

Ralph Stelzer · Karl-Heinrich Grote · Klaus Brökel  
Frank Rieg · Jörg Feldhusen (Hrsg.)

# **ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN**

Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung



**10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik  
KT2012 | Residenzschloss Dresden | 14.–15. Juni 2012**



Stelzer · Grote · Brökel · Rieg · Feldhusen (Hrsg.)

**ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN**

Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung

10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik KT2012



Ralph Stelzer · Karl-Heinrich Grote · Klaus Brökel  
Frank Rieg · Jörg Feldhusen (Hrsg.)

# **ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN**

Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung

Entwickeln – Entwerfen – Erleben.  
Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung  
10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik (KT2012)

Herausgeber:

Prof. Dr. Ralph Stelzer (Technische Universität Dresden)  
Prof. Dr. Karl-Heinrich Grote (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg)  
Prof. Dr. Klaus Brökel (Universität Rostock)  
Prof. Dr. Frank Rieg (Universität Bayreuth)  
Prof. Dr. Jörg Feldhusen (RWTH Aachen)

Wir bedanken uns für die Unterstützung bei  
ma design, Tedata, Continental, xPLM, B.I.M. Consulting und Reiss Büromöbel

**ma design**  
//ENGINEERING

**Continental** 

**B.I.M.**  
consulting

**TEDATA**

**xPLM**  
Solution

**REISS**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind  
im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek  
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche  
Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the  
Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

ISBN 987-3-942710-80-0

© 2012 TUDpress  
Verlag der Wissenschaften GmbH  
Bergstr. 70 | D-01069 Dresden  
Tel.: 0351/47 96 97 20 | Fax: 0351/47 96 08 19  
<http://www.tudpress.de>

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.  
Layout und Satz: Sandra Olbrich/Technische Universität Dresden.  
Umschlaggestaltung: TU Dresden, Illustration Audi A6 Limousine © 2012 Audi AG

# Produktmerkmale in der Entwicklung von kundenindividuellen Produkten

## 1 Einleitung

In der Vergangenheit wurden Konsumgüter für Massenmärkte entwickelt und produziert. Mittlerweile sind viele Märkte gesättigt und die Produkte haben sich in diesen Märkten funktional immer mehr angenähert. Dies bedeutete, dass die Produkte kostenoptimiert hergestellt werden müssen, um auf diesem Käufermarkt wettbewerbsfähig zu sein (Baumberger 2007).

Gleichzeitig ist ein zunehmender Individualisierungswunsch durch die Kunden festzustellen (Fraunhofer Institut ISI 1998). Somit werden auch immer mehr kundenindividuelle Produkte gefordert (Huber et al. 2008). Durch den gesellschaftlichen Wandel hin zu einer Informationsgesellschaft hat der Kunde zusätzlich eine sehr spezifische Vorstellung von dem, was er möchte und gleichzeitig stehen ihm durch die Vernetzung mehr Anbieter zur Auswahl und stärken somit seine Position gegenüber den Unternehmen (Schaller et al. 2004).

Der Wandel vom Verkäufer- zum Käufermarkt und der Wunsch nach individuellen Produkten stellen die Unternehmen vor die Aufgabe, möglichst gut die Wünsche der Kunden zu einem günstigen Preis erfüllen zu können. Das heißt, dass die Unternehmen immer mehr gezwungen sind, das Optimum zwischen möglichst geringen Produkt- und Prozesskosten und individueller Produktgestaltung zu finden.

Viele Unternehmen reagierten auf die Marktsättigung bisher damit, Produkte für kleine Nischensegmente zu produzieren, um das Verkaufsvolumen zu steigern (Lindemann et al. 2006). Obwohl die externe Vielfalt steigt, bleibt der Marktanteil dabei häufig nahezu konstant. Allerdings vergrößert sich dadurch die interne Vielfalt in den Unternehmen, wodurch sich die Kosten durch die größer gewordene interne Komplexität erhöhen, so dass am Ende die Kosten für alle Produkte steigen (Piller 2006, Schuh 2005).

Ein Ansatz, der dieses Problem löst, ist der des Mass Customization, allerdings nur in wenigen Geschäftsbereichen, hier sei vor allem die Bekleidungsindustrie genannt (Piller 2006). Die Automobilindustrie ist ein weiterer Geschäftsbereich, der kundenspezifische Produkte schon über viele Jahre anbietet. Dabei ist zu beobachten, dass trotz einer Erhöhung der Varianz die Verkaufszahlen nicht steigen (Piller 2006). Außerdem ist festzustellen, dass ein Großteil der verfügbaren Bauteilvarianten nur sehr selten eingebaut wird (Lindemann et al. 2006). Es besteht also offensichtlich noch ein Bedarf, die Entwicklung von kundenindividuellen Produkten hinsichtlich einer besseren Planung zu unterstützen.

