularisierungskonzepte aus Sicht einzelnen Lebensphasen</li> </ul>
Zusammenführung	<ul style="list-style-type: none"> <li>🗨 Fähigkeit zum gegenseitigen Abwägen der Sichten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Modularisierungskonzepte aus Sicht aller Lebensphasen</li> </ul>
Konzeptbewertung und -auswahl	<ul style="list-style-type: none"> <li>🗨 Kritisches Hinterfragen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Ausgewähltes Konzept</li> </ul>
Ableitung der Baustruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ / 🗨 Technisches Wissen Schnittstellengestaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Modulares Konzept und Schnittstellengestaltung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ überwiegend explizites Wissen / Information</li> <li>🗨 überwiegend implizites und verborgenes explizites Wissen</li> <li>☞ / 🗨 teilweise explizites und teilweise implizites Wissen</li> </ul>		

Es wird weiterhin deutlich, dass im Schritt Ist-Aufnahme ein hoher Bedarf an explizitem Wissen als Eingabe für die Methode benötigt wird. Dieses Wissen kann zum Teil bereits strukturiert im Unternehmen vorliegen, sodass hier die vornehmliche Aufgabe des Wissensmanagements in der schnellen Bereitstellung dieser bestehenden Wissens liegen sollte (Wissens-(ver)teilung, Wissensnutzung). Zum anderen wurde in der Anwendung des Ansatzes jedoch

---

auch deutlich, dass in Unternehmen z.B. Transparenz über die Varianz der Produkte fehlt, hier also kein strukturiertes speicherbares Wissen vorliegt. An dieser Stelle schafft die bestehende Methode Transparenz und Struktur, deckt also das als verborgen gekennzeichnete Wissen auf und überführt es in explizites Wissen. Hier könnte Wissensmanagement z.B. unterstützen die relevanten Träger des Wissens aufzuzeigen (Wissensidentifikation). Weiterhin bestehen noch keine Ansätze, wie die erzeugte Transparenz in diesem Schritt aber auch weitere Zwischenergebnisse außerhalb des Projektteams weiter im Unternehmen verteilt und genutzt werden können (Wissens-(ver)teilung, Wissensnutzung, Wissensbewahrung).

Der Schritt Produktstrategische Modularisierung benötigt explizites und implizites Wissen aus den Produktlebensphasen, an welche die Modularisierung angepasst werden muss. Hierfür werden Workshops unter Beteiligung von Experten aus den Fachabteilungen durchgeführt. Die Qualität der Berücksichtigung der Lebensphasen hängt somit von der Auswahl der Wissensträger ab, woraus sich wiederum ein Ansatzpunkt für die Unterstützung durch Methoden des Wissensmanagements z.B. aus dem Wissensbaustein Wissensidentifikation ergibt. Außerdem werden diese Daten nur zu einem Zeitpunkt in einer kleinen Gruppe erhoben. Dies hat zur Folge, dass das Erfahrungswissen der Mitarbeiter der jeweiligen Lebensphasen nur begrenzt zur Verbesserung der Produktstrukturen genutzt werden kann. Auf diese Weise erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass entscheidende Anforderungen an die Produktstruktur übersehen werden. Während der Schritte Zusammenführung sowie Konzeptbewertung und -auswahl bedarf es einer intensiven Kommunikation, um finale aufeinander abgestimmte Produktstrukturierungen festzulegen. Die aktuelle Methode dokumentiert den Entscheidungsfindungsprozess und schafft so Transparenz. Sie sieht jedoch nicht vor, dass die getroffenen Entscheidungen und deren Auswirkungen im Produktleben methodisch hinterfragt werden, um daraus Schlüsse zur Verbesserung der zukünftigen Entscheidungsfindung und der Produktstrukturierung neuer Produkte zu ziehen. Außerdem wird nicht beschrieben, wie das gefundene Produktstrukturierungskonzept den an den Lebensphasen beteiligten Abteilungen vermittelt wird, damit diese es umsetzen und die erwünschten Verbesserungen voll zum Tragen kommen.