Soll nun mit einer neuen Produktgeneration das Ziel verfolgt werden, die interne Vielfalt zu reduzieren und trotzdem die von den Kunden geforderte externe Vielfalt anzubieten, muss dies bei der Planung der Produkte schon berücksichtigt werden. Dafür wird hier ein Ansatz präsentiert. Für diesen wird vorausgesetzt, dass das Unternehmen Vorgängerprodukte hat, aus denen Erfahrungen bzgl. der Produktart resultieren, dass eine Produktstruktur für kundenindividuelle Produkte aber noch nicht existiert. Diese Problemstellung ist vor allem bei Massenprodukten zu beobachten, da es bei hohen Stückzahlen günstiger ist, integral zu fertigen (Pahl et al. 2007, Ehrlenspiel et al. 2007). Kundenindividuelle Produkte müssen im Gegensatz dazu an den Stellen, an den der Kunde das Produkt beeinflussen darf, differential gestaltet und gefertigt sein.

Dieser Trend muss für kundenindividuelle Produkte an den Stellen aufgebrochen werden, wo der Kunde einen Einfluss auf das Produkt

nehmen möchte. Hierfür gibt es bisher keine Ansätze, die den Ingenieur bei der Tätigkeit der Produktplanung bzw. der –Produktstrukturierung unterstützen. Das Ziel muss es also sein, den Prozess der Produktplanung zu verbessern, um nur diejenige Produktvielfalt anzubieten, die der Kunde wahrnimmt und wünscht. Um erfolgreich zu sein, darf die Anpassbarkeit nicht zu groß werden, da ansonsten die unternehmensinterne Komplexität zu groß wird. Sie muss aber vorhanden sein, um Kunden an sich zu binden. Um dieses Ziel zu erreichen, muss der Ingenieur in der Lage sein, eine vollständige Produktfamilie zu planen und diese auch hinsichtlich der Kosten optimiert zu gestalten.

In dieser Arbeit wird unter anderem detailliert dargelegt, warum die Planung von optimierten kundenindividuellen Produkten so schwierig ist. Zwei unabhängig davon existierende Probleme, die aufgrund der Tatsache existieren, dass bisher für den Massenmarkt gestaltet und produziert wurde, sind, dass Ingenieure bisher auf die Reduzierung der Kosten einer konkreten Variante zielten und sich eine Gleichteilstrategie aus Kalkulationssicht nicht rechnete. Außerdem zielten viele Ingenieure auf eine Einmaligkeit ihrer Produkte (Salvador & Rungtusanatham 2010). Beide Punkte widersprechen dem Ziel einer kostenoptimierten Produktfamilie.

In dieser Arbeit soll ein Ansatz skizziert werden, mit dem der Ingenieur bei der Produktstrukturierung unterstützt werden kann. Dieser Ansatz basiert auf Produktmerkmalen, die schon frühzeitig im Produktplanungsprozess bekannt sind und die Kundensicht widerspiegeln. Um ein quantitativ guten Überblick zu bekommen, der die Marktsituation repräsentiert, müssen viele Kunden befragt werden. Für eine kostenoptimierte Produktstrukturierung muss allerdings auch die Unternehmenssicht berücksichtigt werden. Die Daten aus Kunden- und Unternehmenssicht werden zusammengeführt und sollen mittels Clustermethoden analysiert werden. Auf Basis dieser Information können dann Informationen abgeleitet werden, die den Ingenieur bei der Erstellung einer optimierten Produktstruktur für eine Produktfamilie unterstützen.

## 2 Definitionen

### Produktfamilie

Eine Produktfamilie sei der Teil des Produktportfolios eines Unternehmens, der über denselben Zweck und dieselben Hauptfunktionen verfügt und eine hohe Ähnlichkeit zwischen den Elementen, also Produkten, der Produktfamilie hat. Die Nebenfunktionen können sich allerdings unterscheiden.

Jedes Produkt besteht dabei aus Standardkomponenten und optionalen Komponenten. Standardkomponenten kommen in jedem Produkt der Produktfamilie vor, optionale Komponenten (Optionen) können durch Kunden konfiguriert werden.

### Produktmerkmale

Produktmerkmale seien definiert als festgestellte bzw. allgemein akzeptierte Eigenschaften von Gegenständen (hier Produkten) [...], wobei die Feststellung der Eigenschaft z. B. durch Beobachtung, Messung, allgemein anerkannte Aussagen oder genormte Festlegung erfolgen kann. Der Unterschied zwischen Merkmalen und Eigenschaften besteht lediglich darin, dass Eigenschaften alle an einem Objekt und seinem Zusammenwirken mit der Umgebung feststell-, beschreib- bzw. aussagbaren Aspekte umfassen, wohingegen Merkmale nur die tatsächlich festgestellten, d. h. bewusstgemachten, Eigenschaften darstellen (Weinbrenner 1993).

Standardkomponenten haben also einen einheitlichen Satz von Ausprägungen der Produktmerkmale, Optionen unterscheiden sich mindestens in der Ausprägung eines Produktmerkmals untereinander.

## 3 Mass Customization

Ein Ansatz, der das Ziel verfolgt, kundenindividuelle Produkte mit massenmarktfähigen Produktionsstrategien herzustellen, ist der Ansatz der Mass Customization, der häufig mit kundenindividueller Massenfertigung übersetzt wird. Die genauen Definitionen variieren dabei aber stark (Piller 2006). Grundsätzlich wird das Ziel verfolgt, Produkte zu produzieren, die eine ausreichende Varianz und Anpas-

Phased. Kundenintegration im PLZ		Form (Ausmaß) der Produktindividualisierung
Hard Customization	E&K	Engineer-to-order : Individuelle Entwicklung oder Anpassung von einzelnen bzw. umfangreichen Produktbestandteilen
	Fertigung	Make-to-order : Individuelle Fertigung von zum Teil kundenspezifischen Komponenten
	Montage	Assemble-to-order : Endmontage von standardisierten Komponenten und Modulen auf Basis einer kundenindividuellen Konfiguration
Soft Customization	Vertrieb	Match-to-order/Bundle-to-order : Unterstützung bei der individuellen Auswahl von Produkten und Zusammenstellung von Leistungsbündeln
	Produkt-nutzung	Selbstindividualisierung: Eigene Anpassung des Produktes durch den Nutzer

*Abbildung 1: Unterscheidung verschiedener Individualisierungskonzepte in Abhängigkeit des Zeitpunktes der Kundenintegration (Piller & Stotko 2003)*

sungsfähigkeit beinhalten, so dass für jeden Kunden die Anforderungen erfüllt werden können und die Produkte dennoch erschwinglich sind (Pine II 1993). Um kundenspezifische Produkte entwickeln zu können, muss der Kunde in den Produktentstehungsprozess integriert werden. Piller unterscheidet zwischen verschiedenen Konzepten der Kundeneinbindung in Abhängigkeit des Zeitpunktes im Produktlebenszyklus (PLZ). (Abbildung 1)

In diesem Kontext soll der Begriff des Mass Customization so verstanden werden, dass die Produkte kundenspezifisch montiert werden, also aus vordefinierten Produkt- und Prozessbausteinen bestehen. Der Aspekt der kundenspezifischen Dienstleistung soll hier nicht näher beleuchtet werden.

Obwohl der Ansatz des Mass Customization mittlerweile fast zwanzig Jahre alt ist, beschränkt sich heute das real verfügbare Angebot von kundenspezifischen Produkten, die mithilfe der Massenfertigung hergestellt werden, maßgeblich auf die Bekleidungs- und die Möbelindustrie (Piller 2012, Piller 2006). Es sind nur wenige Angebote in anderen Branchen, zum Beispiel im Bereich der Elektrogeräte, verfügbar (Ponn et al. 2004). Diese Angebote beschränken sich dann zumeist auf die Anpassung von Gehäuseelementen mit Designfunktionen. Technische Funktionen sind nur in geringem Umfang anpassbar (Leica Camera AG 2012, Loewe AG 2012). Anpassungen werden meist durch den Kunden oder Vertrieb durchgeführt. Außerdem sind die Produkte einem Segment mit teuren Preisen zuzuordnen.

#### **4 Lösungsansatz**

Die Lösung dieses scheinbar grundsätzlichen Problems kann in einem besseren Verständnis und einer besseren Berücksichtigung der Kundenwünsche bestehen, denn die Produkte müssen genauso viele Freiheitsgrade aufweisen, wie von den Kunden gewünscht. Die Freiheitsgrade bestehen dabei in wahrnehmbaren und anpassbaren Produktmerkmalen.

Um bewerten zu können, ob eine Option wirtschaftlich angeboten werden kann, müssten dem Kunden die Option und der Preis dafür genannt werden, damit er entscheiden kann ob er diese Option kaufen würde oder nicht. Der Kunde würde Kosten und Wert gegenüberstellen und bewerten. Diese Faktoren hängen allerdings von wiederum von mehreren kunden- und unternehmensspezifischen Faktoren ab (siehe Abbildung 2). Grundsätzlich soll hier zwischen der Kundenseite und der Unternehmensseite unterschieden werden, wobei die Kundenseite die Größen beinhaltet, die der Kunde wahrnimmt bzw. die den Kunden betreffen. Die Unternehmensseite beinhaltet die Größen, die das Unternehmen wahrnimmt bzw. durch das Unternehmen beeinflusst werden. Das Produkt lässt sich dabei keiner der beiden Seiten eindeutig zuordnen. Für das Produkt gilt, dass es variable Produktmerkmale besitzt.