### **4.3 Konzept eines Methodenbausteins zur Rückführung von Wissen aus den Produktlebensphasen**

Aus der vorherigen Analyse werden Handlungsschwerpunkte zur verstärkten Nutzung von Wissen aufgegriffen und in ein Rahmenwerk (Bild 13) zur Entwicklung des Methodenbausteins überführt. Die produktleben-begleitende Aufnahme von Anforderungen aus den Lebensphasen soll es ermöglichen,

dass an den Lebensphasen beteiligte Mitarbeiter nach dem Push-Prinzip Erfahrungen weiterreichen können. Dieses bedarf neben der entsprechenden zu entwickelnden Infrastruktur vor allem die Sensibilisierung der Mitarbeiter für die Relevanz von Wissen. Parallel hierzu sollen nach dem Pull-Prinzip zu vorgegebenen Zeitpunkten Informationen gezielt entnommen und für den kommenden Produktentwicklungsprozess dokumentiert werden. Das gesammelte Wissen soll dann nach Filterung und Aufbereitung in den Entwicklungsprozess einfließen. Die Reflexion des Erfolges der getroffenen Produktstrukturierung im Produktleben soll ebenfalls in allen Lebensphasen zu definierten Zeitpunkten erfolgen. Die Erkenntnisse aus dem Abgleich der gesetzten Ziele, die die Produktstrukturierungsentscheidungen getrieben haben, mit den real erreichten Komplexitätsreduzierung sowie dem Produkterfolg, sollen den Entwicklern der nächsten Produktfamiliengeneration aufbereitet zur Verfügung gestellt werden, um deren künftige Entwicklungsentscheidungen und Produkte zu verbessern. Hierbei ist eine nicht unerhebliche Aufgabe vor dieser Reflexion sicherzustellen, dass die Vorteile und die Produktstrukturierung selbst in alle Lebensphasen kommunalisiert werden, damit diese dort die erwünschten Verbesserungen hervorrufen können.

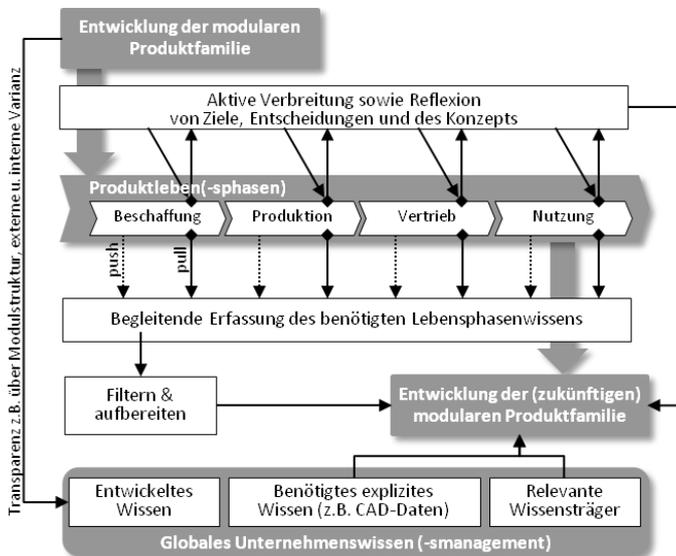


Bild 13: Entwicklungsrahmenwerk des Methodenbausteins

Nicht zuletzt sieht das Rahmenwerk eine Verknüpfung mit dem globalen Wissens- und Produktdatenmanagement vor. Diese bietet das Potential, das in der Ist-Aufnahme-Phase benötigte explizite Wissen (z.B. Produktdaten)