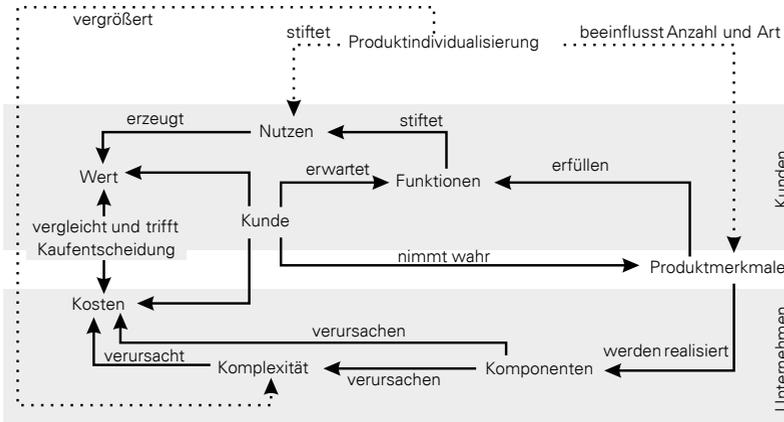


Abbildung 2: Theoretisches Modell zur Darstellung der Abhängigkeiten zwischen Produkt, Kunde und Unternehmen

#### 4.1 Kundenseite

Auf der Kundenseite erfüllen die Produktmerkmale durch den Kunden gewünschte Funktionen. Grundsätzlich kann zwischen technischen Funktionen und den nicht-technischen Funktionen unterschieden werden. Für die nicht-technischen Funktionen gibt es verschiedene Synonyme: Ehrlenspiel nennt die nicht-technische Funktion Geltungsfunktionen (Ehrlenspiel 2009). In der Designtheorie wird dagegen von der produktsprachlichen Funktion gesprochen, die durch die nicht-technischen Produktmerkmale erfüllt werden (Brezing 2006). Bei den produktsprachlichen Funktionen kann wiederum zwischen formalästhetischen Funktionen, Symbol- und Anzeichenfunktionen unterschieden werden (Steffen 2000). Dies zeigt, dass ein Produkt nicht nur adaptive technische Funktionen besitzen muss, sondern auch adaptive Symbolfunktionen bzw. hedonistisch-sinnliche Funktionen.

Die Erfüllung der Funktionen selbst stiftet für den Kunden einen Nutzen. Nach Huber et al. kann zwischen dem funktionalen, dem symbolischen und dem hedonistisch-sinnlichen Nutzen unterschieden werden (Huber et al. 2008). Die Erfüllung der technischen Funk-

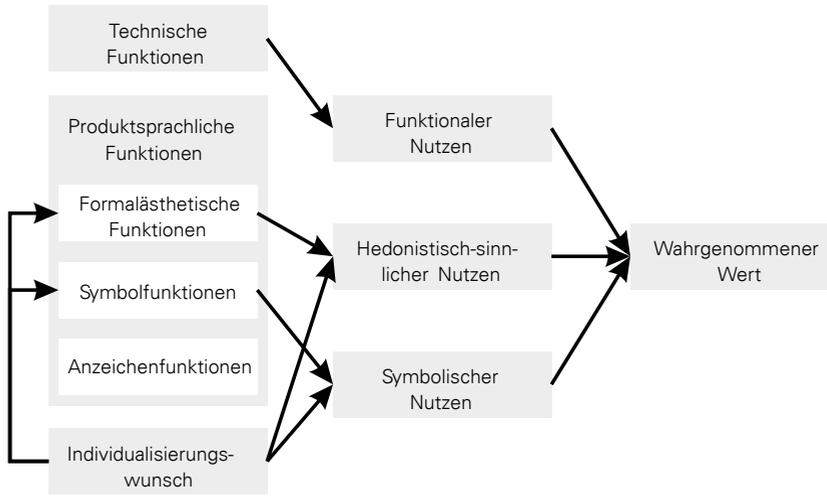


Abbildung 3: Zusammenhang Funktion/Individualisierungswunsch – Nutzen – Wert

tionen stiftet dabei den funktionalen Nutzen, die der Symbolfunktionen einen symbolischen Nutzen (siehe Abbildung 3).

Neben der Erfüllung der genannten Funktionsarten erzeugt gemäß Huber et al. auch die Erfüllung des Individualisierungswunsches Nutzen und zwar auf den symbolischen und den hedonistisch-sinnlichen Nutzen (Huber et al. 2008). Dieser wird durch die Konfigurierung der formalästhetischen Funktionen und Symbolfunktionen erzeugt.

Der Wert eines Produktes wird wiederum auf Basis des Nutzens des Produktes bewertet, setzt sich also aus dem funktionalen, dem symbolischen und dem hedonistisch-sinnlichen Nutzen zusammen, wobei der hedonistisch-sinnliche Nutzen häufig einen starken Einfluss hat (Huber et al. 2008).

Betrachtet man diesen komplexen Zusammenhang zwischen Produkt bzw. Produktmerkmalen und durch den Kunden wahrgenommenen Wert eines Produktes wird offensichtlich, wie umfangreich die Ermittlung des Werts eines Produktmerkmals ist. Darüber hinaus müssen zwei menschenbezogene Faktoren bei der Bewertung

beachtet werden: Zum einen nimmt man ein Objekt nicht als Summe von Teilen wahr, sondern als Ganzheiten (Steffen 2000). Bezogen auf die Gestalt eines Produktes bedeutet dies, dass diese nicht aus Elementen zusammengesetzt werden kann, sondern dass das Design als Ganzes beachtet werden muss. Zum anderen hat eine Entscheidung immer einen rationalen und einen emotional subjektiven Einfluss, kann also durch den Bewertenden nur schwer objektiv richtig beschrieben werden (Lehrer 2009).

Der Zusammenhang zwischen Produktmerkmalen und dem Wert des Produkts bzw. der Produktmerkmale ist also herstellbar, allerdings nicht über Regeln beschreibbar. Deshalb muss hier ein anderer Weg gefunden werden. Zur Bestimmung des wahrgenommenen Werts eines Produktes, kann dem Kunden aber ein ganzes Produkt präsentiert werden, für das er in der Lage ist, den wahrgenommenen Wert zu nennen bzw. zu schätzen. Der Vergleich mit Produkten, die der Kunde bereits kennt, ist auf diese Weise herstellbar und somit auch für ihn quantifizierbar. Hier sei darauf hingewiesen, dass es sich dabei auch um einen Prototypen handeln kann. Um einen Rückschluss auf den Wert eines Produktmerkmals zu ziehen, muss also eine Methode angewendet werden, die auf dem wahrgenommenen Wert des Gesamtprodukts basiert.

Es kann also gesagt werden, dass der Zusammenhang zwischen Produktmerkmalen und Wert aufgrund der Subjektivität der Kundenentscheidungen eine Unschärfe aufweist. Unter Umständen hat dieser Zusammenhang auch Lücken. Weiterhin sind die Produktmerkmale eine formalisierte Darstellung der Kundenanforderungen, die der Kunde nennt. Nagarajah hat für eine Aufgabenstellung mit ähnlichen Anforderungen nachgewiesen, dass Data Mining Methoden, insbesondere die Selbstorganisierenden Merkmalskarten (SOM), für solche Aufgaben ein gutes Hilfsmittel für einen Ingenieur sein können (Nagarajah 2011).

#### 4.2 Unternehmensseite

Bei der Planung der Produktstruktur muss neben der Kundenseite aber auch die Unternehmensseite beachtet werden. Das Ziel des Unternehmens ist es, die vom Kunden gewünschten Produktmerkmale

mit möglichst wenig Aufwand zu erfüllen. Hierbei haben die Unternehmensrandbedingungen einen Einfluss auf die Produktstruktur: Hier seien Produktart, Unternehmensstrategie und in dem Unternehmen angewandte Technologien exemplarisch genannt (Schuh 2005).

Um eine wirtschaftliche Lösung zu erzeugen, müssen die gewünschten Produktmerkmale mit einer optimierten Produktstruktur erfüllt werden, die Freiheitsgrade dort zulässt, wo der Kunde sie wünscht und die verbleibenden Produktmerkmale möglichst durch standardisierte Produkt- und Prozessbausteine realisiert. Grundsätzlich gilt, dass Produktmerkmale durch Komponenten realisiert werden (Abbildung 2). Die Vielzahl an Komponenten, aus denen sich ein Produkt zusammensetzt, verursachen im Unternehmen Komplexität und somit auch Kosten. Soll nun die Produkte individuell sein, wird die Anzahl der Komponenten erhöht, somit auch die Komplexität. Ziel muss es also sein, mit einem Minimum an Komponentenvielfalt den Anteil des Marktes zu bedienen, der für das Unternehmen wirtschaftlich ist. Dies kann auch bedeuten, dass es kostengünstiger ist, mehrere Produktfamilien mit geringer Varianz anzubieten als eine Produktfamilie mit hoher Varianz. Welches die optimale Produktfamilienstrategie ist hängt unter anderem von den oben genannten Unternehmensrandbedingungen ab.

### 4.3 Data Mining Methoden

Wie oben erwähnt hat ein Unternehmen Vorwissen über das Produkt, für das es eine kundenindividualisierbare Produktfamilie entwickeln will, d. h. die grundsätzlichen Komponenten und Optionen des Produkts sind aus Vorgänger- und Konkurrenzprodukten bekannt. Die Fragestellung, die beantwortet werden soll, ist, inwiefern Funktionen integral bzw. differential realisiert werden sollen. Beispielsweise kann das Ergebnis einer Marktanalyse sein, dass die Gehäusefarbe bei einem Elektrogerät anpassbar sein muss, um eine große Kundengruppe zu bedienen. Während früher Gehäuse und tragende Struktur integral gestaltet und gefertigt wurden, wäre an dieser Stelle eine Differentialbauweise sinnvoll. Das Elektrogerät kann vollständig mit Standardkomponenten montiert werden (mit Ausnahme des Gehäuses). Als Kundenadaptation kann mit geringem Prozessaufwand eine Gehäuseschale mit Farbe