---

dem Projektteam einfach zugänglich zu machen. Auf der anderen Seite wird durch die Anwendung der Methode expliziertes Wissen generiert, das Transparenz über die Varianz und Strukturierung der Produktfamilie liefert und deshalb gezielt mithilfe des Wissensmanagements im Unternehmen genutzt werden sollte.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Anwendung des bestehenden integrierten PKT-Ansatzes zur Entwicklung modularer Produktfamilien wurde bisher erfolgreich in verschiedenen Unternehmen eingesetzt. Für eine kontinuierliche Umsetzung im Unternehmen bedarf es der Ausweitung auf das Produktprogramm. Um die Vorteile modularer Strukturen nutzen zu können, ist eine Umsetzung von Standardumfängen im Produktprogramm ein wichtiger Aspekt. Diese wird oft durch verschiedene scheinbar widersprüchliche Bedarfe verhindert. Daher wird ein Ansatz aufgezeigt, der Produktentwickler unterstützen soll, durch die Entwicklung von Komponentenfamilien bedarfsgerecht zu standardisieren und benötigte Differenzierung zuzulassen. Dieser Ansatz wird zukünftig weiterentwickelt. Zusätzlich soll untersucht werden, wie Produktstrukturstrategien so gewählt werden, dass scheinbar widersprüchliche Bedarfe produktfamilienübergreifend ausbalanciert werden können, so dass modulare Strukturen die strategischen Ziele des Unternehmens besser unterstützen.

Auch der zweite vorgestellte Ansatz beschäftigt sich mit dem Nutzen modularer Strukturen für das Unternehmen. Die durchgeführte Untersuchung des Wissensbedarfs des bestehenden Ansatzes zeigte potentielle Einsatzgebiete der Wissensmanagementbausteine bzw. der zugehörigen methodischen Werkzeuge. Hieraus wurde ein methodisches Rahmenwerk abgeleitet, dass als Entwicklungsgrundlage eines Methodenbausteins des PKT-Ansatzes dienen wird. Dieser Baustein soll in der Zukunft den gezielten Einsatz von Wissen im Produktstrukturierungsprozess fokussieren, um in der Produktentwicklung angestrebten Vorteile der Modularisierung in ihrer Umsetzung zu optimieren. Zukünftig wird die Literaturanalyse bestehender Konzepte des gezielten Wissensensatzes in der Produktentwicklung ausgeweitet, um das aufgezeigte Grundkonzept soweit zu detaillieren, dass ein erster Praxistest des Methodenbaustein in der Praxis ermöglicht werden kann.

## Literatur

- [1] Krause, D.; Eilmus, S.: "Methodical Support for the Development of Modular Product Families", in: *The Future of Design Methodology*, Springer, Berlin, 2011.

- 
- [2] Kipp, T.; Blees, C.; Krause, D.: "Anwendung einer integrierten Methode zur Entwicklung modularer Produktfamilien", in Design for X: Beiträge zum 21. DfX-Symposium, Hamburg, 2010.
- [3] Blees, C.: "Eine Methode zur Entwicklung modularer Produktfamilien", TuTech Verlag, Hamburg, 2011.
- [4] Erixon G.: "Modular Function Deployment: A Method for Product Modularisation", Stockholm: Royal Institute of Technology, 1998.
- [5] Hansen, P. K. et al.: "Understanding the Phenomenon of Modularization", in Design 2002: Proceedings of the 7th International Design Conference, Dubrovnik, 2002.
- [6] Dellanoi, R.: "Kommunalitäten bei der Entwicklung variantenreicher Produktfamilien", Difo-Druck GmbH, Bamberg, 2006.
- [7] Andreasen, M. M.; Mortensen N. H.; Harlou, U.: "Multi Product Development: New models and concepts", in Design for X: 15. Symposium, Neukirchen, 2004.
- [8] Bullinger, H.-J.; Wörner, K.; Prieto, J.: "Wissensmanagement heute: Daten, Fakten, Trends", Fraunhofer IAO, Stuttgart, 1997.
- [9] Probst, G.; Raub, S.; Romhardt, K.: "Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen", Gabler, Wiesbaden, 2010.
- [10] North, K.: "Wissensorientierte Unternehmensführung: Wertschöpfung durch Wissen", Gabler, Wiesbaden, 2011.
- [11] Völker, R.; Sauer, S.; Simon, M.: "Wissensmanagement Im Innovationsprozess": Physica, Heidelberg, 2007.
- [12] Vajna, S.: "Approaches of Knowledge-Based Design" in Design 2002: Proceedings of the 7th International Design Conference, Dubrovnik, 2002.
- [13] Mansour, M.: "Informations- und Wissensbereitstellung für die lebenszyklusorientierte Produktentwicklung", Vulkan-Verlag, Braunschweig, 2006.