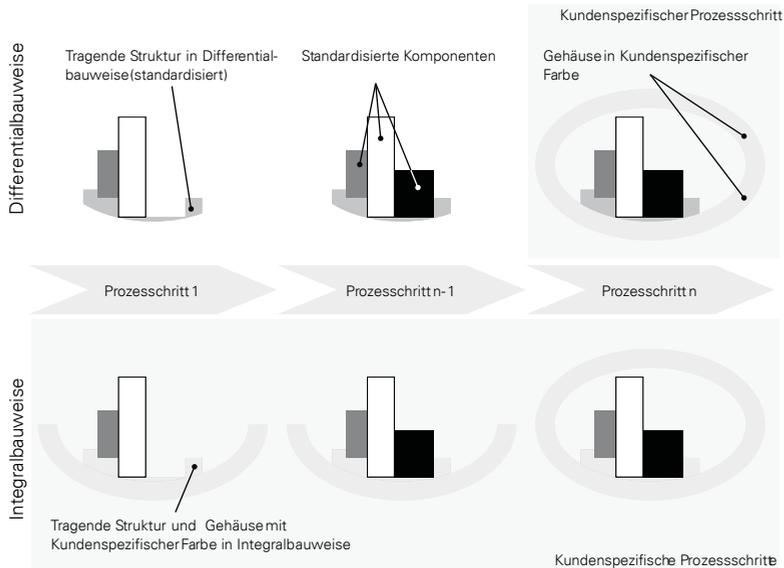


Abbildung 4: Einfluss der Integral-/Differentialbauweise auf den Produktionsprozess

entsprechend des Kundenwunschs montiert werden. Würde man an dieser Stelle weiterhin integral bauen, müsste das Elektrogerät über den gesamten Produktionsprozess als kundenspezifische Variante betrachtet werden und würde einen deutlich höheren Prozessaufwand verursachen (Abbildung 4). Soll nun die Aufgabe gelöst werden, die Produktstruktur zu finden, mit der die Kundenwünsche mit minimaler Komponentenvielfalt und minimalem Prozessaufwand realisiert werden können, ist der Ansatz die Kundenwünsche auf Ähnlichkeit zu untersuchen, also zu clustern, plausibel. Data Mining Methoden (DMM) sind in der Lage auch große Datenmengen zu verarbeiten und in diesen nicht-triviale Strukturen, Zusammenhänge und Wechselwirkungen zu finden (Otte 2004).

Otte nennt verschiedene Verfahren zum Clustern von Daten (Otte 2004). Geeignet ist die Methode dann, wenn es möglich ist das Clustern der Produktmerkmale durch Prioritäten zu beeinflussen. Die Prioritäten sollen dabei sowohl die Kunden- als auch die Unternehmenssicht auf das Produktmerkmal widerspiegeln. Produktmerkmale, die für den Kunden wichtig sind, müssen mit einer höheren Priorität

berücksichtigt werden als Produktmerkmale, die eine untergeordnete Bedeutung haben. Genauso müssen auch die Unternehmensrandbedingungen berücksichtigt werden.

Um die Kundenwünsche zu ermitteln, müssen viele Kunden befragt werden: Dabei wird einerseits die Priorität der Produktmerkmale ermittelt. Andererseits haben diese die Möglichkeit sich ein Produkt zu konfigurieren. Dafür wird dem Kunden ein Prototyp mit adaptierbaren Produktmerkmalen präsentiert, den dieser dann nach seinen Wünschen anpassen kann. Dabei kann entweder mit realen oder virtuellen Prototypen gearbeitet werden. Bei letztgenannten besteht der Vorteil darin, dass Funktionen dargestellt werden können, ohne dass eine Detailgestaltung der Funktionsträger vorliegen muss. Nachteilig ist, dass bestimmte Produktmerkmale nur schwer vermittelbar sind, wie beispielsweise haptische Produktmerkmale. Die Ergebnisse der Kundenkonfiguration werden für den Analyseprozess mit DMM genutzt, um darauf basierend, die optimale Produktstruktur, ggfs. auch Produktstrukturen, für das endgültige Produkt mit optionalen und Komponenten zu gestalten (Abbildung 5).

Mit Hilfe der DMM (Abbildung 6) wird ein Vorschlag erarbeitet, der den Ingenieur bei der Erstellung der Produktstruktur unterstützt. Dafür werden die Datensätze auf Ähnlichkeit untersucht. Ähnliche Datensätze werden in einem Cluster zusammengefasst. In diesem Clustern sind viele Produktmerkmale identisch. Diese werden in der Produktstruktur als Standardkomponenten angelegt. Die Produktmerkmale, die auch innerhalb dieses Cluster variant sind, müssen mit optionalen Komponenten realisiert werden. Die Anzahl der gefundenen Cluster kann durch den Ingenieur beeinflusst werden. Die Anzahl der Produktfamilien wird so also auch variiert. Damit erhält der Ingenieur verschiedene Vorschläge für Produktfamilien.

Auf Basis dieses Vorschlages müssen dann verschiedene Wege der Realisierung mit einander verglichen werden. Es muss dann geprüft werden, ob es kostengünstiger ist mehr Bauteile (Differentialbauweise) und dafür einen geringeren Prozessaufwand zu haben oder ob es sinnvoller ist integral zu bauen, dafür aber einen größeren Prozessaufwand zu steuern. (Abbildung 6)

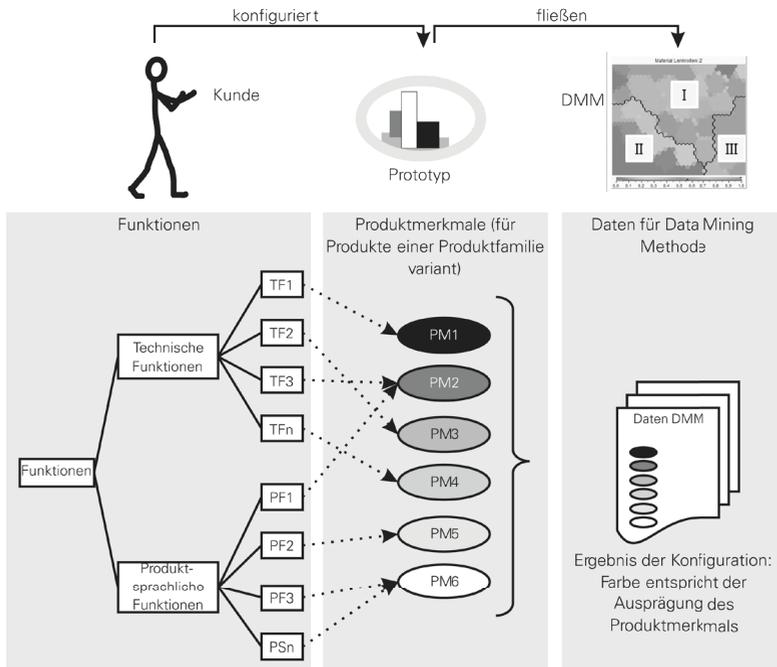


Abbildung 5: Datenermittlung durch Konfiguration als Grundlage der Analyse mittels Data Mining Methoden

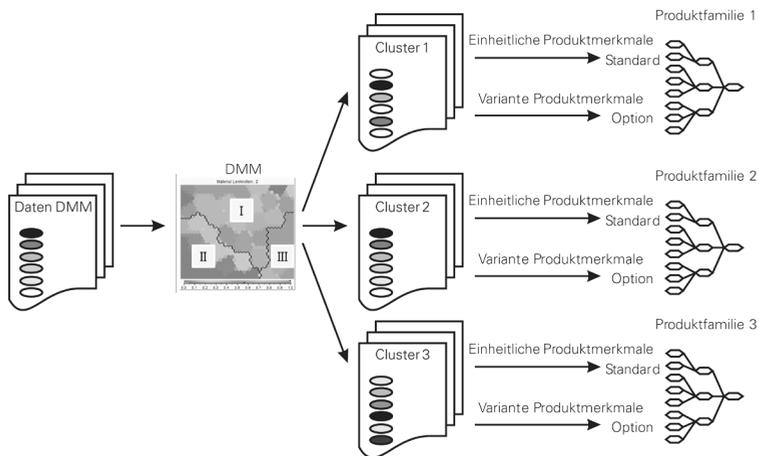


Abbildung 6: Anwendung der Data Mining Methode zum Clustern der Daten und Ableitung der optimierten Produktstruktur für die Produktfamilien

## 5 Fazit und Ausblick

In dieser Arbeit wurde ein Ansatz präsentiert, mit dem der Ingenieur in der Lage sein wird, kundenindividuelle Produkte besser planen zu können. Dafür sollen Kunden schon frühzeitig im Produktplanungsprozess mit realen oder virtuellen Prototypen konfrontiert werden, die durch den Kunden konfigurierbar sind. Hieraus wird dann ein Rückschluss auf die realen Kundenwünsche des endgültigen Produktes gezogen. Die aus diesem Vorgehen gewonnenen Daten werden dann mit DMM geclustert. Daraus können dann Hinweise für eine verbesserte Produktstruktur gewonnen werden. Die Produktstruktur sieht dort, wo es der Kunde wünscht, Optionen vor und ist gleichzeitig aus Kostensicht optimiert.

Um diesen Ansatz validieren zu können, ist es wichtig, dass die Prototypen dem Kunden möglichst realitätsnah präsentiert werden, da ein Kunde ein Produkt mit allen Sinnen wahrnimmt und alle sensorischen Erkenntnisse auch in seine Entscheidung einfließen. Bezogen auf die Produktmerkmale bedeutet dies, dass es untersucht werden muss, welche grundsätzlichen Typen von Produktmerkmalen existieren und wie diese möglichst realitätsnah dargestellt werden können.

Die unternehmensseitigen Randbedingungen sind unternehmensabhängig, so dass hier eine Methode gefunden werden muss, mit der unternehmensbezogene Kennzahlen in Prioritäten für die DMM überführt werden können.

### Literaturverzeichnis

- Baumberger, G. C. 2007: Methoden zur kundenspezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten. München: Verl. Dr. Hut
- Brezing, A. 2006: Planung innovativer Produkte unter Nutzung von Design- und Ingenieurdienstleistungen. Aachen Shaker
- Ehrlenspiel, K., Kiewert, A. & Lindemann, U., 2007: Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren, Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung. Berlin: Springer
- Ehrlenspiel, K. 2009: Integrierte Produktentwicklung, Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. München: Hanser

- Fraunhofer Institut ISI 1998: Delphi '98: Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik, Zusammenfassung der Ergebnisse. Karlsruhe: ISI Press
- Huber, F., Matthes, I., Vogel, J. & Schehl, C. 2008: Produkte nach Mass von der Stange: Idee und Erfolgspotential des Mass Customization. Mainz: Center of Market Oriented Product and Production Management
- Lehrer, J 2009: Wie wir entscheiden, Das erfolgreiche Zusammenspiel von Kopf und Bauch. München: Piper
- Leica Camera AG 2012: Leica à la carte: Unikate in Handarbeit.  
[http://de.leica-camera.com/photography/m\\_system/leica\\_a\\_la\\_carte](http://de.leica-camera.com/photography/m_system/leica_a_la_carte),  
 abgerufen am 09.01.2012
- Lindemann, U., Reichwald, R. & Zäh, M. F. 2006: Individualisierte Produkte-Komplexität beherrschen in Entwicklung und Produktion. Berlin: Springer
- Loewe AG 2012: Sie entscheiden, wie Sie gestalten: Entdecken Sie die Design-Vielfalt von Loewe Individual. <http://www.loewe.tv/de/produkte/individual/individualisierung.html> abgerufen am 09.01.2012
- Nagarajah, A. 2011: Selbstorganisierende Merkmalskarten für eine anforderungsbasierte Produktvariantenauswahl. Aachen: Shaker
- Otte, R. 2004: Data Mining für die industrielle Praxis. München, Hanser
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K.-H. 2007: Konstruktionslehre, Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung. Berlin: Springer
- Piller, F. 2006: Mass Customization: Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl
- Piller, F. 2012: Frank Piller's Web Site on Mass Customization, Customer Co-Creation & Open Innovation.  
 URL: <http://www.mass-customization.de>, abgerufen am 09.01.2012
- Piller, F. & Stotko, C. M. 2003: Mass Customization und Kundenintegration, Neue Wege zum innovativen Produkt. Düsseldorf: Symposium
- Pine II, B. J. 1993: Mass customization: The new frontier in business competition. Boston: Harvard Business School Press
- Ponn, J., Baumberger, C. G. & Lindemann, U. 2004: Guidelines for the Development of individualized products. In: Marjanovic, D. (Hrsg.): Proceedings of the 8th international design conference, 465-470, Zagreb: Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture
- Salvador, F. & Rungtusanatham, M. 2010: From Masse Production to Mass Customization: Hindrance Factors, Structural Inertia and Transition Hazard. In: Piller, F & Tseng, M: Handbook of research in mass customization and personalization, 21-43, New Jersey: World Scientific

- Schaller, C., Stotko, C. & Piller, F. 2004: Mit Mass Customization basierendem CRM zu loyalen Kundenbeziehungen. In: Hippner, H. & Wilde, K. (Hrsg.): Grundlagen des CRM: Konzepte und Gestaltung, 67-90, Wiesbaden: Gabler
- Schuh, G. 2005: Produktkomplexität managen, Strategien – Methoden – Tools. München: Hanser
- Steffen, D. 2000: Design als Produktsprache, Der „Offenbacher Ansatz“ in Theorie und Praxis. Frankfurt: Verlag Form
- Weinbrenner, V. 1993: Produktlogik als Hilfsmittel zum Automatisieren von Varianten- und Anpassungskonstruktionen. München: Hanser

### **Kontakt**

Dipl.-Ing. Sebastian Schubert  
Dipl.-Ing. Jan Erik Heller  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Feldhusen  
RWTH Aachen University  
Lehrstuhl und Institut für Allgemeine Konstruktionstechnik  
des Maschinenbaus  
Steinbachstraße 54B  
52074 Aachen  
[www.ikt.rwth-aachen.de](http://www.ikt.rwth-aachen.de)